



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА



ЗБОРНИК РАДОВА ФАКУЛТЕТА ТЕХНИЧКИХ НАУКА

Едиција: Техничке науке - зборници

Година: XXVII

Број: 1/2012

Нови Сад

Едиција: „Техничке науке – Зборници“
Година: XXVII Свеска: 1

Издавач: Факултет техничких наука Нови Сад

Главни и одговорни уредник: проф. др Илија Ћосић, декан Факултета
техничких Наука у Новом Саду

Уређивачки одбор: др Илија Ћосић др Бранко Шкорић
 др Владимир Катић др Јован Владић
 др Илија Ковачевић др Иван Пешењански
 др Јанко Ходолич др Бранислав Боровац
 др Срђан Колаковић др Зоран Јеличић
 др Вељко Малбаша др Властимир Радоњанин
 др Вук Богдановић др Горан Вујић
 др Мила Стојаковић др Драган Спасић
 др Ливија Цветићанин др Дарко Реба

Редакција : др Владимир Катић др Драгољуб Новаковић
 др Жељен Трповски мр Мирослав Зарић
 др Зора Коњовић Мирјана Марић

Штампа: ФТН – Графички центар ГРИД, Трг Доситеја Обрадовића 6

Техничка обрада: Графички центар ГРИД

Штампање одобрио: Савет за издавачко-уређивачку делатност ФТН у Н. Саду

Председник Савета: проф. др Радомир Фолић

СIP-Каталогизација у публикацији
Библиотека Матице српске, Нови Сад

378.9(497.113)(082)
62

ЗБОРНИК радова Факултета техничких наука / главни и одговорни уредник
Илија Ћосић. – Год. 7, бр. 9 (1974)-1990/1991, бр.21/22 ; Год. 23, бр 1 (2008)-. – Нови Сад :
Факултет техничких наука, 1974-1991; 2008-. – илустр. ; 30 цм. –(Едиција: Техничке науке –
зборници)

Двомесечно

ISSN 0350-428X

COBISS.SR-ID 58627591

ПРЕДГОВОР

Поштовани читаоци,

Пред вама је прва овогодишња свеска часописа „Зборник радова Факултета техничких наука“.

Часопис је покренут давне 1960. године, одмах по оснивању Машинског факултета у Новом Саду, као „Зборник радова Машинског факултета“, а први број је одштампан 1965. године. Након осам публикованих бројева у шест година, пратећи прерастање Машинског факултета у Факултет техничких наука, часопис мења назив у „Зборник радова Факултета техничких наука“ и 1974. године излази као број 9 (VII година). У том периоду у часопису се објављују научни и стручни радови, резултати истраживања професора, сарадника и студената ФТН-а, али и аутора ван ФТН-а, тако да часопис постаје значајно место презентације најновијих научних резултата и достигнућа. Од броја 17 (1986. год.), часопис почиње да излази искључиво на енглеском језику и добија поднаслов «Publications of the School of Engineering». Једна од последица нарастања материјалних проблема и несрећних догађаја на нашим просторима јесте и привремени прекид континуитета објављивања часописа двобројем/двогодишњаком 21/22, 1990/1991. год.

Друштво у коме живимо базирано је на знању. Оно претпоставља реорганизацију наставног процеса и увођење читавог низа нових струка, као и квалитетну организацију научног рада. Значајне промене у структури високог образовања, везане за имплементацију Болоњске декларације, усвајање нове и активне улоге студената у процесу образовања и њихово све шире укључивање у стручне и истраживачке пројекте, као и покретање нових дипломских-мастер докторских студија, доносе потребу да ови, веома значајни и вредни резултати, постану доступни академској и широј јавности. Оживљавање „Зборника радова Факултета техничких наука“, као јединственог форума за презентацију научних и стручних достигнућа, пре свега студената, обезбеђује услове за доступност ових резултата.

Због тога је Наставно-научно веће ФТН-а одлучило да, од новембра 2008. год. у облику пилот пројекта, а од фебруара 2009. год. као сталну активност, уведе презентацију најважнијих резултата свих дипломских-мастер радова студената ФТН-а у облику кратког рада у „Зборнику радова Факултета техничких наука“. Поред студената дипломских-мастер студија, часопис је отворен и за студенте докторских студија, као и за прилоге аутора са ФТН или ван ФТН-а.

Зборник излази у два облика – електронском на веб сајту ФТН-а (www.ftn.uns.ac.rs) и штампаном, који је пред вама. Обе верзије публикују се више пута годишње у оквиру промоције дипломираних инжењера-мастера.

У овом броју штампани су радови студената мастер студија, сада већ мастера, који су радове бранили у периоду од 16.12.2011. до 31.01.2012. год., а који се промовишу 27.03.2012. год. То су оригинални прилози студената са главним резултатима њихових дипломских радова. Део радова већ раније је објављен на некој од домаћих научних конференција или у неком од часописа.

У Зборнику су ови радови дати као репринт уз мање визуелне корекције.

Велик број дипломираних инжењера–мастера у овом периоду био је разлог што су радови поводом ове промоције подељени у две свеске.

У овој свесци, са редним бројем 1, објављени су радови из области машинства, електротехнике и рачунарства и грађевинарства.

У свесци са редним бројем 2. објављени су радови из области саобраћаја, графичког инжењерства и дизајна, инжењерског менаџмента, инжењерства заштите животне средине, мехатронике и геодезије и геоматике.

Уредништво се нада да ће и професори и сарадници ФТН-а и других институција наћи интерес да публикују своје резултате истраживања у облику регуларних радова у овом часопису. Ти радови ће бити објављивани на енглеском језику због пуне међународне видљивости и проходности презентованих резултата.

У плану је да часопис, својим редовним изласком и високим квалитетом, привуче пажњу и постане довољно препознатљив и цитиран да може да стане раме-уз-раме са водећим часописима и заслужи своје место на СЦИ листи, чиме ће значајно допринети да се оствари мото Факултета техничких наука:

„Високо место у друштву најбољих“

Уредништво

SADRŽAJ

	Strana
Radovi iz oblasti: Mašinstvo	
1. Željko Šopalović, INTEGRACIJA SOLARNIH I KONVENCIONALNIH SISTEMA ZA SNABDEVANJE TOPLOM VODOM U ZGRADARSTVU	1
2. Dragan Pajić, STRUKTURNA OPTIMIZACIJA NOSAČA MOTORA U PROGRAMSKOM SISTEMU CATIA	5
3. Željka Savić, Rastislav Šostakov, MODULARNA GRADNJA MOSNIH DIZALICA MALE NOSIVOSTI - KONSTRUKTIVNI I TEHNO-EKONOMSKI ASPEKTI-	9
4. Goran Karamika, Marin Gostimirović, ISTRAŽIVANJE TEHNOLOŠKIH PARAMETARA PROCESA OBRADE PLAZMOM	13
5. Nenad Gaković, Marin Gostimirović, Vladimir Pucovsky, ISTRAŽIVANJE PROCESA ELEKTROEROZIVNE OBRADE PRIMENOM GENETSKIH ALGORITAMA	17
6. Dragan Galešić, SAVIJANJE KRUŽNE PLOČE OSLOJNENE NA PRSTENAST MEĐUOSLONAC	21
7. Siniša Milovanović, Velimir Todić, Dejan Lukić, SIMULACIJA TEHNOLOŠKOG PROCESA IZRADE GRUPE PROIZVODA PRIMENOM PROGRAMSKOG SISTEMA TECNOMATIX PLANT SIMULATION	25
Radovi iz oblasti: Elektrotehnika i računarstvo	
1. Milan Čakanović, MODELOVANJE I SIMULACIJA SISTEMA ZA AUTOMATSKO UPRAVLJANJE VENECIJANERIMA I UNUTRAŠNjom RASVETOM	29
2. Vladan Milošević, Vladimir Katić, AUTOMOBILI NA ELEKTRIČNU ENERGIJU	33
3. Dragan Janićijević, DIGITALNA ZEMALJSKA TELEVIzIJA	37
4. Stevan Bugadžija, MULTIFUNKCIONALNI SEMAFOR ZA POTREBE PENJAČKIH TAKMIČENJA	41
5. Bojan Perić, POREĐENJE MPEG-2 I MPEG-4 STANDARDA	45
6. Vladimir Todorović, Milan Vidaković, GENERISANJE POSLOVNIH APLIKACIJA UPOTREBOM OpenFaces I FreeMarker BIBLIOTEKA	49
7. Aleksandar Novaković, Željken Trpovski, DIGITALNA TELEVIzIJA	53
8. Siniša Đoković, Zoran Jeličić, KLASIFIKACIJA ISPRAVNOSTI KOTRLJAJUĆIH LEŽAJA MOTORA I ŠIPKI ROTORA PRIMENOM PCA I LDA ALGORITMA	57
9. Žarko Jovičić, OPENID I INTEGRACIJA U JAVA – BAZIRANE WEB APLIKACIJE	61
10. Jelena Belančić, Vladimir Katić, PREGLED I PRIMENA SOFTVERA ZA SIMULACIJU RADA ENERGETSKIH PRETVARAČA U FOTONAPONSKOM IZVORU ELEKTRIČNE ENERGIJE	65

11. Igor Cifra, UTICAJ PODATAKA VAN REALNOG VREMENA NA GREŠKE ESTIMACIJE STANJA	69
12. Darko Perović, Vlado Porobić, Darko Marčetić, SCADA SISTEM ZA UPRAVLJANJE BRZINOM ASINHRONOG MOTORA PRIMENJENOG U REGULACIJI PROTOKA VAZDUHA	73
13. Filip Miladinović, Željens Trpovski, PRAKTIČNA ISKUSTVA PRI PROJEKTOVANJU I REALIZACIJI RAČUNARSKIH MREŽA	77
14. Aleksandar Krneta, Vladimir Katić, PRENOS ENERGIJE JEDNOSMERNOM STRUJOM VISOKOG NAPONA (HVDC)	81
15. Igor Bugarski, Miloš Slankamenac, Miloš Živanov, Dragan Stupar, Jovan Bajić, MERENJE INDEKSA PRELAMANJA TEČNOSTI KORIŠĆENJEM FIBER OPTIČKOG SENZORA POMERAJA	85
16. Borislav Živković, Vladimir Katić, PROJEKTOVANJE VETROELEKTRANE – PREGLED SOFTVERSKIH ALATA	89
17. Bojan Močević, IZBOR PODEŠENJA DISTANTNE ZAŠTITE	93
18. Mirjana Lolić, PODELA GRAFA HIBRIDNIM ALGORITMOM SUPER-KORENA	97
19. Slobodan Stanić, Miroslav Nimrihter, DISTRIBUIRANI GENERATORI I PAMETNE MREŽE	101
20. Milica Colić, Miroslav Nimrihter, PAMETNE MREŽE - AUTOMATSKA LOKACIJA MESTA KVARA, IZOLACIJA DELOVA U KVARU I OBNAVLANJE NAPAJANJA POTROŠAČA	105
21. Милан Фигл, Золтан Чорба, Владимир Катић, ПОСТУПАК ПРОЈЕКТОВАЊА СОЛАРНИХ ФН ЕЛЕКТРАНА СА ПРИМЕРОМ 7 kW СИСТЕМА	109
22. Bojan Bogovac, REALIZACIJA SCADA SISTEMA SA VIŠESTRUKIM KONTEKSTIMA I DINAMIČKOM REKONFIGURACIJOM	113
23. Dejan Šarenac, JEDNA IMPLEMENTACIJA KLIJENTSKE SPREŽNE KOMPONENTE PREMA STANDARDU IEC 61850	117
24. Milan Šuka, Željens Trpovski, KVALITET SERVISA VOIP-A PREKO SIP PROTOKOLA	121
25. Miloš Radosavljević, LOKALNI BINARNI OBLICI U RAČUNARSKOJ VIZIJI	125
26. Slobodan Birgermajer, Goran Kitić, Vesna Crnojević-Bengin, MICROWAVE SOIL MOISTURE SENSOR BASED ON PHASE SHIFT DETECTION OF TRANSMISSION COEFFICIENTS IN BAND-STOP STRUCTURES, Konferencija TELFOR, Beograd, novembar 2011.	129
27. Ivan Malušev, REALIZACIJA SOFTVERSKOG REŠENJA ZA UPRAVLJANJE KNX UREĐAJIMA POSREDSTVOM KNXnet/IP PROTOKOLA	133
28. Nataša Oroz, KALIBRACIJA METODOLOGIJE ZA POTENCIJALNU UŠTEDU ENERGIJE U BOLNICAMA	137
29. Sofija Hotomski, ANALIZA PLANA IZVRŠENJA I OPTIMIZACIJE UPITA NA SISTEMIMA ZA UPRAVLJANJE BAZAMA PODATAKA	141
30. Nataša Pržulj, WDM, DWDM I DIZAJN WDM MREŽE	145
31. Dušan Vujović, Dako Banika, Jan Zloh, Živko Radonjić, Nikola Vranić, GENERALIZACIJA SISTEMA ZA AUTOMATSKO TESTIRANJE STB - STARTER KIT, Konferencija TELFOR, Beograd, novembar 2011.	149

32.	Svetozar Janjić, Petar Jovanović, Nikola Kuzmanović, Mihajlo Katona, PRILAGOĐAVANJE, ISPITIVANJE I VERIFIKACIJA OPERATIVNOG SISTEMA ANDROID NA NOVOJ ARHITEKTURI, Konferencija ETRAN, Banja Vrućca, juni 2011.	153
33.	Milan N. Mitrović, Dušan Milosavljević, Vukašin Nuhijević, Dejan Kojić, Nikola Smilković, REALIZACIJA BEŽIČNOG UPRAVLJANJA SVETLOSNIH EFEKTIMA SA TV PRIJEMNIKA, Konferencija ETRAN, Banja Vrućca, juni 2011.	157
34.	Vuk Popović, JEDNO REŠENJE SISTEMA ZA PRAĆENJE MOBILNIH OBJEKATA KORIŠĆENJEM GNSS TEHNOLOGIJE	161
35.	Nemanja Bubnjević, IMPLEMENTACIJA KLIJENTSKOG STORAGE REŠENJA PODESNOG ZA DMS SOFTVER	165
36.	Bojan Nikolić, SILVERLIGHT KLIJENT ZA KOMPOZITNI PRIKAZ PODATAKA SA WMS, WFS I OPENSTREETMAP SERVERA	169
37.	Ljubica Turanjanin, Željko Trpovski, PRENOS I OBRADA DIGITALNOG TV SIGNALA	173
38.	Dragan Miljković, Ljubiša Gajić, Aleksandar Kovačević, Zora Konjović, THE USE OF DATA MINING FOR BASKETBALL MATCHES OUTCOMES PREDICTION, konferencija SISY, Subotica, septembar 2010. god.	177
39.	Bojan Tešanović, PRORAČUN KOEFICIJENATA MODELA ZAVISNOSTI SNAGE POTROŠNJE OD NAPONA NAPAJANJA	181
40.	Jelena Baluban, PROGRAMSKA VIZUELIZACIJA MODELA ELEKTROENERGETSKOG SISTEMA MODIFIKOVANIM HV ALGORITMOM	185
41.	Marija Paspalj, IZRADA ALGORITMA ZA UPRAVLJANJE ŽALUZINAMA ZASNOVANOG NA OPTIMIZACIJI UGLA ZAKRIVLJENOSTI PRIMENOM VEŠTAČKE INTELIGENCIJE	189
42.	Marta Prica, OPTIMIZACIJA UGLA ZAKRIVLJENOSTI ŽALUZINA PRIMENOM GENETSKOG ALGORITMA I FUZZY LOGIKE	193
43.	Marko Čičak, ANALIZA VREMENSKIH SERIJA PRIMENOM SAMOORGANIZUJUĆIH MAPA	197
44.	Vladimir Oluić, DINAMIČKE PRERASPODELE MODELA DISTRIBUTIVNIH ELEKTROENERGETSKIH MREŽAUPOTREBOM RAČUNARSTVA U OBLAKU	201
45.	Miro Međugorac, DISTRIBUIRANI PRORAČUNI MATRIČNIH OPERACIJA UPOTREBOM OBLAK RAČUNARSTVA	205
46.	Veljko Jovančić, PRIMENA FAZI LOGIKE U KONTROLI KRVNOG PRITISKA TOKOM ANESTEZIJE	209
47.	Marko Stankov, FTTH MREŽNA INFRASTRUKTURA – TEHNIČKO REŠENJE ZA IMPLEMENTACIJU	213
48.	Stevica Đukić, PROTOTIP BEŽIČNOG SENZORSKOG ČVORA ZA PRAĆENJE MIKROKLIMATSKIH USLOVA U OBJEKTIMA ZAŠTIĆENOG PROSTORA	217
49.	Nikola Bojović, PROŠIRENJE SOFTVERSKOG PAKETA ZA PRODAJU I NAPLATU ELEKTRIČNE ENERGIJE „IPELEN“, MODULOM ZA UPRAVLJANJE KORISNIČKIM UGOVORIMA	221

Radovi iz oblasti: Građevinarstvo

1. Aleksandar Tešić, PROJEKAT KONSTRUKCIJE STAMBENE ZGRADE SA ANALIZOM PRORAČUNA ZA UTICAJE OD TRANSVERZALNIH SILA	225
2. Vladimir Šušća, PROJEKAT KONSTRUKCIJE EDUKATIVNOG CENTRA ZA ODRŽIVE MATERIJALE I TEHNOLOGIJE, SA ANALIZOM IZOLACIONIH SVOJSTAVA BIOMASE	229
3. Nebojša Šarac, TEHNOLOGIJA I ORGANIZACIJA GRAĐENJA MONTAŽNE HALE I ANALIZA TRANSPORTA MONTAŽNIH ELEMENATA	233
4. Dušan Šijački, TEHNOLOGIJA I ORGANIZACIJA GRAĐENJA ODBOJNIH ZAŠTITNIH PUTNIH OGRADA I IZBOR OPTIMALNE KONSTRUKCIJE OGRADA PRIMENOM VKO	237
5. Vladimir Lukač, TEHNOLOGIJA I ORGANIZACIJA GRAĐENJA OBJEKTA U IMS SISTEMU I ANALIZA TROŠKOVA MATERIJALA KOD IMS I MONOLITNOG SISTEMA	241
6. Ivana Kozarac, TEHNOLOGIJA I ORGANIZACIJA IZGRADNJE MONTAŽNE HALE I ODREĐIVANJE UTROŠKA ENERGIJE TOKOM IZGRADNJE MONTAŽNE KONSTRUKCIJE	245
7. Jelena Todorović, ANALIZA UTICAJA SPRATNOSTI NA SEIZMIČKU OTPORNOST ZGRADA SA ZIDOVIMA SREDNJE KLASJE DUKTILNOSTI	249
8. Bojan Kantar, ANALIZA UTICAJA SPRATNOSTI NA SEIZMIČKU OTPORNOST ZGRADA SA ZIDOVIMA VISOKE KLASJE DUKTILNOSTI	253
9. Сања Ожват, МАЛЕ ХИДРОЕЛЕКТРАНЕ НА КАНАЛСКОМ СИСТЕМУ ДУНАВ - ТИСА- ДУНАВ	257
10. Немања Павловић, Мирјана Малешев, ПРОЦЕНА СТАЊА, САНАЦИЈА И ДОГРАДЊА НАДСТРЕШНИЦЕ ТРИБИНА РУКОМЕТНОГ ИГРАЛИШТА У ДУНАВСКОМ ПАРКУ У НОВОМ САДУ	261
11. Dragan Kokot, FASADNE SKELE ZA STAMBENO POSLOVNE OBJEKTE I NJIHOVA PRIMENA ZA GRADNJU OBJEKTA Su+P+3+Pk	265
12. Дамир Митић, Срђан Колаковић, НАВОДЊАВАЊЕ ПОЉОПРИВРЕДНИХ ПОВРШИНА У ДОЛИНИ РЕКЕ ЛЕПЕНИЦЕ ВОДОМ ИЗ ЦППОВ “КРАГУЈЕВАЦ”	269

**INTEGRACIJA SOLARNIH I KONVENCIONALNIH SISTEMA ZA SNABDEVANJE
TOPLOM VODOM U ZGRADARSTVU****INTEGRATION OF SOLAR AND CONVENTIONAL SYSTEMS FOR HOT WATER
SUPPLY IN RESIDENTIAL BUILDINGS**

Željko Šopalović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – MAŠINSTVO

Kratak sadržaj–Integracijom solarnih i konvencionalnih sistema za snabdevanje toplom potrošnom vodom obezbeđuje se značajna finansijska ušteda za potrošača. Rezultat integracije ovih sistema je smanjenje potrošnje energenata i smanjenje emisije štetnih gasova u atmosferu. Ekološku korist od ovakvih sistema ima celokupno društvo. U ovom radu izvršena je finansijska i tehnička analiza integracije solarnih i konvencionalnih sistema za snabdevanje toplom potrošnom vodom u zgradarstvu.

Abstract – By integrating solar and conventional systems for domestic hot water supply is provided for significant financial savings for consumers. The result of integration of these systems is to reduce energy consumption and reduce emissions into the atmosphere. Environmental benefits of such systems is for entire society. This work was carried out financial and technical analysis of the integration of solar and conventional systems for the supply of domestic hot water in residential buildings.

Ključne reči: Solarni sistemi, konvencionalni sistemi, integracija, topla potrošna voda.

1. UVOD

Problem današnjice, pored sve veće zagađenosti vazduha, vode i zemljišta je i sve veća potrošnja energije. S obzirom na trend rasta cene električne energije kao i cene fosilnih goriva, jasno je da se u budućnosti moramo okrenuti obnovljivim izvorima energije. Ovakva postrojenja smanjuju emisiju štetnih gasova i štede energente. U radu je na osnovu realnog primera izvršena analiza isplativosti integracije solarnih i konvencionalnih sistema za snabdevanje toplom potrošnom vodom u zgradarstvu za područje grada Novog Sada.

Cilj rada je da se dokaže isplativost i opravdanost ulaganja u sisteme solarnih kolektora. U radu će biti obrađena tri načina integracije sistema solarnih kolektora i konvencionalnih sistema i to:

- Integracija solarnog sistema i lokalne kotlarnice
- Integracija solarnog sistema i gradskog toplovoda
- Integracija solarnog sistema i električnog bojlera

2. PERSPEKTIVE, POTENCIJALI I BARIJERE ZA UPOTREBU SOLARNE ENERGIJE U SRBIJI

Za uspešnu primenu solarne tehnologije važno je da

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio doc.dr Jovan Petrović.

geografsko područje u kome je instaliran solarni sistem ima dobru insolacijsku kartu kao i adekvatan broj sunčanih časova.

Pored ovih prirodnih parametara, neophodan je set zakona kojim država uređuje i subvencionise ulaganje u obnovljive izvore energije, kao i upoznavanje potencijalnih korisnika sa prednostima upotrebe sistema solarnih kolektora.

2.1 Potencijali za korišćenje solarnih tehnologija u Srbiji

Geografski položaj Republike Srbije, broj sunčanih časova godišnje i jačina sunčevog zračenja po $1m^2$ povoljni su za korišćenje sistema solarnih kolektora. Sunčeva energija je besplatna i dostupna u neograničenim količinama. Na osnovu dugog veka trajanja sistema, kratkog perioda povraćaja investicije u solarni sistem dolazi se do zaključka da ovi sistemi predstavljaju dobro rešenje prilikom odabira sistema zagrevanja tople potrošne vode.

2.2 Barijere i pravni okvir prilikom implementacije solarnih sistema u Srbiji

U Republici Srbiji nedostaje znatan broj standarda opreme i postupaka za eksploataciju obnovljivih izvora energije (OIE) koji su u ovoj oblasti već uspostavljeni u EU. Takođe, nedostaju i propisi kojima se uređuje korišćenje OIE, kao i propisi za projektovanje, izradu, kontrolu i montažu/ugradnju uređaja koji koriste OIE. Potrebne su i akreditovane atestne laboratorije za postrojenja energetskog korišćenja OIE.

Cena investicije u evropskim okvirima nije velika, ali za prosečnu porodicu u Srbiji je skupa. Prosečna porodica nema motiva za investiranje u solarne sisteme s obzirom na to da je cena električne energije u Srbiji među najnižim u Evropi i da su prosečna primanja isto tako među najnižim. Pored relativno skupih sistema, drugi problem je i slaba informisanost građana o obnovljivim izvorima energije.

Do sada je država pomagala i subvencionisala određene investicije u OIE, naročito u iskorišćenje biomase i hidropotencijala. Veliki broj banaka u saradnji sa Republikom Srbijom daje subvencionisane kredite za grejanje na biomasu. Za sada takve subvencije ne postoje za korišćenje solarnih sistema za grejanje tople potrošne vode.

3. INSTALACIJE SOLARNIH SISTEMA

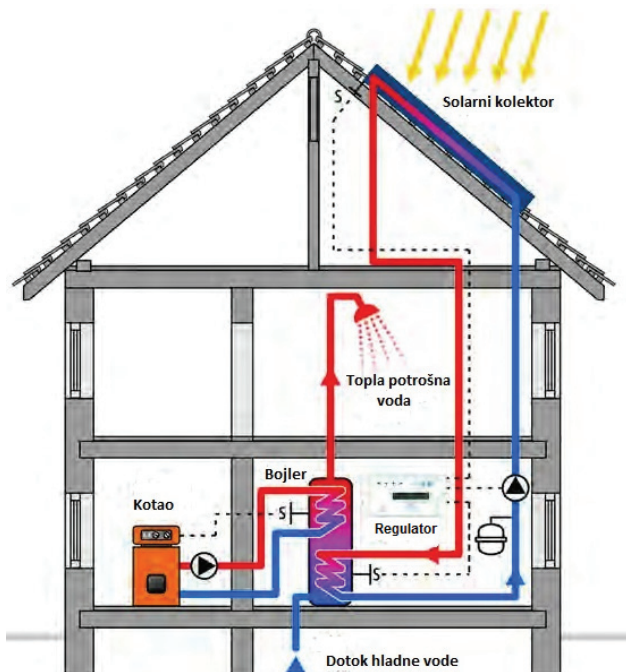
Osnovni delovi solarnog sistema za snabdevanje toplom potrošnom vodom:

- Solarni kolektor
- Cirkulaciona pumpa

- Ekspanziona posuda
- Solarni bojler
- Regulator
- Kotao

3.1 Princip rada solarnog sistema

Solarni kolektori montirani na krov stambenog objekta apsorbiraju sunčevu svetlost koja prodire kroz staklene panele i pretvaraju je u toplotnu energiju. Toplota se dobija apsorpcijom sunčevih zraka kroz tamno obložene, najčešće metalne ploče zvane apsorberi. U apsorberu se nalazi sistem cevi ispunjen prenosnim fluidom koji služi za prenos toplote. Toplotu dobijenu usled sunčevog zračenja prenosni fluid prenosi do rezervoara tople vode. Kretanje prenosnog fluida se obezbeđuje upotrebom cirkulacione pumpe. Radom pumpe upravlja solarni regulator. U domaćinstvima se koriste rezervoari tople vode sa klasičnim izmenjivačem toplote. Ohlađeni prenosni fluid sistemom cevi se vraća do kolektora, dok zagrejani dolazi u rezervoar gde će preko izmenjivačke zmijske predati toplotnu energiju potrošnoj vodi. U rezervoaru oko izmenjivačke zmijske se nalazi potrošna voda koja se usled temperaturne razlike raslojava, pa topla voda ide ka višim slojevima u rezervoaru odakle ide ka potrošačima, dok hladna pada na dno rezervoara. U rezervoaru pored izmenjivačke zmijske koja predaje energiju sakupljenu u solarnom kolektoru često se nalazi i druga izmenjivačka zmijska kroz koju struji topla voda zagrejana u kotlu i služi za dogrevanje vode ako je to potrebno. Na slici broj 1 prikazan je princip rada solarnih sistema u manjim stambenim objektima.



Slika 1. Klasični solarni sistem za grejanje tople potrošne vode sa kotlom za dogrevanje

3.2 Tipovi solarnih kolektora

Solarni kolektor je glavni deo svake solarne instalacije. On prima sunčeve zrake preko apsorbera i pretvara ih u toplotnu energiju. Solarni kolektori se dele na pločaste i vakuumske. Osnovna razlika između vakuumskog i pločastog solarnog kolektora je to što se kod vakuumskog

kolektora izmenjivačke cevi nalaze u vakuumskim staklenim cevima. Vakuumski kolektor radi na principu prolaska sunčevog zračenja kroz vakuumski prostor u kojem se nalazi apsorber sa cevima. Na taj način se smanjuju konvekcijski gubici, a povećava stepen iskorišćenja kolektora. Vakuumskim cevnim kolektorima može se postići veća temperatura prenosnog fluida nego što se može postići pločastim kolektorima.

3.3 Analiza tržišta solarnih sistema, dostupnost tehnologije i cene u Srbiji

Solarno tržište zahteva tehnologiju sa visokim stepenom iskorišćenja, dugim vekom rada i što manjom cenom. U Srbiji najveću zastupljenost imaju nemački i domaći proizvođači. Firme u našoj zemlji uglavnom se bave uvozom i distribucijom solarnih komponenti, ali postoje i neke domaće kompanije koje proizvode solarne kolektore i prateću opremu.

U razmatranjima „za i protiv“ ugradnje solarnih kolektora i planiranju troškova treba se voditi računicom da se cena kompletnog sistema kreće od 800 do 1000 dinara za 1 l zapremine bojlera, odnosno cena po 1 m² solarnih kolektora za kompletan sistem iznosi od 55000 do 60000 dinara po principu „ključ u ruke“. Na osnovu ovih cena dobijenih od proizvođača, uvoznika i distributera formirali smo cenu koju ćemo koristiti u proračunu isplativosti integracije solarnih sistema na postojeći sistem.

Usvojena jedinična cena za kompletan sistem:

- 800 do 1000 dinara za 1 l zapremine bojlera
- 55000 do 60000 dinara za 1 m² solarnih kolektora

4. SPECIFIČNOST INTEGRACIJE TEHNOLOGIJE

Konvencionalni sistemi za snabdevanje toplom potrošnom vodom trenutka ugradnje i početka eksploatacije samo stvaraju trošak i nikada se investicija u njih neće isplatiti. Za razliku od konvencionalnih sistema, solarni sistem za snabdevanje toplom potrošnom vodom štedi energiju, vraća uložena sredstva, a posle nekog vremena ta energija postaje besplatna. Solarni sistemi gotovo potpuno zadovoljavaju potrebe za zagrevanjem tople potrošne vode u letnjim mesecima, dok im je u zimskim mesecima potrebna pomoć konvencionalnih sistema da bi se temperatura tople potrošne vode dovela na odgovarajući nivo. Zbog nemogućnosti solarnog sistema da u određenim periodima godine zagreje vodu na odgovarajući nivo pristupa se integraciji tehnologija. Integracijom solarnih i konvencionalnih sistema zagrevanja potrošne vode dobija se sistem koji poseduje najbolje karakteristike oba sistema, a pritom su eliminisane negativne karakteristike pojedinačnih sistema.

4.1 Ulazni podaci neophodni za proračun

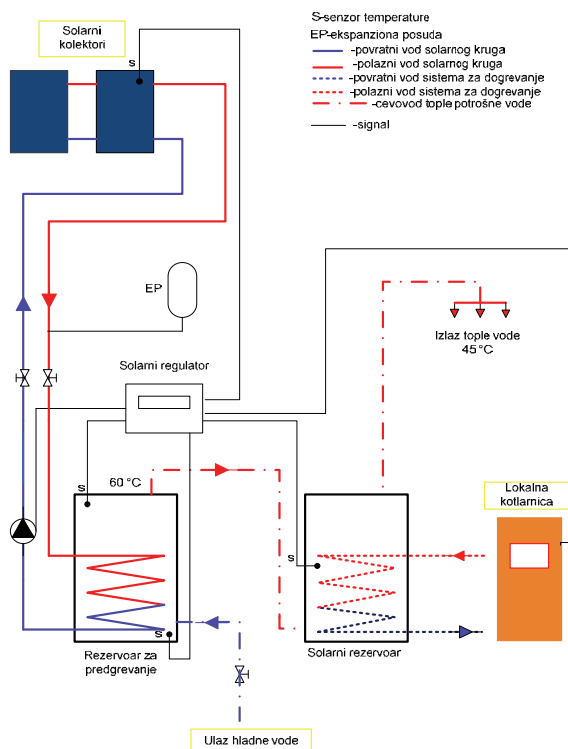
Kao model za proračun uzeta je stambena zgrada izgrađena sedamdesetih godina prošlog veka. Ovakve zgrade nalaze se na novosadskim Limanima. Na osnovu istraživanja utvrđeno je da u odabranoj stambenoj zgradi živi 100 stanara. Dnevna potrošnja po stanaru iznosi 50 l tople potrošne vode temperature 45 °C.

Podaci o insolaciji i broju sunčanih časova dobijeni su od Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije. Broj sunčanih časova godišnje za Novi Sad iznosi 2152,2 h/a,

intenzitet sunčevog zračenja godišnje iznosi 1390 kWh/m²A.

4.2 Integracija solarnog sistema i sistema grejanja potrošne vode lokalnom kotlarnicom

Integracija solarnog sistema i lokalne kotlarnice u svrhu zagrevanja tople potrošne vode predstavlja efikasan način da se uštedi energija, smanje troškovi za zagrevanje tople potrošne vode, kao i da se smanje emisije štetnih gasova u atmosferu. Integracijom solarnog sistema i lokalne kotlarnice postižu se velike uštede jer solarni sistem veći deo godine samostalno obezbeđuje toplu potrošnu vodu, dok kotlarnica služi za ispomoć u zimskom periodu kada solarni sistem ne može da obezbedi potrebnu količinu tople potrošne vode. Jedan takav sistem prikazan je na slici 2.



Slika 2. Solarni sistem sa lokalnom kotlarnicom

Solarni sistem sa lokalnom kotlarnicom sastoji se od: sistema solarnih kolektora, rezervoara za predgrevanje, solarnog rezervoara, ekspanzione posude, senzora temperature, solarne regulacije, lokalne kotlarnice, ventila. Proračunom je utvrđeno da se solarni sistem primenjen na modelu sastoji od 32 pločasta solarna kolektora ukupne apsorpcione površine 70 m² i ukupne apsorpcione moći od 66 MWh/A. Kolektori prikupljaju energiju sunčevog zračenja i preko apsorbera zagrevaju prenosni fluid koji struji unutar izmenjivačke zmiđe solarnog kolektora. Sistemom cevi zagrejan radni fluid predaje toplotnu energiju potrošnoj vodi u rezervoaru za predgrevanje. Projektovana temperatura unutar rezervoara za predgrevanje je 60 °C, jer je voda zagrejana na ovu temperaturu sanitarno ispravna. Najtoplija voda se iz rezervoara za predgrevanje transportuje do solarnog rezervoara i dalje topla potrošna voda transportuje se do potrošača. Senzor temperature u solarnom rezervoaru meri temperature vode pristigle iz rezervoara za predgrevanje. Temperatura treba da bude 45 °C. Ako senzor

izmeri temperaturu nižu od zadate, onda regulator šalje signal kotlarnici koja vrši dogrevanje vode do zadatog nivoa. Proračunom je utvrđeno da je potrebno 6,25 MWh toplotne energije mesečno za zagrevanje potrošne vode za 100 stanara.

U tabeli 1 vidi se odnos između potrebne i apsorbovane energije solarnog sistema na mesečnom nivou. Negativnu razliku između potrebne i apsorbovane energije nadoknadiće kotlarnica.

	Potrebna energija za zagrevanje vode mesečno [MWh/mes]:	Ukupna apsorbovana energija solarnih kolektora mesečno [MWh/god]:	Energija potrebna za dogrevanje vode [MWh/mes]:
jan	6.25	2.11	-4.14
feb	6.25	3.2	-3.05
mar	6.25	4.65	-1.6
apr	6.25	6.54	0.29
maj	6.25	8.43	2.18
jun	6.25	8.72	2.47
jul	6.25	9.23	2.98
avg	6.25	8.36	2.11
sep	6.25	6.19	-0.06
okt	6.25	4.22	-2.03
nov	6.25	2.04	-4.21
dec	6.25	1.75	-4.5

Tabela 1. Potrebna količina energije za zagrevanje tople potrošne vode

Iz table 1. vidi se da solarni sistem ne može obezbediti dovoljnu količinu energije u toku januara, februara, marta, septembra, oktobra, novembra i decembra, pa je potrebno dogrevanje. Energija potrebna za dogrevanje na godišnjem nivou iznosi 19,59 MWh/A. Količina gasa potrebna za dogrevanje vode u zimskom periodu iznosi oko 2500 m³ gasa čija je cena oko 900 €. Na osnovu celogodišnje cene gasa potrebne za zagrevanje vode od 4160 € i cene gasa potrebne za dogrevanje dolazi se do podatka da se ugradnjom solarnog sistema može uštedeti do 3250 €. Solarni sistem može obezbediti do 75% energije za zagrevanje tople potrošne vode.

4.3 Integracija solarnog sistema i sistema grejanja potrošne vode gradskom toploprovodom (toplovod)

Solarni sistem integrisan na toplovod sastoji se od: sistema solarnih kolektora, rezervoara za predgrevanje, solarnog rezervoara, elektroventila, ekspanzione posude, solarne regulacije, senzora temperature, kalorimetra, ventila. Stambene zgrade priključene na gradski toplovod već poseduju sistem zagrevanja tople potrošne vode i potrebno je napraviti dogovor sa gradskom toplanom o priključenju na njihov sistem.

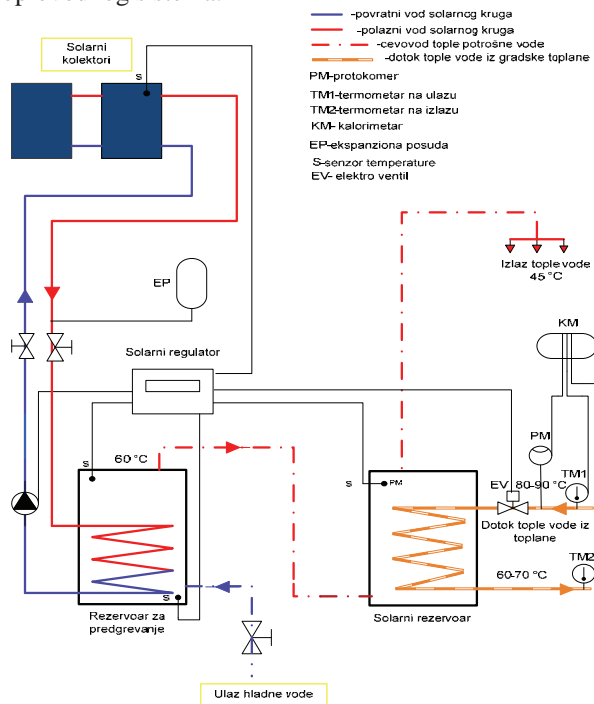
Cena tople potrošne vode koju je isporučila gradska toplana u Novom Sadu dana 1.9.2011. iznosila je 246,75 din/m³ bez PDV-a. Na osnovu ove cene utvrdićemo isplativost integracije ova dva sistema. Solarni sistem integrisan na gradski toplovod radi na istom principu kao i sistem sa lokalnom kotlarnicom, ali u ovom slučaju dogrevanje se vrši toplotnom energijom dobijenom od gradskog toplovoda.

Solarni sistem je potpuno identičan sistemu integrisanom na lokalnu kotlarnicu. Sistem se sastoji od 32 pločasta solarna kolektora ukupne apsorpcione površine 70 m² i ukupne apsorpcione moći od 66 MWh/A.

Shema jednog takvog sistema nalazi se na slici 3.

Solarni sistem u stanju je da obezbedi oko 70% energetske potrebe za zagrevanje tople potrošne vode. Na osnovu cene koju naplaćuje gradska toplana za 1 m³ tople vode i potrošnje moguća je ušteda od oko 3700 €. U odnosu na

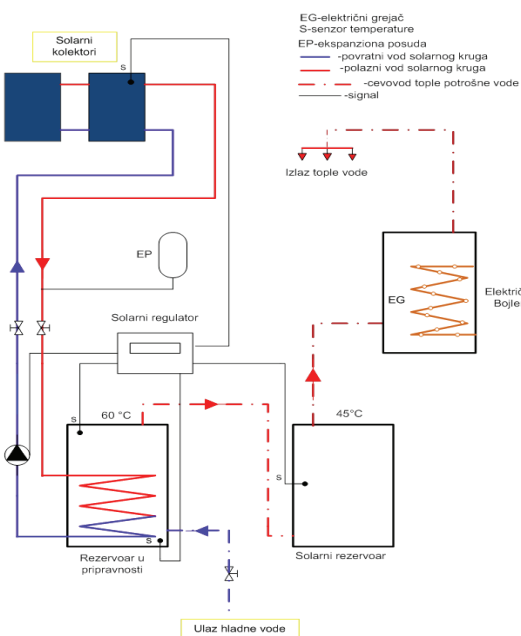
ovaj iznos utvrđujemo isplativost integracije solarnog i toplovodnog sistema.



Slika 3: Solarni sistem integrisan na gradski toplovod

4.4 Integracija solarnog sistema i sistema grejanja potrošne vode električnim bojlerom

Solarni sistem integrisan na električne bojlere sastoji se od: sistema solarnih kolektora, senzora, rezervoara za predgrevanje, ventila, ekspanzione posude, dodatne cevne instalacije, solarne regulacije, električnog bojlera.



Slika 4: Solarni sistem integrisan na električne bojlere

Integracija solarnog sistema i električnog bojlera u cilju zagrevanja tople potrošne vode je redak slučaj, ali i ova kvi sistemi mogu ostvariti značajne uštede.

Solarni sistem za ovaj tip integracije je identičan sistemu u predhodna dva slučaja i obezbeđuje 70% energije za zagrevanje tople potrošne vode. Na osnovu cene električne energije (5,5 din/kWh) procenjeno je da integracijom sa

električnim bojlerima godišnje može uštedeti oko 2900 € na nivou cele stambene zgrade. Zbog obimnih radova na prepravljaju instalacije, zaključeno je da nije isplativa integracija sistema solarnih kolektora i električnih bojlera.

4.5 Uporedni prikaz isplativosti mogućih rešenja

Na osnovu dobijenih rezultata i performansi sistema došlo se do isplativosti mogućih rešenja. Međusobnim upoređivanjem sva tri rešenja dobićemo ekonomski najisplativije.

Proizvođač solarnog sistema:	Cena solarnog sistema [€]:	Povraćaj investicije u sistema-posle koliko godina [godina]:		
		Solar-lokalna kotlarnica	Solar-Toplovod	Solar-Električni bojler
Villant	29260	9	7.91	10.08
Bosch	31650	9.7	8.56	10.92
Rehau	33600	10.4	9.09	11.5
Domaći proizvođači	20020	6.2	5.42	6.91

Tabela 2. Uporedni prikaz isplativosti integracije solarnih sistema sa konvencionalnim u zavisnosti od vrednosti investicije i vremena povraćaja uložjenih sredstava

Iz tabele 2 vidi se da je najbrži povraćaj sredstava ostvaren u slučaju integracije solarnog sistema na gradski toplovod. Zatim sledi slučaj integracije lokalne kotlarnice i solarnog sistema, pa najmanje isplativ slučaj integracije solarnog sistema i električnog bojlera. Pored najdužeg perioda povraćaja sredstava prilikom ulaganja u sistem solarnih kolektora i električnih bojlera, javljaju se i drugi negativni faktori u ovom slučaju. Veliki obim radova neophodan prilikom ugradnje ovakvog sistema i nesloga stanara čine model solar-električni bojler u zgradarstvu neisplativim.

5. ZAKLJUČAK

Problem kod integracije solarnog sistema i električnih bojlera predstavlja veliki obim radova koji je neophodan prilikom razvođenja tople potrošne vode od solarnog rezervoara do svakog bojlera i potreba da se svi stanari slože oko radova.

Jedno od ograničenje prilikom integracije solarnih sistema na gradsku toplanu predstavlja komplikovana pravna regulativa.

Od tri analizirana sistema u radu, došlo se do zaključka da je integracija solarnog sistema i lokalne kotlarnice najbolja i najjednostavnija. Cena investicije je gotovo ista u sva tri sistema, ali kod integracije solarnog sistema i kotlarnice ima najmanje administrativnih prepreka.

6. LITERATURA

- [1] Gvozdenac D.: Obnovljivi izvori energije, FTN Izdavaštvo, Novi Sad, 2010
- [2] Dr Terry R Gallow : Solar House, A guide for the solar designers, , Jordan Hill, Oxford , Great Britain, 2005
- [3] www.mre.gov.rs
- [4] www.vaillant.rs
- [5] www.bosch-climate.rs

Kratka biografija:



Željko Šopalović rođen u Užicu, 1985.god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, iz oblasti Mašinstvo - Energetika i procesna tehnika braniće decembra 2011. Adresa za kontakt autora: zelj-kosopalovic@yahoo.com

STRUKTURNA OPTIMIZACIJA NOSAČA MOTORA U PROGRAMSKOM SISTEMU CATIA
ENGINE MOUNT STRUCTURAL OPTIMIZATION IN CATIA PROGRAM SYSTEM

 Dragan Pajić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*
Oblast – MAŠINSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu predstavljena je strukturalna optimizacija mašinskih konstrukcija u programskom sistemu CATIA. Razmatran je primer strukturalne optimizacije bočnog nosača motora na konkretnom primeru. Urađena su tri postupka optimizacije: optimizacija debljine zida, optimizacija otvora i optimizacija topologije (pri čemu se pošlo od početnog oblika proizvoda od punog materijala). Najbolji rezultat postignut je optimizacijom debljine zida, pri čemu je polazna masa proizvoda smanjena za 50,62%.

Abstract – The subject of the paper was to describe and present the structural optimization of machine design in CATIA program system. An example of engine mount structural optimization is considered. Optimization was divided into three steps: engine mount wall thickness optimization, hole optimization, and topology optimization (where optimization is started from the solid shape of engine mount). The best result is obtained by wall thickness optimization, where initial product mass is reduced for 50,62%.

Ključne reči: strukturalna optimizacija, strukturalna analiza, MKE, CAD, CAE, nosač motora

1. UVOD

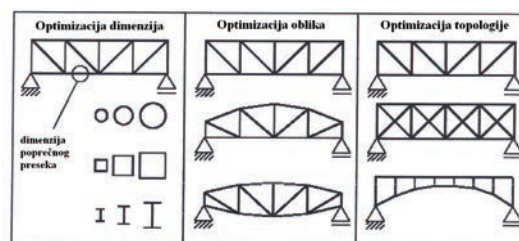
Optimizacija predstavlja težnju ka pronalazenju što boljeg rešenja za određeni problem. Zavisno od postavljenih prioriteta optimizacijom se teži minimizaciji negativnih ili maksimizaciji pozitivnih karakteristika. Tako je moguće postići uštedu materijala, energije, vremena izrade, povećanje efikasnosti, pouzdanosti čvrstoće ili bilo kojih drugih parametara.

U odnosu na klasične metode, gde je bilo moguće samo proveravati rezultate u okviru postavljenih uslova, primenom savremenih CAD/CAE softverskih sistema se pruža mogućnost i samog pronalazenja optimalnog rešenja varijacijom konstruktivnih parametara, čime se sam proces projektovanja znatno skraćuje.

Danas se nalazimo u situaciji da usled sve bržeg razvoja tehnologija u raznim oblastima dolazi sve češće do tehničke zastarelosti proizvoda daleko pre isteka planiranog veka trajanja. U takvom okruženju se optimizacija nameće sama od sebe da bi proizvodi mogli da budu konkurentni na tržištu koje postaje sve globalnije i u kojem nijanse odlučuju o tržišnom uspehu. U projektovanju proizvoda posebno mesto zauzima strukturalna optimizacija.

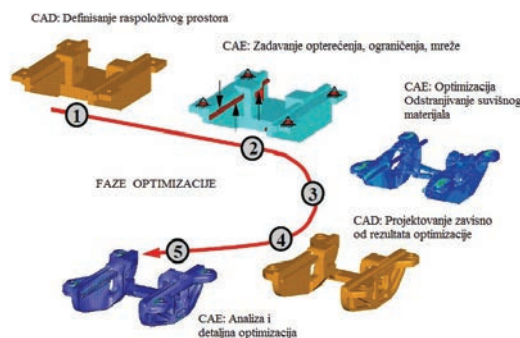
Strukturalna optimizacija predstavlja matematički pristup optimalnom raspoređivanju materijala u datom prostoru zavisno od zadatih opterećenja i ograničenja slobode kretanja. Prema načinu na koji se definiše struktura mogu se koristiti tri metode [1]:

- Optimizacija dimenzija,
- Optimizacija oblika i
- Optimizacija topologije.



Slika 1. Primeri optimizacije dimenzija, oblika i topologije [1]

Kod kompjuterske optimizacije pomoću CAD/CAE sistema prvo se definiše raspoloživ prostor i projektuje model koji zadovoljava opšte konstruktivne zahteve koje treba da ispuni. Potom se definišu opterećenja koja deluju na model i ograničenja kretanja, a model se opiše konačnim elementima, gde se celokupna struktura razloži na veliki broj elemenata raspoređenih u prostoru koji su među sobom vezanim u čvorovima. Zatim se pristupa optimizaciji pri čemu se uklanja suvišan materijal zadovoljavajući na kraju zadate parametre (npr: dozvoljeni napon ili dozvoljeno pomeranje tačaka). Posle toga se na osnovu dobijenih rezultata ponovo projektuje proizvod, pri čemu se obraća pažnja i na proizvodne karakteristike, da na primer troškovi dodatne obrade ne budu veći u odnosu na uštedeni materijal. Na kraju se finalni proizvod ponovo analizira i pristupa se detaljnoj optimizaciji. Ovaj postupak prikazan je na slici 2 [2].



Slika 2. Tok optimizacije [2]

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio doc. dr Zoran Milojević.

2. PROGRAMSKI PAKET CATIA

Programski sistem CATIA (Computer Aided Three-dimensional Interactive Application) [3], računom podržan trodimenzionalni interaktivni programski sistem je trodimenzionalni CAD/CAM/CAE komercijalni softverski sistem koji proizvodi francuska kompanija Dassault Systemes. Danas se koristi u različitim sferama tehnike: avioinženjering, automobilske industrije, brodogradnja, itd.

CATIA V5 je program za projektovanje proizvoda nove generacije, koji neprimetno integriše sve aspekte procesa razvoja proizvoda. To obuhvata simultanu upotrebu podataka i geometrijskih informacija, od koncepta proizvoda, do definicije proizvodnog procesa.

Osnovne osobine softverskog paketa CATIA su:

izrada skica, parametarsko varijaciono modeliranje, modeliranje sklopova, generisanje NC upravljačkog programa, strukturalna analiza i simulacija pomoću metode konačnih elemenata (MKE), strukturalna optimizacija elemenata mašinskih konstrukcija, asocijativnost.

2.1. Strukturalna analiza metodom konačnih elemenata u programskom sistemu CATIA

MKE ili metoda konačnih elemenata (Finite-Element Method - FEM) [4] spada u savremene metode numeričke analize i to diskretne. Koristi se za rešavanje graničnih problema iz matematike, fizike a naročito mehanike kontinuuma. Za razliku od diferentne metode koja se zasniva na matematičkoj diskretizaciji diferencijalnih jednačina, MKE se zasniva na fizičkoj diskretizaciji razmatranog prostora. Umesto elemenata diferencijalno (beskonačno) malih dimenzija, posmatra se element konačnih dimenzija tzv. konačni element, pa se umesto diferencijalnih ili integralnih jednačina dobijaju obične algebarske jednačine. Zatim se pomoću ovih jednačina dalje formuliše analiza celog kontinuuma. Posmatrano deformabilno telo zamenjuje se diskretnim modelom međusobno povezanim konačnim elementima sa konačnim brojem stepeni slobode.

Pre nego što pristupimo analizi naponsko-deformacionog stanja, moramo izvršiti određene pripreme, a to su:

- definisanje geometrijskog modela i zadavanje materijala,
- definisanje ograničenja,
- definisanje opterećenja,
- definisanje mreže konačnih elemenata,
- određivanje izlaznih veličina proračuna (senzora),
- pokretanje proračuna (analiza) naponsko-deformacionog stanja i
- analiza i simulacija pomoću izlaznih veličina (senzora).

Na slici 3, dat je prikaz generisane mreže konačnih elemenata modela nosača motora.



Slika 3. Generisana mreža konačnih elemenata u CATIA-i v5

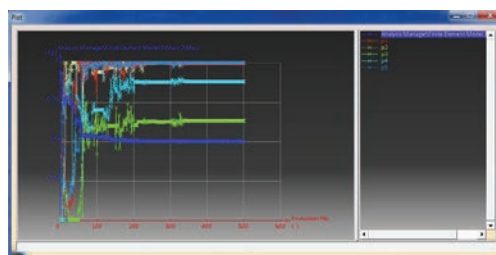
2.2. Postupak strukturalne optimizacije

Modulima za optimizaciju, koje poseduju savremeni programi, automatizuje se proces traženja optimalnih vrednosti parametara. Bez automatizovanog procesa, svi koraci od kreiranja nove strukturalne analize sa razvijanjem modela za analizu, diskretizacije modela na konačne elemente i analize rezultata, morali bi da se ponove za svaku promenu parametara. Svi ovi koraci u CATIA-i se izvršavaju simultano, izborom odgovarajućeg optimizacionog algoritma, u cilju obezbeđivanja ciljane funkcije optimizacionog procesa, variranjem izabranih parametara do ispunjavanja zadatih graničnih uslova, koje optimalna strukturalna treba da zadovolji [5].

Modul za optimizaciju u CATIA-i se pokreće iz glavnog menija: *Start/ Knowledgeware/ Product Engineering Optimizer*. Da bi se sproveo postupak optimizacije potrebno je proći kroz nekoliko faza:

- Izbor optimizacionog algoritma,
- Definisanje funkcije cilja,
- Zadavanje graničnih uslova,
- Definisanje slobodnih parametara i
- Određivanje optimalne strukture varijacijom parametara.

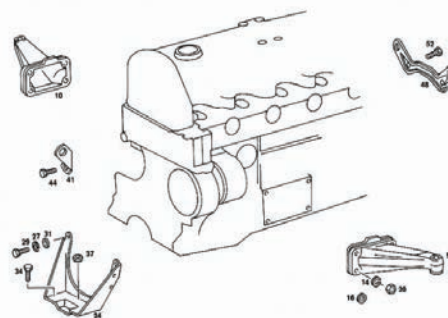
Po izvršenoj optimizaciji je moguće grafički prikazati dobijene rezultate. Svi podaci vezani za proračun u svakoj iteraciji čuvaju se u jednom fajlu koji može biti u .xls ili .txt formatu.



Slika 4. Grafički prikaz rezultata optimizacije

3. OPTIMIZACIJA NOSAČA MOTORA

U ovom primeru će se analizirati rezultati optimizacije bočnog nosača motora za Mercedes W123 koji je između 1976. i 1985. godine proizveden u preko 2,7 miliona primeraka, a u svakom su ugrađena po 2 bočna nosača. Ako tome dodamo još i rezervne delove dolazimo do brojke od najmanje 5,5 miliona proizvedenih nosača. Na slici 5., prikazane su pozicije nosača bloka motora.



Slika 5. Pozicije nosača u odnosu na blok motora

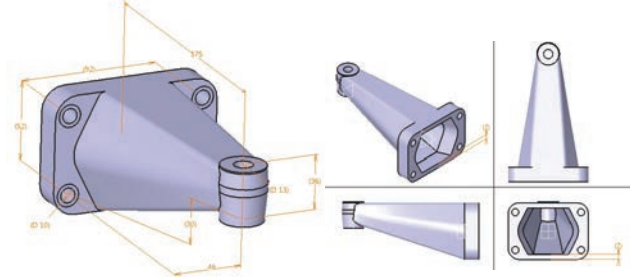
Kao maksimalno opterećenje jednog bočnog nosača će se pretpostaviti sila od 1500N. Usled dinamičkih opterećenja to će se pomnožiti sa stepenom sigurnosti 5 i zaokružiti ukupno opterećenje na 8000N. Nosač je napravljen od

aluminijumske legure nepoznatog sastava. Pretpostavićemo da je u pitanju legura 6061-T6, koja sadrži magnezijum i silikon kao glavne legirajuće elemente i spada među najčešće korišćene. Garantovana granica tečenja iznosi najmanje 240 MPa ali će se tokom proračuna koristiti vrednost od 200 MPa da bi se zadržala rezerva za detaljno optimizovanje. Optimizacija će se vršiti na tri načina:

- optimizacija debljine zida,
- optimizacija veličine i pozicije otvora na bočnim zidovima i
- optimizacija topologije nosača od punog materijala.

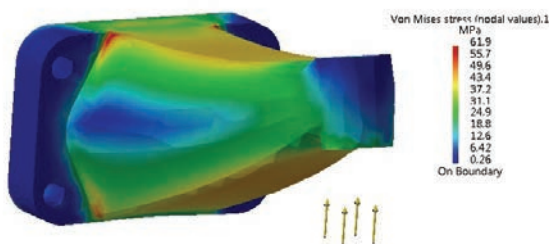
3.1 Analiza originalnog nosača

Prema originalnom delu je modeliran 3D model u CATIA uz minimalna odstupanja dimenzija i oblika. Debljina zida kod originalnog dela varira dok je u 3D modelu radi uprošćavanja problema korišćena konstantna vrednost od 7 mm. Potrebno je poštovati konstruktivne parametre koji se ne mogu menjati, u ovom slučaju to su dimenzije i pozicije otvora preko kojih se nosač vezuje za motor i šasiju (slika 6).



Slika 6. Projekcije 3D modela bočnog nosača motora

Potom se definiše ravan koja je uklještena, za koju biramo deo kojom je nosač vezan za motor, i ravan na koju deluje sila. Ovakav raspored je bitan da bi se postigli što realniji uslovi. Nakon generisanja mreže konačnih elemenata može se pristupiti postupku proračuna. Dobijeni rezultat za napone prikazan je na slici 7. Rezultat nam pokazuje da je maksimalni napon koji vlada $\sigma_{vm}=61,9$ MPa, što znači da je nosač moguće dodatno opteretiti ili neopterećene delove smanjiti.



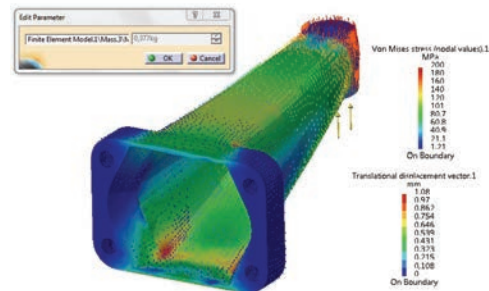
Slika 7. Grafički prikaz rezultata analize

Računski dobijena masa ovog dela iznosi 762 grama a maksimalni vektor translatornog pomeranja iznosi 0,395 mm.

3.2 Optimizacija debljine zida nosača

Dobijeni rezultati analize originalnog dela služe kao početni podaci za optimizaciju dela. Optimizacioni modul se pokreće aktiviranjem modula KNOWLEDGEWARE i biranjem PRODUCT ENGINEER OPTIMIZER, a sam proces optimizacije se aktivira komandom OPTIMIZATION. Za cilj optimizacije bira se minimizacija mase, a za slobodni parametar, koji može da se menja, se uzima unutrašnja debljina zida. Potrebno je utvrditi ograničenja,

u ovom slučaju ekvivalentni napon od 200 MPa do kojeg će se rezultati prihvatati kao zadovoljavajući.



Slika 8. Grafički prikaz analize dela sa optimizovanom debljinom zida

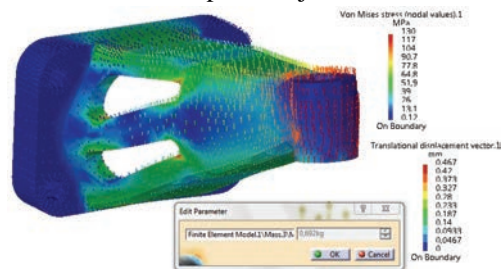
Rezultati posle optimizacije debljine zida nosača su sledeći:

- Debljinu zida nosača je moguće sa prvobitnih 7 mm smanjiti na 2,005 mm,
- Pri toj debljini zida maksimalni ekvivalentni napon je $\sigma_{vm}=200$ MPa i
- Masa nosača je sa 762 g smanjena na 377 g što predstavlja 49,48% od početne mase.

3.3 Optimizacija veličine i pozicije otvora na bočnim zidovima

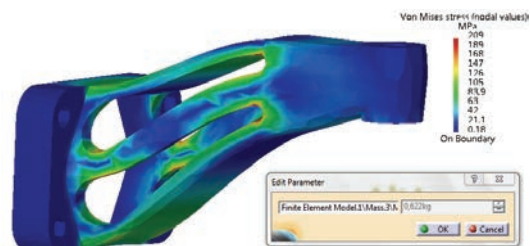
Kod ovog vida optimizacije će se modifikovati originalni deo tako što će se dodati otvori na bočnim zidovima, pri čemu će debljina zida ostati definisana kao na originalnom delu 7 mm. Otvori će biti u obliku dve kružnice koje su tangentnim linijama povezane. Nakon izvršene analize koristeći opterećenje od 8000 N na isti način kao u prethodnom slučaju dobijaju se sledeći rezultati (slika 9.):

- Maksimalni ekvivalentni napon $\sigma_{vm}=130$ MPa
- Masa dela iznosi 692 grama
- Maks. translatorno pomeranje tačaka 0,467 mm



Slika 9. Rezultati analize početnog modela

Pošto je izračunati ekvivalentni napon dosta manji od dozvoljenog, pristupa se optimizaciji oblika otvora, gde su slobodni parametri prečnici i koordinate centara kružnica. Ovdje imamo 12 promenljivih (4 prečnika, 8 koordinata).



Slika 10. Grafički prikaz rezultata analize konačnog dela sa otvorima

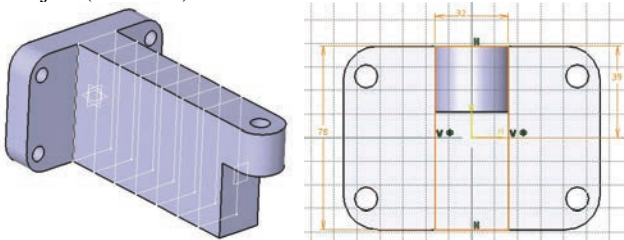
S obzirom da je garantovani minimalni napon tečenja za korišćeni materijal $\sigma_{vm}=240$ MPa može se optimizacijom

dobijenog modela odstraniti još materijala čime se na kraju dobijaju sledeći rezultati (slika 11.):

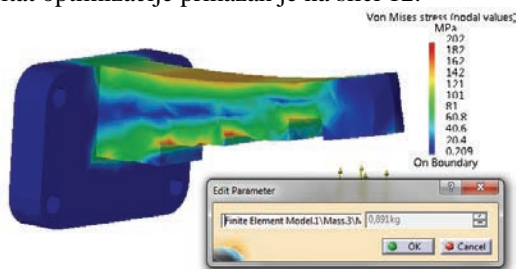
- Maks. ekvivalentni napon iznosi $\sigma_{vm}=209$ MPa
- Maks. translatorno pomeranje tačaka 0,699 mm
- Masa nosača je sa prvobitnih 762g smanjena na 622g što predstavlja 81,63% početne mase

3.4 Optimizacija topologije nosača

Kao početni model će se koristiti deo od punog materijala. Centralni deo nosača se sastoji od 7 jednakih elemenata oblika kvadra. Definisane su širina, razmak gornjeg dela u odnosu na koordinatni početak i visina stuba u odnosu na gornji deo. U toku optimizacije će se visina stuba koristiti kao slobodna veličina koja će se menjati (slika 11.).

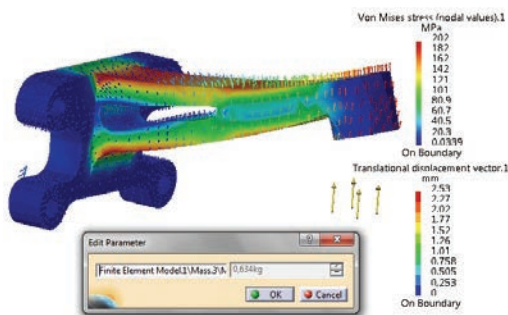


Slika 11. Početni model od punog materijala
Rezultat optimizacije prikazan je na slici 12.



Slika 12. Analiza dela dobijenog optimizacijom topologije centralnog dela

Kao što se vidi sa slike 12., najveća koncentracija napona je na oštrim ivicama, to jest prelazima između kvadara kojima je opisan centralni deo modela. Naknadnom doradom modela uklanjanjem oštih ivica, neopterećenih delova oslonca kao i optimizovanim oblikom otvora u centralnom delu, dobijenog od konture napravljene od *SPLINE* krive, dobija se konačni rezultat, prikazan na slici 13. Masa je smanjena sa 1453 g na 634 g što predstavlja 43,64 % početne vrednosti modela od punog materijala ili u odnosu na originalni deo sa debljinom zida od 7 mm 83,2 %.



Slika 13. Grafički prikaz rezultata analize konačnog dela od punog materijala

Analizom dobijenih rezultata, može se zaključiti da je najbolji rezultat postignut optimizacijom debljine zida nosača motora. Optimizacija debljine zida predstavlja i

najbolje tehnološko rešenje s obzirom da su u tom slučaju najmanje promene u postupku obrade čime se postiže dodatna ušteda u odnosu na slučajeve gde bi bilo potrebno menjati alate, mašine ili na drugi način menjati proizvodni proces. Na slici 14., dat je uporedni prikaz analiziranog nosača motora i nosača motora koji se ugrađuje u Mercedesovu E-Klasu tipa W211 koja se proizvodila do 2009. godine. Pored malih izmena u obliku nosača karakteristična je vidljivo manja debljina zida u odnosu na nosač za model W123.



Slika 14. Analizirani nosač motora (levo) i nosač motora E-Klase tipa W211 (desno)

4. ZAKLJUČAK

U radu je prikazana strukturna optimizacija proizvoda, na primeru bočnog nosača motora u programskom paketu CATIA. Optimizacija je izvršena na tri načina: optimizacija debljine zida, poprečnih otvora i topologije dela koji je napravljen od punog materijala. Najveća ušteda u materijalu se dobija optimizacijom debljine zida, pri čemu se masa sa 762 g smanjuje na 377 g, što predstavlja 49,48% od početne mase proizvoda.

Na osnovu dobijenih rezultata, može se zaključiti da modul za optimizaciju u CATIA programskom sistemu, predstavlja "moćan" alat u rukama mašinskog inženjera.

5. LITERATURA

- [1] Isailović B.: Strukturna optimizacija elemenata mašinskih konstrukcija u CAD okruženju, magistarski rad, Mašinski Fakultet u Kragujevcu, Kragujevac, 2010.,
- [2] Hougardy, P.: Topology optimization of engine and gearbox mount castings, 3rd European Hyperworks Technology Conference, Versailles, France, 2009.,
- [3] Garrison R. M.: Catia V5 Common Knowledge Tools- Parameters, 2006.,
- [4] Lee K.: Principles of CAD/CAM/CAE Systems, Seoul National University, Seoul, 1999.,
- [5] Wintermantel M., König O.: CAD-based Evolutionary Design Optimization with CATIA V5, 2009.

Kratka biografija:



Dragan Pajić rođen je u Tesliću 1983.god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mašinstva – Mehanizacija i konstrukciono mašinstvo odbranio je 2011.god.

MODULARNA GRADNJA MOSNIH DIZALICA MALE NOSIVOSTI - KONSTRUKTIVNI I TECHNO-EKONOMSKI ASPEKTI-**MODULAR DESIGN OF SMALL CAPACITY OVERHEAD TRAVELING CRANE - STRUCTURAL AND TECHNO-ECONOMIC ASPECTS -**

Željka Savić, Rastislav Šostakov, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – MAŠINSTVO

Kratak sadržaj – Rad obrađuje problem modularne gradnje mosnih dizalica malih nosivosti. Uz osvrt na teoriju modularnog konstruisanja, isprojektovana je familija od šest mosnih dizalica, takvih da zadovoljavaju potrebe malih i srednjih preduzeća. Uzimajući u obzir proizvodne programe proizvođača mosnih dizalica, izrađena je ekonomska analiza opravdanosti ovakvog postupka gradnje.

Abstract – *The paper deals with the problem of modular design of small capacity overhead travelling cranes. On the basis of a short review of the theory of modular design, the family of six bridge overhead traveling cranes is designed, in such a way that they satisfy the needs of small and medium enterprises. Taking into account the production programs of overhead traveling crane manufacturers, an economic feasibility analysis of this design process has been conducted.*

Gljučne reči: *Modularna gradnja, mosna dizalica, ekonomska analiza*

1. UVOD

Veliko tržište pripada velikim proizvođačima, kako u smislu količine, tako i u smislu veličine proizvoda. Malim proizvođačima ostaje da popune praznine koje ostavljaju veliki proizvođači, s težnjom da obezbede kvalitetan ali i jeftin proizvod koji će biti konkurentan na tržištu i koji će biti prilagođen specifičnim potrebama svakog kupca ponaosob. U industriji najširu primenu našla je mosna dizalica.

Ona pruža potpunu racionalizaciju transportnih zahteva i dobro iskorišćenje radnog prostora. Kao takva, postala je predmet analize modularne gradnje. Cilj rada je da ukaže na nove trendove u oblasti projektovanja dizalica, uz potrebu da se ukaže na prednosti ovakvog načina gradnje dizalica i da se posebna pažnja posveti tehničkim i ekonomskim parametrima koji su presudni kod odluke da se kupi određena dizalica.

Mosna dizalica sastoji se od glavnog nosača (puni, kutijasti ili rešetkasti) koji je vezan za bočne nosače. Na bočnim nosačima je smešten pogon kretanja dizalice. Po glavnom nosaču kreću se kolica sa pogonom dizanja. Konstruktivno rešenje pogona dizanja zavisi od tehnoloških uslova, namene dizalice, od veličine i vrste tereta.

NAPOMENA:

Ovaj rad pristekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Rastislav Šostakov, docent.

Različite potrebe i zahtevi usloveli su veliki broj varijanti mosnih dizalica po pitanju broja glavnih nosača, njihove konstrukcije, načina kretanja po dizaličkoj stazi, pogona dizanja i sl. Upravo takva raznolikost uslova je analizu postojećih konstrukcija, sa težnjom da se pronađe optimalno konstrukciono rešenje.

2. MODULARNO KONSTRUISANJE I PRIMENA NA MOSNE DIZALICE

Modularno konstruisanje je metod koji je 50-ih godina prošlog veka uzeo zamah. On nudi kompromis između tipova, specifikacija, ciklusa konstruisanja, i cene. Ukratko, ovaj metod standardizuje komponente i njihove međusobne veze, stvarajući tako kompatibilnu celinu koja ima određenu funkciju. Ove komponente mogu se lako menjati tako da je održavanje olakšano. Svrha ovog metoda je da poveća efikasnost projektovanja i omogući prenos iskustvenih podataka na mlađe projektante [1].

2.1. Koncept modularnog konstruisanja i planiranje proizvoda

Koncept modularnog konstruisanja zasniva se na podeli modula u serije, vertikalne i paralelne ali i u familije proizvoda.

- Vertikalna serija: proizvodi sa sličnom strukturom i načinom proizvodnje ali različitih dimenzija i glavnih parametara,
- Paralelna serija: grupa proizvoda sa istim parametrima snage, ali različitim unutrašnjim vezama,
- Cela serija: objedinjena vertikalna i paralelna serija,
- Familija proizvoda: sastoji se od proizvoda koji imaju zajedničku proizvodnu platformu, a koji imaju specifične karakteristike i funkcije, tako da zadovoljavaju različite grupe potrošača.

Dakle, serija proizvoda sa istom funkcijom a različitim parametrima formira se kroz kombinaciju svih varijanti funkcionalnih modula različitih veličina. Funkcija modula treba da bude takva da modul tehničku operaciju izvrši samostalno ili u kombinaciji sa nekim drugim modulom. Moduli su dizajnirani kao nezavisni za određene funkcije:

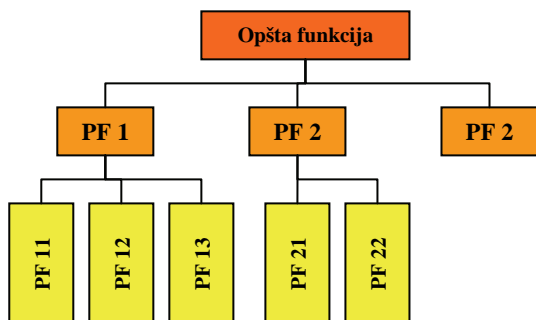
- Osnovna funkcija,
- Pomoćna funkcija,
- Adaptivna funkcija,
- Specijalne funkcije,
- Specijalne funkcije po zahtevu kupca.

Sledi da je najvažnija činjenica kod modularnog konstruisanja da je funkcija modula pogodna za razmenu, što znači da svi delovi sistema moraju biti konzistentni i da se performanse cele mašine ne manjaju nakon promene modula.

Kada se govori o planiranju proizvoda, misli se pre svega na definisanje proizvoda, razvoj familije proizvoda i konstrukciju modularnog sistema. Definisanje proizvoda direktno zavisi od potreba potrošača. Potrebe potrošača se preslikavaju u funkciju modula. Prema dobijenim funkcijama modula formira se serija. Serija se formira po zakonima sličnosti (standardnim brojevima).

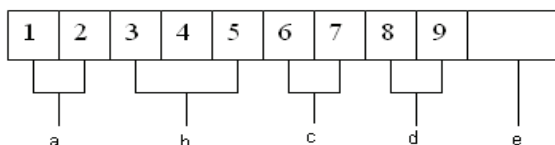
2.2. Konstrukcija modularnog sistema i formiranje baze podataka

Analiza funkcija je osnova podele i konstrukcije modula. Moduli proizvoda proizvedeni po modularnim idejama imaju jednu ili više funkcija. Kada se svi ti moduli sastave, oni se moraju ponašati tako da ispunjavaju opštu funkciju. Radi lakše analize, opšta funkcija se razvrstava na više podfunkcija, a one dalje na neke svoje podfunkcije, tj. vrši se funkcionalna dekompozicija, sl.1.



Slika 1. Funkcionalna dekompozicija

Kao rezultat konstruisanja dobijaju se moduli, a podaci o njima čuvaju se u bazi podataka. Svaki modul dobija svoj kod pod kojim se čuvaju sve informacije vezane za njega, sl.2. Svako mesto ovog 9-bitnog koda ima svoje značenje.



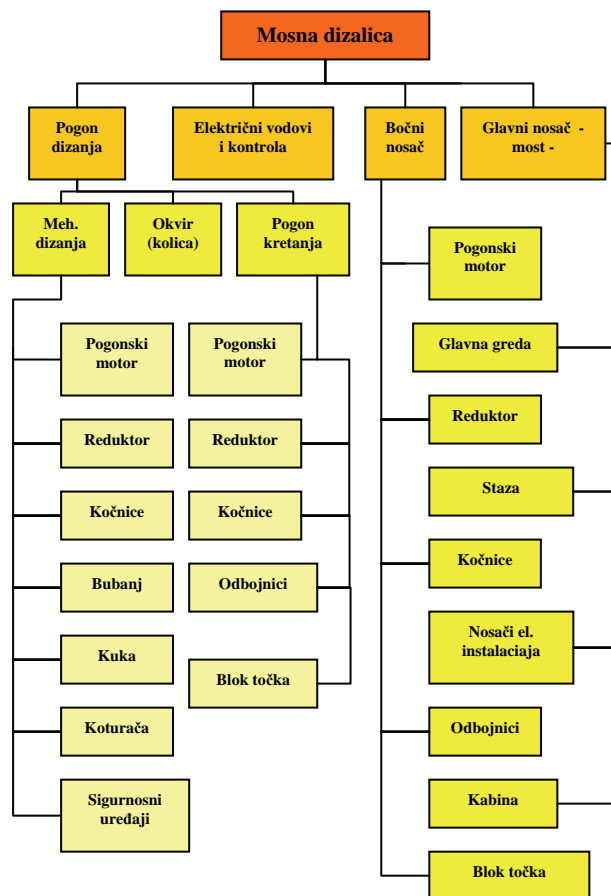
Slika 2. 9-bitni kod modula

2.3. Modularno konstruisanje mosnih dizalica

Tehnički parametri koji određuju radnu sposobnost mosnih dizalica su: kapacitet, raspon, visina dizanja, radne brzine, pogonska klasa. Ovi parametri su osnova modularnog konstruisanja mosnih dizalica. Strukturna dekompozicija mosne dizalice kao modularnog sistema prikazana je na sl. 3. Kod uobičajnog projektovanja dizalica javljaju se sledeće poteškoće:

- Obzirom da veličine komponenti nisu istog reda veličina, obim posla i kompleksnost pri dizajneranju su različiti i neke komponente je teško integrisati,
- Povezanost komponenti nije velika i ne može se postići standardizacija i serijalizacija,

- Veze između komponenti su komplikovane i nisu pogodne za proizvodnju i održavanje,
 - Zamenjivost komponenti je slaba.
- Ovakvi nedostaci uspešno se rešavaju primenom modularnog konstruisanja.



Slika 3. Strukturna dekompozicija mosne dizalice

3. ODABIR REŠENJA

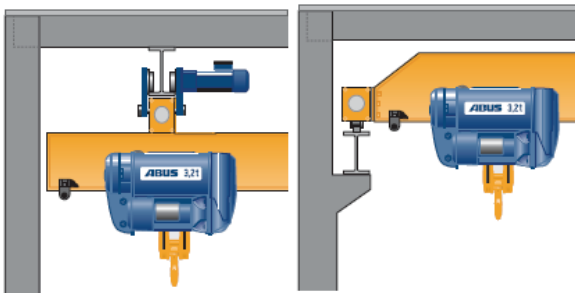
Pri formiranju familije proizvoda vodilo se računa da isprojektovane dizalice pokrivaju najčešće zahteve malih i srednjih preduzeća.

Jednogrede mosne dizalice odlikuju se ekonomičnom konstrukcijom, koriste se za dizanje pojedinačnih tereta na velikim rasponima hale. Dvogrede mosne dizalice imaju robusnu konstrukciju i imaju primenu kod velikih tereta i velikih raspona. Pošto su predmet rada dizalice koje treba da opslužuju mala i srednja preduzeća, radionice i montažne hale, to u našem slučaju primat preuzimaju jednogrede mosne dizalice. Važno je reći da veliki broj firmi počinje da radi u objektima čija prvobitna namena nije zahtevala primenu mehanizacije ovog tipa, pa ni nema postavljenih dizaličkih staza. Taj podatak ukazuje na to da se u obzir uzmu i viseće mosne dizalice. Stoga su u daljem postupku razrađene mosne i viseće mosne dizalice, nosivosti od 5 t i raspona 6-12 m.

3.1. Viseća mosna dizalica

Glavni nosač je toplovaljani I-profil. Sa njim su mogući rasponi do ≈ 8 m, jer za veće raspone postoji problem sa savijanjem u horizontalnoj ravni. Iz istog razloga koristiće se profil sa ravnim stopama. Prednost ovakvog glavnog nosača je što je to standardizovani valjani profil, lako je

dostupan, nema troškova oko zavarivanja, samo ga je potrebno iseći na potrebnu dužinu. Maksimalna nosivost u posmatranom slučaju je 3200 kg. Veza glavnog i bočnog nosača je veza odozgo, a kretanje kolica sa pogonom dizanja je po donjem pojasu, sl. 4a. Bočni nosač i pogon dizanja usvajaju se kao gotovi moduli.



a) b)
Slika 4. Koncept dizalice a) viseća mosna dizalica, b) mosna dizalica

I na kraju, definisana je familija od tri viseće mosne dizalice sledećih osnovnih karakteristika:

- Dizalica nosivosti 1000 kg i raspona ≤ 8 m,
- Dizalica nosivosti 2000 kg i raspona ≤ 7 m,
- Dizalica nosivosti 3200 kg i raspona $\leq 6,3$ m.

3.2. Mosna dizalica

Za nosivosti od 3200-5000 kg usvaja se glavni nosač kutijaste konstrukcije. Kolica sa pogonom dizanja i bočni nosači takođe se usvajaju kao gotovi moduli. Veza glavnog i bočnog nosača je srednje visine i ostvarena je preko vezne ploče, vijcima.

I na kraju familija od tri mosne dizalice imaće osnovne karakteristike:

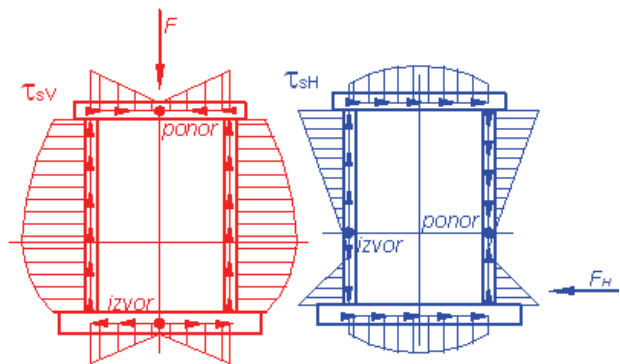
- Dizalica nosivosti 3200 kg i raspona ≤ 12 m,
- Dizalica nosivosti 4000 kg i raspona ≤ 10 m,
- Dizalica nosivosti 5000 kg i raspona ≤ 8 m.

Kako je kretanje pogona dizanja po donjem pojasnom limu, neophodno je obezbediti njegovu dovoljnu debljinu, da bi se sprečila deformacija od lokalnih pritisaka točka pogona kolica.

Ovaj zahtev uslovio je da poprečni presek nosača mora da bude nesimetričan u odnosu na x-osu. Jedan od problema pri proračunu ovakvog preseka su bili tangencijalni naponi usled transvezalnih sila, sl. 5. Njih je lakše odrediti kada su u pitanju simetrični preseci, ali za nesimetrične preseke problem je malo širi. Naime, presek se uslovno raseca u nekoj tački, sl. 6. i napon se računa po segmentima preseka.

Idući tako oko preseka, datom delu preseka se dodaje napon iz prethodnih delova. Pri dejstvu vertikalnih sila naponi su u ovom slučaju simetrični u odnosu na y-osu, pa njihovo određivanje ne predstavlja veći problem. Usled dejstva horizontalnih sila raspored napona u odnosu na x-osu je nesimetričan.

Takođe, centar smicanja se ne nalazi u težištu. Ovakvi slučajevi zahtevaju određivanje tangencijalnih napona usled transvezalnih sila prema npr. [2].



Slika 5. Raspored tangencijalnih napona usled transvezalnih sila

Tako svaka karakteristična tačka ima vrednost napona otvorenog preseka τ_i^o . Zatim se za svaku tačku dodaje uticaj toka napona oslobođenog pri „rasecanju“ preseka:

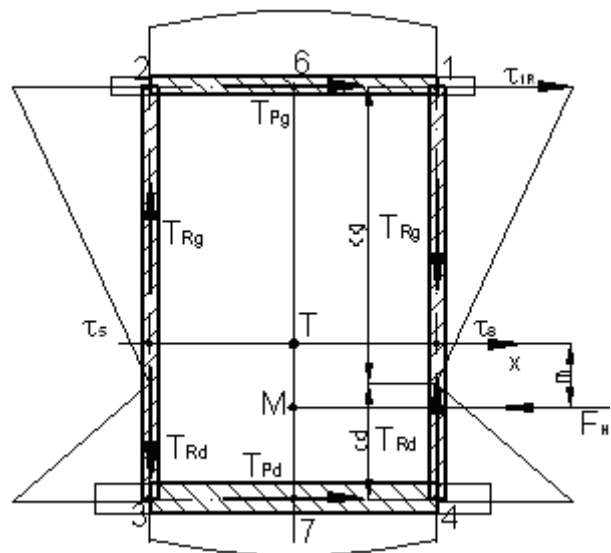
$$C_0 = - \frac{\int \tau_i^o \cdot ds}{\int \frac{ds}{t}} \quad (1)$$

gde se integral $\int \tau_i^o \cdot ds$ rešava Simpsonovim pravilom,

pa je napon u tačkama zatvorene konture preseka:

$$\tau_i = \tau_i^o + \frac{C_0}{t} \quad (2)$$

Određivanje udaljenosti centra smicanja M, sl. 6. od težišta T je u funkciji uticaja horizontalnih sila, tj tangencijalnih napona usled horizontalnih sila.



Slika 6. Određivanje centra smicanja

Do rešenja se brzo i očigledno dolazi iz uslova:

$$\sum M_i^M = T_{Rg} \cdot b_e + T_{Pg} \cdot (h_g + m) - T_{Rg} \cdot b_e - T_{Pd} \cdot (h_d - m) = 0 \quad (3)$$

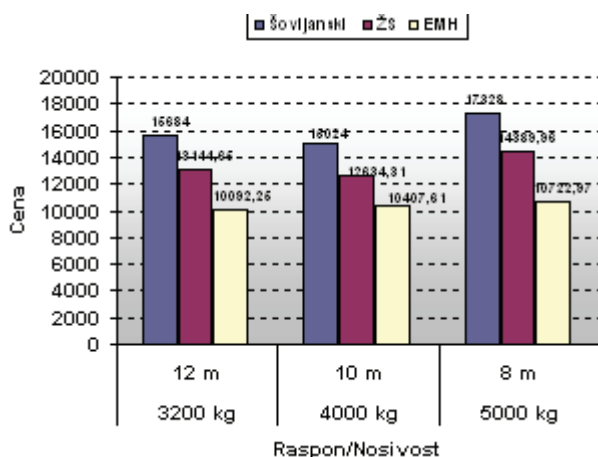
$$m = \frac{(T_{Rd} - T_{Rg}) \cdot b_e + T_{Pd} \cdot h_d - T_{Pg} \cdot h_g}{F_H}$$

gde su: T_{Rg} , T_{Rd} , T_{Pg} , T_{Pd} - unutrašnje rezultantne sile tangencijalnih napona po limovima preseka.

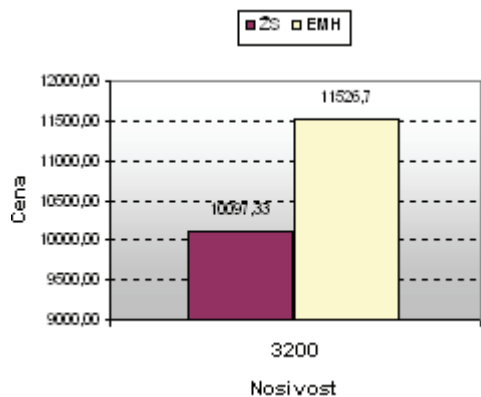
4. EKONOMSKA ANALIZA

Ekonomski analiza obuhvata je analizu svih mogućih parametara, a kroz faze proizvodnje, koji mogu da imaju uticaj na cenu proizvoda: projektovanje, pribavljanje ponuda za isporuku materijala i delova, odabir najpovoljnijeg dobavljača, kreiranje tehnoloških procesa, izrada, transport, montaža i probni rad.

Najveći uticaj na cenu proizvoda svakako imaju ulazni materijal i izrada. Takođe, neki od ulaznih materijala, kao što je čelik, su berzanska roba, a oscilacije njihovih cena su na dnevnoj bazi. Pravilnom procenom berzanskih kretanja može se ostvariti znatna ušteda u ovom segmentu. Uticaji na cenu koji proizilaze iz transporta i montaže, mogu biti na račun naručioca ili proizvođača, što može imati značajan uticaj na cenu. Ova kalkulacija cena rađena je bez ovih parametara.



Slika 7. Dijagram ekonomske opravdanosti modularne gradnje mosnih dizalica



Slika 8. Dijagram ekonomske opravdanosti modularne gradnje viseće mosne dizalica

Poređenje cena bilo je ograničeno zbog nemogućnosti da se dobiju podaci o cenama drugih proizvođača, jer se oni po pravilu smatraju poslovnim tajnom. Jedini dostupni podaci bili su od firme „Šovljanski“ i američke firme „Engineered Material Handling“.

Rekapitulacija je dokazala da su projektovane mosne dizalice jeftinije od onih koje proizvodi firma „Šovljanski“, dok je cena „Engineered Material Handling“ nešto veća kod mosnih dizalica. To se objašnjava time što je u pitanju veliki proizvođača koji ima svoje komponente i mogućnost da diktira cenu.

Kod viseće mosne dizalice poređenje je bilo moguće samo sa „Engineered Material Handling“, zato što firma „Šovljanski“ nema proizvodnju visećih mosnih dizalica. U ovom delu projektovano rešenje je povoljnije.

5. ZAKLJUČAK

- Istraživanje tržišta je pokazalo da postoji prostor za sredstvima unutrašnjeg transporta, pre svega mosnim dizalicama, koje bi zadovoljile potrebe malih i srednjih preduzeća.

- Put do jeftinog proizvoda je serijalizacija proizvodnje. Učiniti proizvodnju mosnih dizalica serijskom, znači upustiti se u modularno konstruisanje.

- Da bi se ostvarila modularna proizvodnje, primenjuju se gotovi moduli pogona dizanja i bočnih nosača. Glavni nosač se projektuje za svaki zaseban slučaj, jer je on u funkciji narudžbe.

- Za viseće mosne dizalice, optimalno rešenje glavnog nosača je standardizovani I-profil. Za mosnu dizalicu je to kutijasti nosač, prilagođenog poprečnog preseka

- Poprečni presek kutijaste konstrukcije glavnog nosača prilagođen je konstruktivnom rešenju kretanja kolica po donjem pojasnom limu kutijastog nosača, nesimetričan je u odnosu na x-osu, pa problem tangencijalnih napona postaje složeniji nego kod simetričnih preseka.

- Nesimetrični presek je uslovio nesimetrični raspodelu tangencijalnih napona usled horizontalnih sila. To je dovelo do toga da ovaj napon u težištu nije jednak nuli, dakle centar smicanja je pomeren iz težišta.

- Ekonomski analiza pokazala je opravdanost modularnog načina gradnje mosnih dizalica. Ovakvi proizvodi jeftiniji su u proseku za 20%, od istog proizvoda rađenog pojedinačnom proizvodnjom.

6. LITERATURA

- [1] Journal of Mechanical Engineering: Modular Design and Its Application to Overhead Traveling Crane, 2009.
- [2] Murray N. W.: Introduction to the Theory of Thin Walled Structures, Clarendon Press, Oxford, 1986.

Kratka biografija:



Željka Savić rođena je u Tuzli 1985. god. Srednju tehničku školu završila je u Bijeljini. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mašinstva – Mašinske konstrukcije, transportni sistemi i logistika - Dizalice odbranila je 2011.god.



Rastislav Šostakov rođen je u Beogradu 1949. god. Doktorirao na Fakultetu tehničkih nauka 2007. god, od tada u zvanju docenta. Oblast interesovanja su mašine unutrašnjeg transporta - dizalice, elektromotorni pogoni, pogonska čvrstoća.

**ISTRAŽIVANJE TEHNOLOŠKIH PARAMETARA PROCESA OBRADE PLAZMOM
INVESTIGATION OF MACHINING CHARACTERISTICS IN PLASMA PROCESS**Goran Karamika, Marin Gostimirović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast - MAŠINSTVO**

Kratak sadržaj – U radu je dat kratak opis procesa tehnologije obrade plazmom. Zatim su prikazani uslovi izvedenog eksperimenta. Nakon toga su pokazani dobijeni rezultati geometrijskih karakteristika i parametara hrapavost obradene površine, uz prikaz rezultata preko tabela, grafika i slika. Na kraju je data kratka analiza dobijenih rezultata radenog eksperimenta.

Abstract – The paper gives a brief description of the process technologies for plasma arc machining. Then he gives an overview on conditions of experiment. After that it shows results some geometrical characteristics and roughness parameters with their presentation of the results tables, graphs and pictures. At the end of a given brief analysis of the results obtained experiment.

Cljučne reči: Obrada plazmom, parametri obrade, tehnološke karakteristike procesa.

1. UVOD

Plazma predstavlja svaku materiju zagrejanu na vrlo visokoj temperaturi, a nalazi se u jonizovanom gasnom stanju. Jonizacija predstavlja proces u kojem se elektroni odvajaju od atoma, nakon čega atom postaje pozitivan jon.

Plazmu često nazivaju i četvrtim agregatnim stanjem iz razloga što se ne ponaša po zakonima normalnih gasova. Da bi gas predstavljao plazmu mora ispuniti uslov da bude provodna sredina u kojoj postoje pokretna pozitivna i negativna naelektrisanja.

Plazma se iz gasova može dobiti njegovom direktnom jonizacijom u atmosferi, i naziva se gasna plazma. Proces dobijanja plazme iz čvrstih materijala je takav da se oni prvo moraju pretvoriti u gas nakon čega se mogu jonizovati u vakumu. Ovakva plazma poznata je kao jonska plazma [1].

Obrada plazma tehnologijom u samom početku razvoja primenjivala se uglavnom za sečenje i zavarivanje teško obradivih elektroprovodljivih materijala kod kojih se zahtevala visoka koncentracija toplotne energije i to delova koji nisu zahtevali naročitu tačnost, a posle koje se podrazumevala neka naknadna obrada. Razvojem novih postupaka ova tehnologija nalazi primenu pored sečenja i u zavarivanju, nanošenju tvrdih prevlaka, livenju, itd. [2,3].

2. USLOVI EKSPERIMENTA**2.1 Modularni CNC sistem za plazma rezanje**

Mašina na kojoj je vršeno plazma sečenje instalisana je u firmi D.O.O. VELPAN u Kikindi i sastoji se iz sledećih modula:

- noseća struktura sa integrisanim translatorskim radnim stolom koja je u celosti izvedena od čeličnih kutijastih profila;
- radnog modula koji sačinjavaju struktura sa 2 horizontalne servo ose (X i Y) i vertikalne (Z) ose koja je upravljana sa posebnim regulacionim sistemom spregnutim sa CNC modulom;
- upravljačkog sistema koji se sastoji iz dislociranog upravljačkog ormara koji je baziran na PLC tehnologiji i poseduje interfejs za prihvatanje G koda kojim se definiše željena kontura rezanja;
- HMI modula koji se sastoji iz PC računara za ostvarivanje komunikacije u okvirima izvršenja CNC upravljačkih zadataka i komandnog pulta koji ima hijerarhijski nadređenu funkciju i preko koga se upravlja svim resursima mašine;
- plazma agregata Miller-Spectrum 1251.

2.2 Materijali korišteni za ispitivanje

- **Sivi liv SL 220** se koristi za kućišta, vodovodne cevi i armature, za kočione doboše motornih vozila koji nisu mnogo opterećeni itd;
- **Meki ugljenični čelik Č.0361** se koristi za mašinske delove i konstrukcije koje tokom eksploatacije nisu izloženi velikim opterećenjima;
- **Legirani čelik Č.4320** spada u Cr-Mn čelike za cementaciju. Karakteristika ovog materijala je dobra prokaljivost, tj. da pri termičkoj obradi čvrstoća i tvrdoća jezgra nisu naročito porasli. Upotrebljava se za manje delove u mašinogradnji koji su, osim na habanje još dinamički opterećeni zatezanjem pritiskom ili savijanjem. Koristi se za delove vozila i reduktore kao što su zupčanici, osovine, puževi, lančanici, bregaste osovine itd;
- **Visoko legirani čelik Č.4580** spada u grupu čelika za posebne namene. Po kvalitetu spada u grupu plemenitih čelika. Koristi se u raznim oblastima mašinstva, (ventili, vodene turbine, delovi pumpe, delova u hemijskoj i tekstilnoj industriji itd) otporan je na koroziju;
- **Aluminijum AS7GO3/Sb** se koristi za livenje odlivaka delova motora sa unutrašnjim sagorevanjem, turbina kompresora, hladnjaka i dr.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Marin Gostimirović, vanr. prof.

2.3 Uređaj za merenje hrapavosti

Hrapavost izrezanih delova je izmerena na aparatu marke Mitutoyo SJ-301. Ovaj aparat ima mogućnost merenja 36 parametara hrapavosti, ali su se merila samo R_a , R_y i R_z . Željeni parametri mogu biti izabrani za analizu i prikazivanje. Rezultati merenja hrapavosti se mogu dobiti u štampaom, ili memorisanom obliku na računaru. Sam aparat vrši automatsku kalibraciju pipka. Aparat daje mogućnost proizvoljnog odabira merene dužine uzorka.

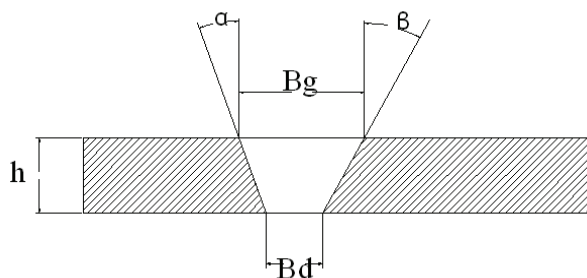
Prilikom merenja hrapavosti brzina kretanja pipka je bila 0,5 mm/s. Opseg merenja pipka je 350 μm (-200+150) μm . Pipak je sa dijamantskim vrhom pod uglom od 90 stepeni. Uređaj ima opciju uvećanja i to u vertikalnom pravcu od 100 do 500000x, a u horizontalnom pravcu od 1 do 10000x.

3. OPIS ISTRAŽIVANJA

U ovom radu akcenat je stavljen na eksperimentalno određivanje:

- geometrijske karakteristike reza;
- mikrogeometriju obrađene površine.

3.1 Geometrijske karakteristike reza



Slika 1. Geometrijski parametri reza

U sklopu geometrijskih parametara reza merile su se sledeće veličine:

- α – ugao leve strane konusa reza
- β – ugao desne strane konusa reza
- B_g – širina gornje strane reza
- B_d – širina donje strane reza.

Ove veličine su merene za različite režime rezanja, a šematski izgled reza sa merenim geometrijskim parametrima dat je na slici 1.

3.2 Hrapavost obrađene površine

Hrapavost predstavlja skup neravnina koje obrazuju reljef površine. U ovom radu su se merila tri osnovna parametra hrapavosti i to:

- R_a – srednje aritmetičko odstupanje profila
- R_y – maksimalna visina profila
- R_z – srednja visina neravnina merena u 5 tačaka

3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

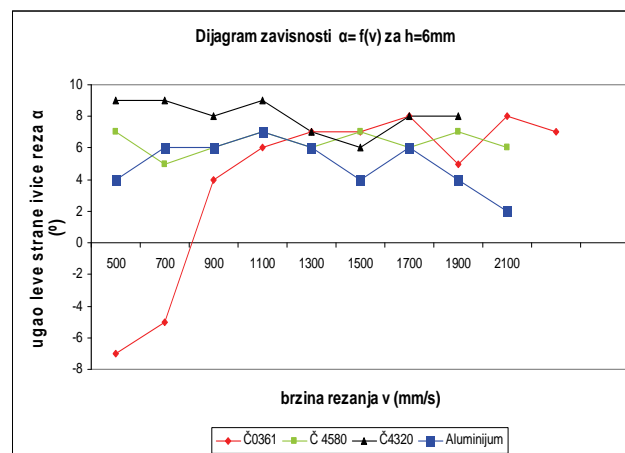
3.1 Geometrijske karakteristike reza

Eksperimentalna istraživanja su sprovedena sa sledećim konstantnim parametrima režima obrade. Pritisak gasa je iznosio $p=0,5$ Mpa, jačina električne struje je bila $I=70$ A. Kao gas se koristio vazduh.

Na slici 2. prikazani su primeri rezova na Č 0361 debljine $h=6$ mm, za različite brzine rezanja.



Slika 2. Primeri rezova na Č 0361, za različite brzine rezanja

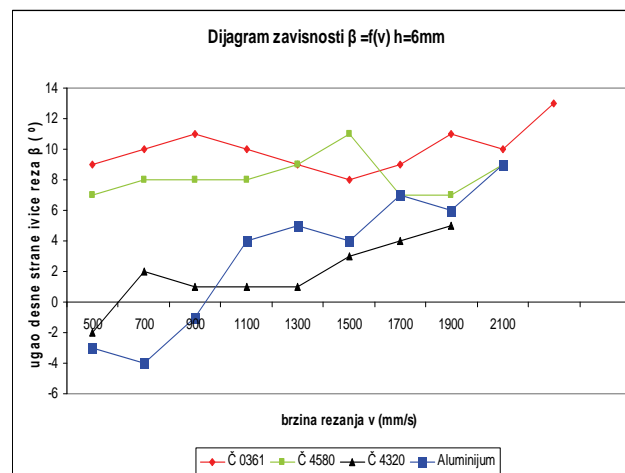


Slika 3. Zavisnost ugla leve strane konusa reza od brzine rezanja

Ako se posmatra ugao leve strane reza α , može se zaključiti da se pri konstantnoj jačini električne struje I , koja je iznosila 70 A, a promenljivoj brzini rezanja v , za debljinu materijala od 6 mm maksimalna vrednost dobija pri obradi Č 4320 i iznosi 9°, dok se minimalna vrednost dobijala pri rezanju Č 0361 i iznosila je -7°, treba napomenuti da su se ovi ekstremne vrednosti dobijale za istu brzinu rezanja $v=500$ mm/s. Uporedne vrednosti ugla α za sve materijale pokazane su na slici 3. Na slici 4. prikazani su rezovi na Č 4320 debljine $h=6$ mm.



Slika 4. Primeri rezova na Č 4320, za različite brzine rezanja



Slika 5. Zavisnost ugla desne strane konusa reza od brzine rezanja

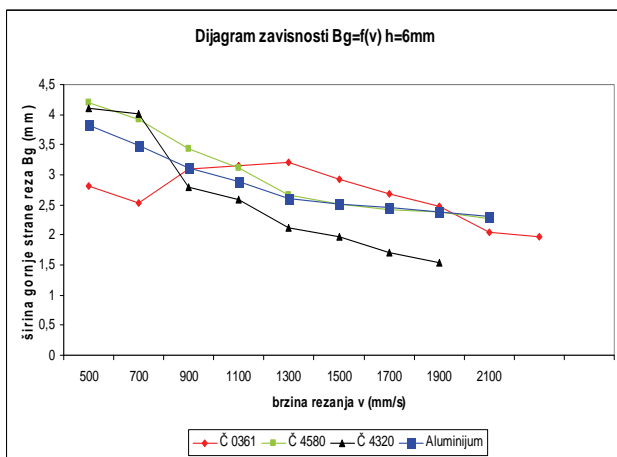
Kada, su se posmatrale uporedne vrednosti ugla desne strane ivice reza β pri konstantnoj jačini struje I , a

romenjivoj brzini rezanja v , minimalna vrednost se dobila za rezanje aluminijuma pri brzini rezanja od $v=700$ mm/s, i iznosila je -4° , dok se maksimalna vrednost ove veličine dobijala za obradu Č 0361, pri brzini od $v=2300$ mm/s kada je bila 13° . Vrednosti su pokazane na slici 5. Na slici 6. prikazani su rezovi na aluminijumu.



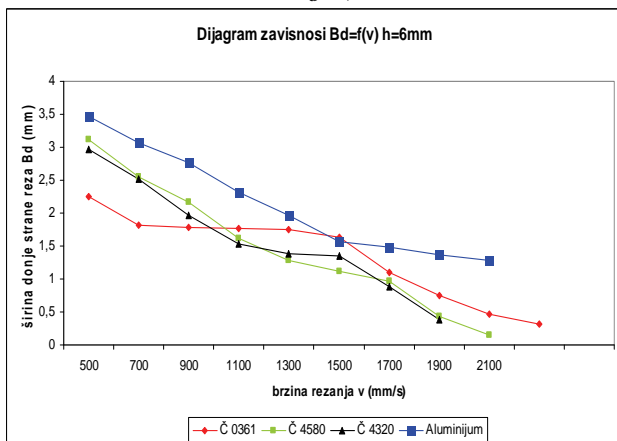
Slika 6. Primeri rezova na aluminijumu, za različite brzine rezanja

Posmatrajući sliku 7. na kojoj su prikazane vrednosti širine gornje strane reza B_g , za korištene materijale pri promenljivoj brzini rezanja v , najveća širina reza dobila se pri obradi čelika Č 4580 brzinom rezanja $v=500$ mm/s i iznosila je $B_g=4,2$ mm, dok je minimalna vrednost dobijena obradom čelika Č 4320 i iznosila je $B_g=1,53$ mm pri brzini rezanja $v=1900$ mm/s.



Slika 7. Zavisnost širine gornje strane reza od brzine rezanja

Na slici 8. prikazana je promena vrednosti donje širine reza B_d pri promeni brzine rezanja v , sa kojeg se vidi da su maksimalne vrednosti dobijene za najmanju brzinu rezanja, najveća širina reza dobijena za brzinu rezanja $v=500$ mm/s kod obrade aluminijuma i iznosi $B_d=3,47$ mm, a najmanja pri obradi čelika Č 4580 brzinom rezanja $v=2100$ mm/s kada iznosi $B_d=0,15$ mm.



Slika 8. Zavisnost širine donje strane reza od brzine rezanja

Obrada sivog liva ovim režimima davala je izuzetno loše profile rezova koje nije bilo moguće izmeriti jer su bili zaliveni. Na slici 9. prikazan je izgled izrezanog sivog liva $h=6$ mm.



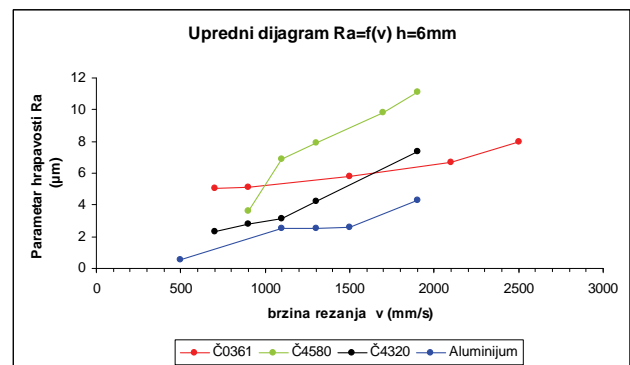
Slika 9. Primeri rezova na sivom livu, za različite brzine rezanja

3.2 Mikrogeometrija obradene površine

Pri ovim eksperimentalnim istraživanjima oritusak gasa je bio konstantan i iznosio je $p=0,5$ Mpa, jačina električne struje je bila $I=70$ A, kod materijala debljine $h=6$ mm. Kod se materijala debljine 15, i 20 mm rezanje je vršeno strujom od $I=100$ A. Kao gas se koristio vazduh.

Sa slike 10., na kojoj su prikazane izmerene vrednosti srednjeg aritmetičkog odstupanja profila R_a obradene površine prikazanih materijala debljine $h=6$ mm za poznate brzine rezanja. Uočava se da se sa povećanjem brzine rezanja v parametar hrapavosti R_a raste kod svih materijala. Sivi liv se nije mogao analizirati jer je kvalitet obradene površine bio izuzetno loš zadate režime rezanja.

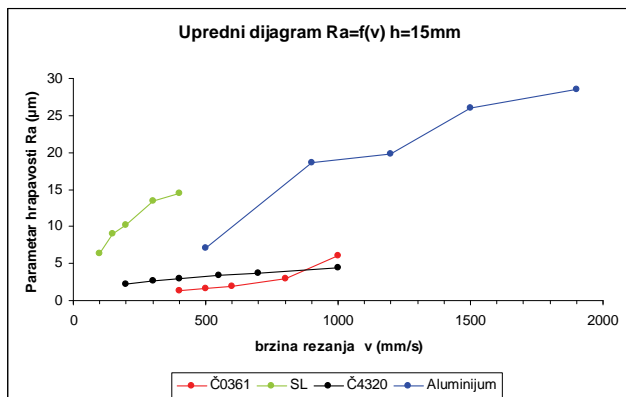
Najmanja vrednost parametra R_a ostvarena je kod rezanja aluminijuma brzinom rezanja $v=500$ mm/s i ona je iznosila $R_a=0,55$ μ m, dok je najveća vrednost postizana obradom čelika Č 4580 brzinom rezanja $v=1900$ mm/s kada je parametar hrapavosti bio $R_a=11,08$ μ m



Slika 10. Zavisnost parametara hrapavosti od brzine rezanja kod debljina materijala $h=6$ mm

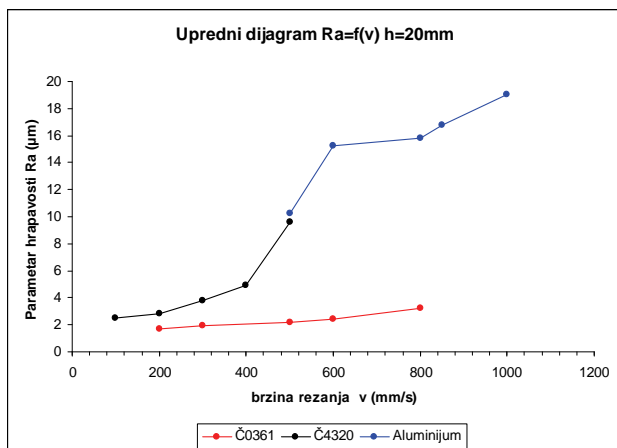
Na slici 11., kod materijala debljine materijala $h=15$ mm, pokazano je da se mnogo bolji kvalitet obradene površine dobija obradom čelika nego sivog liva i aluminijuma. Najmanje vrednosti parametra hrapavosti R_a izmerene su kod uzorka od čelika Č 0361 rezenim brzinom rezanja $v=400$ mm/s, kada je ova vrednost iznosila $R_a=1,139$ μ m dok je najveća vrednost izmerena na uzorku od aluminijuma rezan brzinom rezanja $v=1900$ mm/s na kome je ovaj parametar iznosio $R_a=28,54$ μ m. Trebalo bi napomenuti da se iz prikazanog dijagrama može zaključiti da se kod obrade čelika porastom brzine rezanja

parametar hrapavosti R_a ne povećava istim intenzitetom kao kod obrade sivog liva i aluminijuma, tj. blago se povećava.



Slika 11. Zavisnost parametara hrapavosti od brzine rezanja kod debljina materijala $h=15$ mm

Na slici 12. prikazani su rezultati izmerenih veličina parametara hrapavosti R_a za debljine materijala $h=20$ mm. Najmanje vrednosti su dobijene pri obradi mekog ugljeničnog čelika oznake Č 0 361 a najveće pri obradi aluminijuma. Uzorci od sivog liva koji su dobijeni nisu mogli biti ispitivani na aparatu za merenje hrapavosti zbog izuzetno lošeg kvaliteta obrađene površine. Na uzorku od čelika Č 0361 rezan brzinom rezanja $v=200$ mm/s, izmerena vrednost parametra hrapavosti je bila $R_a=1,73$ μm , dok je kod uzorka aluminijuma rezanog sa $v=1000$ mm/s ova vrednost iznosila $R_a=19,04$ μm .



Slika 12. Zavisnost parametara hrapavosti od brzine rezanja kod debljina materijala $h=20$ mm

4. ZAKLJUČAK

Na osnovu izložene materije vezane za obradu ispitivanih materijala došlo se do sledećih zaključaka o načinima obrade na konkretnoj mašini koje će biti obrazloženi u daljem tekstu sa posebnim osvrtom na svaki materijal zasebno.

- **Aluminijum** Rezanje vazdušnom plazmom aluminijuma bi trebalo izbegavati. Vršiti se sa manjim vrednostima jačine električne struje, i povećanim brzinama rezanja (zbog povećane širine rezova), ne postiže se naročiti kvalitet obrađene površine.

Obradom aluminijuma ovom tehnologijom dolazi do prskanja aluminijuma na gornjoj površini i velikom šljakom duž donjeg reza.

- **Sivi liv** Rezanje vazdušnom plazmom sivog liva kod tanjih materijala može uspešno da se vrši malim brzinama rezanja do $v=250$ mm/s i sa manjim vrednostima jačine električne strije, ivice rezova su ravne ali se ne može očekivati veliki kvalitet obrađene površine. Obrada materijala veće debljine je moguća ako nam tačnost i kvalitet obrađene površine nisu naročito bitni, dolazi do pojave šljake na donjoj strani reza.
- **Č 4580** Rezanje vazdušnom plazmom visoko legiranog čelika tanjih manjih debljina je preporučljivo vršiti manjim brzinama rezanja ako se želi postići bolji kvalitet obrađene površine. Uglovi konusa su simetrični nema srhova i šljake po površini obradka. Povećavanjem jačine struje dolazi do povećavanja širine reza. Povećanjem brzine rezanja hrapavost površine se rapidno povećava.
- **Č 4320** Rezanje ovog legiranog čelika vazdušnom plazmom se vrši veoma uspešno. Za manje debljine materijala i brzine rezanja do $v=1000$ mm/s postiže se relativno dobra hrapavost površine. Za veće debljine materijala mora se vršiti rezanje sa jačim strujama i manjim brzinama rezanja do $v=700$ mm/s za koje se takođe dobijaju približne vrednosti površinske hrapavosti $R_a=4\mu\text{m}$.
- **Č 0361** Rezanje mekog ugljeničnog čelika vazdušnom plazmom se pokazalo kao veoma uspešno za sve debljine materijala do $h=20$ mm, rezanjem tanjih materijala vršeno je rezanje zadovoljavajućeg kvaliteta reza do brzina $v=2500$ mm/s. Rezovi su tanki i srhovi koji se pojavljuju na donjoj površini reza se vrlo lako skidaju. Kod materijala debljine 15 i 20 mm primećuje se da se površinska hrapavost naglo povećava do brzine rezanja $v=500$ mm/s.

5. LITERATURA

- [1] D. Milikić, "Nekonvencionalni postupci obrade", Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2002.
- [2] M. Lazić, "Nekonvencionalni postupci obrade", Naučna knjiga, Beograd, 1990.
- [3] V.A. Nemchinsky, W.S. Severance, "Plasma arc cutting: speed and cut quality", Keiser University Floride USA, 2007.

Kratka biografija:

Goran Karamika rođen je u Kosovskoj Mitrovici 1978. god. Završio je srednju Tehničku školu u Kikindi. Master rad iz oblasti Nekonvencionalni postupci obrade odbranio je na Fakultetu tehničkih nauka smera Proizvodno mašinstvo 2011.god.

Marin Gostimirović rođen je u Osijeku 1957. god. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 1997. god. Od 2002. god. je u zvanju vanrednog profesora. Oblast interesovanja su procesi obrade skidanjem materijala.

ISTRAŽIVANJE PROCESA ELEKTROEROZIVNE OBRADNE PRIMENOM GENETSKIH ALGORITAMA**INVESTIGATION OF PROCESS EDM APPLICATION PROCESSING GENETIC ALGORITHM**Nenad Gaković, Marin Gostimirović, Vladimir Pucovsky, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – MAŠINSTVO**

Kratak sadržaj – *Genetski algoritmi se poslednjih godina uspešno primenjuju u mnogim oblastima. Prednosti koje nude genetski algoritmi učinile su da oni postanu nezaobilazan alat u rešavanju sve složenijih problema koji se javljaju u proizvodnji. U radu su prikazani osnovni koncepti genetskih algoritama i njihova primena pri EDM obradi. Cilj je bio da se da pregled istraživanja i dostignuća u primeni genetskih algoritama u procesima EDM obrade, a zatim da se izvrši određivanje zavisnosti proizvodnosti, zazora i hrapavosti obrađene površine dobijenih genetskim algoritmima, od rezultata dobijenih eksperimentom.*

Abstract – *Genetic algorithm in recent years been successfully applied in many fields. The advantages that they offer have made that they become indispensable tools for solving increasingly complex problems that occur in production. This paper presents the basic concepts of genetic algorithm and their application in process of EDM. The aim was to provide an overview of research and achievements in the application of genetic algorithms in the EDM and than to make the connection between productivity, gap and surfaces roughness obtained by genetic algorithm, and the results obtained by experiment.*

Gljučne reči: *Genetski algoritmi, EDM obrada, Proizvodnost, Zazor, Hrapavost obrađene površine.*

1. UVOD

Termin “veštačka inteligencija” (Artificial Intelligence-AI) upotrebljen prvi put 1965. godine na kongresu u Dartmutu, u Novoj Škotskoj (Kanada). Kongres je organizovao *John McCarty*, kojeg mnogi danas nazivaju ocem veštačke inteligencije.

Veštačka inteligencija predstavlja mešavinu konvencionalne nauke, fiziologije i psihologije, sve u cilju da se napravi mašina koja bi se, po ljudskim merilima, mogla smatrati „inteligentnom“. Mogućnost stvaranja inteligentnih mašina zaokuplja ljudsku maštu još od drevnih vremena, ali tek sada, sa brzim tempom razvoja računara i već pedesetogodišnjim iskustvom na polju istraživanja tehnika AI programiranja, san o pametnim mašinama počeo je da postaje stvarnost [1].

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Marin Gostimirović, red. prof.

2. GENETSKI ALGORITMI (GA)

Genetski algoritmi su algoritmi pretrage opšte namene koji koriste principe inspirisane prirodnom genetikom. Osnovna ideja je da se održava populacija struktura znanja, koja evoluira tokom vremena kroz proces konkurencije i kontrolisanih varijacija. Svaka struktura u populaciji predstavlja kandidata za rešenje specifičnog problema i ima pridruženu ocenu prilagođenosti, koja određuje koje strukture se koriste za kreiranje novih u procesu konkurencije i takmičenja. Genetski algoritam ne predstavlja idealno preslikavanje evolutivnog procesa, već se kaže da je to njegova gruba aproksimacija. Ukoliko bi se htela simulirati stvarna evolucija, onda bi svaka jedinka zauzimala veliki deo memorijskog prostora, napr. za preslikavanje genotipa samo jedne jedinke žabe, bilo bi potrebno oko 1GB memorijskog prostora [2].

3. OPTIMIZACIJA

Definiciju optimizacije možemo naći u svakom rečniku kao proces činjenja nečega što boljim, efikasnijim ili funkcionalnijim. A to je upravo ono što priroda veoma dobro radi. Tehnike optimizacije teže da identifikuju one objekte, koji po nekom kriterijumu predstavljaju bolje alternative od ostalih. Sve tehnike zahtevaju da se kvantitativno odredi iskorišćenje nekog objekta. To se generalno radi upotrebom matematičkog modela, koji parametarski opisuje model i daje meru iskorišćenosti [3].

4. MODELIRANJE FUNKCIJE OPTIMIZACIJE

U ovom radu je za modelovanje funkcije proizvodnosti, zazora i hrapavosti obrađene površine iskorišćen predefinisani model-1 prvog reda:

$$V_w = C_1 \cdot I_e^{x_1} \cdot t_i^{x_2} \quad (1)$$

$$a = C_2 \cdot I_e^{x_3} \cdot t_i^{x_4} \quad (2)$$

$$R_a = C_3 \cdot I_e^{x_5} \cdot t_i^{x_6} \quad (3)$$

Cilj optimizacije genetskim algoritmom jeste dobiti rešenja za vrednosti koeficijenata $C_1, x_1, x_2, C_2, x_3, x_4, C_3, x_5, x_6$ takvih da razlika između eksperimentalnih i vrednosti predviđenih modelom bude što manja. U daljem tekstu će biti opisan postupak postavljanja problema i dobijanje rezultata za proizvodnost. Pronalaženje rešenja za vrednosti koeficijenata $C_2, x_3, x_4, C_3, x_5, x_6$ je identičan pa će zbog toga biti prikazani samo krajnji rezultati. Prilikom određivanja odgovarajućeg oblika modela metodom genetskog algoritma polazi se od inicijalne slučajno odabrane populacije $P(t)$. Populacija $P(t)$

sastavljena je od organizama. Svaki organizam predstavlja jedno od mogućih rešenja problema i sastoji se od realnih konstanti (gena): $C_1, x_1, x_2, C_2, x_3, x_4, C_3, x_5, x_6$.

Apsolutna devijacija $D(i,t)$ individualnog modela (organizama) i u toku generacije t smatra se merom uspešnosti i definiše se kao:

$$D(i,t) = \sum_{j=1}^n |E(j) - P(i,j)| \quad (4)$$

pri čemu je $E(j)$ eksperimentalna vrednost j -tog merenja, $P(i,j)$ očekivana vrednost dobijena uz pomoć individualnog modela i za j -to merenje. Navedena jednačina predstavlja standardnu meru uspešnosti prilikom rešavanja regresionih problema koju je predložio Koza. Svrha ovog optimizacionog zadatka je da obezbedi takav model pri kom bi ova jednačina pokazala što je moguće manje apsolutno odstupanje.

Pošto nije neophodno da najmanje vrednosti jednačine obezbeđuju i najmanju procentualnu razliku, potrebno je definisati prosečnu apsolutnu procentualnu devijaciju za sva merenja sprovedena za individualni model i , koja se može definisati kao:

$$\Delta = \sum_{j=1}^n 100 \times |E(j) - P(i,j)| / E(j) \quad (5)$$

5. OPIS EKSPERIMENTA

Ekperimentalni podaci su sprovedeni iz istraživanja sprovedenih na FTN-u [4, 5 i 6]. Obradak, koji se koristi u eksperimentu, izrađen je od Mangan-vanadijum alatnog čelika, ASTM A681 ili DIN 90MnV8 (0.9%C, 2%Mn, i 0,2%V), tvrdoće 62HRC-a. Alat je napravljen od elektrolitičkog bakra čistoće 99%, preseka 20x10 mm. Dielektrik je nafta. Zbog malog nagrizanja površine korišćeno je prirodno ispiranje. Ispitivanja su sprovedena na „FUMEC – CNC 21“ EDM mašini iz Južne Koreje sledećih karakterisitka:

- Struja pržnjenja $I_c = 0 - 100$ A
- Dužina impulsa $t_i = 0 - 1000$ μ s
- Dužina pauze $t_0 = 0 - 100$ μ s
- Napon $U_0 = 0 - 100$ V

Ulazni podaci [7] su varirani i rezultati EDM obrade su praćeni i evidentirani. Mereni su: proizvodnost V_w , zazor a i hrapavost obrađene površine R_a .

6. REALIZACIJA ALGORITMA OPTIMIZACIJE

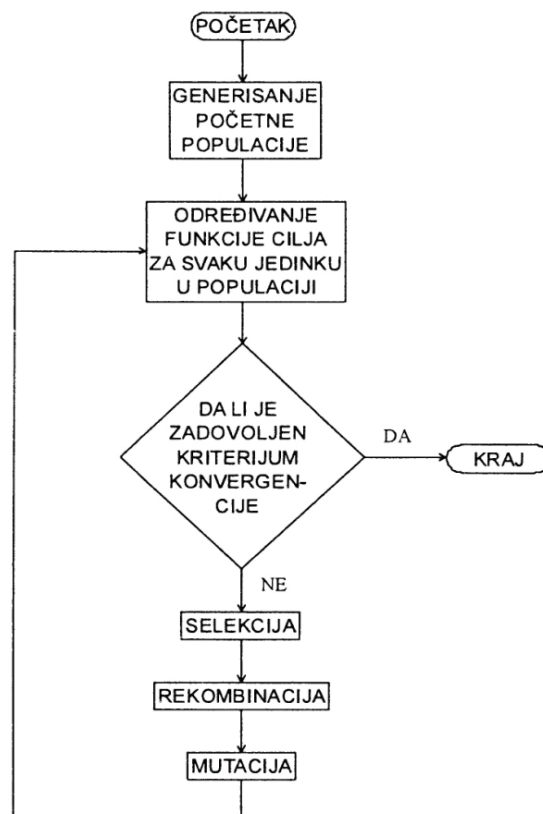
Genetski algoritam sastoji se iz nekoliko koraka čije izvršavanje dovodi do optimizacionog problema.

Za realizaciju modela koristi se programski jezik MatLab. Nakon generisanja početne populacije sledi iterativni postupak primene genetskih operatora selekcije, rekombinacije (ukrštanja) i mutacije na jedinke populacije sve dok ne bude zadovoljen kriterijum konvergencije. Dva roditelja biraju se na slučajan način, oni dobijaju mogućnost da se ukrštaju i prenose svoj genetski materijal na sledeću generaciju. U ovom radu primenjeno je kodiranje realnih vrednosti (real value encoding) i

uniformne rekombinacije. Ukrštanje se vrši između dva slučajno odabrana gena i isto tako slučajno se biraju raspoložive osobine ova dva gena koje će posedovati novi potomak.

Posle ukrštanja sledi operacija mutacije. Na slučajan način bira se jedinka, kao i njen gen koji će biti izmenjen. Mutacijom se uvodi potpuno nov genetski materijal u populaciju [4]. Takođe se sprečava zaglavlivanje algoritma u oblasti lokalnog minimuma funkcije.

Prilikom odabira populacije na slučajan način je generisano 150 organizama. Tok algoritma je prikazan na Slici 1.



Slika 1. Struktura genetskog algoritma

U početnoj generaciji slučajnim putem generisane su vrednosti koeficijenata C_1, x_1, x_2 . Svaka sledeća generacija će se sastojati od 150 jedinki od kojih će 12 biti elitni organizmi prethodne generacije, 122 jedinke će se dobiti slučajnim ukrštanjem, a preostalih 16 mutacijom nekih od organizama prethodne generacije.

Odabir organizama koji će dobiti priliku da razmene svoj genetski materijal se vrši na osnovu turnir selekcije. Što znači da je na slučajan način iz populacije odabrano 24 jedinki od kojih je nakon međusobnog upoređivanja prilagođenosti odabran jedan roditelj koji će svoj genetski materijal ukrstiti sa pobednikom drugog turnira koji je definisan na identičan način. U okviru turnir selekcije je dozvoljena mogućnost da učesnici jednog turnira budu učesnici drugog, što znači da je moguće da jedinka koja nije bila najbolja u jednom turniru izaberi svoje mesto za rekombinaciju u nekom narednom.

Ostatak populacije se dobija mutacijom nekih od članova prethodne generacije. U ovom slučaju se to vršilo preko adaptivno prilagodljivog (adaptive feasible) algoritma,

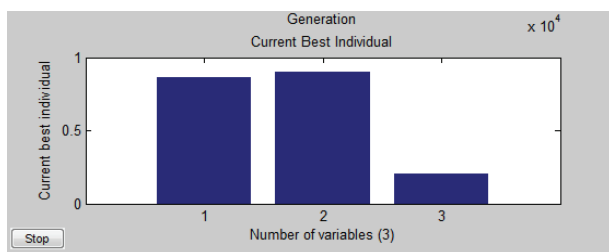
koji nasumice generiše pravac mutacije uzimajući u obzir ishode predašnjih pravaca mutacije.

Jedina teoretska razlika između postupka modeliranja funkcije proizvodnosti u odnosu na zazor i hrapavost obrađene površine je u postavljanju veličine turnira (Tournament size) i broja elitnih organizama. Za veličinu turnira unosimo broj 16 i broj elitnih organizama 8 za obe funkcije @zazor.m i @hrapavost.m.

7. ANALIZA DOBIJENIH REZULTATA

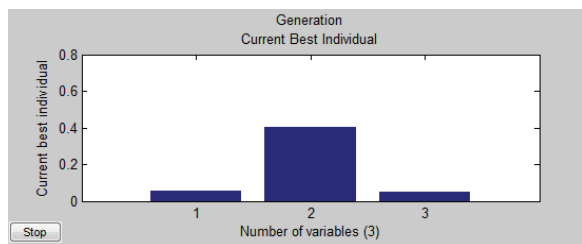
Rezultati vrednosti koeficijenata za određivanje funkcija proizvodnosti, zazora i hrapavosti obrađene površine iznose:

$$V_w(\text{model-1}) = 0,86 \cdot I_e^{0,901} \cdot t_i^{0,202}$$



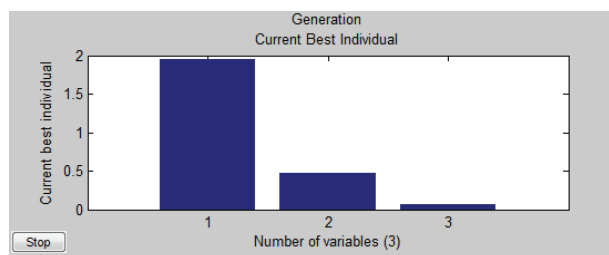
Slika 7.1 Grafički prikaz rezultata za proizvodnost V_w

$$a(\text{model-1}) = 0,054 \cdot I_e^{0,397} \cdot t_i^{0,055}$$



Slika 7.2 Grafički prikaz rezultata za zazor a

$$R_a(\text{model-1}) = 1,998 \cdot I_e^{0,461} \cdot t_i^{0,062}$$



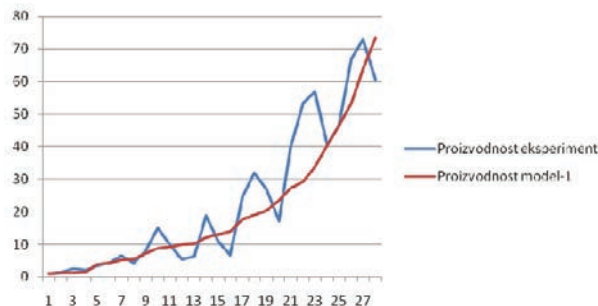
Slika 7.3 Grafički prikaz rezultata za hrapavost obrađene površine R_a

Na slikama 7.1, 7.2, 7.3 su prikazane vrednosti dobijenih koeficijenata. Unošenjem ovih konstanti u formule za izračunavanje vrednosti proizvodnosti i zazora dobijamo rezultate prikazane u tabeli 7.1.

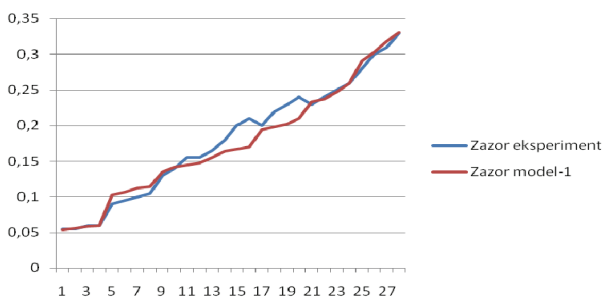
Tabela 7.1 Eksperimentalne vrednosti, vrednosti dobijene modelom-1 i greške odstupanja

R. br.	V_w eksper. mm^3/min	V_w model-1 mm^3/min	E grešk. (%)	a eksper. (mm)	a model-1 (mm)	E grešk. (%)
1	0.86	0.86	0.07	0.055	0.054	1.63
2	1.28	0.99	22.77	0.055	0.056	2.22
3	2.35	1.19	49.48	0.06	0.059	1.42
4	1.97	1.27	35.54	0.06	0.060	0.43
5	3.22	3.67	13.95	0.09	0.103	14.0
6	4.16	4.21	1.32	0.095	0.107	12.2
7	6.47	5.06	21.76	0.10	0.112	12.2
8	4.31	5.41	25.62	0.105	0.114	8.84
9	7.71	7.16	7.16	0.13	0.135	3.61
10	14.89	8.59	42.27	0.14	0.142	1.22
11	9.49	9.19	3.11	0.155	0.144	6.86
12	5.24	9.87	88.44	0.155	0.147	5.0
13	6.13	9.97	62.64	0.165	0.156	5.51
14	18.71	11.97	36.00	0.18	0.164	8.88
15	10.71	12.81	19.58	0.20	0.167	16.5
16	6.62	13.75	107.8	0.21	0.17	18.8
17	24.49	17.65	27.92	0.20	0.195	2.67
18	31.82	18.88	40.67	0.22	0.198	9.85
19	26.70	20.28	24.06	0.23	0.202	12.1
20	17.11	23.29	36.11	0.24	0.21	12.4
21	39.92	27.21	31.85	0.23	0.233	1.32
22	53.30	29.22	45.18	0.24	0.238	0.97
23	56.82	33.56	40.94	0.25	0.247	1.21
24	40.48	40.31	0.43	0.26	0.259	0.07
25	46.36	46.29	0.14	0.28	0.291	4.00
26	66.83	53.16	20.43	0.30	0.303	0.87
27	72.92	63.86	12.42	0.31	0.318	2.69
28	60.60	73.36	21.05	0.33	0.331	0.24
		Prosek	29.95		Prosek	5.99

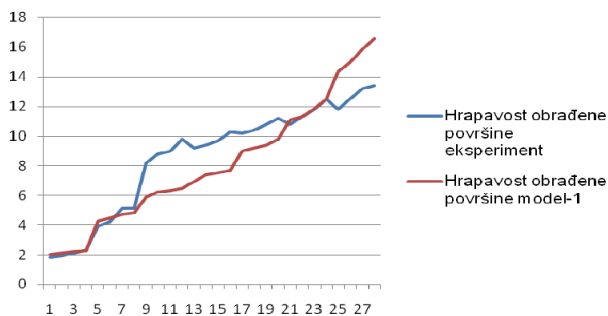
Kako bi se što slikovitije prikazala pozicija rezultata dobijenih modelom-1 uz pomoć genetskih algoritama, u odnosu na eksperimentalno dobijene rezultate, prikazani su graficima 7.1, 7.2, 7.3.



Grafik 7.1 Korelacija između eksperimentalnih i dobijenih vrednosti modelom-1 za proizvodnost



Grafik 7.2 Korelacija između eksperimentalnih i vrednosti dobijenih modelom-1 za zazor



Grafik 7.3 Korelacija između eksperimentalnih i vrednosti dobijenih modelom-1 za hrapavost obrađene površine

8. ZAKLJUČAK

Genetski algoritmi su postale nezamenljiv alat pri rešavanju zadataka koji se odnose na proizvodne procese. Poznavanje i modeliranje pokazatelja procesa obrade rezanjem mogu da pomognu pri optimalnom vođenju procesa, što ima pozitivan uticaj na smanjenje troškova i poboljšanje proizvodnje.

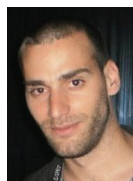
Genetski algoritmi sa svojom strukturom, sposobnošću učenja i načinom funkcionisanja uopšte, predstavljaju sisteme vrlo primenljive u konkretnim industrijskim problemima kao što su operacije EDM obrade. S obzirom na to možemo ih u potpunosti primeniti na određivanje parametara obrade, kao što su proizvodnost, zazor i hrapavost obrađene površine.

Dobijeni rezultati su do neke mere zadovoljili naša očekivanja. Uzimajući u obzir činjenicu da se, za razliku od nekih drugih tipova veštačke inteligencije, ovde dobijaju konkretne vrednosti koeficijenata koje posle možemo da upotrebimo na razne načine. Na osnovu analitičkih i eksperimentalnih istraživanja utvrđeno je da performanse EDM obrade pretežno zavise od parametara energije pražnjenja. U ovom radu dobijeni rezultati pokazuju neke dobre informacije koje bi mogle da koriste za buduća istraživanja za optimalnu kontrolu u uslovima EDM obrade. Kao smernicu daljeg istraživanja predložio bih korišćenje većeg broja ulaznih podataka.

9. LITERATURA

- [1] V. Ilić: Veštačka inteligencija, www.solair.eunet.rs/~ilicv/AI_index.htm#Oblasti
- [2] Nađ, I.: Pronalaženje optimalne putanje za ski stazu upotrebom genetskih algoritama, Diplomski-master rad, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2008.
- [3] Antović, M.: Optimizacija HVAC sistema primenom genetskih algoritama, Diplomski-master rad, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2008.
- [4] Milikić D, Sekulić M, Gostimirović M: Relational model of databases for material machinability in Electrical discharge machining, *7th International Research/Export Conference TMT 2003*, Barcelona.
- [5] Gostimirović M, Milikić D, Sekulić M: Uticaj vrste materijala elektrode na tehnološke karakteristike elektroerozivne obrade, *31. Savetovanje proizvodnog mašinstva Srbije i Crne Gore*, Kragujevac, 2006, str 76-81.
- [6] Gostimirović M, Milikić D, Sekulić M: Uticaj parametara električnih impulsa na tehnološke karakteristike elektroerozivne obrade, *IX međunarodno naučno-stručna konferencija MMA 2006*, Novi Sad, 2006, str 3-4.
- [7] Milikić D, Gostimirović M, Sekulić M: *Osnove tehnologije obrade rezanjem*, Udžbenik, Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad, 2008.

Kratka biografija:



Nenad Gaković rođen u Virovitici 1985. godine. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Proizvodnog Mašinstva iz predmeta Nekonvencionalni postupci obrade odbranio je 2012. godine.



Dr. Marin Gostimirović rođen je u Osijeku 1957. godine. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 1997. god. Oblasni njegovog interesovanja su procesi obrade skidanja materijala, nekonvencionalni postupci obrade, inverzni zadatak.



Vladimir Pucovsky rođen u Novom Sadu 1983. godine. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Proizvodnog Mašinstva – Fleksibilne tehnologije, sistemi i računarom integrisana proizvodnja, iz predmeta Rezanje metala, odbranio je 2011. godine.

SAVIJANJE KRUŽNE PLOČE OSLONJENE NA PRSTENAST MEĐUOSLONAC
BENDING OF CIRCULAR PLATE WITH INTERNAL RING SUPPORT

Dragan Galešić, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

Oblast : MAŠINSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu analiziraće se savijanje kružnih ploča. Pri tom, razmatraće se različiti položaji oslonca kao i različite varijante oslanjanja. Naći će se odgovarajuća diferencijalna jednačina koja će, uz primenu graničnih uslova, dati rešenje pomeranja i napona. Nakon toga moguće je izvršiti optimizaciju položaja oslonca u odnosu na maksimalne napone i ugibe.

Abstract – In this paper we analyze the bending of circular plates. In addition, there will be given consider of different positions of reliance as well as different variants of reliance. There will be appropriate differential equation which, by applying the boundary conditions, will give a solution displacements and stresses. After that it is possible to optimize the position of support according to the maximum stress and deflection.

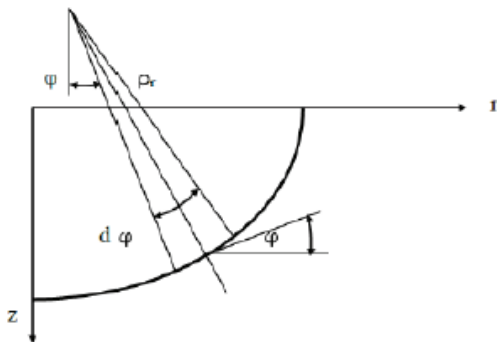
Cljučne reči – kružne ploče, savijanje, prstenasti međuoslonac, optimizacija

1. UVOD

Posmatraće se kružna ploča opterećena jednoliko raspoređenim opterećenjem. Pri tom će se koristiti Kirchoffov-a pravila o nedeformisanosti srednje ravni. Nakon rešavanja diferencijalne jednačine, analiziraće se uticaj oslonca na ugibe i napone. Dobijeni dijagrami će poslužiti za dalju optimizaciju oslonca.

2. FORMULACIJA PROBLEMA I IZVOĐENJE DIFERENCIJALNE JEDNAČINE

Analiza će se izvršiti u polarnom kordinatnom sistemu gde je zbog osne simertije ugib w funkcija samo koordinate r . Na Sl.1 je prikazan izgled preseka elasticne površine sa vertikalnom ravni zOr .



Slika 1. Elementarni deo ploče

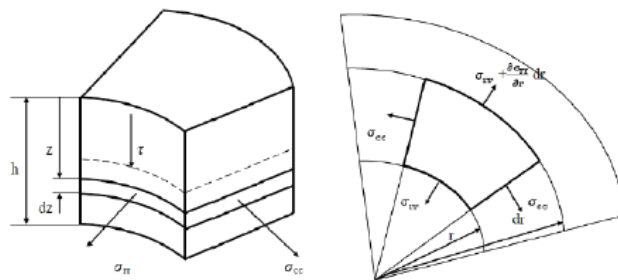
Poluprečnik krivine, dilatacije u radijalnom i cirkularnom pravcu na rastojanju z od neutralne ose su dati sa

$$\frac{1}{\rho_r} = -\frac{d^2 w}{dr^2} \tag{1}$$

$$\epsilon_r^z = -\frac{z}{\rho_r} = -z \frac{d^2 w}{dr^2} \tag{2}$$

$$\epsilon_c^z = -z \frac{1}{r} \frac{dw}{dr} \tag{3}$$

U nastavku rada se uspostavila veza između napona i dilatacija korišćenjem Hukovog zakona.



Slika 2. Elementarni deo ploče

Na taj način su određeni naponi u radijalnom i cirkularnom pravcu na rastojanju z od ose, prikazani na slici 2. Izrazi za napone su dati sa izrazima

$$\sigma_{cc} = -\frac{zE}{1-\nu^2} \left(\nu \frac{d^2 w}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{dw}{dr} \right), \tag{4}$$

$$\sigma_{rr} = -\frac{E}{1-\nu^2} \left(\frac{d^2 w}{dr^2} + \nu \frac{1}{r} \frac{dw}{dr} \right). \tag{5}$$

U nastavku su određeni momente savijanjai. Analizirao se elementarni isečeni deo ploče, i uspostavljena je zavisnost momenata od pomeranja tako da se dobijeni sledeći izrazi:

$$M_r = -D \left(w'' + \nu \frac{1}{r} w' \right), \tag{6}$$

$$M_c = -D \left(\frac{1}{r} w'' + \nu w' \right). \tag{7}$$

U izrazima (6) i (7) uvedena je savojna krutost ploče $D = Eh^3/12(1-\nu^2)$. Ovi izrazi su potrebni radi odrdjivanja maksimalnih normalnih napona u radijalnom i cirkularnom pravcu

$$\sigma_{rr \max} = \sigma_{rr(z=h/2)} = \frac{12}{h^3} M_r \frac{h}{2} = \frac{6}{h^2} M_r, \tag{8}$$

$$\sigma_{cc \max} = \sigma_{cc(z=h/2)} = \frac{12}{h^3} M_c \frac{h}{2} = \frac{6}{h^2} M_c. \tag{9}$$

Ekvivalentni napon, prema hipotezi o najvećem deformacijskom radu na promeni oblika, potreban za dimenzionisanje ploče, dat je sa

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je prof. dr Ratko Maretić.

$$\sigma_{ekv} = \sqrt{\sigma_{rr\max}^2 - \sigma_{rr\max} \sigma_{cc\max} + \sigma_{cc\max}^2} \quad (10)$$

Daljim sumiranjem momenata i sila dobija se izraz za transferzalnu silu u funkciji pomeranja

$$Q = D \left(w''' + \frac{1}{r} w'' - \frac{1}{r^2} w' \right) \quad (11)$$

Zamenom izraza za transferzalnu silu (11) u jednačinu ravnoteže svih sila dobija se diferencijalna jednačina četvrtog reda koja glasi:

$$D \left(w^{IV} + 2 \frac{w'''}{r} - \frac{1}{r^2} w'' + \frac{1}{r^3} w' \right) = q \quad (12)$$

Ili u kraćem obliku :

$$D \nabla^4 w = q \quad (13)$$

Jednačina (13) predstavlja diferencijalnu jednačinu savijanja kružne ploče pri ravnomerno raspoređenom opterećenju. Jednačinu je potrebno zapisati u bezdimenzijskom obliku radi lakšeg rešavanja. U tu svrhu uvedene su sledeće bezdimenzijske smene:

$$x = \frac{r}{a}, y = \frac{w}{h}, p = \frac{qa^4}{Eh^4}, k = \frac{b}{a},$$

$$S_{r1,2} = \frac{\sigma_{rr1,2} a^2}{Eh^2}, S_{c1,2} = \frac{\sigma_{cc1,2} a^2}{Eh^2}$$

Primenom uvedenih bezdimenzijskih parametara i rešavanjem dif. jed. (12) dobijeni su izrazi za ugib y i napone u bezdimenzijskoj formi

$$y = 12(1-\nu^2)p \frac{x^4}{64} + C_1 \frac{x^2}{4} (\ln x - 1) + \quad (14)$$

$$C_2 \frac{x^2}{4} + C_3 \ln x + C_4.$$

$$S_r = -\frac{1}{2(1-\nu^2)} \left(\frac{d^2 y}{dx^2} + \nu \frac{dy}{x dx} \right) \quad (15)$$

$$S_c = -\frac{1}{2(1-\nu^2)} \left(\frac{1}{x} \frac{d^2 y}{dx^2} + \nu \frac{dy}{dx} \right) \quad (16)$$

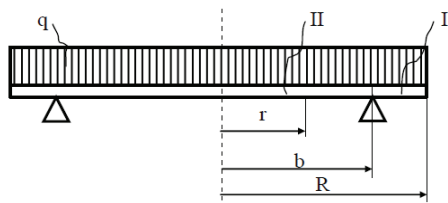
Ekvivalentni napona u bezdimenzijskom obliku je

$$S_{ekv} = \sqrt{S_r^2 - S_r S_c + S_c^2} \quad (17)$$

Jednačine (14), (15), (16) i (17) su merodavne jednačine u bezdimenzijskoj formi koje će se dalje koristiti i koje će u kombinaciji sa odgovarajućim graničnim uslovima dati rešenja ugiba i ekvivalentnog napona koji je potreban za dimenzionisanje ploče u datim uslovima.

3. PLOČA OSLOJNENA NA PRSTEN

Posmatra se kružna ploča oslonjena na prsten, prikazana na slici 3., opterećena jednoliko raspoređenim opterećenjem.



Slika 3. Ploča oslonjena na prstenast oslonac

Pri analizi ovog slučaja ploča se može podeliti na dve oblasti, i to na oblast I kao prstenasta ploča i oblast II kao

kružna ploča. Odgovarajuća rešenja (14) primenjena na oblasti I i II su sledećeg oblika:

$$y_I = 12(1-\nu^2)p \frac{x^4}{64} + A_1 \frac{x^2}{4} (\ln x - 1) + \quad (18)$$

$$A_2 \frac{x^2}{4} + A_3 \ln x + A_4.$$

$$y_{II} = 12(1-\nu^2)p \frac{x^4}{64} + B_2 \frac{x^2}{4} + B_4. \quad (19)$$

U izrazu (19) ne figurišu članovi uz logaritme iz razloga što te vrednosti ne smeju biti beskonačne, odnosno odgovarajuće konstante su jednake nuli. Granični uslovi za ploču oslonjenu na prsten u bezdimenzijskom obliku su sledećeg oblika:

$$\frac{d^2 y_I}{dx^2}(1) + \nu \frac{dy_I}{dx}(1) = 0, \quad (20)$$

$$\frac{d^3 y_I}{dx^3}(1) + \frac{d^2 y_I}{dx^2}(1) - \frac{dy_I}{dx} = 0, \quad (21)$$

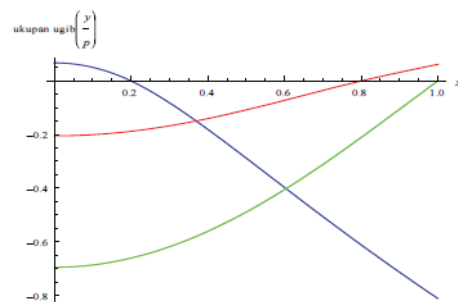
$$y_I(k) = 0, \quad (22)$$

$$y_{II}(k) = 0, \quad (23)$$

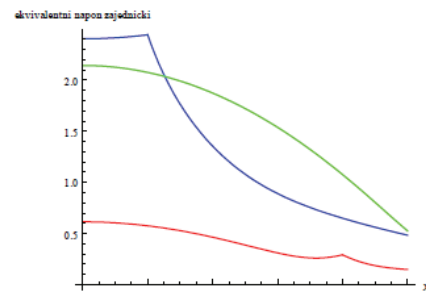
$$\frac{dy_I}{dx}(k) = \frac{dy_{II}}{dx}(k), \quad (24)$$

$$\frac{d^2 y_I}{dx^2}(k) = \frac{d^2 y_{II}}{dx^2}(k). \quad (25)$$

Jednačine kao i granični uslovi su zapisani u bezdimenzijskom obliku. U nastavku su se izračunali ugibi i naponi za tri položaja oslonca i to za $k=0.2$, $k=0.8$ i $k=1$. Dijagrami ugiba i ekvivalentnog napona prikazani su na slikama 4. i 5. i to na način da su plavom bojom prikazani ugibi i naponi za za vrednost $k=0.2$, crvenom $k=0.8$ i zelenom $k=1$.



Slika 4. Dijagram ugiba prstenaste ploče



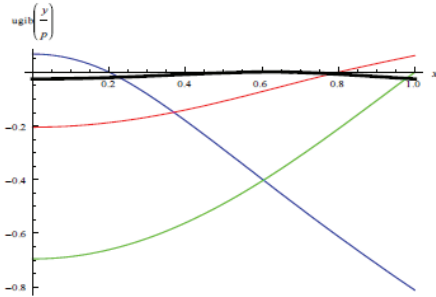
Slika 5. Dijagram ekvivalentnih napona

Na osnovu ovih dijagrama izvršena je optimizacija položaja oslonca u odnosu na napone i ugibe, jer se došlo do zaključka da vrednosti napona i ugiba variraju u odnosu na položaj oslonca. Odnosno ugibi su najveći na sredini ploče ili na njenom obodu, dok je vrednost napona

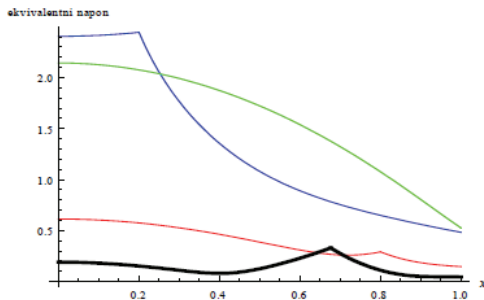
najveća u samim osloncima sem u slučaju kad je $k=1$ gde je najveći na sredini ploče. Na osnovu analize dobijena su mesta oslonca pri kojima su vrednosti napona i ugiba minimalni:

- $k = 0.676429$ za ugib
- $k = 0.706195$ za napone

Pri ovim optimalnim vrednostima k dobijeni su sledeći dijagrami ugiba i napona, koji su prikazani na slikama 6. i 7. zajedno sa drugim vrednostima k : Dijagram ugiba ploče za optimalno k , kao i dijagram napona prikazan je crnom bojom.



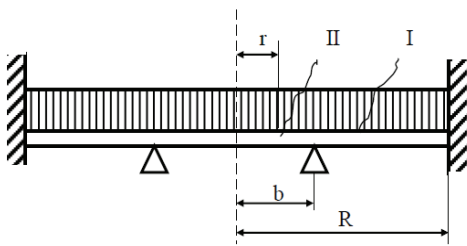
Slika 6. Dijagram ugiba za optimalnu vrednost k i za ostale vrednosti



Slika 7. Dijagram napona za optimalnu vrednost k i za ostale vrednosti

4. PLOČA NA PRSTENU SA UKLEŠTENIM OBODOM

Posmatrač se ploča ukleštena po obodu i oslonjena na prsten, prikazana na slici 8.



Slika 8. Ploča ukleštena po obodu i oslonjena na prstenast oslonac

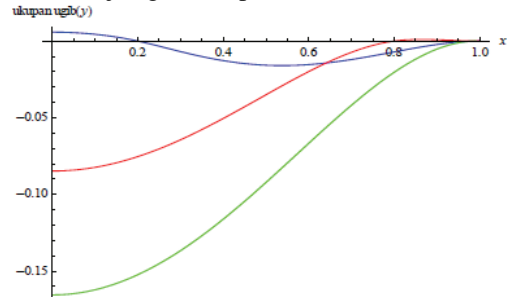
Kao i u prethodnom poglavlju koristio se izraz za ugibe (14) primenjen na dve oblasti. Oblast II koja predstavlja kružnu ploču i oblast I koja predstavlja prstenastu ploču. Rešenja za ugibe koja opisuju ove oblasti su istog oblika kao i jednačine (18) i (19).

Granični uslovi za ploču oslonjenu na prsten i ukleštenu po obodu odgovaraju uslovima datim izrazima (20) – (25) uz dva dodatna uslova koja se odnose na ukleštenje. U bezdimenzijskom obliku ti dodatni uslovi su sledećeg oblika

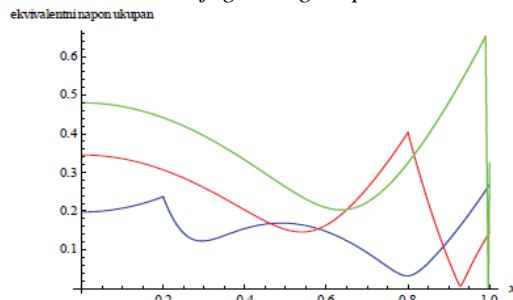
$$y_I(1) = 0, \quad (26)$$

$$\frac{dy_I}{dx}(1) = 0 \quad (27)$$

Dijagrami koji opisuju pomeranje ploče i napone prikazani su na sl. 9. i 10. Dijagrami odgovaraju položaju oslonca u tačkama $k=0.2$, $k=0.8$ i $k=1$. Kao i u prethodnom slučaju koristila se ista analogija označavanja dobijenih funkcija ugiba i napona.



Slika 9. Dijagram ugiba ploče

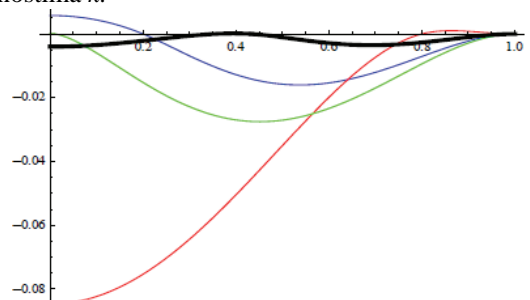


Slika 10. Dijagram ekvivalentnih napona

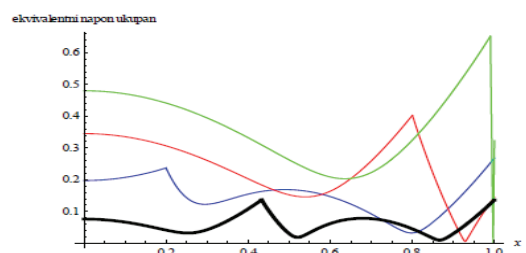
Na osnovu dijagram može se zaključiti da su ugibi najveći na sredini ploče ili u slučaju kad je ploča oslonjena u centru tad je najveći ugib između oslonaca. Dijagrami za napone pokazuju da je najveća vrednost u samim osloncima. Kao i u drugom poglavlju izvršena je optimizacija i dobijene sledeće vrednosti:

- $k = 0.4294$ za ugib
- $k = 0.432828$ za napone

Pri ovim optimalnim vrednostima k dobijeni su sledeći dijagrami ugiba 11 i napona 12, prikazani sa ostalim vrednostima k :



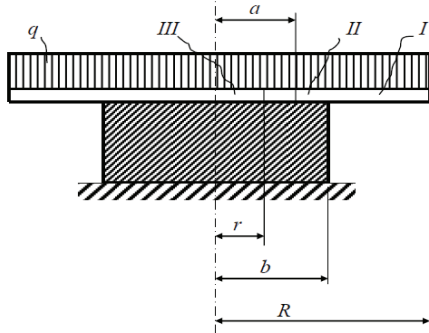
Slika 11. Dijagram ugiba za optimalnu vrednost k i za ostale vrednosti



Slika 12. Dijagram napona za optimalnu vrednost k i za ostale vrednosti

5. PLOČA OSLONJENA NA KRUTI CILINDAR

Kružna ploča, poluprečnika R pritisnuta jednoliko raspoređenim teretom q postavljena na kruti cilindar, prikazana je na slici 13. Ploču oslonjenu na kruti cilindar podelićemo na tri oblasti. Od radijusa b do slobodnog kraja nalazi oblast I odnosno $b \leq r \leq R$. Druga oblast se nalazi na rastojanju od a do b odnosno $a \leq r \leq b$ i označava se indeksom II . Deo ploče koji je u toj oblasti se savija i odvaja od cilindra. Na rastojanju a od centra ploče nema savijanja odnosno $0 \leq r \leq a$ i ta oblast se označava indeksom III . Diferencijalna jednačina ostaje ista za oblasti II i I dok se za oblast III neće razmatrati jer kao što je rečeno u toj oblasti nema deformacija.



Slika 13. Ploča oslonjena na kruti cilindar

Za razliku od prethodna dva slučaja oslanjanja rešenje diferencijalne jednačine (14) se razlikuje, odnosno figurišu članovi uz logaritme:

$$y_I = 12(1 - \nu^2) p \frac{x^4}{64} + F_1 \frac{x^2}{4} (\ln x - 1) + \quad (28)$$

$$F_2 \frac{x^2}{4} + F_3 \ln x + F_4.$$

$$y_{II} = 12(1 - \nu^2) p \frac{x^4}{64} + H_1 \frac{x^2}{4} (\ln x - 1) + \quad (29)$$

$$H_2 \frac{x^2}{4} + H_3 \ln x + H_4.$$

Granični uslovi odgovaraju uslovima u poglavlju tri, odnosno grupi uslova datih izrazima (20) – (25), uz dodatne uslove. U bezdimenzijskoj formi dodatni uslovi su sledećeg oblika:

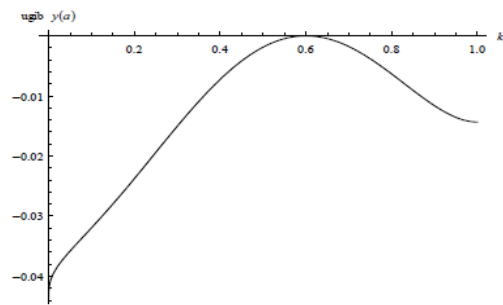
$$y_{II} \left(\frac{a}{R} \right) = 0, \quad (30)$$

$$\frac{dy_{II}}{dx} \left(\frac{a}{R} \right) = 0, \quad (31)$$

$$\frac{d^2 y_{II}}{dx^2} \left(\frac{a}{R} \right) = 0, \quad (32)$$

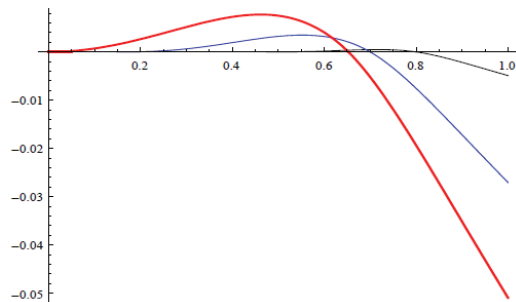
Problem ploče oslonjene na cilindar ima nelinearno rešenje zbog nepoznate vrednosti a . Iz te nelinearnosti tačno rešenje nije moguće. Odnosno u ovom slučaju potrebno je odrediti kritičnu vrednost pri kojoj dolazi do odvajanja ploče od cilindra. Na osnovu analize došlo se do zaključka da pri vrednosti $k=0.6$ ne postoji nula funkcije. Taj slučaj prikazan je na slici 14.

Uz pomoć programskog paketa *mathematica 6.0*. dobila se vrednost $k = 0.652589$ pri kojoj se ploča potpuno odvaja od podloge.



Slika 14. Dijagram nule funkcije za $k = 0.6$

U slučaju da se usvoji k manje od dobijene vrednosti ugib ploče bio bi isti kao da se ploča oslanja na prsten. Pri toj vrednosti k ugib ploče je prikazan crvenom bojom na sl 15.



Slika 15. Ugib pri kojem dolazi do odvajanja ploče u centru kao i za ostale vrednosti k

6. ZAKLJUČAK

Određena je odgovarajuća diferencijalna jednačina koja opisuje pomeranja ploča. Na osnovu jednačine pomeranja dobijeni su izrazi za ekvivalentne napone. Uz pomoć programskog paketa *mathematica 6.0*. određeni su analitički izrazi za ugibe i napone, za tri načina oslanjanja ploča. Na osnovu dobijenih izraza i za tri položaja oslonca nacrtani su dijagrami. U nastavku se na osnovu analize dijagrama izvršila optimizacija položaja oslonca u odnosu na napone i ugibe. Pri tom uslov je optimizacije je bio da pri optimalnom položaju vrednosti ugiba i napona imaju minimalne vrednosti. U petom poglavlju se pokazalo da se pri određenom položaju cilindra ploča potpuno odvaja od cilindra. Taj položaj je određen i za njega je prikazan dijagram koji opisuje ugib ploče. Primenom rezultata ovog rada moguće je za konkretan materijal izvršiti optimalno oslanjanje ploče i postići određene uštede.

7. LITERATURA

- [1] Teodor M. Atanacković "Teorija stabilnosti elastičnih štapova", Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, 1987.
- [2] S. Timošenko, S. Vojnovski – Kriger, "Teorija ploča i ljuski", Građevinska knjiga, Beograd, 1962.
- [3] C. Y. Wang "Axisymmetrically supported heavy circular plate", *Thin-Walled Structures* 42, 1709–1718 (2004)

Kratka biografija



Dragan Galešić, rođen 09.12.1982. god. u Sanskom Mostu. Fakultet tehničkih nauka upisao 2005, a Diplomski-master rad iz oblasti Mašinstva-Teorija ploča napisan 2011. godine

SIMULACIJA TEHNOLOŠKOG PROCESA IZRADE GRUPE PROIZVODA PRIMENOM PROGRAMSKOG SISTEMA TECNOMATIX PLANT SIMULATION**SIMULATION OF TECHNOLOGICAL PROCESSES FOR MANUFACTURING OF THE PRODUCT GROUPS USING TECNOMATIX PLANT SIMULATION PROGRAM SYSTEM**

Siniša Milovanović, Velimir Todić, Dejan Lukić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – MAŠINSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu prikazan je razvoj modela i simulacija tehnološkog procesa izrade grupe proizvoda primenom programskog sistema Tecnomatix Plant Simulation. Osnovni cilj ove simulacije odnosi se na optimizaciju tehnološkog procesa i optimalno upravljanje procesom proizvodnje, kao i razvoj odgovarajućeg modela proizvodnog sistema.

Abstract – This paper presents the development of models and simulation of technological process of product groups with the use of Tecnomatix Plant Simulation program system. The main goal of these simulations relates to the optimization of technological processes and optimal management of the production process, as well as development of appropriate models of production systems.

Cljučne reči: Modeliranje, Simulacija, Tehnološki proces, Tecnomatix Plant Simulation

1. UVOD

Primena računarske simulacije je počela pre pola veka, ali je u protekloj deceniji imala značajan napredak uporedo sa razvojem informacione tehnologije. Prema nekim istraživačima simulacija predstavlja ključni element za postizanje progressa u inženjerstvu [1].

Simulacija se koristi za različite aktivnosti, uključujući modeliranje i simulaciju prirodnih sistema i procesa. Jedna od osnovnih oblasti primene simulacije u praksi se odnosi na oblast poslovnih procesa i same proizvodnje.

Ova tehnika predstavlja dragoceno sredstvo koje koriste inženjeri prilikom procene efekta kapitalnih ulaganja u opremu i fizičke objekte kao što su fabrička postrojenja, skladišta, distributivni centri i dr. Simulacija se takođe može koristiti za predviđanje performansi postojećih ili planiranih sistema i za upoređivanje alternativnih rešenja za određeni problem.

Osnovni predmet i cilj istraživanja u ovom radu se odnosi na istraživanje mogućnosti primene programskog sistema Tecnomatix Plant Simulation za simulaciju tehnoloških i proizvodnih procesa, kao i razvoj odgovarajućih tehnoloških i proizvodnih sistema. Praktičan cilj rada se odnosi na projektovanje, racionalizaciju i optimizaciju tehnoloških procesa izrade grupe vratila sa zupčanicom, kao i razvoj odgovarajućeg modela proizvodnih pogona.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Velimir Todić, red.prof.

2. OSNOVE MODELIRANJA I SIMULACIJE

Modeliranje predstavlja jedan od osnovnih procesa ljudskoga uma. Rezultat modeliranja je model. Model je apstrakcija realnosti u smislu da on ne može da obuhvati sve njene aspekte. Model je uprošćena i idealizovana slika realnosti.

Simulacija je proces projektovanja modela realnog ili imaginarnog sistema i izvođenje eksperimenata sa tim modelom. Simulacija se koristi za različite aktivnosti uključujući modeliranje prirodnih sistema ili ljudi, a osnovni cilj je da se imitira način njihovog funkcionisanja. Četiri osnovne vrste simulacionih modela su [2]:

- Monte Karlo (Monte Carlo) simulacija,
- Kontinualna simulacija,
- Simulacija diskretnih događaja, i
- Mešovita, kontinualno-diskretna simulacija.

2.1 Simulacija diskretnih događaja

Simulacija diskretnih događaja je specifična metodologija simulacije koja se bavi modeliranjem sistema koji se mogu predstaviti skupom događaja. Pod događajem, ovde se podrazumeva diskretna promena stanja entiteta sistema.

Događaj nastupa u određenom trenutku vremena, odnosno promene stanja entiteta se dešavaju diskontinualno u vremenu, tj. samo u nekim vremenskim trenucima (kada nastupi događaj). Simulacija opisuje svaki diskretni događaj, krećući se od jednog događaja do drugog, pri čemu nastaje pomak (prirast) vremena simulacije. Sistemi koji se modeliraju na ovaj način su dinamički i gotovo redovno stohastički.

2.1.1 Osnovni pojmovi diskretne simulacije

Kod modela sistema sa diskretnim događajima, pored konceptata koji opisuju strukturu, kao što su objekti, relacije između njih i njihovi atributi, uvedeni su i koncepti za opis dinamike. To su:

- Događaj
- Aktivnost
- Proces

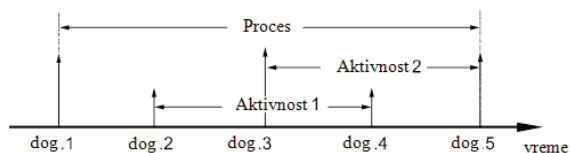
Događaj predstavlja diskretnu promenu stanja entiteta u sistemu ili njegovom okruženju. Između dva uzastopna događaja stanje sistema se ne menja.

Aktivnost je skup događaja koji menjaju stanje jednog ili više entiteta. Trajanje aktivnosti se može unapred definisati, ali može da zavisi i od ispunjenja nekih uslova

u modelu, tako da je vreme završetka takve aktivnosti nepoznato.

Proces je niz uzastopnih, logički povezanih događaja kroz koje prolazi neki privremeni objekat. Drugim rečima, proces je hronološki uređena sekvenca događaja koja opisuje jednu pojavu od nastajanja do terminiranja. U simulaciji, proces može da obuhvata deo ili celokupan "život" privremenog entiteta.

Odnos događaja, aktivnosti i procesa ilustrovan je na slici 1.



Slika 1. Odnos događaja, aktivnosti i procesa [2]

2.2 Osnove simulacije tehnoloških i proizvodnih procesa

Da bi se postigla visoka efektivnost proizvodnih sistema potrebno je, osim optimalnih rešenja tehnoloških procesa izrade proizvoda, odrediti najpovoljnija rešenja i drugih segmenata proizvodnih procesa, odnosno rešenja sa najpovoljnijim pojedinačnim i međusobnim uticajem na proces proizvodnje.

Ovi složeni zadaci, koje zahteva razvoj optimalnih rešenja proizvodnih procesa, danas se uspešno rešavaju simulacijom i vizuelizacijom proizvodnih procesa primenom odgovarajućih programskih sistema.

Simulacija proizvodnih procesa primenom odgovarajućeg programskog sistema za simulaciju, kao pažljivo i usmereno eksperimentisanje na računaru, vrši se, u opštem slučaju kada se [3]:

- *Projektuje proizvodni sistem,*
- *Unapređuje proizvodni proces u postojećem proizvodnom sistemu,*
- *Postavlja cilj simulacije i razvoj simulacionog modela,*
- *Izvodi simulaciono eksperimentisanje na računaru i*
- *Vrši interpolacija i primena rezultata simulacije.*

Pri definisanju zadataka i ciljeva simulacije proizvodnih procesa u središtu su najvažnija sledeća pitanja [3]:

- *Kolika se tehnološka prohodnost očekuje,*
- *Koji je najpovoljniji broj i raspored tehnoloških resursa,*
- *Gde su najpovoljnije lokacije međuskладиšta,*
- *Koliki je optimalni obim proizvodnje,*
- *Koje su najpovoljnije strategije organizacije i realizacije procesa proizvodnje, itd.*

Komercijalni softveri za simulaciju proizvodnih procesa su vrlo rasprostranjeni zbog mogućnosti koje imaju u planiranju, simulaciji i analizi proizvodnje, relativno niske cene i lakoće upotrebe, koja omogućava i neprogramerima da uspešno izvode eksperimente sa modelom. Ovakvi softveri rade u grafičkom okruženju na UNIX- radnim stanicama ili na personalnim računarima sa UNIX ili Windows operativnim sistemima, podržavajući sledeće operacije: modelovanje, simulaciju i vizuelizaciju proizvodnog procesa.

Neki od softvera za simulaciju proizvodnih procesa su:

- *Simple ++,*
- *Arena,*
- *Witness,*
- *Tecnomatix Plant Simulation, itd.*

U nastavku će se ukratko prikazati osnove programskog sistema Tecnomatix Plant Simulation (TPS).

3. OSNOVE PROGRAMSKOG SISTEMA TPS

Tecnomatix Plant Simulation softver omogućava simulaciju i optimizaciju tehnoloških i proizvodnih sistema i procesa. Koristeći TPS, može se optimizirati protok materijala i resursa, kao i logistika za sve nivoe planiranja postrojenja u okviru globalnih proizvodnih pogona, preko lokalnih postrojenja, do specijalnih linija.

Modeliranje proizvodnih procesa korišćenjem biblioteke standardnih i specijalizovanih komponenti TPS omogućuje kreiranje dobro strukturiranih, hijerarhijskih modela proizvodnih pogona, linija i procesa. Optimizacija se takođe može vršiti automatski korišćenjem TPS modula genetskih algoritama. Ovo je posebno korisno kada različiti parametri sistema i ograničenja utiču na teško pronalaženje optimuma.

TPS poseduje i alate za analizu koji omogućavaju lako tumačenje rezultata simulacije. Statističke analize, grafikoni i tabele prikazuju iskorišćenost mašina, radne snage i međuskладиšta. TPS može generisati statističke izveštaje i grafikone za podršku dinamičkim analizama parametara uključujući i opterećenje sistema, otkaze i pauze.

Pored visoko efikasnog 2D prikaza, programski sistem TPS može simulaciju predstaviti i u virtuelnoj realnosti poput 3D okruženja.

Specijalne karakteristike TPS se odnose na [4]:

- *Objektno-orientisano programiranje,*
- *Otvorenost za uvoz podataka iz drugih sistema, kao što su Access ili Oracle baze podataka, Excel radnih listova ili iz SAP-a,*
- *Obezbeđuje alate za analizu i otkrivanje uskih grla, praćenje toka materijala, otkrivanje predimenzionisanih sredstava rada, i dr.*
- *Analizu podataka, itd.*

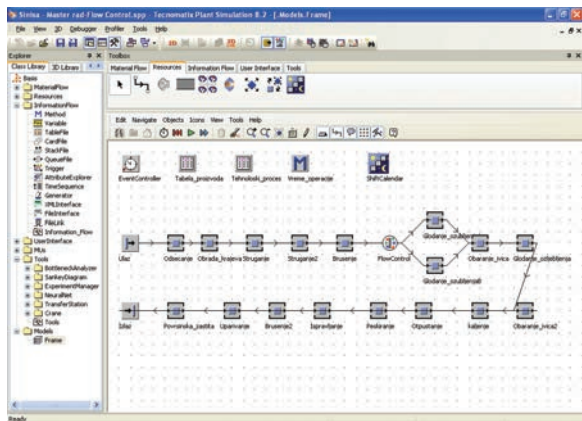
4. RAZVOJ MODELA I SIMULACIJA TEHNOLOŠKOG PROCESA IZRADA

Deo proizvodnog programa proizvodnog sistema čine vratila sa zupčanicom, koji će se izrađivati u jednom proizvodnom pogonu. Na osnovu izvršene redukcije programa proizvodnje utvrđena je i pridružena proizvodu predstavniku, redukovana količina u veličini: $q_{red}=13200$ [kom/god]. Tehnološki proces za proizvod predstavnik, projektovan je na osnovu odgovarajućih ulaznih podataka [5]. Na osnovu projektovanog tehnološkog procesa razvijen je simulacioni model tehnološkog procesa izrade u TPS-u. Da bi se formirao ovaj simulacioni model, bilo je potrebno postaviti sve neophodne objekte kao što su: *TableFile, Method, Source, SingleProc, Drain, FlowControl, Connector, EventController, ShiftCalendar*. Nakon postavljanja navedenih objekata simulacioni model tehnološkog procesa izrade ima izgled kao na slici 3.

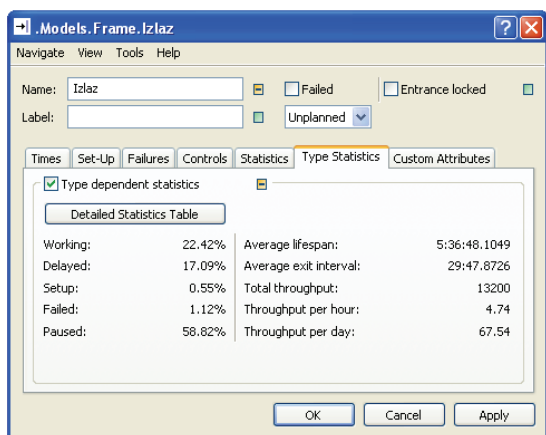
Nakon razvoja simulacionog modela, bilo je neophodno definisati ulazne podatke za simulaciju tehnološkog

procesa izrade, kao što su vremena operacija, veličine i broj serija, raspoloživi vremenski kapacitet pogona sa brojem radnih dana, radnih smena i radnih sati u smeni, i dr.

Simulacijom tehnološkog procesa na izlazu se dobijaju određeni izlazni podaci, kao što su broj delova u jedinici vremena, stepen vremenskog iskorišćenja resursa, struktura vremena na odgovarajućim mašinama i radnim stanicama, i dr. Objekat izlaz je prikazan na slici 4.



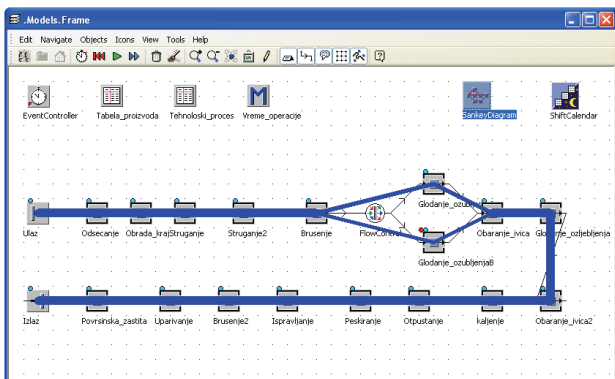
Slika 3. Simulacioni model tehnološkog procesa izrade



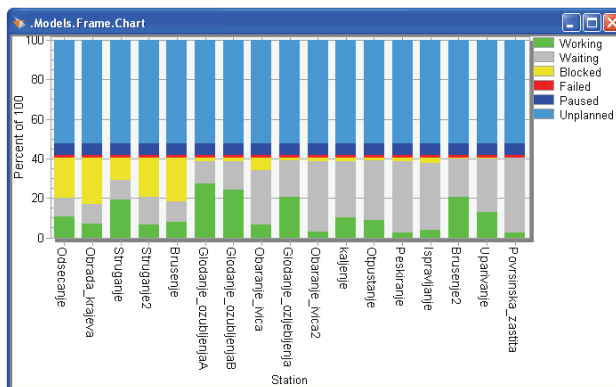
Slika 4. Prikaz određenih podataka u objektu Izlaz [6]

Za prikaz toka materijala primenjena je opcija *Sankey Diagram* (slika 5), dok je za prikaz stanja rada mašina i drugih radnih stanica primenjena opcija *Chart* (slika 6).

Jedan od osnovnih načina za prikaz rezultata nakon izvršene simulacije jeste statistički izveštaj, koji sadrži izveštaj vremena rada, zastoja, čekanja, pauza i dr. Na slici 7 dat je samo delimičan prikaz radnih vremena.



Slika 5. Prikaz definisanja toka materijala [6]

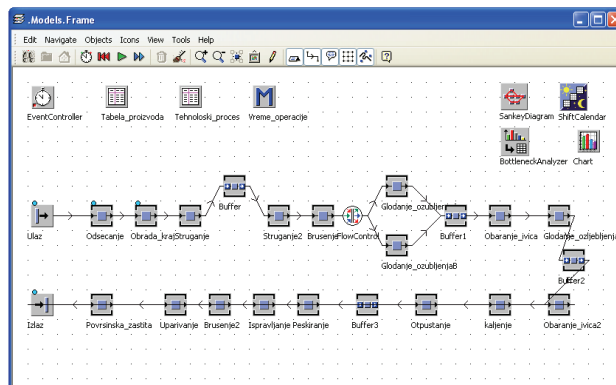


Slika 6. Dijagram stanja rada mašina i drugih radnih stanica [6]

Object	Portion	Frequency	Sum	Mean Value	Standard Deviation
Odsecanje	10.81%	13200	38:12:00.00.0000	4:12.0000	0.0000
Obrada_krajeva	7.21%	13200	25:16:00.00.0000	2:48.0000	0.0000
Struganje	19.31%	13200	68:18:00.00.0000	7:30.0000	0.0000
Struganje2	6.44%	13200	22:22:00.00.0000	2:30.0000	0.0000
Brusenje	7.72%	13200	27:12:00.00.0000	3:00.0000	0.0000
Glodanje_ozubljenaA	27.39%	7020	97:12:00.00.0000	20:00.0000	0.0000
Obaranje_ivica	6.44%	13200	22:22:00.00.0000	2:30.0000	0.0000
Glodanje_ozljebljenja	20.60%	13200	73:08:00.00.0000	8:00.0000	0.0000
Obaranje_ivica2	2.83%	13200	10:02:00.00.0000	1:06.0000	0.0000
kaleenje	0.00%	13200	35:18:00.00.0000	3:54.0000	0.0000

Slika 7. Delimičan prikaz radnih vremena [6]

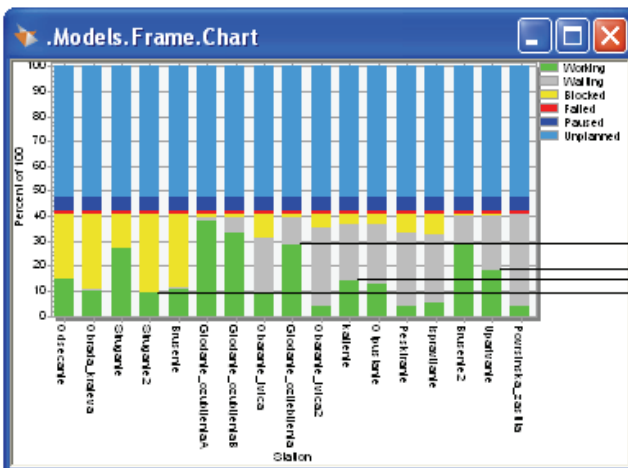
U cilju pronalazjenja maksimalnog obima proizvodnje posmatranog simulacionog modela izvršena je korekcija ulaznih podataka simulacije tehnološkog procesa izrade. Nakon izvršenja simulacije dobijen je maksimalan obim proizvodnje, koji je iznosio 17160 delova u godini. Zbog značajne razlike u vremenu trajanja operacija tehnološkog procesa, u model su postavljena međuskладиšta na mestima gdje je prethodna operacija duža od naredne (slika 8).



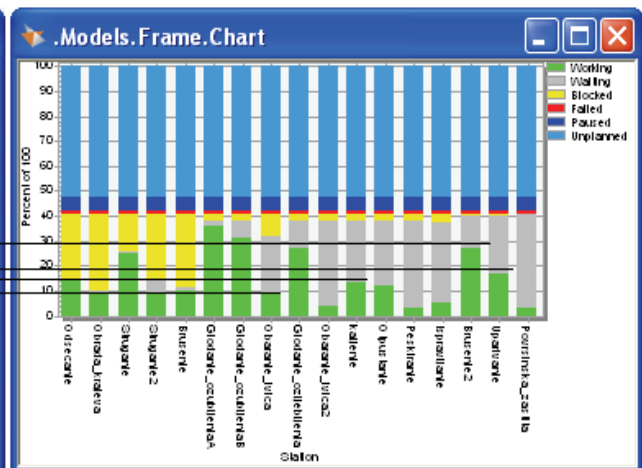
Slika 8. Postavljanje međuskладиšta [6]

Povećanje iskorišćenosti mašina i drugih radnih stanica nakon postavljanja međuskладиšta najbolje je prikazano poređenjem rezultata dobijenih opcijom *Chart*, za simulacioni model sa i bez međuskладиšta (slika 9).

Optimizacija međuskладиšta izvršena je opcijom *Experiment Manager* i izlazne vrednosti dobijene eksperimentom prikazane su u vidu dijagrama na slici 10. Rezultat sa dijagrama pokazuje da optimalan kapacitet međuskладиšta nije bio jedinstven, kao i da su postavljena međuskладиšta više ili manje uticala na broj proizvedenih delova. Optimalna varijanta kapaciteta međuskладиšta imala je sledeće vrednosti: buffer – 10 delova, buffer1 – 13 delova, buffer2 – 7 delova i buffer3 – 4 dela.

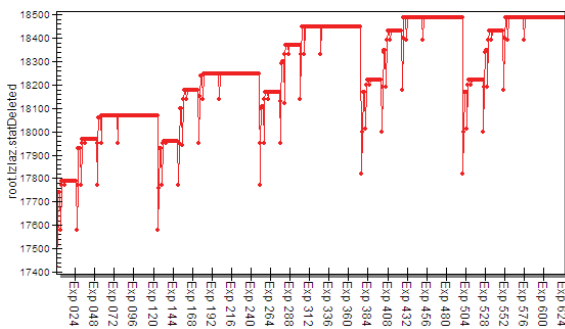


a) sa međuskладиštima



b) bez međuskладиšta

Slika 9 Dijagram iskorišćenosti mašina alatki i drugih radnih stanica sa i bez međuskладиšta [6]



Slika 10 Dijagram izlaznih vrednosti dobijenih eksperimentom [6]

koga je izvršena simulacija, analiza i upravljanje dobijenim rezultatima.

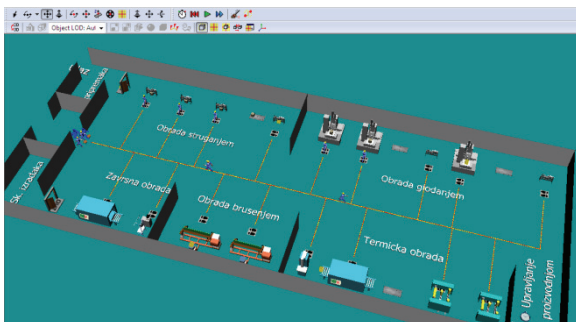
Rezultati i podaci koji su dobijeni simulacijom su:

- Opterećenost radnih mesta,
- Pronalaženje uskog grla proizvodnje,
- Iskorišćenost resursa,
- Optimalan kapacitet međuskладиšta,
- Količina proizvoda koje je moguće proizvesti na godišnjem nivou, itd.

Na osnovu 2D modela, projektovan je 3D model idejnog rešenja proizvodnog pogona za proizvodnju posmatrane grupe vratila sa zupčanicom.

U simulacionom modelu, u radu [6], izvršena je i simulacija rada radnika, čije su aktivnosti bile usaglašene sa potrebama mašina i drugih radnih stanica.

Završni korak u radu predstavlja prikaz vizuelizacije proizvodnog pogona pomoću opcije 3D Viewer. Nakon selektovanja ove opcije izvršena je organizacija radnog prostora proizvodnog pogona dodeljivanjem CAD modela odgovarajućim objektima, kreiranjem raznih primitiva, itd. (slika 11).



Slika 11 Prikaz idejnog rešenja proizvodnog pogona [6]

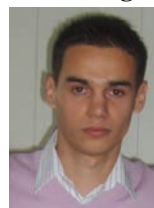
5. ZAKLJUČAK

U radu je izvršena simulacija tehnološkog procesa izrade grupe proizvoda-vratila sa zupčanicom, primenom programskog sistema Tecnomatix Plant Simulaton. Za ovu grupu proizvoda, izvršena je redukcija količina proizvoda i izabran proizvod predstavnik. Za izabrani proizvod predstavnik projektovan je tehnološki proces izrade i formiran odgovarajući 2D simulacioni model ovog procesa u programskom sistemu TPS, na osnovu

6. LITERATURA

- [1] A Report of the National Science Foundation, Blue Ribbon Panel on Simulation-Based Engineering Science, Revolutionizing Engineering Science through Simulation, 2006.
- [2] Radenković, B., Stanojević, M., Marković, A.: Računarske simulacije, Fakultet Organizacionih Nauka, Beograd, 1999.
- [3] Todić, V., Penezić, N., Lukić, D., Milošević, M.: Tehnološka logistika i preduzetništvo, FTN izdavaštvo, Novi Sad, 2011.
- [4] Tecnomatix Plant Simulation, www.TPS.com.
- [5] Zelenović, D., Čosić, I., Maksimović, R., Maksimović, A.: Priručnik za projektovanje proizvodnih sistema, pojedinačni prilaz, Novi Sad, 1992.
- [6] Milovanović, S.: Simulacija tehnološkog procesa izrade grupe proizvoda pimenom programskog sistema Tecnomatix Plant Simulation, Diplomski-Master rad, FTN, Novi Sad, 2011.
- [7] Bangsow, S.: Manufacturing simulation with Plant Simulation and SimTalk, Berlin, 2010.

Kratka biografija:



Siniša Milovanović, rođen je u Bije-ljini 1987. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mašinstva-Proizvodno mašinstvo od-branio je 2011. godine.

**MODELOVANJE I SIMULACIJA SISTEMA ZA AUTOMATSKO UPRAVLJANJE
VENECIJANERIMA I UNUTRAŠNJOM RASVETOM****MODELLING AND SIMULATION OF SYSTEM FOR AUTOMATIC CONTROL OF
VENETIAN BLINDS AND ARTIFICIAL LIGHTING**

Milan Čakanović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu je opisan postupak za modelovanje i simulaciju sistema za automatsko upravljanje venecijanerima i unutrašnjom rasvetom. Cilj ovog rada je bio da se implementira algoritam za izračunavanje optimalnog položaja (ugla) venecijanera i optimalnog nivoa napajanja svakog reda svetiljki, za zadatu vrednost osvetljenja (500 lx) i uz minimalnu potrošnju električne energije. Prilikom procene količine električne energije potrebne za održavanje toplotnog balansa, ključni detalj je bio izračunavanje parametra SHGC (solar heat gain coefficient) za CFS (complex fenestration system), što je i urađeno uz pomoć projekta ASHWAT čiji su moduli implementirani u programskom jeziku FORTRAN-90 i dodati HBX (Heat Balance eXperimental) aplikaciji. Za procenu količine dnevnog i električnog osvetljenja u prostoriji, korišćen je RADIANCE softverski paket za UNIX operativne sisteme. Algoritam za automatsko upravljanje je realizovan u programskom paketu MATLAB.

Abstract – This paper describes the procedure for modelling and simulation of automatic control system for venetian blinds and artificial lighting. The aim of this study was to implement an algorithm to calculate the optimal position (angle) of venetian blinds and the optimal power level of each row of luminaires, for an illuminance setpoint of 500 lx and minimal electric power consumption. In estimating the amount of electricity needed to maintain heat balance, the most important was the calculation of parameter SHGC (solar heat gain coefficient) for CFS (complex fenestration system), which was done with the assistance of ASHWAT project whose modules are implemented in the programming language FORTRAN-90 and have been added to the HBX (Heat Balance eXperimental) application. To estimate the amount of daylighting and artificial lighting was used RADIANCE software package for UNIX operating systems. The algorithm for automatic control was implemented in MATLAB software package.

Ključne reči: venecijaneri, rasveta, SHGC, CFS, HBX, RADIANCE, MATLAB, osvetljenje, HVAC, foto senzor

1. UVOD

Kako cena energije nastavlja da raste, povećani su napori da se smanji potrošnja električne energije koja se odnosi na sisteme za rasvetu i HVAC (Heating, Ventilation, and

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr. Velimir Čongradac, docent

Air Conditioning) sisteme. Dizajn energetske efikasne zgrade je postao veoma važna tema, gde se akcenat stavlja na ekonomsku isplativost, održivi razvoj, smanjenje potrošnje neobnovljivih izvora energije, zagađenje, efekat staklene bašte i klimatske promene. Uzimajući u obzir trend u arhitekturi prema kojem su fasade komercijalnih zgrada napravljene od stakla, javlja se potreba za kontrolisanjem uticaja dnevnog osvetljenja i sunčevog zračenja. Oko 25% od ukupne potrošnje energije u komercijalnim zgradama, može da se pripíše uticaju prozora [2]. Odnedavno, postoji povećano interesovanje za integraciju sistema dnevnog osvetljenja sa sistemom električnog osvetljenja, kako bi se smanjila potrošnja električne energije. Dnevno osvetljenje treba razmatrati kao veoma važan faktor koji treba da zameni električnu energiju potrebnu za rasvetu. Sistem rasvete je jedan od glavnih potrošača električne energije u mnogim poslovnim zgradama, sa udelom od 20 do 30% u ukupnoj potrošnji. Napori se postižu kako na razvoju nove, energetske efikasne opreme za rasvetu, tako i na razvoju sistema za automatsko upravljanje rasvetom u kombinaciji sa dnevnim osvetljenjem. [1]

Posebnu pažnju treba obratiti na dizajn prozora kako bi se kontrolisao uticaj sunčevog zračenja na unutrašnje uslove. Sunčevo zračenje koje prolazi kroz prozorsko staklo ima značajan uticaj na potrošnju električne energije, i ujedno je najpromenljiviji parametar toplotnog balansa [2]. Uticaj sunčevog zračenja može se kontrolisati upotrebom venecijanera koji direktno utiču na parametar SHGC. U letnjim mesecima, poželjna je manja vrednost parametra SHGC, dok je u zimskim mesecima poželjna veća, kako bi se smanjili zahtevi za hlađenjem, odnosno grejanjem prostora. Optimalnim upravljanjem venecijanera i rasvete, ne samo da se šteti električna energija potrebna za rasvetu, već se i smanjuju zahtevi za HVAC sisteme. Računarske simulacije nam daju uvid kako venecijaneri utiču na potrošnju energije, i pomažu pri izboru strategije za upravljanje.

2. ZADATAK

Simulirati realan sistem za automatsko upravljanje venecijanerima i unutrašnjom rasvetom.

Implementirati algoritam za izračunavanje optimalnog položaja (ugla) venecijanera i optimalnog nivoa napajanja svakog reda svetiljki, pri čemu treba da se ispune sledeći zahtevi :

1. zadata vrednost osvetljenja je minimum 500 lx
2. zadatu vrednost od 500 lx ostvariti uz minimalnu potrošnju električne energije potrebne za rasvetu i HVAC sistem.

3. TEORIJSKE OSNOVE

Poznavanje vrednosti sunčevog zračenja je neophodno pri proceni (izračunavanju) energetskih zahteva za HVAC sisteme. Direktno sunčevo zračenje (**direct solar irradiance**) se odnosi na solarnu radijaciju emitovanu direktno sa solarnog diska i meri se normalno u odnosu na pravac prostiranja sunčevih zraka. Difuzno horizontalno sunčevo zračenje (**diffuse horizontal solar irradiance**) se odnosi na solarnu radijaciju emitovanu sa nebeskog svoda (sky dome), sunce je izuzeto, i meri se na horizontalnoj površini. Reflektovano sunčevo zračenje (**reflected solar irradiance**) se odnosi na solarnu radijaciju koja se reflektuje od zemljine površine. [3] Sunčevo zračenje na putu kroz staklo, delom prolazi (τ), delom se reflektuje (ρ), a delom apsorbira (α), što je i prikazano na slici 1a. Zbir ovih parametara je jednak jedinici, što pokazuje jednačina:

$$\tau + \rho + \alpha = T + R + A = 1 \quad (1)$$

gde su: (T) transmittance, (R) reflectance, (A) absorptance Toplotni dobitak koji potiče od sunčevog zračenja koje prolazi kroz prozor (solarni dobitak) (**fenestration solar heat gain**) ima dve komponente. Prva komponenta je zračenje koje direktno prolazi kroz prozorsko staklo i zavisi od prozračnosti (transmittance) (τ) stakala. Druga komponenta je deo apsorbiranog sunčevog zračenja koji se reemituje u unutrašnjost prostorije ($q_i = NA$) (Slika 1a). Zbir ove dve komponente je jednak parametru SHGC (u Evropi se obeležava sa g), što pokazuje sledeća jednačina:

$$SHGC = T + NA \quad (2)$$

Kako vrednost ovog parametra zavisi od ugla sunčevog zračenja (θ) i broja stakala (slojeva), j -na (2) postaje:

$$SHGC(\theta) = T^f(\theta) + \sum_{k=1}^L N_k A_k \quad (3)$$

gde su: T^f = front transmittance of glazing system
 L = number of glazing layers

= absorptance of layer k

N_k = inward-flowing fraction for layer k

Za difuzno sunčevo zračenje, biće:

$$\langle SHGC \rangle_D = \langle T^f \rangle_D + \sum_{k=1}^L N_k \langle A \rangle_D \quad (4)$$

Ukupni solarni dobitci računaju se iz sledeće jednačine:

$$q_s = q_b + q_d \quad (5)$$

gde su: q_b = solarni dobitci direktnog sunčevog zračenja
 q_d = solarni dobitci difuznog sunčevog zračenja, koje uključuje i zračenje nebeskog svoda i zračenje reflektovano od zemljine površine

$$q_s = A \{ E_{DN} \cos(\theta) SHGC(\theta) + (E_d + E_r) \langle SHGC \rangle_D \} \quad (6)$$

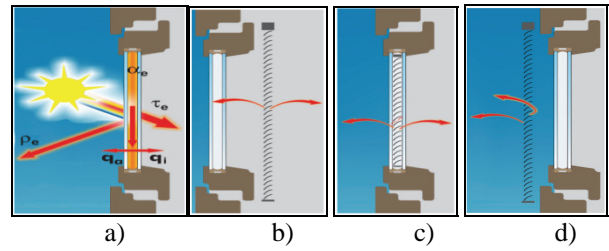
gde su: A = površina prozorskog stakla
 E_{DN} = vrednost direktnog sunčevog zračenja
 E_d = vrednost difuznog sunčevog zračenja
 E_r = vrednost reflektovanog zračenja od zemlje

Dodavanjem venecijanera, dolazi do slabljenja parametra SHGC, što je opisano sledećim jednačinama:

$$SHGC(\theta, \Omega, \Phi)_{cg, shaded} = SHGC(\theta)_{cg} IAC(\theta, \Omega, \Phi) \quad (7)$$

$$\langle SHGC(\Phi) \rangle_{D, cg, shaded} = \langle SHGC \rangle_{D, cg} IAC(\Phi)_D \quad (8)$$

gde su: cg = center-glass region, Ω = profile angle
 θ = incidence angle, Φ = slat angle



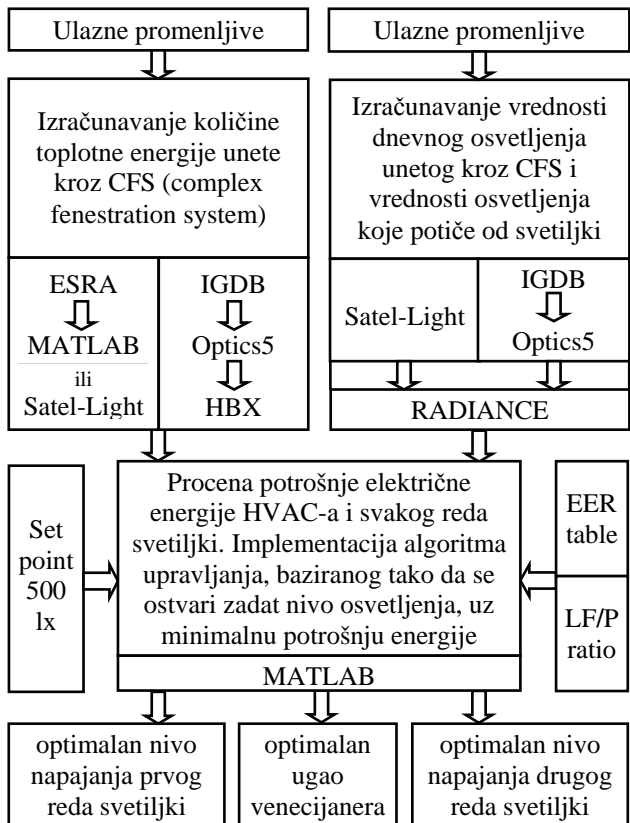
Slika 1. Uticaj sunčevog zračenja na prozorske sisteme Parametar **IAC (indoor solar attenuation coefficient)** predstavlja deo solarnih dobitaka koji ulazi u prostoriju, dok je preostali deo blokiran delovanjem venecijanera. [3] Ukupni solarni dobitci prozorskog sistema sa staklima i venecijanerima biće:

$$q_s = A \{ E_{DN} \cos(\theta) SHGC(\theta, \Omega, \Phi)_{cg, shaded} \} + A \{ (E_d + E_r) \langle SHGC(\Phi) \rangle_{D, cg, shaded} \} \quad (9)$$

Vrednost parametra IAC zavisi od mesta postavljanja venecijanera. Tako npr., venecijaneri smešteni između prozorskih stakala (Slika 1c) su 3 do 4 puta efikasniji od onih koji su smešteni unutra (Slika 1b), dok su spoljašnji venecijaneri (Slika 1d) 7-10 puta efikasniji od unutrašnjih.

4. MODELOVANJE I SIMULACIJA SISTEMA

Proces modelovanja i simulacije sistema je podeljen u tri dela. U prvom delu je vršeno izračunavanje vrednosti parametara potrebnih za određivanje solarnih dobitaka, koji su neophodni za procenu energetskih zahteva HVAC sistema. U drugom delu je vršeno izračunavanje vrednosti osvetljenja (illuminance) koju pokazuje senzor, kako pod uticajem dnevnog osvetljenja, tako i pod uticajem rasvete. U trećem delu je, na osnovu rezultata prethodna dva dela, implementiran algoritam za upravljanje venecijanerima i rasvetom. (Slika 2.)



Slika 2. Šematski dijagram modelovanja i simulacije

4.1.1. Određivanje parametara E_{DN} , E_d , E_r i θ

Određivanje parametara E_{DN} , E_d , E_r i θ iz jednačine (9) je moguće na dva načina. Prvi način je pomoću ESRA (European Solar Radiation Atlas) clear-sky modela [10], koji je realizovan preko skupa funkcija u programskom paketu MATLAB. Verifikacija programskog rešenja je moguća preko ESRA servisa SoDa (Solar radiation Data). Drugi način je pomoću servisa **Satel-Light**, najnaprednije baze podataka dnevne svetlosti (daylight) i sunčevog zračenja za Evropu.

Ulazne promenljive su: datum, vreme (čas i minut), vremenska zona, geografska širina i dužina, nadmorska visina, nagnutost površine u odnosu na horizontalu (tilt angle), orijentacija površine u odnosu na sever (azimuth angle), koeficijent refleksije zemljine površine (albedo), faktor zamućenosti atmosfere (Linke turbidity factor) koji zavisi od količine vodenih isparenja i aerosola u atmosferi.

4.1.2. Određivanje p-ra $SHGC(\theta, \Omega, \Phi)$ i $\langle SHGC(\Phi) \rangle_D$

Određivanje vrednosti parametara $SHGC(\theta, \Omega, \Phi)_{cg, shade}$ i $\langle SHGC(\Phi) \rangle_{D, cg, shaded}$ je realizovano preko ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning) Research Project 1311-RP ASHWAT (ASHrae Window ATachment), odn. preko aplikacije HBX (HBXD) čiji su moduli realizovani u programskom jeziku FORTRAN-90 i programskom okruženju Compaq Visual Fortran 6.6.C. HBX je 32 bit-na Windows console aplikacija koja se poziva iz komandne linije (command prompt – cmd.exe). Pri pozivanju aplikacije, obavezno je da se navede ime batch file-a (tekstualnog file-a) u kome su definisane karakteristike svih komponenti koje čine CFS (prozorski sistem – venecijaneri, stakla, ...).

Karakteristike koje se moraju definisati prilikom modelovanja prozorskih stakala su: front (outdoor) long-wave emittance $EpsLF$, back (indoor) long-wave emittance $EpsLB$, long-wave transmittance $TauL$, front (outdoor) beam-beam solar reflectance at normal incidence $RhoFBB$, back (indoor) beam-beam solar reflectance at normal incidence $RhoBBB$, beam-beam solar transmittance at normal incidence $TauBB$. Karakteristike stakala su definisane u IGDB (International Glazing DataBase), i mogu se iščitati preko programa Optics5.

Ulazni podaci potrebni da se definišu venecijaneri dele se u dve grupe. Prvu grupu čine podaci koji se zadaju preko batch file-a: slat front (outdoor/upper) long-wave emittance $EpsLF$, slat back (indoor/lower) long-wave emittance $EpsLB$, slat long-wave transmittance $TauL$, slat spacing (s), slat width (w) i slat crown (c). Ovi podaci su definisani u tehničkoj dokumentaciji proizvođača. Drugu grupu čine podaci čije se vrednosti moraju eksplicitno definisati u programskom kodu: koeficijent refleksije letvica venecijanera (Rho), niz vrednosti za profile angle Ω ($Omega$), korak za vrednosti ugla zračenja (incidence angle) θ ($Theta$) i niz vrednosti za ugao letvica venecijanera (slat angle) Φ ($SlatA$).

Potrebno je još definisati i: tip i širinu prostora između venecijanera i stakala, kao i tip gasa i širinu prostora između stakala.

Rezultati izvršavanja HBX aplikacije smešteni su u datoteku istog imena kao i batch file, ali sa ekstenzijom **.csv** (comma-separated values), i mogu se iščitati i urediti na primer Excel aplikacijom. Vrednosti parametra

$SHGC(\theta, \Omega, \Phi)_{cg, shade}$ su izdvojene u niz u kojem postoji jasna zakonitost, pa je lako pronaći odgovarajuću vrednost za bilo koju kombinaciju θ , Ω i Φ .

4.2.1. Modelovanje dnevnog osvetljenja i rasvete

Za procenu količine dnevnog i električnog osvetljenja u prostoriji, korišćen je RADIANCE softverski paket za UNIX operativne sisteme. Paket uključuje programe za modelovanje geometrije i definisanje osobina materijala, objekata, svetlosnih izvora, i svega što je neophodno za simulaciju i analizu osvetljenja.

Za modelovanje prostora korišćen je **genrbox** program. Definisanje materijala podrazumeva dodeljivanje boje, tj. dodeljivanje vrednosti komponentama RGB (Red, Green, Blue), kao i dodeljivanje vrednosti za dodatne parametre *specularity* i *roughness*.

Kod modelovanja prozora, najpre se pomoću programa Optics5 i IGDB definiše sistem prozorskih stakala, a zatim se preko opcije *Export *.usr Radiance File...* izgeneriše datoteka sa ekstenzijom *.rad u kojoj su definisane vrednosti parametra *transmissivity* za RGB komponente materijala *glass*. Nakon tako definisanog materijala *glass*, sledi definisanje geometrija stakla.

Prilikom modelovanja venecijanera, najpre se definišu vrednosti RGB komponenti tako da odgovaraju određenom koeficijentu refleksije, a zatim se generiše geometrija venecijanera upotrebom programa **genblinds**. Ulazni parametri su: dubina, širina, visina, broj, ugao i zakrivljenost letvica.

Za modelovanje sunca i nebeskog svoda koristi se program **gensky**. Ulazni parametri su: mesec, dan, čas, minut, vremenska zona, geografska širina i dužina, jedan od šest tipova CIE sky modela, horizontalno difuzno zračenje i horizontalno direktno zračenje. Dva poslednja parametra se dobijaju tako što se vrednosti za difuznu i direktnu horizontalnu iluminaciju (preuzeti preko servisa Satel-Light) podele sa 179 lm/W (standard luminous efficacy conversion for Radiance).

Za modelovanje svetiljki potrebno je od proizvođača preuzeti IES file koji u sebi sadrži informacije o: broju sijalica i njihovoj jačini, broju vertikalnih i horizontalnih uglova, fotometrijskom tipu, tipu jedinice (m ili ft), dužini, širini i visini svetiljki, vertikalnim i horizontalnim uglovima, candela vrednosti za sve kombinacije vertikalnih i horizontalnih uglova. Preko programa **ies2rad**, IES file se konvertuje u ekvivalentni RAD file, koji se dalje koristi u procesu modelovanja i simulacije. Korišćenjem programa **oconv**, svi pojedinačni modeli se grupišu i formiraju jednu jedinstvenu scenu.

4.2.2. Simulacija dnevnog osvetljenja i rasvete

Simulacija sistema, tj. izračunavanje vrednosti osvetljenja vrši se preko programa **rtrace**. U ulaznoj datoteci su definisane koordinate svih senzorskih tačaka u kojima se izračunavaju vrednosti osvetljenosti (lux). Sve tačke se nalaze na visini od 85cm od poda (workplane) i podeljene su u dve zone. Srednja vrednost osvetljenosti po zonama predstavlja ono što bi svaki foto senzor trebalo da „vidi“. Da bi rezultati simulacije što realnije odslikavali stvarne vrednosti, neophodno je pažljivo definisanje velikog broja ulaznih parametara, jer u suprotnom, vreme simulacije može trajati isuviše dugo [8]. Venecijaneri i prozorsko staklo utiču na kompleksnost scene, a samim tim i na trajanje simulacije. Način da se skрати trajanje simulacije

je upotreba programa **mkillum** koji uzima pripremljenu scenu i računa distribuciju svetla za neku površinu, npr. prozorsko staklo, i zamenjuje ga sa sekundarnim izvorom svetla čiji se doprinos može računati mnogo efikasnije. Kako se svi navedeni programi pozivaju iz komandne linije, a simulacija zahteva različite vremenske trenutke, različite uglove venecijanera i druge parametre, implementiran je BASH shell script za automatizaciju procesa simulacije [4,5]. Trenuci simulacije sistema su od 08:00 h do 20:15 h sa vremenskim razmakom od 15 minuta, a uglovi venecijanera uzimaju vrednosti: 15 (okrenuti na gore), 0, -15, -30, -45, -60, -65, -75 i -85 stepeni.

4.3. Implementacija upravljačkog algoritma

Na osnovu rezultata prethodnih izračunavanja i simulacija implementiran je algoritam za automatsko upravljanje venecijanerima i unutrašnjom rasvetom, u programskom paketu MATLAB. Vrednosti foto senzora za uglove venecijanera između navedenih su računane linearnom aproksimacijom. Za procenu potrošnje električne energije air-condition uređaja i svetiljki, potrebno je poznavati funkciju zavisnosti parametra EER (Energy Efficiency Ratio) u odnosu na unutrašnju i spoljašnju temperaturu, kao i funkciju zavisnosti svetlosnog fluksa od nivoa napajanja. Odnosi su dati jednačinama (10) i (11):

$$EER(T_{out}, T_{in}) = q_s / EC \quad (10)$$

gde je: $EC = \text{electrical consumption}$

$$\text{Light Flux} = f(\text{Power}) \quad (11)$$

5. REZULTATI SIMULACIJE I ANALIZA

Rezultati simulacije su prikazani u tabeli 1., gde su: Φ (ugao venecijanera), PS (Photo Sensor), LR (Luminaire Row), EC L (Electric Consumption of Luminaire), ECAC (Electric Consumption of Air Condition), NB (No Blinds)

Tabela 1. Rezultati simulacije

time	Φ	PS 1 lux	PS 2 lux	LR1 %	LR2 %	EC L W	ECAC W
08:00	28	780.13	506.51	0.00	0.00	0.00	24.39
08:30	36	812.43	502.27	0.00	0.00	0.00	27.73
09:00	43	872.64	501.36	0.00	0.00	0.00	32.56
09:30	47	922.56	507.25	0.00	0.00	0.00	37.18
10:00	50	964.05	514.55	0.00	0.00	0.00	41.12
10:30	53	971.97	500.06	0.00	0.00	0.00	43.44
11:00	54	1013.87	514.37	0.00	0.00	0.00	46.56
11:30	55	1035.82	517.82	0.00	0.00	0.00	48.48
12:00	56	1033.02	510.91	0.00	0.00	0.00	49.60
12:30	57	1024.12	500.00	0.00	0.00	0.00	49.26
13:00	56	1050.67	519.17	0.00	0.00	0.00	50.87
13:30	56	1033.25	511.65	0.00	0.00	0.00	50.17
14:00	55	1029.36	516.96	0.00	0.00	0.00	49.19
14:30	54	1008.02	513.40	0.00	0.00	0.00	47.75
15:00	52	989.56	515.74	0.00	0.00	0.00	46.01
15:30	50	945.67	505.89	0.00	0.00	0.00	42.75
16:00	46	921.55	513.88	0.00	0.00	0.00	39.00
16:30	41	869.66	511.48	0.00	0.00	0.00	34.60
17:00	34	806.88	507.09	0.00	0.00	0.00	29.15
17:30	27	766.39	502.24	0.00	0.00	0.00	26.76
18:00	17	724.73	500.21	0.00	0.00	0.00	24.36
18:15	7	730.86	502.07	0.00	0.00	0.00	22.31
18:30	NB	1321.45	743.05	0.00	0.00	0.00	39.54
19:00	NB	1053.97	588.27	0.00	0.00	0.00	31.21
19:15	NB	916.13	509.40	0.00	0.00	0.00	26.76
19:30	NB	776.91	500.00	0.00	24.15	33.81	22.90
19:45	NB	652.62	500.00	0.00	36.04	50.46	19.30
20:00	NB	507.60	500.00	0.00	49.69	69.56	14.45
20:15	NB	500.00	500.00	36.33	58.80	133.18	8.52

Za svaki simulirani trenutak, u koloni Φ je dat optimalan ugao spoljašnjih venecijanera. Kako su prozori orjentisani ka jugu, za očekivati je da će od jutarnjih do podnevnih časova optimalan ugao venecijanera da raste, i to kao posledica smanjenja upadnog ugla sunčevog zračenja. Od podneva ka večeri je obrnuto. Od 18:30 najefikasnije je kada su venecijaneri potpuno podignuti (NB). Razlika u vrednostima koje pokazuju PS 1 i PS 2 su posledica mesta na kojima se nalaze. Kako je PS 1 bliži izvoru svetla (prozoru), to su i vrednosti koje pokazuje veće. Sistem je do 19:30 potpuno nezavisan od unutrašnje rasvete, kada se uključuje drugi red svetiljki sa optimalnim nivoom napajanja od 24.15%, kako bi se nadoknadio manjak dnevnog osvetljenja, odn. dosegla zadata vrednost od 500 lx. Tek od 20:15, u sistem se uključuje i prvi red svetiljki, pa sada i jedan i drugi red deluju na oba senzora. Razlog velike nezavisnosti sistema od električne rasvete je model CFS-a sa staklom koje ima visok stepen transmisivnosti. Sa druge strane, model stakla koji ima visok stepen refleksije, čak i bez upotrebe venecijanera dovodi do potpune zavisnosti od električne rasvete.

6. ZAKLJUČAK

Modelovanje nam daje mogućnost da dizajniramo sisteme za rasvetu i CFS (venecijaneri i prozorsko staklo) sa različitim komponentama ili karakteristikama. Kada se takvi sistemi simuliraju pod istim uslovima, dobiće se različiti rezultati. Analizom tih rezultata, donosi se odluka o izboru najpogodnijih elemenata sistema, ali i odluka o upravljačkoj strategiji.

Krajnji cilj ovog rada je bila implementacija algoritma za upravljanje venecijanerima i rasvetom, koji neće imati samo teorijsku, već i praktičnu primenu, a sve sa svrhom da se ostvari optimalno upravljanje i ušteda energije.

7. LITERATURA

- [1] Li DHW, Lam JC, Wong SL, "Daylighting and its implications to overall thermal transfer value (OTTV) determinations." 2002.
- [2] John L. Wright, Charles S. Barnaby, Michael R. Collins, Nathan A. Kotey, "Improving Cooling Load Calculations for Fenestration with Shading Devices", ASHRAE 1311-RP, 2009.
- [3] "2009 ASHRAE Handbook – Fundamental".
- [4] Axel Jacobs, "Basic Radiance Tutorial", 2010.
- [5] Axel Jacobs, "Radiance Cookbook", 2010.
- [6] Greg Ward Larson and Rob Shakespeare, "Rendering with Radiance: The Art and Science of Lighting Visualisation." Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco, 2004.
- [7] John Mardaljevic, "Daylight Simulation".
- [8] Marie-Claude Dubois, "Impact of Shading Devices on Daylight Quality in Offices", Lund University.
- [9] Marie-Claude Dubois, "Solar Shading for Low Energy Use and Daylight Quality in Offices", 2001.
- [10] K. Scharmer and J. Greif, "THE ESRA, Vol. 1: Fundamentals and maps", 2000.

Kratka biografija:



Milan Čakanović je rođen u Čacku, 08. marta 1975. godine. Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu je upisao 1999. godine, na odseku za Računarstvo i automatiku, a kasnije se opredelio za smer Automatika i upravljanje sistemima.

AUTOMOBILI NA ELEKTRIČNU ENERGIJU**ELECTRIC CARS**Vladan Milošević, Vladimir Katić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – Najnovija generacija električnih automobila postala je konkurentna u poređenju sa trenutno generacijom sa benzinskim i dizel automobilima. Razvoj je brz. Sa novom generacijom litijum-jonskih baterija i snažnim električnim motorima, ovi automobili se mogu svakodnevno koristiti. Cilj ovog rada je da pruži sveobuhvatni pregled trenutnog stanja tehnologije električnih automobila, kao i izazova pred nama. Ekonomski aspekti upotrebe ovih vozila takođe su obrađeni.

Abstract – The latest generation of electric cars is a good match for the current generation of gas and/or diesel powered ones. The development is fast. With newest generation of Lio-Ion batteries and powerful electric motors these cars can be used daily. This paper aims to give a comprehensive overview of the current state of technology in electric vehicle technology and the challenges ahead. Economic aspects of usage of such vehicles are treated, also.

Ključne reči: Električni automobili, litijum-jonske baterije, električni motori, isplativost.

1. UVOD

Electrical Vehicle Company u Njujorku počela je 1896. godine da proizvodi prva komercijalna vozila. Bio je to taksi sa maksimalnom brzinom od 32 km/h i radijusom kretanja od 40 km. Između 1900. i 1910. blizu pedeset kompanija je proizvodilo električne automobile, kada su oni bili na vrhuncu popularnosti. Krah berze 1928. i početak desetogodišnje globalne depresije praktično su okončali proizvodnju električnih vozila (EV) u SAD i ostalim kompanijama u Evropi.

U današnje vreme, ekološki problemi i konstantan rast cene pogonskog goriva su postali glavni faktor razvoja i primene električnih automobila. Veća energetska efikasnost električnih vozila u odnosu na vozila sa SUS motorom, kao i manji troškovi svakodnevne vožnje, opravdavaju razvoj ovih vozila.

Električni automobili imaju jednostavnu konstrukciju, prikazanu na slici 1, koja obuhvata elektromotor, baterije, kontroler, kao i elektroenergetske pretvarače. Elektromotor služi za pogon transmisije. Za pogon motora se koristi električna energija akumulirana u baterijama.

U ovom radu je dat kratak pregled stanja, rešenja i tehnologije u oblasti primene automobila na električnu energiju.

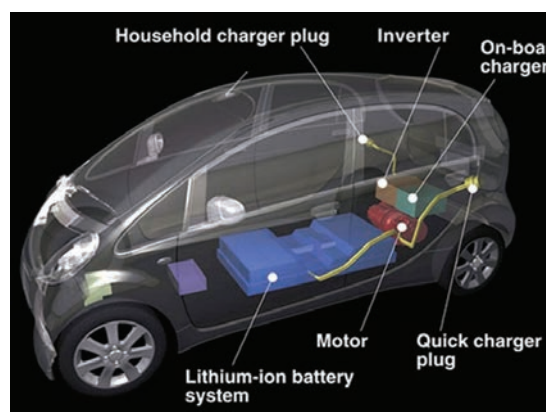
NAPOMENA: Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Vladimir Katić, red. prof.

2. VRSTE

Električna vozila sa pogonom na električnu energiju mogu se podeliti na baterijska električna vozila (Battery Electric Vehicle - BEV) i plug-in hibridna električna vozila (PHEV).

2.1 Baterijska električna vozila (BEV)

Pod baterijskim električnim vozilima, podrazumevaju se ona koja se napajaju sa strujom isključivo iz baterija (akumulatora). Razvojem novih tehnologija baterija (litijum-jonske i dr.), koje imaju veću snagu i veću energetske gustinu, tj. koje omogućavaju veće ubrzanje i veći radijus kretanja sa manje baterija, ovaj tip EV postaje sve značajniji.



Slika 1. Presek jednog električnog automobila.

2.2 Plug-in hibridna električna vozila (PHEV)

Mogu se opisati kao kombinacija hibridnih vozila i BEV. Nazivaju se još i hibridi sa produženim radijusom kretanja. Princip rada im je isti kao i hibridnih električnih vozila, s tim što imaju veću bateriju, koja se može puniti iz električne mreže. PHEV se u početku ponaša kao BEV, međutim čim baterija dostigne svoj limit, automobil postaje obični HEV. Mana ovakvog rešenja je što dodatna baterija automatski znači i dodatnu cenu, kao i dodatnu težinu samog vozila.

3. BATERIJE

Baterije su ključna komponenta kod električnih vozila, pogotovo kod onih koje za pogon koriste isključivo električnu energiju. Tipična baterija sastoji se od dve ili više elektrohemijskih ćelija međusobno spojenih. Baterija konvertuje uskladištenu hemijsku energiju u električnu energiju. Jedna baterijska ćelija je napravljena od negativne elektrode i pozitivne elektrode koje su spojene elektrolitom. Hemijska reakcija između elektroda i elektrolita generiše elektricitet. Punjive baterije mogu da

preokrenu hemijsku reakciju tako što preusmere struju. Na ovaj način se baterije mogu ponovo napuniti. Materijal korišten za elektrode i elektrolite određuje specifikacije baterija.

3.1 Nikl metal hidridne

Postoje četiri tipa baterija baziranih na niklu, koje koriste nikl na pozitivnoj elektrodi baterije. To su: nikl gvožđe (Ni-Fe), nikl cink (Ni-Zn), nikl kadmijum (Ni-Ca) i nikl metal hibridne (Ni MH). Ni-Zn i Ni-Fe baterije se ne koriste za električna vozila zato što imaju kratak životni ciklus i nisku specifičnu snagu.

Ni-Ca je najrazvijenija tehnologija baterija zasnovanih na kadmijumu. Ima slične specifikacije kao i Ni-MH. Prednost Ni-MH je ta što ne koriste kadmijum pa je stoga prihvatljivija za životnu sredinu.

Ni-MH koristi vodik apsorbovan u metalnom hidridu na pozitivnoj elektrodi [1]. Nikl oksihidroksid postaje nikl hidroksid prilikom pražnjenja. Na negativnoj elektrodi vodik je otpušten sa metala proizvodeći vodu i elektrone prilikom pražnjenja. Cena NiMH baterija iznosi oko 450 €/kWh i ne očekuje se da će drastično opasti u narednoj dekadi.

3.2 Litijum jonske

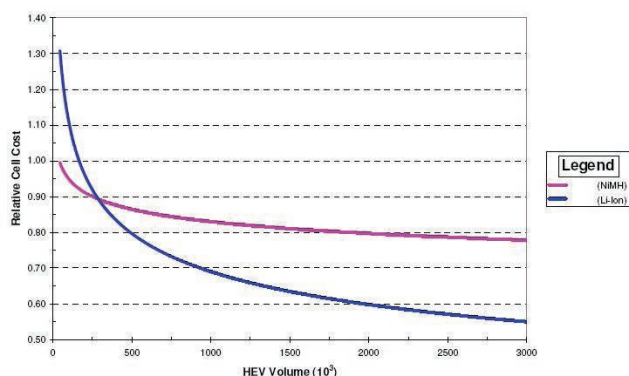
Litijum jonske baterije imaju potencijal da postanu dominantna tehnologija baterija za BEV i HEV. Brzo su se razvile poslednjih par godina i našle primenu kod malih potrošača kao što su mobilni telefoni i lap-top računari. Većina BEV, koji su se ove godine pojavili na tržištu, opremljeni su sa pakovanjima litijum jonskih baterija. Neki od tih automobila su *Tesla Roadster*, *Th!nk City* i *Mitsubishi iMiev*. Litijum jonske baterije su veoma pogodne kao baterije visokih performansi zbog dobrih karakteristika litijum metala.

Poredeći ga sa svim drugim metalima, litijum ima najveći standardni potencijal i elektrohemijski ekvivalent. To ukazuje da ima najveći potencijal specifične energije (u Wh/kg) od svih metala, a na volumetrijskoj energetskoj osnovi (Wh/l), jedino je inferioran u odnosu na aluminijum i magnezijum.

Litijum je takođe veoma lak, najlakši od svih metalnih materijala. Specifikacije baterije mogu varirati u zavisnosti od upotrebljenih materijala za katodu ili anodu. Komercijalno dostupne baterije obično koriste litijum ugljenik (*lithiated carbon*) za anodu, ali neke kompanije eksperimentišu sa drugim materijalima. Specifična energija litijum jonskih baterija danas je između 50 Wh/kg do 200 Wh/kg za naprednije baterije.

3.3 Cena baterija

Jedna od najvažnijih specifikacija baterija je prodajna cena. Kretanje cene se može predvideti proučavanjem krive, koja je korištena i prihvaćena od industrije. Slika 2 pokazuje uporedni odnos cene i količine za Li-Ion i NiMH baterije [2]. Danas su NiMH baterije još uvek jeftinije od Li-Ion, ali će litijum jonske svojevremeno postati jeftinije kad uđu u masovnu proizvodnju.

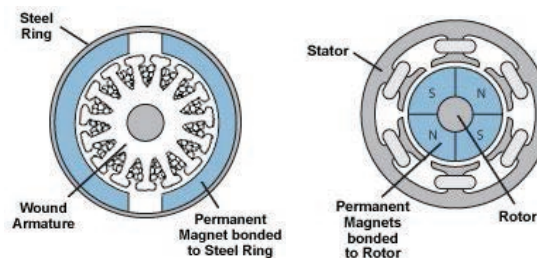


Slika 2. Uporedni odnos cene i količine za Li-Ion i NiMH baterije

4. MOTORI

3.1 DC motor bez četkica

DC motor bez četkica (*Brushless DC - BLDC*) ima trofazni stator sa kalemima i rotorom sa površinski montiranim permanentnim magnetom. Poređenje ovog motora sa DC motorom sa četkicama, kod koga je permanentni magnet montiran na statoru, prikazano je na slici 3.



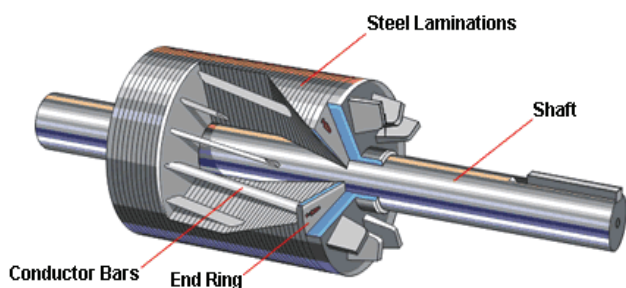
Slika 3. DC motor sa četkicama (levo) i BLDC motor (desno)

BLDC motor radi tako što su polovi na statoru naizmenični, terajući rotor da se okreće u smeru kazaljke na satu. Pol na statoru vuče pol na rotoru u smeru kazaljke, a kada su polovi u liniji jedni sa drugima struja je isključena. Moment potom gura rotor dalje i struja je okrenuta, menjajući magnetno polje i polove u statoru. Da bi se osiguralo obrtanje motora ili nastavak okretanja, potrebni su senzori, kako bi se utvrdila pozicija rotora. Ovo se često postiže korišćenjem senzora sa Holovim efektom.

BLDC motori su veoma efikasni. Obrtni momenat je visok pri niskim brzinama, a opada kako brzina raste. Mana ovog tipa motora u poređenju sa ostalim tipovima je cena. BLDC motoru je potreban čvrst permanentni magnet, koji može uticati na konačnu cenu motora.

3.2 AC asinhroni motor

Umesto korišćenja permanentnog magnetu u rotoru, moguće je indukovati struju u rotoru da bi se napravio "privremeni magnet". Ovo je urađeno kod AC asinhronog motora (induction motor - IM). Najčešći tip rotora kod IM je kratko-spojani ili kavezni (*squirrel cage*) [4]. Prikaz ovog tipa rotora je dat na slici 4.



Slika 4. Kavezni rotor

Inače, tehnologija IM je veoma razvijena i ima široku primenu u industrijskim mašinama, pumpama, već mašinama i sl. Zbog toga je danas najčešće korišćen i kod EV i HEV.

5. PRORAČUN TROŠKOVA VOŽNJE BEV

U ovom radu su upoređeni troškovi elektroautomobila Peugeot iOn i SUS automobila Peugeot 207 sa benzinskim motorom od 1,4L. Pri gradskoj vožnji Peugeot 207 po fabričkim podacima ima potrošnju od 8,5 litara benzina na 100 km. S obzirom da je cena benzina u Srbiji 1,3€ za 1 liter, lako dolazimo do podatka o trošku na 100 km od 11,5€. Ako bismo uzeli u obzir i korišćenje klima uređaja, oborenih svetala i drugih malih potrošača u kolima, možemo zaokružiti potrošnju na 9L, kao i trošak od 11,7€ na pređenih 100 km. Da bi se izračunala potrošnja elektroautomobila, potrebno je pomnožiti količinu električne energije utrošene za punjenje baterija sa cenom kWh.

Peugeot iOn ima nominalni kapacitet baterije od 16kWh, koji se tokom životnog ciklusa smanjuje, pa u proseku iznosi 10kWh. Smanjivanje kapaciteta baterija dovodi i do smanjivanja radijusa kretanja vozila, što dodatno utiče na složenost proračuna. Iz tog razloga u daljim izračunavanjima je korišćen nominalni iznos od 16kWh. Ako pomnožimo taj iznos sa prosečnom cenom električne energije u Srbiji, koja iznosi 0,095 €/kWh, dolazimo do podatka od 1,52€ koliko je potrebno platiti da bi se sa punim baterijama prešao maksimalni radijus od 150 km. U realnim uslovim korišćenja (klima, oborena svetla, broj putnika i sl.) taj radijus se smanjuje na oko 100 km, što potvrđuju i mnogobrojna testiranja. Radi jednostavnosti računanja neka radijus iznosi tačno 100 km. Naravno, treba obračunati i energetska efikasnost elektroautomobila od 85%, pa se stoga dobija trošak od 1,77€ na 100 pređenih kilometara. Pregled troškova na 100 km i na 15.000 km je prikazan u Tabeli 1, odnosno u Tabeli 2. Pretpostavljeno je da godišnji troškovi servisiranja iznose 150€ za model 207, odnosno 30€ za iOn.

Tabela 1. Pregled troškova vožnje na pređenih 100km za Peugeot modele iOn i 207

potrošnja	u gradu	na putu	prosečno
iOn (kWh)	16kWh	12kWh	14kWh
iOn (€)	1,77€	1,33€	262,5€
207 (L)	9L	5L	7L
207 (€)	11,7€	6,5€	9,1€

Tabela 2. Pregled troškova vožnje na pređenih 15,000km za godinu dana za Peugeot modele iOn i 207

potrošnja	u gradu	na putu	prosečno
iOn (kWh)	2400kWh	1800kWh	2100kWh
iOn (€)	295,5€	229,5€	262,5€
207 (L)	1350L	750L	1050L
207 (€)	1905€	1125€	1515€

Prilikom proračuna usvojene su cene od 30,000 € za iOn, odnosno 13,500 € za model 207. Na osnovu podataka iz tabela može se zaključiti da bi ukupni troškovi (maloprodajna cena, troškovi vožnje i sl.) modela iOn mogli dostići nivo ukupnih troškova automobila 207 tek nakon 10 godina. Ovo je gruba procena, jer je uzeto u obzir da će baterija modela iOn izdržati ceo životni ciklus bez kvarova, kao i da će troškovi servisiranja na godišnjem nivou 207-ice porasti sa početnih 150€ na 250€ do 300€ nakon 5 godina korišćenja.

Takođe, prilikom procene smatralo se da se cena energenata neće značajnije menjati narednih 10 godina, tj. da promena cene neće značajnije uticati na proračun. Na osnovu ovakvih pretpostavki može se zaključiti da kupovina električnog automobila može biti ekonomski isplativa, pogotovo ako se uzmu u obzir subvencije, poreske olakšice, kao i druge pogodnosti, koje trenutno postoje za vlasnike električnih automobila, a veruje se da će u narednim godinama biti još izraženije.

Međutim, ukoliko je tokom životnog veka trajanja električnog automobila zbog kvara potrebno izvršiti zamenu bateriju (cena baterija za iOn trenutno iznosi oko 16,000€), onda je jasno da je isplativost praktično nemoguća.

Stil vožnje, vremenski uslovi, broj putnika u automobilu takođe mogu uticati na potrošnju, pa i na konačan proračun, ali ti podaci nisu posebno analizirani u ovom radu, jer je cilj bio da se okvirno predstavljaju podaci o troškovima vožnje BEV.

6. PREDNOSTI I NEDOSTACI BEV-a

Glavna prednost BEV-a je nulta emisija štetnih gasova. Takođe ima drastično manju potrošnju i manje troškove servisiranja od benzinskih i dizel motora.

Treba napomenuti i da elektro-automobili nemaju menjač i kvačilo, dok je celokupan obrtni momenat dostupan već pri samom startu, što sve ukupno pruža tečniju i prijatniju vožnju.

Sa druge strane, glavni nedostatak BEV-a nije tehničke prirode, već ekonomske, tj. visoka maloprodajna cena.

Pored toga, trenutni nedostatak infrastrukture za napajanje (u Evropi, a pogotovu u Srbiji, ne postoje mesta sa instaliranim utičnicama za punjenje) pretpostavlja da potencijalni kupac poseduje i garažu sa odgovarajućom električnom instalacijom, odnosno utičnicom. Takođe, podrazumeva se da se punjenje baterija obavlja noću, kada je struja najjeftinija, ali to ne mora da bude najbolje rešenje za vlasnika automobila.

Ipak, električni automobil može predstavljati zanimljivo rešenje kao kompanijski automobil, koji dobar deo vremena provodi na obezbeđenom parking, gde bi se mogao po potrebi i dopunjavati.

7. KLASIFIKACIJA EV-a PREMA KLASI

U ovom poglavlju su predstavljeni neki primeri karakterističnih EV u klasama A-supermini, B-mali gradski automobil i C-srednja klasa.

7.1 Klasa A – Supermini



Slika 5. Renault Twizy

Proizvođač: Renault

Motor: 15kW

Maksimalna brzina: do 74km/h

Baterije: litijum-jonske

Vreme punjenja: 3.5 h

Radijus kretanja: do 100km

Cena: 6990 evra

Datum isporuke: januar 2012

7.2 Klasa B – mali gradski automobili



Slika 6. Mitsubishi i-MiEV / Peugeot iOn

Proizvođač: Mitsubishi, Japan

Motor: sinhroni motor sa permanentnim magnetom

Maksimalna brzina: 130km/h

0-100km/h: 15,9 s

Baterije: litijum-jonske 330V

Vreme punjenja: 0-100% za 6 do 7 h, 80% za 30 min

Radijus kretanja: do 150 km

Cena: 30,000 evra

Datum isporuke: od 2010.

7.3 Klasa C – srednja klasa – porodični automobili



Slika 7. Nissan Leaf

Proizvođač: Nissan, Japan

Maksimalna brzina: do 145km/h

Baterije: laminirane litijum-jonske

Vreme punjenja: 0-100% za 8 h

Radijus kretanja: do 160 km

Cena: oko 35,200 \$

Datum isporuke: 2010 u SAD

8. ZAKLJUČAK

Ovaj rad je preglednog karaktera i zato se ne bavi detaljnom analizom pojedinih tehnologija primenjenih u automobilima na električnu energiju, već daje opis samih automobila, kao i pravce razvoja automobilske industrije. Iako su automobili na električnu energiju prisutni na tržištu već nekoliko godina, pa samim tim i uveliko deo sadašnjosti, još uvek postoji čitav niz problema koje treba rešiti kako bi ovakvi automobili ušli u masovnu proizvodnju. Ti problemi obuhvataju:

- veća ulaganja u korišćenje obnovljivih izvora energije iz dva razloga:

1. postojeći energetska sistem neće moći da zadovoljavi potražnju za električnom energijom, kada ovakvi automobili uđu u masovniju upotrebu,
2. napajanje EV mora poticati iz „Čiste“ energije, kako se ne bi došlo u situaciju da se zagađenja koja stvaraju SUS motori njihovom zamenom sa električnim se izmeste iz grada u okolinu termoelektrana,

- definisanje procesa reciklaže istrošenih baterija,

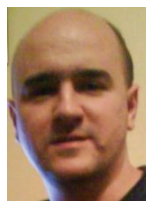
- potrebu da se poboljšaju njihove performanse ili da se pronađe neko drugo rešenje (poput HEV)

- da se izgrade i osigura infrastruktura za punjenje baterija, tj. utičnice na parking mestima.

9. LITERATURA

- [1] John Lowry, James Larminie, Electric Vehicle Technology Explained, John Wiley & Sons Ltd, Chichester, England, 2003
- [2] Kromer, M. A. and Heywood, J. B., Electric Powertrains: Opportunities and Challenges in the U.S. Light-Duty Vehicle Fleet, Sloan Automotive Laboratory, Cambridge, Massachusetts, USA, 2007
- [3] Taylor, Pavlos Trichakis, Strategies for the uptake of electric vehicles and associated infrastructure implications, Element Energy Ltd, Durham, UK, 2009.
- [4] Siemens (2009). Basics of AC drives. Retrieved Oktober 27, 2009, from http://www3.sea.siemens.com/step/templates/lesson.mason?ac_drives:2:3:1

Kratka biografija:



Vladan Milošević: rođen je u Zrenjaninu 1981. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Automobili na električnu energiju odbranio je decembra 2011. godine.



Vladimir Katić: rođen je 1954. u Novom Sadu. Diplomirao je na FTN u Novom Sadu, a doktorirao na Univerzitetu u Beogradu 1991. god. Od 2002 je redovni profesor Univerziteta u Novom Sadu, na Fakultetu tehničkih nauka. Oblast interesovanja je Energetska elektronika, Obnovljivi izvori električne energije i Kvalitet električne energije.

**DIGITALNA ZEMALJSKA TELEVIZIJA
DIGITAL TERRESTRIAL TELEVISION**Dragan Janićijević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U radu je predstavljena strategija prelaska sa analognog na digitalno zemaljsko emitovanje TV signala u Evropi. Opisane su prednosti koje pruža digitalna televizija, kao i raspodela frekvencijskih opsega namenjenih za digitalnu radiodifuziju.

Abstract – The paper presents the strategy of transition from analogue to digital terrestrial broadcasting TV signals in Europe. The benefits offered by digital television are described as well as distribution of frequency bands allocated for digital broadcasting.

Ključne reči: digitalna tranzicija, DVB, DVB-T, DVB-T2, SFN, MPEG, frekvencijski opsezi.

1. UVOD

U tehničkom smislu televizija predstavlja konverziju scene u pokretu sa pratećim zvucima u električni signal, zatim prenos tog signala, kao i njegovu rekonverziju u vizuelne i zvučne slike u samom prijemniku. Prvi televizijski sistemi bili su mehanički, dok je 50-ih godina prošlog veka radiodifuzija vršena isključivo zemaljskim putem. Danas gledaoci televizijskim sadržajima mogu pristupiti i putem satelitskih, kablovskih ili IPTV platformi zasnovanih na digitalnoj tehnologiji ili prenosu putem optičkih vlakana. Jedan od najvećih nedostataka terestričke platforme bio je nedovoljan broj atraktivnih kanala koji se mogu omogućiti zemaljskim prenosom, što je povezano i sa nedostatkom broja slobodnih radio frekvencija, jer se kod analogne televizije po jednom tv kanalu može preneti samo jedan kompletan tv program. Analogna televizija je pokazala i ozbiljne nedostatke kada je u pitanju mobilni ili portabl prijem [4]. Analogni televizijski sistemi, pružaju mogućnost da se po jednom TV kanalu prenese jedan kompletan TV program. Ovo bi značilo da se može preneti slika sa monofonskom, dual monofonskom (dvojezičnom) ili stereofonskom reprodukcijom i teletextom. Uprkos visokom kvalitetu slike koja nastaje u studiju, na strani gledaoca ona je često dosta slabijeg kvaliteta. Razlog tome jesu brojne smetnje koje se javljaju u procesu prenosa slike od studija do TV prijemnika. Ukoliko je odnos snaga korisnog signala i šuma na mestu prijema nizak, kvalitet slike je loš, tako da je ona često neupotrebljiva.

Sve ove činjenice uslovile su razvoj novog digitalnog sistema za terestričku radiodifuziju. Evropa je preko DVB projekta, saveza preko 270 preduzeća i ustanova vezanih za tržište televizije, stvorila otvoreni standard za digitalnu

televiziju. Pored usvajanja digitalnih standarda za prenos televizijskog signala putem satelita (DVB-S) i kablovskih sistema (DVB-C), DVB projekat je razmatrao i emitovanje signala zemaljskim vezama u slobodnom prostoru, osvrćući se naročito na problem višestruke propagacije. Kao rezultat toga razvijen je složen način emitovanja digitalne zemaljske televizije putem DVB-T standarda (EN 300.744) usvojenog 1996. godine

2. PRELAZAK SA ANALOGNE NA DIGITALNU TERESTRIČKU RADIODIFUZIJU.**2.1. Prelazak na digitalno emitovanje u Evropi**

Ulaz DVB-T/DVB-T2 sistema radiodifuznog prenosa i emitovanja čini digitalizovani multipleksni sadržaj MPEG formata kompresije. MPEG-2 format kompresije bitski protok TV signala svodi na protok reda veličine 3-5 Mb/s. Time je omogućen prenos i distribucija 4-7 TV programa SDTV kvaliteta za bitski protok DVB-T standarda od 20 Mb/s.

Analogni prenos signala često je izložen pojavi tzv. „senki“ u slici koje nastaju zbog mnogo različitih uzroka. Jedan od njih je svakako pojava refleksija signala od zgrade i prepreke, koje se dodaju glavnom signalu na prijemu ali imaju različita vremena kašnjenja u zavisnosti od pređenih putanja.

Pored refleksije javlja se i efekat tzv. međukanalne interferencije, koji je naročito izražen tokom povećanog atmosferskog pritiska [1]. Analogni TV sistemi (PAL, SECAM) su veoma osetljivi na inter-ferenciju od drugih analognih TV signala i zahtevaju visoke međukanalne zaštitne odnose.

Prelaskom na digitalno emitovanje, pruža se mogućnost rada sistema na niskom ERP nivou i na taj način se redukuje interferencija u odnosu na postojeće analogne servise.

Proces prelaska sa analognog na digitalno emitovanje je vrlo složen i zahtevan korak, koji u mnogome zavisi od konkretnih faktora i preduslova svake zemlje.

Kako bi se omogućio nesmetan proces tranzicije i maksimalono iskoristile sve prednosti digitalne televizije, zemlje u regionu moraju usaglasiti svoje akcione planove i preći na digitalno emitovanje na koordinisan način. Stoga je na regionalnoj konferenciji o radio komunikacijama, Međunarodne unije za telekomunikacije (ITU), održanoj u maju i junu 2006. godine u Ženevi (RRC06), predviđeno da uvođenje digitalne i potpuno gašenje analogne televizije u Evropi bude završeno najkasnije do 17. juna 2015. godine.

U Tabeli 1. navedeni su rokovi za prelazak na digitalno emitovanje pojedinih evropskih država.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji je mentor bio dr Željko Trpovski, vanr.prof.

Tabela 1. Rok za prelazak na digitalno emitovanje zemalja u Evropi [5]

Zemlja	Digitalna TV pokrenuta	Period prestanka analognog emitovanja
Velika Britanija	1998	2012
Švedska	1999	Završen
Španija	2000/2005	2010
Finska	2001	Završen
Švajcarska	2001	Završen
Nemačka	2002	Završen
Belgija	2002	Završen
Holandija	2003	Završen
Andora	2004	Završen
Italija	2004	2012
Francuska	2005	2011
Češka	2005	2011
Luksemburg	2006	Završen
Danska	2006	2009
Estonija	2006	2010
Austrija	2006	2010
Slovenija	2006	2011
Norveška	2007	2009
Litvanija	2008	2012
Mađarska	2008	2011
Portugalija	2009	2012
Hrvatska	2009	2011
Letonija	2009	2011
Poljska	2009	2013
Bugarska	2009	2012
Grčka	2010	2012
Irska	2010	2012
Slovačka	2010	2012
Rumunija	2010	2012
Kipar	2010	2012

2.2. Prednosti koje pruža digitalna televizija

Digitalna televizija omogućava višestruke pogodnosti kako gledaocima, tako i TV stanicama (emiterima). Pogodnosti sa stanovišta gledalaca su:

- Postojan kvalitet prijemnog signala

Kvalitet analognog postepeno opada sa udaljenjem od predajnika, dok je kvalitet digitalnog signala postojan unutar zone prijema, a na njenim ivicama dolazi do naglog prekida prijema

- Relativno mala greška prijema

Kod digitalne televizije slika ili postoji u zoni pokrivanja i tada je kvalitetna ili ne postoji.

- Veća imunost prijemnog signala na smetnje je analogna televizija veoma osetljivana na razne smetnje (interferencija od drugih TV kanala, industrijske smetnje...) dok su kod digitalne televizije ove smetnje znatno manje izražene.

- Reprodukovana slika je bez refleksija

Zbog umetanja zaštitnog intervala u postupku OFDM modulacije, eliminisana je pojava refleksija u slici.

- Visok kvalitet reprodukovanog zvuka i slike

Reproduktivni zvuk je na nivou CD kvaliteta i može biti stereofonski ili sa okružujućom reprodukcijom. Zbog otpornosti na razne smetnje kvalitet slike je gotovo studijski, minimalni gubici nastaju usled postupaka kompresije.

- Širi format reprodukovane slike

Format reprodukovane slike je 4:3 (kao i kod analogne televizije) i 16:9, odnosno reprodukovana slika je šira za trećinu, što je posebno pogodno kod određenih programskih sadržaja. Moguće su čak i varijante 14:9 ili 20:9.

- Niži nivo prijemnog signala

Da bi se ostvario prijem digitalne televizije potreban je niži nivo prijemnog signala u odnosu na analognu

televiziju. Granica prijema kod digitalne televizije je oko 38 dBμV/m.

- Veći broj programa po jednom TV kanalu

Broj programa koji se može preneti po jednom TV kanalu u slučaju digitalne televizije je znatno veći nego kod analogne. Tako u slučaju DVB-T standardne rezolucije (SDTV), uz primenu MPEG-2 kompresionog standarda, uobičajen broj programa je 4-6, u zavisnosti od definisanog protoka. Primenom MPEG-4.10 standarda kompresije ovaj broj iznosi 8-10. Kad je u pitanju televizija visoke rezolucije HDTV (1080x920 odnosno 720x1080 detalja) sa MPEG-4.10 kompresijom, broj programa u DVB-T standardu je najviše 3-4.

- Nehijerarhijski/hijerarhijski način rada

Isti televizijski program može se emitovati kao signal nižeg prioriteta (LP stream), ali višeg kvaliteta (koristi se 64-QAM ili 16-QAM modulacija) i kao signal višeg prioriteta (HP stream), ali slabijeg kvaliteta (koristi se QPSK modulacija isključivo), koji je znatno robustniji na smetnje. Ovo praktično znači da u uslovima dobrog prijema gledalac može da prima kvalitetniji signal, a u uslovima slabijeg prijema samo signal manjeg kvaliteta.

- Dodatni sadržaji

Digitalna televizija donosi sa sobom brojne dodatne mogućnosti kao što su supertekst, elektronski programski vodič (EPG), interaktivni multimedijalni sadržaji, prevodi... Elektronski programski vodič omogućava pretraživanje čitavog televizijskog sadržaja koji smo primili, slično kao na internet portalima. Gledalac može između raznih sadržaja odabranih po nekom ključu izabrati onaj koji mu najviše odgovara, bez prethodnog pretraživanja svih raspoloživih TV programa. Takođe, DTV nudi mogućnost da prevod bude dodatna aplikacija, a ne deo same slike. Potpuno nova usluga jeste interaktivni multimedijalni program.

- Nisu neophodna velika ulaganja gledalaca

Korisnička oprema mora ne samo da primi televizijski signal, nego i da ga na odgovarajući način obradi kako bi se sadržaj prikazao na ekranu ili reprodukovao na zvučnicima. Naime, preko 95% TV prijemnika su klasični (analogni) i bilo bi neopravdano da korisnik nabavlja poseban TV prijemnik koji bi služio samo za prijem DVB-T. Stoga su proizvođači TV opreme na tržište izneli eksterni dodatak tzv. *set top box* (STB) koji se priključuje između postojećeg TV prijemnika i antene. STB je zapravo prijemnik (receiver) koji pretvara digitalni signal u oblik pogodan za prikazivanje na postojećim TV prijemnicima. Za prijem DVB-T nisu potrebne posebne prijemne antena, ukoliko zadovoljavaju uslove prijema analognog signala na bliskom TV kanalu sa iste lokacije. Dakle, postojeće antene i televizori biće neko vreme prihvatljivi za prijem signala i prikaz sadržaja uz dodatak STB. Alternativa (nešto skuplja) ovome jeste kupovina novog TV prijemnika koji ima integrisan tj. u sebi sadržan DVB prijemnik (IDTV).

Pogodnosti koje donosi digitalno emitovanje signala posmatrano sa staništa TV stanica (tj. emitera) su:

- Veća oblast pokrivanja digitalnim emitovanjem tj. ista zona pokrivanja se ostvaruje sa manjom efektivnom izračenom snagom (ERP), a samim tim i manjom izlaznom snagom digitalnog predajnika.

- Mogućnost rekonfiguracije i adaptacije sistema Velikim izborom parametara sistem se uspešno prilagođava trenutnim okolnostima i na taj način se ostvaruje optimalan prijem. Tako se naprimer izborom odgovarajuće modulacione šeme direktno utiče na kvalitet signala, dok se njegova otpornost na smetnje zavisi od korišćenja kodnog količnika. Moguće je definisati rad sistema kao hijerarhijski, kao i izabrani tip mreže, SFN, MFN ili kombinovano.

- Emitovanje više TV programa po jednom kanalu Kako je digitalni prenos binarno kodovan sadržaj se može komprimovati slično kao i kod računarskih datoteka. Kompresija kod digitalnog prenosa signala uklanja one informacije koje čovek zbog nesavršenosti svojih čula ne može da registruje. Kod kompresovanog digitalnog prenosa prenose se samo oni delovi slike i zvuka koji su se u međuvremenu promenili. Ovo omogućava distributerima programa da koristeći isti frekvencijski opseg emituju više programa (4-6 u standardnoj rezoluciji slike). Na ovaj način povećava se i spektralna efikasnost.

- Mogućnost emitovanje dodatnih sadržaja Emiterima TV programa se pruža mogućnost emitovanja i dodatnih sadržaja kao što su vremenska prognoza, telešoping, video igre, "video-on-demand", internet servis, čitanje i slanje elektronske pošte, klađenje, glasanje i razne druge interaktivne usluge, čime se znatno unapređuje njihova ponuda.

- Niža cena eksploatacije emisionih uređaja Značajne uštede se npr. ostvaruju u pogledu korišćenja električne energije na predajnicima, pa samim tim su i manji troškovi prenosa signala [3].

2.3. Frekvencijski opsezi namenjeni za digitalnu radiodifuziju

Planiranje frekvencija koje će se koristiti za digitalnu radiodifuziju izvršeno je prema sporazumu usvojenom na Regionalnoj konferenciji o radio komunikacijama Međunarodne unije za telekomunikacije (RRC06) održanoj u Ženevi 2006. godine. Tada je usvojen GE06 međunarodni plan raspodele radiofrekvencija za potrebe prenosa digitalnog zemaljskog radio i televizijskog programa. Prema ovom planu predviđen je prelazak na digitalnu zemaljsku radiodifuziju u VHF opsegu III i UHF opsezima IV i V.

Dogovorom je utvrđeno da 17. jun 2015. godine bude datum nakon koga će GE06 biti potpuno raspoloživ, odn. datum kada se završava period tranzicije. Posle ovog datuma prestaje obaveza usaglašavanja planova analognog emitovanja programa sa zemljama koje vrše analogno emitovanje u regionu. Ovo praktično znači da zemlje koje nisu u mogućnosti da pređu na digitalno emitovanje programa mogu nastaviti rad u analognom sistemu, ali TV kanali na kojima će se emitovati analogna televizija neće biti međunarodno šticeći odgovarajućim planovima.

U toku perioda tranzicije neophodno je da zemlje planiranje frekvencijskih područja usklađuju sa susednim državama, što dodatno može otežati simultnost, pa je poželjno što pre završiti proces prelaska. Takođe, u periodu u kom postoji simultnost nije moguće raditi punim snagama predajnika kako bi se sprečilo ometanje pojedinih kanala.

Za emitovanje analogne zemaljske televizije širom sveta korišćeni su opsezi I, III, IV i V, odn. grupe frekvencija

koje pripadaju tzv. VHF i UHF opsezima. Iako je korišćen za potrebe analogne televizije opseg I se napušta kada je u pitanju digitalno emitovanje Naime, ovaj opseg ima odlične karakteristike propagacije, ali je sklon problemima ko-kanalne interferencije i budući da je isuviše uzak za emitovanje mnogo kanala, neće biti iskorišćen za digitalnu televiziju, već će biti upotrebljen u druge svrhe.

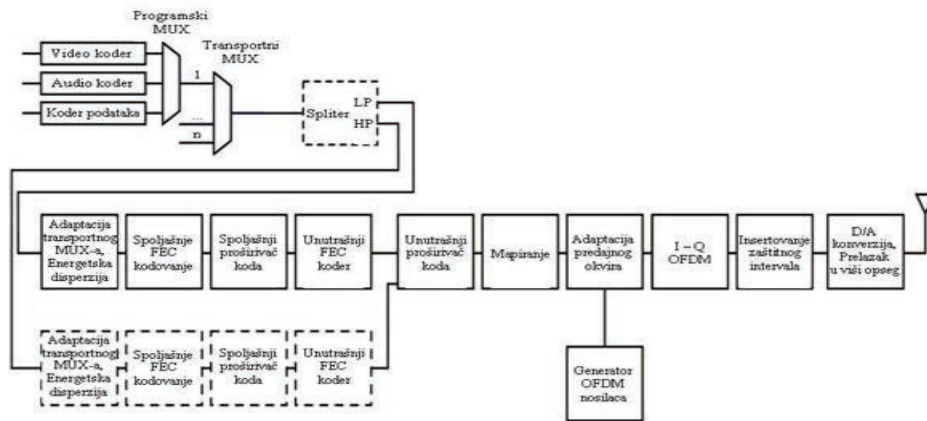
Postoje potpuno operativni scenariji za pružanje digitalne televizije putem satelita i kablovskih distributera i oba načina su dostupna mnogim domaćinstvima širom sveta, međutim neophodno je bilo ostvariti i dodatno pokrivanje sa zemaljskom digitalnom televizijom iz nekoliko razloga. Naime, neke zemlje u svetu nemaju satelitsku pokrivenost TV signalom ili je ona neadekvatna iz razloga koji su političke, geografske ili neke druge prirode. U mnogim slučajevima alternativno pokrivanje kablovskim sistemima nije moguće zbog npr. permafrosta (sloj neprekidno smrznutog tla), ali često i neisplativosti finansiranja u retko naseljenim oblastima. Ovo dovodi do zemaljskog pokrivanja tv signalom, kao jedinog preostalog načina. Zemlje koje su daleko od ekvatora, kao što su npr. Skandinavске zemlje, prirodno imaju više problema sa satelitskim prijemom, jer su satelitske antene skoro usmerene ka tlu. Pored toga, u nekim zemljama nije dozvoljeno gledanje raznih satelitskih programa iz političkih razloga. Čak i regioni u Centralnoj Evropi sa dobrim satelitskim i kablovskim pokrivanjem zahtevaju dodatno pokrivanje zemaljskim TV signalom, budući da mnoge lokalne tv stanice ne emituju svoj program putem satelita. Takođe, prijem pomoću prenosivih uređaja, kao i mobilni prijem praktično je moguć samo terestrijalnim putem.

Karakteristike prenosa TV signala zemaljskim radio kanalom uglavnom su određene postojanjem višestrukih putanja prenosa (tzv. multipath) odn. višestrukim prijemom koji dovodi do pojave frekvencijski selektivnog fadinga. Prema DVB standardu najpogodnije rešenje za ovaj problem bila bi upotreba OFDM modulacione metode. Upravo u skladu sa evropskim preporukama opredeljenje mnogih zemalja je da za digitalnu TV u inicijalnoj fazi koriste sistem modulacije sa više nosilaca (2K ili 8K mod), OFDM modulacioni postupak, QPSK, 16-QAM ili 64-QAM modulaciona šema, SFN, MFN ili kombinovani tip mreže, nehijerarhijski tip modulacije, kao i MPEG-2, odn. MPEG-4 standard kompresije. Nakon 2015. godine, odn. u kasnijoj fazi očekuje se migracija evropskih zemalja ka drugoj generaciji standarda koja unosi razna poboljšanja i omogućava i do 30 % više programa.

Na slici 1. prikazana je blok šema DVB-T predajnika za hijerarhijski mod rada i ona će predstavljati osnovu za upoznavanje sa principima rada DVB-T.

2.4 Realizacija jedne DVB-T2 mreže predajnika/repetitora

Planom raspodele radio frekvencija GE06 za teritoriju Republike Srbije definisano je 9 zona raspodele frekvencija za VHF opseg, 15 zona raspodele frekvencija za UHF opseg, i u Beogradu po jedna posebna zona raspodele za VHF opseg i UHF opseg.



Slika 1. Osnovna blok šema DVB-T predajnika

U VHF zonama raspodele frekvencija definisana je po jedna SFN mreža (frekvencija), dok su u UHF zonama raspodele frekvencija definisane 7-9 SFN mreža (frekvencija) po zoni raspodele.

Realizacija jedne (prve) DVB-T2 mreže predajnika/repetitora može se ostvariti u tri faze. Prva faza obuhvata sve matične predajnike mreže (koji su istovremeno matični predajnici analogne mreže).

Realizacijom odgovarajuće RR mreže za prenos signala multipleksnog paketa, emisionih antenskih sistema odgovarajućeg dobitka i dijagrama zračenja, sistema besprekidnog napajanja i instalacija vodenog i/ili vazdušnog hlađenja ostvarili bi se svi preduslovi za puštanje u rad primarne mreže DVB-T predajnika.

Ovom fazom postigao bi se najveći moguć efekat radiodifuznog pokrivanja korisnika DVB-T2 signalom pošto se lokacije ovih predajnika uglavnom nalaze u blizini najvećih urbanih centara i oblasti najveće koncentracije stanovništva (rečne doline, putni pravci).

Sledeća faza realizacije se sprovodi da bi se izvršilo pokrivanje korisnika koji nisu obuhvaćeni prvom fazom usled nepovoljne konfiguracije terena ili senki koje su posledica strogih zahteva redukovanja dijagrama zračenja nekih predajnika primarne mreže (slabljenje po nekim pravcima dijagrama zračenja može dostići i do 15 dB).

Druga faza realizacije DVB-T mreže predajnika/repetitora zasniva se na postojećoj analognoj mreži repetitorskih objekata. Samo neke od ovih lokacija su uključene u sistem RR mreže za prenos signala multipleksnog paketa, dok se sve ostale lokacije napajaju repetitorski.

Faze realizacije mreže DVB-T2 predajnika/repetitora ne moraju biti strogo ograničene vremenom i prostorom unutar granica projektovanih fazama.

3. ZAKLJUČAK

Pogodnosti koje donosi prelazak na digitalnu radiodifuziju su brojne. Građanima, sa jedne strane, digitalizacija će omogućiti bolji kvalitet zvuka i slike, raznovrsniji sadržaj, više radio i televizijskih programa, nove usluge za osobe sa invaliditetom i za starije osobe, unapređene dodatne usluge, portabl i mobilni prijem programa kao i konvergenciju usluga. Pružaocima usluga, sa druge strane, digitalizacija će dati mogućnost prilagođavanja sadržaja prema potrebama različitih ciljnih grupa, interaktivnost kao i mogućnost pružanja usluga na zahtev, niže troškove emitovanja kao i konvergenciju usluga. Na kraju, digitalizacija će državi omogućiti efikasnije korišćenje

radio-frekvencijskog spektra, upotrebu oslobođenog dela spektra za nove usluge, promociju razvoja tehnologije i nova radna mesta, unapređenu konkurenciju i više mogućnosti za unapređenje stvaralaštva.

Kad je u pitanju proces digitalizacije u Srbiji ostalo je još puno toga da se uradi, budući da trenutna situacija nije povoljna. Potrebna su velika finansijska ulaganja kako u emisionu opremu tako i za subvencionisanje pretplatničke baze, odn. nabavke STB uređaja budući da država ima obavezu da svim građanima obezbedi nesmetano informisanje i prijem televizijskog programa. Takođe, neophodna je promena strukture TV organizacija i njihova veća koordinisanost. Od digitalne televizije se očekuje da napravi atraktivnu ponudu kako bi se što veći broj gledalaca vratio ovoj vrsti televizije kao primarnoj, a pri tome je neophodno poboljšati i samu naplatu pretplate. Potrebno je voditi i računa o nacionalnom i kulturološkom entitetu stanovništva i obezbediti više adekvatnih programa za manjinske zajednice. Dakle, puno je pitanja na koje treba dati odgovor i obaveza koje treba izvršiti.

4. LITERATURA

- [1] S. O'Leary, *Understanding Digital Terrestrial Broadcasting*, Artech House, London, 2000
- [2] *Strategija prelaska sa analognog na digitalno emitovanje radio i televizijskog programa u Srbiji* <http://www.digitalnaagenda.gov.rs/aktivnosti/digitalizacija-televizije/akcioni-plan/>
- [3] D. Marković, *Terestrička digitalna televizija*
- [4] S. Maksimović-Moičević, *Analiza primene jednofrekvencijskih mreža u digitalnoj distribuciji TV signala*
- [5] DigiTAG, *Understanding DVB-T2; Key technical, business, & regulatory implications*, DigiTAG, Ženeva, 2009
- [6] T. Vieracker, "Planning DVB-T2, 2S telcom White Paper, June 2010

Kratka biografija:



Dragan Janičijević rođen je u Kosovskoj Mitrovici 04.10.1974. god. Završio je STŠ „Mihajlo Petrović-Alas“ u Kosovskoj Mitrovici i Višu tehničku školu u Zvečanu. Završava studije na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu

**MULTIFUNKCIONALNI SEMAFOR ZA POTREBE PENJAČKIH TAKMIČENJA
MULTIFUNCTIONAL SCOREBOARD FOR CLIMBING COMPETITIONS**Stevan Bugadžija, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Sadržaj – U ovom radu je predstavljeno rešavanje problema integracije više semafora za sportsko penjačka takmičenja u jedan. Realizacija predstavlja hardver i softver potreban za ispunjenje svih zahteva. Rad je proistekao iz potrebe da se takmičenja učine efikasnijim i ugodnijim kako za takmičare tako i za domaćine.

Abstract – This paper presents the solutions for integrating several scoreboards for sport climbing competitions. The realization provides the necessary hardware and software to meet these requirements. The paper was written out of the need to make these competitions more efficient and pleasant for the competitors and the hosts.

Ključne reči: *embedded, semafor, penjanje.*

1. UVOD

Sportsko penjanje je disciplina u kojoj pojedinac teži savladavanju prepreka koje priroda pravi hiljadama godina. Od nastanka eksplozivnog klina sedamdesetih godina prošlog veka sportsko penjanje se postepeno odvaja od alpinističkog i tradicionalnog penjanja. U današnje vreme sportsko penjanje podrazumeva penjanje po prirodnoj steni sa minimumom opreme koja, uz pravilno korišćenje obezbeđuje bezbednost penjača. Kao posledica nemogućnosti, da se u svakom trenutku uživa u prirodnim uslovima, sportsko penjanje se preselilo i u sale gde je u manjoj ili većoj meri očuvana osobina prirodne stene. Nakon migracije sportskog penjanja u sale, iz mogućnosti koje veštački uslovi pružaju nastalo je nekoliko oblika takmičenja. Radi lakše i efikasnije realizacije takmičenja, penjački klub Adrenalin je iznašao set funkcija koje se mogu automatizovati.

2. ZADATAK

Automatizovati merenje vremena na zvaničnim takmičenjima i to merenje vremena na bolder takmičenjima u kvalifikacionom delu, merenje vremena u finalnom delu takmičenja, merenje vremena takmičarima na brzinskim takmičenjima i merenje vremena na revijalnim maraton takmičenjima. Potrebno je ukoliko je to moguće objediniti ove funkcije u jedan uređaj. Za potrebe "boulder" takmičenja potrebno je projektovati uređaj koji će imati mogućnost unosa vremenskog intervala koji će od odabrane vrednosti intervala opadati do nule.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog master rada čiji mentor je dr Veljko Malbaša, red.prof.

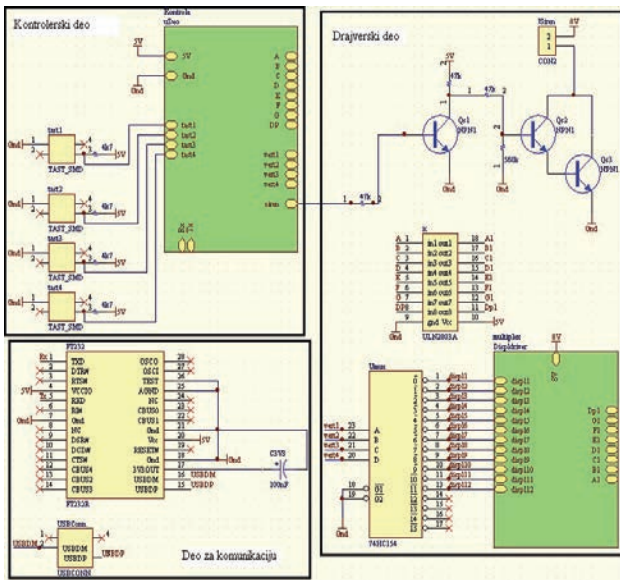
Zvučnim signalom jednog oblika je potrebna najava početka i isteka intervala dok je zvučnim signalom drugog oblika potrebna najava 1 minuta do isteka vremena. Za potrebe brzinskih takmičenja uređaj treba da ima mogućnost da dva takmičara sami sebi prekidaju vreme, dok pokretanje vremena ide istovremeno za oba takmičara. Obojici takmičara sudija daje zvučni signal i ujedno uključuje vreme. Poželjno bi bilo da podaci o vremenima takmičara mogu da se prenesu u neki fajl za arhivu i uprošćavanje procedure dobijanja rang liste, kao i mogućnost resetovanja na nulte vrednosti. Za potrebe revijalnih maraton takmičenja, uređaj je potrebno da radi kao klasičan brojač nadole, stim da u ovom modu rada interval može da se podesi na više od 24 sata. Više o pravilima na <http://www.uspfs.rs/pravilnici/takmiarski-pravilnik>

3. REALIZACIJA

U različitim sportovima postoji potreba za merenjem vremena, pa ni sportsko penjanje nije izuzetak. Za bolder i maraton takmičenja uređaj služi za prikazivanje preostalog vremena koje je na raspolaganju takmičaru/ima za rešavanje problema. Za potrebe brzinskih takmičenja semafor treba da obezbedi merenje vremena potrebnog da takmičar savlada zadatak putanju, takmičar sam sebi zaustavlja vreme.

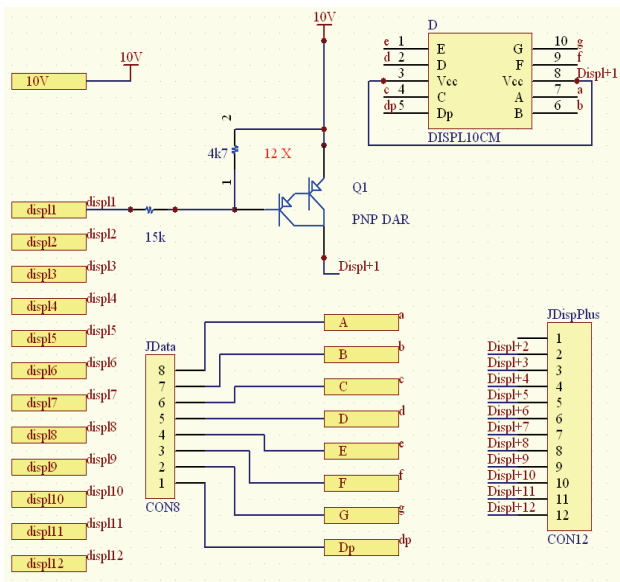
3.1. Hardver

Hardver se sastoji od kontrolnog dela (89S52), periferija potrebnih za multipleks 12 sedmosegmentnih displeja (2*6), tastature, kontrole uključivanja sirene i komunikacionog modula (ft232rl) za prenos podataka sa i na Pc. Električna šema je projektovana u Protel razvojnom okruženju iz razloga jednostavnosti i brzine samog procesa. Šema je podeljena u 4 celine: glavna šema, energetska deo, kontrolerski deo i drajverski deo. Glavna šema objedinjuje sve funkcionalne blokove, podeljena je u dva dela da bi se očuvala preglednost. Glavna šema 1 nalazi se na slici 1. Glavna šema 2 predstavljala energetska deo koji nije od značaja za sam rad pa je izostavljen. Drajverski blok je deo za pogon multipleksa sedmosegmentnih displeja sastoji se od 12 pnp darlingtona, 8 npn darlingtona integrianih u uln2308a i dekodera 74hc154 (služi za generisanje signala za uključivanje vertikalna multipleksa). U kontrolerskom delu se nalazi mikrokontroler(AT89S52) i komponente potrebne za ispravan rad mikrokontrolera. U kontrolerskom delu ostavljeno je mesto i za kompleksniji Pic mikrokontroler 16f876 za eventualna buduća unapređenja semafora.



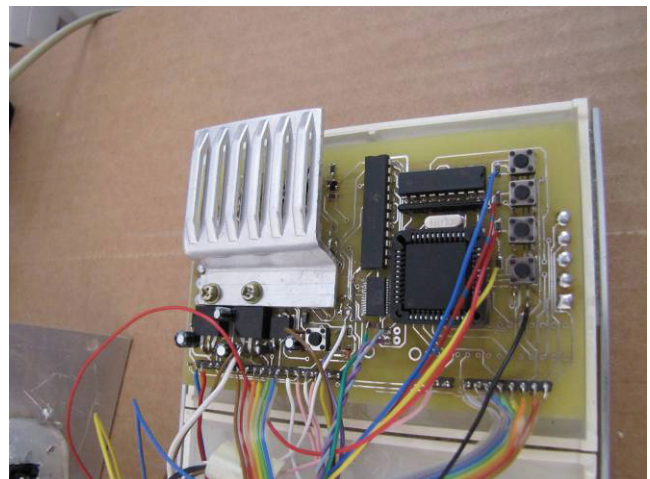
Slika 1. Glavna šema 1

Komunikacija između semafora i Pc-ja se obavlja preko standardnog UART modula koji sa mikrokontrolera prosleđuje i prima podatke preko čipa FT232RL. On predstavlja vezu između standardnog RS232 serijskog načina komunikacije i USB-a. Hardver odnosno štampana pločica je koncipirana tako da fizički stane na jedan od sedmosegmentnih displeja da bi bio otporniji na mehaničke potrese i da bi zauzimala što manje mesta. Na slici 2. se nalazi deo koji pogoni displej na kom se nalazi štampana ploča i obezbeđuje potrebne konektore za povezivanje ostalih displeja.



Slika 2. Deo za uključivanje displeja

Problemi nastali nepažnjom, rešavani su na licu mesta ukoliko je to bilo moguće. Jedan od nastalih problema je zamena mesta segmentima D i C na hardverskom nivou, problem je rešen softverski tako što je pre svakog ispisa na displej informacija iz C segmenta prenet u D segment i obratno. Nakon uspešnog dovođenja hardvera u ispravan rad, sledi faza softverskog rešavanja zadanog problema. Konačna realizacija hardvera predstavljena je na sledećoj slici 3.



Slika 3. Konačni izgled hardvera

3.2. Softver

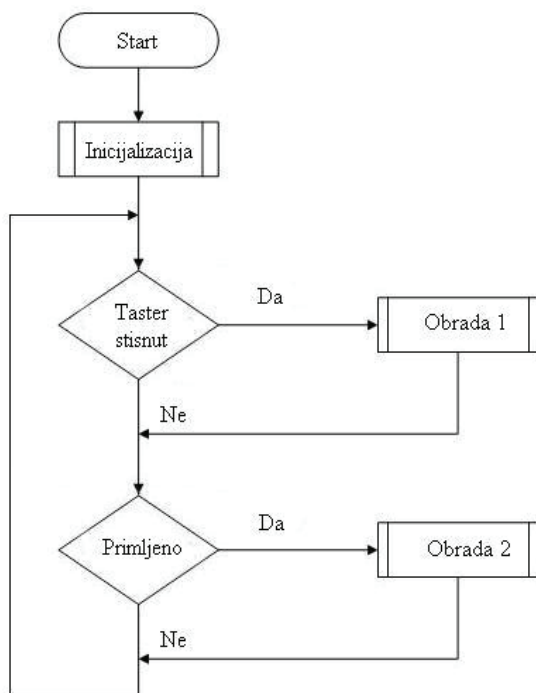
Pre ulazanja u problematiku softverskog rešavanja datog problema, potrebno je konačno definisati rad samog uređaja. Osmišljavanje komunikacije sa Pc-jem i aplikacije na Pc-ju koja treba da obezbedi ispravno podešavanje semafora i prijem podataka. Semafor nakon uključivanja ulazi u osnovni meni, zvučnim signalom se "javlja" korisniku. Osnovni meni se sastoji iz tri opcije i to: "Bolder", "Speed" i "Mar"(maraton) koje se menjaju tasterima 1.gore/2.dole u krug, 3. taster ima funkciju enter. Svaki mod rada poseduje svoje specifičnosti i način na koji se podešavaju. Nakon odabira bolder (maraton) moda rada na displeju se pojavljuje 00.00.00 sukcesivnim podešavanjem sekundi, minuta i sata završava se unos i semafor je spreman za rad. Brzinski mod rada po ulazu ispisuje nule na displejima, sudija pokreće vreme dok svaki takmičar prekida svoje vreme. Sudija kontroliše semafor tako što može da prekida vremena oboma takmičarima i resetuje vrednost na nultu, dok se prosleđivanje podataka na Pc izvršava automatski. Podešavanje za određeni mod rada može da se izvrši i u aplikaciji na Pc-ju i da se jednostavnim upisom u semafor izvrši potrebno podešavanje. Nakon tačnog definisanja načina rada semafora sledi konkretno rešavanje problema algoritamski. U nastavku sledi algoritam glavnog programa. Obrada 1 predstavlja reagovanje semafora na stiskanje tastera, prolazak kroz glavni meni i odabir određenog moda. Obrada 2 je deo koji opslužuje interni prijem podataka sa Pc-ja. Podrazumeva pokretanje analize podataka primljenih sa Pc-ja, ukoliko je komanda ispravno primljena, ona izaziva odlazak u oređeni mod rada uz prenos svih neophodnih podataka, za slučaj da nije ispravno primljena komanda se zanemaruje. Za podatke, izabrano je da budu u obliku standardnih ASCII karaktera radi lakšeg rešavanja eventualnih grešaka. Lista komandi koji Pc šalje semaforu izgleda ovako:

- S; komanda za ulazak u brzinski režim rada
- MM; komanda za izlaz u glavni meni
- M _ _ _ _ _; komanda za ulaz u maraton režim rada, _ predstavljaju brojeve odabrane od strane korisnika u aplikaciji
- BS _ _ _ _ _; komanda za ulaz u bolder režim rada S predstavlja split mod rada za finalna takmičenja, _ predstavljaju brojeve odabrane od strane korisnika u aplikaciji

- BN _ _ _ _ _; komanda za ulaz u bolder režim rada N predstavlja ne split mod rada za kvalifikaciona takmičenja, _ predstavlja brojeve odabrane od strane korisnika u aplikaciji

Jedina komanda koju semafor šalje Pc-ju je:

- _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ crtice predstavljaju brojeve a tačke separator za lakšu analizu na Pc-ju



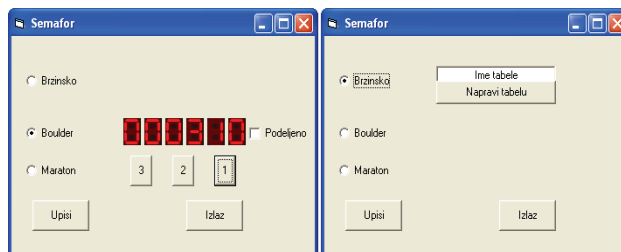
Slika 4. Algoritam glavnog programa

Softver se sastoji od dela pisanog u Keil μ Vision 3 razvojnom okruženju za mikrokontroler i dela pisanog u Visual Basic 6 za aplikaciju na Pc-ju. Deo za mikrokontroler, obzirom da se radi o namenskom uređaju, je glavni i obezbeđuje ispravan rad semafora, dok deo na Pc-ju obezbeđuje elegantnije podešavanje uređaja u potreban mod sa svim neophodnim podacima, skadištenje i obradu podataka u brzinskom modu. Program za mikrokontroler je podeljen u programske module od kojih svaki komunicira sa glavnim programom i drugim sporednim modulom koji mu obezbeđuje ispravan rad:

- **SISTEM**: objedinjuje potrebne komande za dovođenje sistema u ispravan rad, u njemu se vrše inicijalni procesi internog hardvera i ispravno puštanje periferija u rad.
- **DISPLAY**: svrha mu je ispravno baratanje sa podacima koji se ispisuju na displeje. Omogućavanje glavnom programu izmenu tih podataka.
- **KEYBOARD**: pravilno prepoznavanje događaja na tastaturi, kodovanje događaja, obezbeđivanje glavnom programu uvid u dašavanja na tastaturi.
- **TIMER**: deo programa služi za pravilno merenje vremena i generisanje signala za

sirenu. Omogućavanje glavnom programu pristup podacima o vremenu, upis i čitanje, upis dužine i oblika zvučnog signala.

- **SERIJSKIPOPRAVNI**: deo programa predviđen da barata sa prijemom (skadištenje, analiza) i predajom preko UART periferije implementiranoj na mikrokontroleru. Omogućuje glavnom programu pokretanje analize, pristup podacima primljenih sa pc-ja i prosleđivanje podataka koje treba poslati na Pc.
- **GLAVNI**: deo programa koristi sve gore navedene delove, sastoji se od tri funkcije, main, speed i bolder.



Slika 5. Aplikacija

3.3. Problemi

Proces realizacije namenskog uređaja od ideje do gotovog uređaja je kompleksan zadatak. Greške su neminovne i da bi proces mogao da se privede kraju svaka greška mora da bude ispravljena. Hardverske greške su popravljane hardverski ali i softverski. Smanjenje potrošnje samog uređaja, je jedan primer gde je problem rešen softverski. Naime radi se o gašenju nepotrebnih nula. Nepotrebne nule ozbiljno povećavaju potrošnju i otežavaju čitanje semafora. Aproximativnim proračunom dobijena je potrošnja od 800mW po jednoj uključenoj nuli (6 uključenih segmenata), iz čega sledi ušteda za zvanična kvalifikaciona bolder takmičenja i do 7,2W (ovaj mod se vremenski najduže i najčešće koristi). U nastavku sledi deo koda koji obezbeđuje isključivanje nepotrebnih nula.

```

void kilnul(bit jedan) //gasi nule 0 prvi set, 1 drugi set displeja
{
    uchar i;
    if(!jedan) // prvi set displeja
        for(i=5;i>=1;i--)
        {
            if(((d1+i)==0x3f)||((d1+i)==0xbf)*(d1+i)=0x00; //ako
                //je nula ili nula-tačka
                //na najvišem decimalnom mestu
                //upiši nulu
            else break;
        }
    else for(i=11;i>=7;i--) //drugi set displeja
        {
            if(((d1+i)==0x3f)||((d1+i)==0xbf)*(d1+i)=0x00; //ako
                //je nula ili nula-tačka...
            else break;
        }
}
  
```

Slika 6. Funkcija za gašenje nepotrebnih nula

Semafor je u obliku u kom je predstavljen u diplomskom-master radu "Multifunkcionalni semafor za potrebe penjačkih takmičenja" uspešno opslužio maraton 29-30. 10. 2011. i zvanična takmičenja 19-20. 11. 2011. i 3-4. 12. 2011. U toku korišćenja uređaja primećeno je da bi daljinska kontrola u znatnoj meri olakšala upotrebu semafora.



Slika 7. Konačni izgled uređaja

4. ZAKLJUČAK

U ovom radu prikazan je kompletan proces realizacije, od ideje do konkretnog rešenja, namenskog uređaja "multi-funkcionalni semafor za potrebe penjačkih takmičenja". Sagledani su svi aspekti vezani za projektovanje kako hardvera tako i softvera, ispravljanje grešaka i samu fizičku realizaciju. Unapređenja su moguća i u hardveru i u softveru. Jedno od obaveznih unapređenja je bežična kontrola putem IR (infrared) daljinskog. Sagledavanjem količine utrošenog vremena na pojedine delove rada dolazi se do zaključka da je softversko rešavanje problema umnogome obuhvatnije i da na njega treba obratiti posebnu pažnju u budućem radu.

5. LITERATURA

[1] Miloš Slankamenac, Kalman Babković, Milan Nikolić i Ivan Mezei: Skripta mikrokontroler 8051/8052 korišćena za predmet mikroprocesorska elektronika

- [2] Milan Nikolić: Uputstvo za laboratorijske vežbe iz računarske elektronike
- [3] Laslo Nađ: Impulsna i digitalna elektronska kola, beleške sa predavanja
- [4] Milan Nikolić: Uputstvo za laboratorijske vežbe iz predmeta mikroracunarski sistemi za rad u realnom vremenu
- [5] Skripta za laboratorijske vežbe iz predmeta Mikroracunarski merno-akvizicioni sistemi
- [6] Ujedinjena sportsko penjačka federacija Srbije: Takmičarski pravilnik
<http://www.uspfs.rs/pravilnici/takmiarski-pravilnik>
- [7] Kataloški podaci displeja:
<http://home.comet.bg/datasheets/LED%20Segment%20Indicators/SA40.pdf>
- [8] Kataloški podaci FT232RL:
http://www.ftdichip.com/Support/Documents/Datasheets/ICs/DS_FT232R.pdf
- [9] Kataloški podaci ostalih komponenata preuzeti su sa internet stranice:
<http://www.alldatasheet.com/>
- [10] Milan Verle: Protel
- [11] Aplikacija za analizu rada komunikacije:
<http://sites.google.com/site/terminalbpp/>

Kratka biografija:



Stevan Bugadžija rođen je u Novom Sadu 1984. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Mikroracunarska elektrinika odbranio je 2011.god.

POREĐENJE MPEG-2 I MPEG-4 STANDARDA**MPEG-2 AND MPEG-4 COMPARATION**Bojan Perić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U ovom radu urađeno je poređenje MPEG-2 i MPEG-4 standarda video kompresije. Najpre je svaki od standarda opisan pojedinačno, a zatim je urađeno njihovo poređenje – najpre teorijsko, na osnovu specifikacija samih standarda, a zatim i praktično nad video materijalom koristeći softver za poređenje kvaliteta videa.

Abstract – This paper presents comparison of MPEG-2 and MPEG-4 coding standards. Firstly, each standard is described, and then the comparison is done – theoretically, based on the standards specifications. Tests are performed on video material using video quality comparison software.

Ključne reči: video kompresija, MPEG-2, MPEG-4.

1. UVOD**1.1. Televizija i njena istorija**

Televizija je sistem za prenos pokretne slike na daljinu, posredstvom električnih signala. Ona obuhvata prenos i sinhronizaciju audio-video sadržaja: video signal, audio signal, kao i prenos dodatnih informacija (teletext, podaci o formatu slike, itd.). Prema formatu prenosa sistemi se dele na analogne (PAL/SECAM/ NTSC) i digitalne (DVB/ATSC).

Veoma važna osobina vida jeste njegova nesavršenost. Nesavršenosti koje su iskorišćene za potrebe televizije su ograničena mogućnost razlikovanja detalja u prostoru (čovjek razlikuje određeni broj detalja u jedinici vidnog ugla) i vremenu (čulo vida može da razlikuje do 24 različite slike u sekundi, ako se frekvencija poveća iznad 24 čulo vida će sve te slike povezati u vremenski neprekidan događaj).

1.2. Analogna televizija

Analogna televizija je još uvek tehnika koja preovlađuje u većini zemalja u svetu, u kojima se koriste različiti video standardi za format slike, koji su, uz svoje prateće parametre, dati u tabeli 1:

Tabela 1 - Analiza postojećih standarda

	PAL	SECAM	NTSC
BROJ LINIJA	625	625	525
VERTIKALNA FREKVENCIJA	50 Hz	50 Hz	60 Hz
HORIZONTALNA FREKVENCIJA	15625 Hz	15625 Hz	15750 Hz
ŠIRINA SPEKTRA	7 MHz	5 MHz	4,2 Mhz
RASTOJANJE KANALA	7-8 MHz	8 MHz	6 MHz
NOSILAC BOJE	4,43 MHz	4,25 MHz	3,58 MHz
NOSILAC ZVUKA	5,5 MHz	6,5 MHz	3,58 MHz

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Željko Trpovski, vanr.prof.

1.3. Digitalna televizija

Digitalna televizija (DTV) označava prenos audio/video zapisa u digitalnom formatu. Digitalni prenos je binarno kodovan, pa se sadržaj može komprimovati slično kao i kod računarskih datoteka. Pri analognom prenosu signal kontinuirano prenosi sve elemente slike i zvuka, dok se kod komprimovanog digitalnog prenosa prenose samo oni delovi slike i zvuka koji su se u međuvremenu promenili. Ovakva vrsta kompresije omogućava distributerima programa da emituju približno deset digitalnih kanala umesto jednog analognog, koristeći pri tom isti frekvencijski opseg [1]. Saobraćaj unutar digitalnog TV kanala može biti realizovan na 2 načina:

- Celokupan kanal posvećen je emitovanju jednog programa;
- Kanal je podeljen na više podkanala manjeg protoka, pri čemu svaki od njih može da prenosi različit program (2.1 i 2.2 podkanali kanala 2).

Ovakva podela moguća je zahvaljujući MPEG-2 kompresiji materijala za prenos koja se zasniva na beleženju promene frejmova.

1.4. Kodovanje

Komunikacioni kanal može da podrži samo određeni protok. Koder smanjuje količinu informacija neophodnih za rekonstrukciju signala na prijemu, zatim se ta količina informacija šalje kroz komunikacioni kanal i vraća na početnu količinu informacija od strane dekodera. Sistem koda i dekoda naziva se *codec*. Najveći uticaj kompresija ima na emitovanje. Postoji samo jedan elektromagnetski spektar, pa je veliki pritisak drugih servisa kao što je mobilna telefonija. Analogna televizija neracionalno troši propusni opseg, stoga je njena zamena digitalnom televizijom sa snažnom kompresijom signala bila neizbežna.

Osnovna osobina kompresije jeste eliminacija viška informacije koja se naziva *redundansa*. Informacioni sadržaj ili *entropija* uzorka je funkcija toga koliko se on razlikuje od predviđene vrednosti tj. informacije koje moraju da budu prenete kako bi signal na prijemu bio identičan ili veoma sličan poslatom signalu. Sve tehnike kompresije mogu se podeliti na dve grupe:

- Kompresija bez gubitaka (podaci na predajnoj i prijemnoj strani su isti bit-po-bit);
- Kompresija sa gubicima (podaci na predajnoj i prijemnoj strani nisu isto bit-po-bit, već među njima postoje određene razlike).

MPEG spada u kompresiju sa gubicima. Greške su organizovane tako da ih posmatrač ili slušalac subjektivno teško detektuje (ovo se postiže dobrim modelovanjem osobina čula vida i sluha), uz praktično ostvaren visok stepen kompresije.

2. MPEG-2

2.1. Uvod u MPEG-2

MPEG (engl. *Motion Picture Experts group*) je osnovan 1988. godine, kao radna grupa u okviru ISO/IEC, sa ciljem definisanja standarda za digitalnu kompresiju audio-video signala. U okviru MPEG standarda nije definisan sam proces kodovanja, već sintaksa kodovanog toka podataka i proces dekodovanja [2].

MPEG-2 je prvobitno razvijen za komprimovanje videa kvaliteta za difuzno emitovanje u propusni opseg od 4 do 6 Mb/s, da bi signal mogao da se prenosi kroz TV kanal sistema NTSC ili PAL. Kasnije je standard dopunjen za više rezolucije, uključujući i HDTV. Sada je veoma raširen jer predstavlja osnov za DVD i digitalnu satelitsku televiziju.

2.2. MPEG-2 standard kodovanja

Standard MPEG-2 podržava četiri rezolucije: nisku (352x240), glavnu (720x480), visoku-1440 (1440x1152) i visoku (1920x1080). Niska je namenjena za video rekordere, glavna za normalnu TV difuziju, a preostale dve za HDTV.

Televizijski servisi u Evropi emituju signal koji se sastoji od 25 slika (frejmova, okvira) u sekundi. Svaki okvir sastoji se od 2 poluslike pa se ukupno prenosi 50 poluslika u sekundi. Prvo polje svakog frejma sastoji se samo od neparnih linija frejma, a drugo polje samo od parnih i uzorkovano je u video kameri 20ms nakon prvog polja. NTSC je prepletena na sličan način, ali sa 30 frejmova, tj. 60 poluslika u sekundi.

U video sistemima osim televizije, uobičajen je prenos video signala bez preplitanja, npr. kod većine računara. Kod ovakvog videa sve linije frejma odabiru se u istom trenutku. Takav signal još se naziva i *progresivno skeniran* video.

2.3. Principi smanjenja bitskog protoka

Sistem smanjenja bitskog protoka vrši se uklanjanjem viška informacija (redundanse) iz signala u koderu, pre prenošenja, i ponovnim vraćanjem iste u dekeru. U video signalima mogu se izdvojiti dve vrste redundanse:

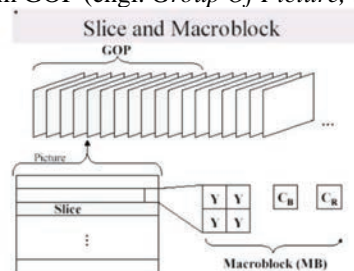
- *Prostorna i vremenska* – vrednosti piksela nisu nezavisne, već su u korelaciji sa vrednostima susednih piksela unutar istog frejma i kroz druge frejmove;
- *Psiho-vizuelna* – ljudsko oko ima ograničeni odziv na fine detalje, pa kontrolisana oštećenja uneta u dekodovanu sliku nisu vidljiva.

Dve ključne tehnike iskorišćene u MPEG kodeku su *intra-frame kodovanje pomoću DCT* i *inter-frame predikcija kompenzacijom pokreta*. Dvodimenzionalna DCT obavlja se na blokovima 8x8 svake komponente slike kako bi formirali blokove DCT koeficijenta. Veličina svakog koeficijenta ukazuje na doprinos određene kombinacije prostornih frekvencija originalnom bloku slike. DCT teži da koncentriše energiju na koeficijente niskih frekvencija, a mnogi od ostalih su bliski nuli. Smanjenje bitskog protoka ostvaruje se neemitovanjem koeficijenta bliskih nuli i kvantizacijom i kodovanjem preostalih koeficijenta (koduju se samo razlike u odnosu na prethodni okvir). Inter-frame predikcija kompenzacijom pokreta iskorišćava vremensku redundansu tako što pokušava da predvidi okvir koji treba

da bude kodovan na osnovu prethodnog, referentnog, okvira. Predviđanje se ne može zasnivati na izvornoj slici slici, jer izvorne slike nisu dostupne u dekeru. Zbog toga koder sadrži lokalni deker koji rekonstruiše slike baš onakve kakve bi bile u dekeru, iz čijih predikcija može biti formirana.

2.4. Detalji MPEG-2 kodovanja

U MPEG-2 postoje tri tipa slika koji definišu koji će mod predikcije biti korišćen za kodovanje svakog bloka. *I-slika* (intra) koduju se bez pozivanja na druge slike. Mogu se povremeno koristiti da obezbede pristupne tačke u nizu bitova gde dekodovanje može da počne. *P-slika* (prediktivne) mogu koristiti prethodnu I- ili P-sliku za kompenzaciju kretanja i mogu da budu referenca za dalja predviđanja. Nude veću kompresiju u odnosu na I-slike. *B-slika* (bidirekciono-prediktivne) mogu da koriste prethodne ili sledeće I- ili P-slike i nude najviši stepen kompresije. Različiti tipovi slika pojavljuju se u nizu koji se ponavlja, pod nazivom GOP (engl. *Group Of Picture*, slika 1).



Slika 1 – Podela videa na GOP, slice i macroblock

Definisan je mali broj skupova MPEG-2 kompleta alata, poznati kao profili i nivoi. *Profil* je podskup algoritamskih alata koji su primenljivi na grupu aplikacija, a *nivo* identifikuje skup ograničenja na vrednosti parametara (veličina slike, bitski protok) tj. granice kompleksnosti za svaki profil.

3. MPEG-4

MPEG-4 scene deli na objekte koji se mogu zasebno kodovati odgovarajućim algoritmom za komprimovanje, tako da i sami objekti mogu biti skalirani i rešavani samostalno. Na ovaj način u aplikacije ubacujemo interaktivnost, skaliranje, manipulaciju objekata i sl.

3.1. Uvod u MPEG-4

MPEG-4 je dizajniran tako da se nesmetano integriše u postojeća MPEG okruženja, a MPEG komitet je odredio kako se interaktivni MPEG-4 sadržaj prenosi MPEG-2 transportnim tokom. Novije verzije MPEG-4 standarda su organizovane tako da su kompatibilne sa svim prethodnim verzijama, dodaju nove profile, ali ne menjaju već postojeće. On eliminiše potrebu za proizvodnjom velikog broja različitih multimedijalnih formata, a i nudi više novih širokopojasnih i uskopojasnih platformi za distribuciju svojih sadržaja (wireless, DTV, internet) [3].

3.2. Opis MPEG-4 standarda

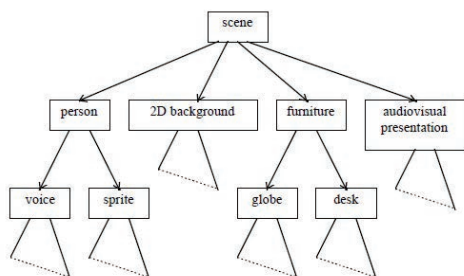
MPEG-4 je prvobitno zamišljen kao standard za kompresiju audio i video signala na veoma niskim bitskim protocima. Međutim, specifikacije za kompresiju zasnovanu na sadržaju otvorile su mnoge nove mogućnosti tako da je standard evoluirao u okvir za manipulaciju i upravljanje interaktivnim multimedijalnim sadržajem. Što se tiče transporta MPEG-4 sadržaja, on se

može preneti preko mnogih različitih transportnih slojeva i čak se premeštati sa jednog tipa prenosa na drugi. Kako bi investiranje u MPEG-2 ostavio korisnim, MPEG komitet je omogućio da MPEG-4 sadržaj može da se prenosi MPEG-2 transportnim tokovima. MPEG-4 se sastoji od velikog broja alata za kodiranje audio-vizuelnih objekata. On takođe sadrži profile koji omogućavaju korisnicima da iz različitih skupova alata biraju samo one koji su im potrebni. Neki od profila koji postoje su: vizuelni, audio, grafički, profili grafikona scene, MPEG-J, profili opisa objekata, a svaki od njih ima svoje podprofile.

3.3. Objekti u MPEG-4

Audio, video, grafika i ostale komponente MPEG-4 zovu se *objekti*. Oni mogu postojati kao nezavisni ili se više njih može grupisati u jednu celinu. Rezultat ovog grupisanja je *MPEG-4 scena*. Dakle, audio i video više nisu skupovi ravnomerno zastupljenih piksela ili uzoraka, već skupovi objekata. Objekti su smešteni u tzv. elementarne tokove. Neki objekti, kao što su sound track ili video, imaju jedan osnovni tok, dok drugi objekti mogu imati dva ili više toka [4]. Kako bi obavestio sistem koji elementarni tok pripada određenom objektu koristi se deskriptor objekta, koji sadrži deskriptore elementarnog toka kako bi rekao sistemu koji dekoderi su potrebni za dekodovanje toka.

MPEG-4 scena prati hijerarhijsku strukturu koja se može predstaviti usmerenim acikličnim grafom, kao što je pokazano na slici 2. Svaki čvor je medijski objekat, a atributi čvora mogu se menjati kako dodajemo nove čvorove.



Slika 2 – Logička struktura scene

U MPEG-4 modelu, audio-vizuelni objekti imaju prostorne i vremenske mere. Svaki medijski objekat ima lokalni koordinatni sistem u kome ima fiksnu prostorno-vremensku lokaciju i razmeru.

Sistem služi kao regulator za manipulisanje medijskim objektom u prostoru i vremenu. Objekti se pozicioniraju navođenjem koordinatne transformacije iz lokalnog koord. sistema objekta u globalni koord. sistem definisan opisom scene koji se nalazi u čvoru stabla na višoj poziciji.

MPEG-4 podržava skaliranje objekata. Ovo je korisna mogućnost u sredinama sa malim bitskim protokom, jer se kvalitet prezentacije može gotovo neprimetno smanjiti ako je dostupan mali propusni opseg. Nepromenljive pozadine zovu se *sprajtovi*. Sprajt je potrebno poslati samo jednom, nakon toga nova posmatranja kreiraju se jednostavnim slanjem novih pozicija četiri unapred definisanih tačaka.

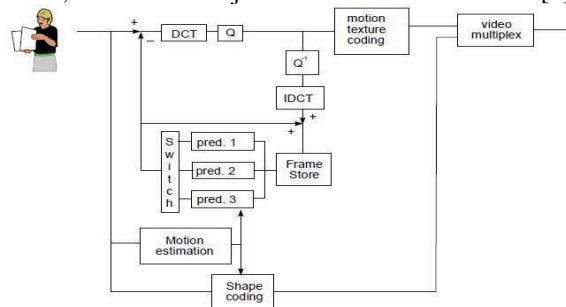
Tipičan primer ovoga je prenos sportskog događaja, gde se scene razvijaju u veoma ograničenom okruženju [5]. Skalabilnost takođe omogućava dobru zaštitu od grešaka

tako što najbolje štiti najvažnije objekte (bolja zaštita → potreban veći broj bita).

Objektno-orijentisani pristup MPEG-4 dozvoljava mapiranje slika na kompjuterski generisane oblike. Mreža, kao jedan takav oblik, može imati bilo koju sliku mapiranu na nju. Slike mapiranog videa mogu takođe biti mapirane na mrežu. Tako, umesto da šaljemo potpuno nove slike za svaku deformaciju, dovoljno je poslati samo uputstva, i deformacije se rade lokalno, čime se štedi dosta protoka.

3.4. Video kodovanje u MPEG-4

Na slici 3 prikazana je blok-šema osnovnog MPEG-4 algoritma za kodovanje kako pravougaone tako i sekvence ulaznih slika proizvoljnog oblika. Osnovna struktura podrazumeva kodovanje oblika i kompenzaciju pokreta, kao i kodovanje teksture bazirano na DCT [4].



Slika 3 – Blok-dijagram MPEG-4 video kodera

3.5. MPEG-4 audio

Audio signal je ranije smatran samo kao signal povezan sa video signalom. Sada, audio ima isti značaj i kvalitet kao i video. Za audio najvišeg kvaliteta, MPEG-4 poseduje algoritam za napredno audio kodovanje AAC koji daje signal koji se po kvalitetu gotovo ne razlikuje od originala, od mono, pa sve do višekanalnog surround zvuka, po znatno nižim bitskim protocima nego MP3 audio format.

Sloj MPEG-4 sistema dozvoljava korišćenje kodeka u skladu sa postojećim standardima, npr. MPEG-2 AAC.

3.6. Funkcije i aplikacije MPEG-4 standarda

Neke od funkcija i aplikacija MPEG-4 standarda su interaktivnost, alati kojima je moguće kreirati jedinstvene kodere i dekodere visokog kvaliteta, skalabilnost sadržaja, zaštita intelektualne svojine, DVD, multimedija na mobilnim uređajima, internet video streaming itd.

4. POREĐENJE MPEG-2 I MPEG-4 STANDARDA

U tabeli 2 date su osnovne razlike između MPEG-2 i MPEG-4 na osnovu specifikacija samih standarda.

Tabela 2 – Poređenje MPEG-2 i MPEG-4 standarda

MPEG-2	MPEG-4
Video: 3,5 - 6 Mb/s	Video: 5kb/s - 10Mb/s
Statička reprezentacija	Dinamička reprezentacija
Svi pikseli se tretiraju kao da su deo pokretnog videa	Svaki objekat koduje se svojom optimalnomšom kodovanja
Brzina prenosa usko povezana sa stvarnim profilom	Skalabilan na širokoj oblasti što se tiče audio, ali i video zapisa
Zahteva manje računarske snage	Zahteva više računarske snage
DVD, HDTV	Internet, mobilni telefoni
Propusni opseg do 40 MB/s	Propusni opseg oko 64 kb/s
Veća veličina fajlova	Manja veličina fajlova

Stručnjaci se slažu da je MPEG-4 standard kompresije superioran u odnosu na MPEG-2, jer između ostalog omogućuje manje fajlove uz visok kvalitet slike.

MPEG-2 sadržaj kreira iz različitih izvora, kao što su pokretni video, grafika, tekst. Nakon što se sadržaji slože u ravni piksela, isti se koduju kao da su svi pokretni video pikseli.

To je ujedno i standard sa statičkom reprezentacijom tj. ako jedan emiter emituje snimak događaja koji je uzet od drugog emitera, već postojeći logo prvog emitera ne može se ukloniti.

MPEG-4 je dinamičan. Različiti objekti mogu se kodovati i prenositi odvojeno do dekodera svojim elementarnim tokovima. Sastavljanje sadržaja vrši se posle dekodovanja. Jedan od razloga zašto u praksi MPEG-4 nudi višu efikasnost kodovanja u odnosu na MPEG-2 jeste ACE (engl. *Advanced Coding Efficiency*) – algoritam za kodovanje koji se počeo koristiti upravo sa dolaskom MPEG-4 standarda.

MPEG-4 nudi bolje algoritme kompresije nego MPEG-2, ali zahteva i dosta više računarske snage. Jedna od ključnih razlika su blokovi na kojima je bazirana procena kretanja – MPEG-2 koristi blokove 16x16, dok se u MPEG-4 koriste različiti oblici i veličine blokova.

5. SOFTVERSKO POREĐENJE

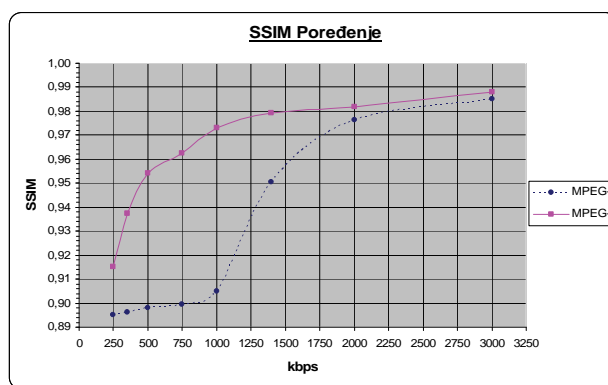
Praktično poređenje standarda urađeno je komprimovanjem konkretnog video materijala pomoću MainConcept MPEG koda (MPEG-2) i MainConcept H.264 (MPEG-4 Part 10 - H.264).

Video sekvenca je rezolucije 720x576 na 25fps, a kodovana je konstantnim bitrate-om, uz sledeće vrednosti: 250, 350, 500, 750, 1000, 1400, 2000 i 3000 kb/s. Takođe, sekvenca je demultipleksirana i iz nje je izbačen audio signal, tako da je komprimovan samo video. Parametri koji su mereni u testu su: SSIM indeks, PSNR, vreme potrebno za kompresiju i dobijena veličina fajla nakon kompresije.

Rezultati dobijeni za veličinu dobijenog fajla pokazuju da su MPEG-2 fajlovi znatno veći u odnosu na MPEG-4 fajlove, posebno pri niskim bitskim brzinama. Razlika je sve manja kako se bitska brzina povećava. Sto se tiče vremena potrebnog za kompresiju MPEG-2 je prilično brži, ali ovo je i posledica kompleksnijih algoritama koje koristi MPEG-4.

Rezultati SSIM indeksa prikazani su na grafiku 1. Ovaj metod za merenje sličnosti između dve slike ili video sekvence dizajniran je da poboljša tradicionalne PSNR i MSE i dosta bolje od njih modeluje percepciju ljudskog oka, tako da ove rezultate možemo smatrati najboljim pokazateljem poređenja ovih standarda. MPEG-4 je bolji duž celog opsega testiranih vrednosti.

Razlika je najveća pri malim bitskim brzinama, dok se sa njenim povećanjem MPEG-2 bliži po kvalitetu tako da je razlika na 3000 kb/s gotovo neprimetna. Kod testiranja PSNR vrednosti rezultati su gotovo isti kao kod SSIM indeksa uz za nijansu bolji PSNR koji ima MPEG-2 u odnosu na MPEG-4 na bitskim brzinama preko 2000 kb/s.



Grafik 1 – Poređenje SSIM indeksa

Tabela 3 pokazuje, na osnovu vrednosti izvedenih iz prethodnog grafika, kolika bitska brzina u kb/s je potrebna jednom, odnosno drugom standardu, da bi se ostvario isti kvalitet slike tj. ista vrednost SSIM indeksa.

Tabela 3 – Potrebna bitska brzina za isti kvalitet slike

Željeni SSIM	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98
MPEG-4	315	365	450	675	920	1525
MPEG-2	1200	1285	1450	1550	1775	2250

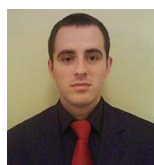
6. ZAKLJUČAK

MPEG-2 može da isporuči sliku identičnog kvaliteta kao i MPEG-4. Međutim, za takvu isporuku potrebno je više propusnog opsega. Oba standarda zavise od kvaliteta izvora. Može se reći da će MPEG-4 zameniti MPEG-2 obzirom da omogućava visok kvalitet uz mnogo manji propusni opseg, a i obzirom na to da je Internet, kao jedan od medija budućnosti, uslovljen propusnim opsegom. MPEG-4 je idealno rešenje za slanje signala globalnom mrežom i brži prijem signala na korisničkoj strani, a svi znamo, pa čak i iz ličnog iskustva, da brzina prijema određenog sadržaja najčešće igra presudnu ulogu na opšte zadovoljstvo krajnjeg korisnika kvalitetom usluga.

7. LITERATURA

- [1] Katedra za računarsku tehniku i računarske komunikacije Fakulteta Tehničkih Nauka, predavanja sa ispita *Programska podrška u televiziji i obradi slike*, Novi Sad, 2006.
- [2] John Watkinson, “*The MPEG Handbook*”, second edition, Elsevier, Oxford 2004.
- [3] MPEG-4 Industry Forum, “*MPEG-4 – The Media Standard*”.
- [4] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N2196 Overview of the MPEG-4 Version 1 Standard.
- [5] Martin Alberink, Sorin Iacob, “*The MPEG-4 Standard*”, Telematica Institut, Enschede, 2001.

Kratka biografija:



Bojan Perić rođen je u Smederevu 27.04.1983. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva - telekomunikacije odbranio je 2011.god.

**GENERISANJE POSLOVNIH APLIKACIJA UPOTREBOM OpenFaces I FreeMarker
BIBLIOTEKA****GENERATING BUSSINESS APPLICATIONS USING OpenFaces AND FreeMarker
LIBRARIES**Vladimir Todorović, Milan Vidaković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – Ovaj rad predstavlja realizaciju generatora JSF web aplikacije upotrebom FreeMarker biblioteke. Komponente korisničkog interfejsa su implementirane upotrebom OpenFaces biblioteke.

Abstract – This project represents one implementation of a JSF web application generator using FreeMarker library. User interface components are implemented using OpenFaces library.

Ključne reči – FreeMarker, OpenFaces

1. UVOD

Na tržištu softvera, većinu aplikacija koje se prave po narudžbini klijenta čine poslovne aplikacije. Poslovne aplikacije predstavljaju informacione sisteme određenih firmi, koji sadrže poslovne podatke i operacije za manipulisanje tim podacima. Poslovni podaci su smešteni u nekoj od baza podataka i gotovo uvek postoji potreba za pregledom, unosom i izmenom tih podataka. Ove operacije nad podacima predstavljaju osnovu za druge, složenije operacije. Odatle se već može zaključiti da su poslovne aplikacije donekle standardizovane i pojavljuje se težnja da se njihov razvoj automatizuje na određeni način.

To se može postići uz pomoć generatora koda. Korišćenjem generatora koda, može se znatno skratiti vreme za izradu softvera, povećati produktivnost i tako biti ispred konkurencije. Generator koda predstavlja softversku komponentu koja služi za automatizovano pravljenje drugih softverskih komponenti.

Kada je u pitanju ovaj rad, za razvoj generatora koristi se FreeMarker biblioteka. FreeMarker predstavlja procesor šablona (*template engine*), softverski alat koji generiše tekstualni izlaz (HTML, Java izvorni kod, SQL skript, XML itd.) na osnovu šablona.

Za potrebe konkretnog projekta, FreeMarker vrši generisanje nekih od osnovnih elemenata JSF (*JavaServer Faces*) aplikacije kao što su *managed bean*-ovi, *entity bean*-ovi, JSP stranice i konfiguracioni XML fajl (*faces-config.xml*).

Korisnički interfejs aplikacije, realizovan je uz pomoć OpenFaces biblioteke koja predstavlja biblioteku JSF komponenti sa *Ajax* podrškom.

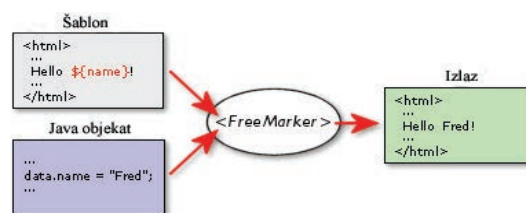
NAPOMENA:

Ovaj rad je proistekao iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio prof. dr Milan Vidaković.

2. TEHNOLOGIJE**2.1. FreeMarker**

FreeMarker je obrađivač šablona (*template engine*), alat koji generiše tekst na osnovu šablona (*template-a*). To je Java biblioteka.

Dizajniran je da bude praktičan za generisanje HTML stranica web aplikacija zasnovanih na MVC (*Model View Controller*) projektom šablonu. Ideja koja stoji iza MVC šablona je da se razdvoji posao dizajnera HTML-a i programera. Dizajner može promeniti izgled web stranice bez potrebe da programer menja kod poslovne logike aplikacije, zbog toga što je aplikaciona logika (Java kod) razdvojena od dizajna web stranica (FreeMarker šabona). Zahvaljujući tome, šabloni neće biti opterećeni kompleksnim fragmentima programskog koda [1].



Sl.1. Princip rada FreeMarker-a

Na slici 1. prikazana je osnovna šema transformacije FreeMarker procesora prilikom projektovanja web aplikacija zasnovanih na MVC šablonu. Sa jedne strane se nalaze već napravljene FreeMarker šablonske stranice i Java programski kod. Java kod predstavlja model podataka koji sadrži atribute i njihove vrednosti. FreeMarker procesor koristi pripremljene promenljive prosledene iz Java klasa, stavlja njihove vrednosti u šablonske stranice i kao rezultat prikazuje statičke HTML stranice.

Šabloni se čuvaju u datotekama, i svaki put kada je potrebno da se generiše izlazna datoteka, FreeMarker procesor će šablon stranicu transformisati u odgovarajuću izlaznu datoteku, zamenjujući deo označen sa $\{ \dots \}$ odgovarajućim sadržajem. Ako je u pitanju web stranica, Web čitač korisnika prima čistu HTML stranicu bez FreeMarker instrukcija, bez ikakve naznake da je FreeMarker korišćen na serveru. Šablonski fajl ostaje nepromenjen na serveru tokom transformacije, tako da se ona izvršava prilikom svake posete. To garantuje da su prikazane informacije uvek ažurne.

Svi podaci koje šablon koristi su upakovani u tzv. model podataka. Sa stanovišta autora šablona, model podataka je struktura oblika stabla. Osnova rada svakog šablonskog procesora, pa i FreeMarker šablona se može predstaviti izrazom:

Šablon + Model podataka = Izlaz.

Model podataka u FreeMarker-u može sadržati različite tipove Java objekata, od prostih tipova do korisnički definisanih klasa. Sam model podataka se priprema u Java kodu i prosleđuje određenom šablonu koji FreeMarker procesor transformiše u statičku stranu.

Šabloni su u stvari programi napisani u jeziku **FTL** (*FreeMarker Template Language*). To je jednostavan programski jezik dizajniran isključivo za pisanje šablonskih stranica. Osnovni gradivni elementi FreeMarker šablona (FTL programa) su:

- **Interpolacije** čija je sintaksa predstavljena izrazom `$(. . .)` – mesta sa ovakvim oznakama u šablonu će u vreme procesiranja šablona biti zamenjena izračunatim vrednostima prosleđenim iz modela podataka.
- **FTL oznake** (tagovi) su slični HTML oznakama i njihova imena počinju # karakterom. One pozivaju ili neke od FreeMarker-ovih ugrađenih direktiva ili korisnički definisane direktive. Nakon procesiranja šablona, FTL oznake neće biti prikazane na stranici već samo rezultat njihovog izvršenja.
- **Komentari** u FreeMarker šablonu su slični HTML komentarima. Oni se predstavljaju oznakama `<#-- . . . -->`. Sve što se nalazi između ove dve oznake, kao i same oznake, neće biti obrađeno od strane procesora niti prikazano na izlaznoj stranici.
- **Statički tekst** koji će biti prikazan na stranici kao takav kakav jeste, predstavlja sve ostalo što nisu FTL oznake, direktive i komentari i on neće biti interpretiran od strane FreeMarker-a.

2.2. JavaServer Faces

JavaServer Faces tehnologija predstavlja *server-side* okruženje namenjeno za izgradnju Java web aplikacija, čiji korisnički interfejs je zasnovan na komponentama. Osnovni elementi ove tehnologije su [2]:

- API za prikaz komponenti korisničkog interfejsa i upravljanje njihovim stanjima, rukovanje događajima, validaciju na strani servera, konverziju podataka, definisanje navigacije, podršku za internacionalizaciju
 - dve JSP (*JavaServer Pages*) biblioteke tagova za predstavljanje komponenti korisničkog interfejsa unutar JSP stranica i njihovo povezivanje sa serverskim objektima.
- Dobro definisan programski model i biblioteke tagova značajno smanjuju kompleksnost izgradnje i održavanja web aplikacije. Uz minimalan napor, moguće je:
- ubacivati komponente u stranicu dodavanjem tagova komponenti
 - povezati događaje generisane od strane komponenti za aplikacioni kod na serveru
 - povezati komponente korisničkog interfejsa za podatke na serveru
 - konstruisati korisnički interfejs sa komponentama koje se mogu ponovo koristiti.

Jedna od najvećih prednosti JavaServer Faces tehnologije je ta što obezbeđuje jasnu razdvojenost između aplikacione logike i prezentacije. Web aplikacije izgrađene upotrebom JSP tehnologije samo delimično omogućuju ovu razdvojenost. JSP aplikacije ne mogu da povežu HTTP zahtev sa rukovanjem događajima vezanim za određenu komponentu niti da upravljaju elementima korisničkog interfejsa kao *stateful* objektima na serveru, kao što to radi JSF aplikacija. Druga važna prednost JavaServer Faces tehnologije je ta što nam ona približava koncepte komponenti korisničkog interfejsa i web-sloja bez ograničenja na markirajuće ili skript jezike. Iako JavaServer Faces tehnologija uključuje JSP biblioteku tagova za prezentaciju komponenti na JSP stranici, njen API je direktno naslonjen na Servlet API. I najvažnije, JavaServer Faces tehnologija nudi bogatu arhitekturu za upravljanje stanjima komponenti, procesiranje podataka vezanih za komponente, validaciju korisničkog unosa i rukovanje događajima.

2.3. JavaServer Faces i Ajax

Ajax (Asynchronous JavaScript and XML) je tehnika za izgradnju mnogo interaktivnijih web aplikacija nego ranije. Datira iz kasnih 1990-tih godina. Ajax je kolekcija postojećih tehnologija za isporuku internet aplikacija web čitačima. Ajax se sastoji od DHTML, XML, XMLHttpRequest i Document Object Model (DOM) tehnologija. Korisnici ne treba da imaju dodatne *plug-in-e* i alate instalirane u web čitačima da bi koristili takve aplikacije. One su potpuno podržane unutar svakog modernog web *browser-a* [3].

Aplikacije koje su bazirane na Ajax-u su mnogo bogatije, interaktivnije i brže. Osnovna ideja koja stoji iza ovakvih aplikacija je da samo deo stranice koji se menja, će biti ažuriran. Drugim rečima, nema potrebe učitavati čitavu stranicu. Takve aplikacije su poznate i kao *Web 2.0 aplikacije*.

JavaServer Faces i Ajax čine veoma dobru kombinaciju. JSF je omogućio novi model razvoja korisničkog interfejsa web aplikacija. Softverski inženjeri više nemaju brigu oko HTML koda. Umesto toga, oni grade korisnički interfejs od komponenti. Ove komponente, tačnije njihovi *rendereri*, obezbeđuju sav neophodan HTML kod. Ovaj model im omogućuje da se koncentrišu na razvoj korisničkog interfejsa i implementaciju poslovne logike aplikacije, umesto gubljenja vremena oko koda markirajućeg jezika.

Dakle, JSF i Ajax su odlična kombinacija zbog JSF modela komponenti. To je mesto gde do izražaja dolaze tehnologije kao što su OpenFaces i RichFaces. To su biblioteke JSF komponenti koje obezbeđuju Ajax podršku. Takve JSF komponente sadrže sav neophodan JavaScript, neophodan za rad Ajax-a. One sakrivaju sve kompleksnosti ručnog Ajax razvoja. Testirane su i potvrđeno rade u svim modernim web čitačima.

2.4. OpenFaces

OpenFaces biblioteka sadrži prošireni skup JSF komponenti za razvoj bogatijih korisničkih interfejsa i okruženje za validaciju koje pomera tradicionalnu logiku validacije JSF na stranu klijenta.

OpenFaces biblioteka proširuje standardni skup JSF komponenti naprednim komponentama kao što su *DataTable*, *TreeTable*, *Calendar*, *DateChooser*, *Chart*, *TwoListSelection* i mnoge druge i obezbeđuje veću funkcionalnost na klijenskoj strani za njih. Zahvaljujući takvim prednostima kao što su Ajax podrška i navigacija pomoću tastature, OpenFaces biblioteka ne samo da pojednostavljuje razvoj web aplikacija već ih čini visoko interaktivnim i bliskim korisnicima [4].

Sa OpenFaces okruženjem, za validaciju je moguće koristiti standardne JSF validateore na strani klijenta, tako što se dodele nekoj od ulaznih (*input*) komponenti. Sa druge strane, ovo okruženje podržava proveru pravila validacije i korektnosti tipova podataka već na klijenskoj strani, momentalno obavestavajući korisnika o eventualnim greškama. Takođe, ono obezbeđuje fleksibilan mehanizam za prijavu grešaka tokom validacije na više različitih načina.

Postoje OpenFaces komponente koje su napredna verzija standardnih JSF komponenti i komponente koje nemaju analognu standardnu komponentu. Prilikom kreiranja naprednih verzija standardnih komponenti, autori OpenFaces biblioteke su težili da smanje napore potrebne za prelazak sa standardnih na njihove odgovarajuće OpenFaces komponente. Zbog toga takve komponente imaju isto ime kao njima analogne standardne komponente. U većini slučajeva, sve što je potrebno uraditi za prelazak na napredne komponente je izmena prefiksa taga komponente.

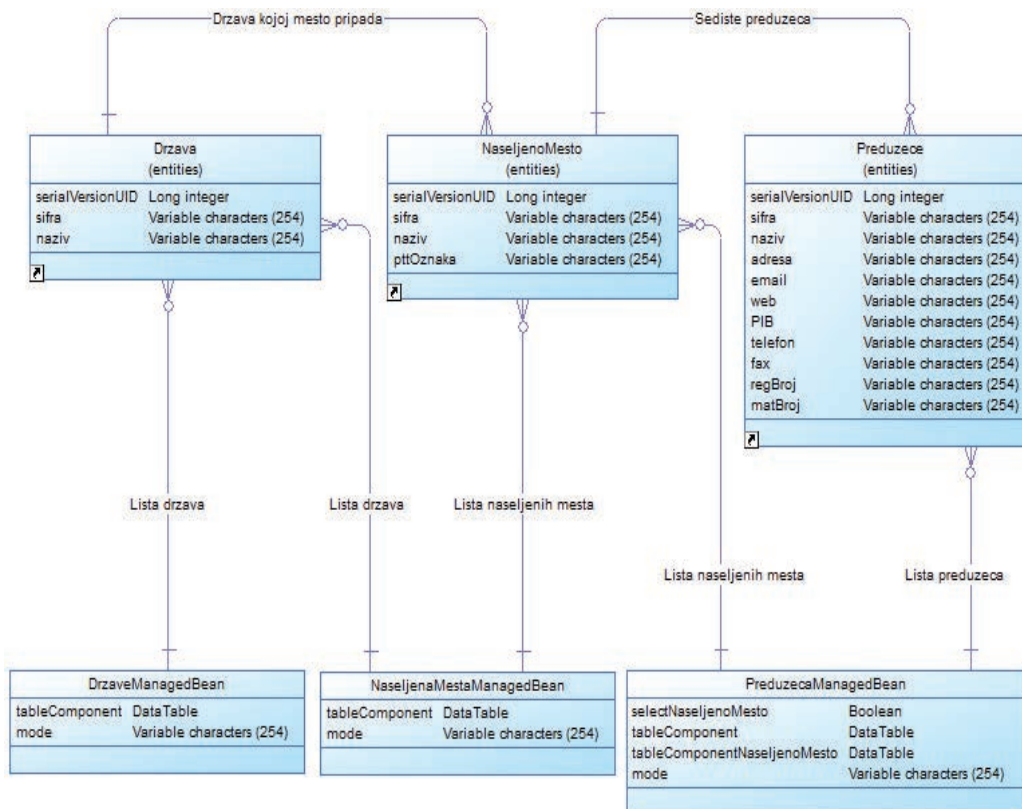
OpenFaces okruženje za validaciju je dizajnirano da nadomesti nedostatak potpune podrške za validaciju na klijenskoj strani u JSF. U suštini, ono pomera serversku logiku validacije standardnih JSF validatora na stranu klijenta. Osnovne karakteristike su:

- Klijentska podrška za standardne JSF validateore i konvertere
- Jedan jedini korak obezbeđuje validaciju na nivou cele aplikacije
- Podesiva prezentacija grešaka validacije
- Fleksibilno aktiviranje (okidanje) validacije
- Fleksibilno podešavanje poruka validacije
- Skup dodatnih validatora (za klijentsku i serversku stranu)
- Standardna prezentacija za serverske greške validacije
- Podrška za korisničku logiku validacije
- Validacija pomoću anotacija

3. IMPLEMENTACIJA

Kao primer generatora poslovnih aplikacija, napravljen je sistem koji na osnovu šeme baze generiše JSF Ajax aplikaciju upotrebom OpenFaces okruženja. Implementacija je izvršena u programskom jeziku Java (verzija 1.6), dok je kao razvojno okruženje upotrebljen open source IDE Eclipse u verziji 3.6. Za realizaciju korisničkog interfejsa izgenerisne aplikacije korišćena je OpenFaces biblioteka u verziji 3.0, a za generisanje koda FreeMarker biblioteka u verziji 2.3.18. Kao skladište podataka se koristi MySQL 5.0 baza podataka.

Cilj ovog projekta je da se pomoću FreeMarker biblioteke izgeneriše web aplikacija koja omogućava evidenciju podataka o preduzećima, naseljenim mestima u kojima se preduzeća nalaze, kao i državama kojima naseljena mesta pripadaju. Elementi korisničkog interfejsa implementirani su upotrebom OpenFaces biblioteke. Generator koristi meta-podatke iz baze podataka i na osnovu njih generiše aplikaciju. Model baze podataka je prikazan na slici 2.



Slika 2. Model baze podataka na osnovu kojeg se generiše aplikacija

Sistem čine dve celine:

- Generator - predstavlja integraciju FreeMarker šablona i modela podataka. Čine ga generator entity bean-ova, managed bean-ova, JSP stranica, konfiguracione datoteke kao i generator svih prethodno navedenih elemenata aplikacije. Rezultat njegovog pokretanja je izgenerisana JSF web aplikacija.
- JSF web aplikacija - čine je elementi koje je izgenerisao FreeMarker generator.

Da bi se izgenerisala JSF aplikacija potrebno je pokrenuti generator. Kao što je poznato, JSF aplikaciju za evidenciju podataka o preduzećima čine entity bean klase, managed bean klase, JSP stranice i faces-config.xml datoteka koja konfigurira važne elemente aplikacije. Generator cele aplikacije generiše sve ove elemente u određenom redosledu, mada se nudi mogućnost i pojedinačnog generisanja svakog od njih.

Svaka od klasa generatora sadrži *generate* metodu, koja vrši generisanje odgovarajućih elemenata aplikacije. Redosled operacija unutar nje je isti za generisanje svakog od elemenata aplikacije. Razlika je samo u podacima kojima se puni model podataka FreeMarker-a. Prvo se kreira instanca klase *freemarker.template.Configuration* koja predstavlja centralno mesto za čuvanje parametara za generator koda. Nakon toga, podešava se putanja do direktorijuma gde se nalaze datoteke šablona i na kraju se određuje način prebacivanja Java objekata u instance *TemplateModel*-a.

Nakon početnih podešavanja, sledi kreiranje modela podataka za svaki od elemenata aplikacije i punjenje podacima koji će se koristiti u šablonu. Kada su u pitanju *entity* i *managed* bean klase, najpre se u model podataka smeštaju osnovni podaci kao što su naziv paketa, lista biblioteka koje se importuju, naziv klase itd. Nakon toga se formira lista objekata tipa *Atribut*. Ona je potrebna za kreiranje atributa klase, konstruktora, get i set metoda, kao i za realizaciju objektno-relacionog mapiranja i određivanje veza među entitetima. Instanca klase *freemarker.template.Template* predstavlja šablon FreeMarker-a i kreira se uz pomoć instance konfiguracije (*Configuration*), koja na osnovu parametra metode *getTemplate()* formira putanju do šablona, zatim ga učitava, parsira i kešira za slučajevne eventualnih narednih korišćenja. Metoda *process()* klase *Template* integriše model podataka i šablon, i kao rezultat obrade šablona ispisuje generisani kod u odgovarajuću datoteku.

4. ZAKLJUČAK

Prednosti korišćenja generatora koda naspram ručnog pravljenja aplikacije su višestruke: značajno se skraćuje vreme za izradu aplikacije i povećava produktivnost, povećava se kvalitet programskog koda, eliminiše monotonija u radu, postoji mogućnost ponovne upotrebe (*reusability*), zatim višestruke upotrebe (u smislu generisanja različitih elemenata aplikacije), smanjuje se mogućnost greške itd.

Međutim postoje i slučajevi kada generatori mogu proizvesti više problema nego koristi, kao što su: nedovoljno veliki obim posla da bi pravljenje generatora bilo isplativo u smislu vremena i resursa, zatim kada deo

aplikacije koji treba izgenerisati nije jedan od slojeva sa dobro poznatom i razrađenom strukturom, i za delove aplikacije koji nisu šablonski. I pored toga što je pre svakog projekta potrebno analizirati opravdanost korišćenja, generatori aplikacija predstavljaju budućnost razvoja softvera.

Ovim radom predstavljeno je generisanje JSF web aplikacije upotrebom FreeMarker biblioteke. FreeMarker je obrađivač šablona i veoma moćan alat za generisanje koda. Može da generiše bilo koju vrstu teksta kao što je: Java kod, HTML, XML, SQL skript itd. On je *lightweight* - lako se ugrađuje u projekat i ne zavisi od servlet API-ja. Posедуje veoma fleksibilan čitač šablona tj. šabloni se mogu učitavati sa bilo kog izvora (lokalni disk, baza podataka, JAR fajl itd). FTL (*FreeMarker Template Language*) je veoma moćan jezik za šablone.

Elementi korisničkog interfejsa aplikacije realizovani su upotrebom OpenFaces biblioteke koja nudi veliki broj prednosti u odnosu na ranije tehnologije. Omogućuje veliki izbor komponenti koje su veoma funkcionalne i poseduju Ajax podršku. Poseduje i podršku za validaciju kojom je logika validacije podataka pomerena na stranu klijenta. Pojednostavljuje razvoj web aplikacija i čini ih veoma interaktivnim i bliskim korisnicima.

Daljim razvojem, generator JSF web aplikacije bi mogao proširiti skup izgenerisanih entiteta, uz nešto složenije veze među njima. Time bi se proširio skup managed bean klasa i povećao broj izgenerisanih JSP stranica. Takođe, rezultat bi bio i složeniji korisnički interfejs sa većim skupom OpenFaces komponenti.

5. LITERATURA

[1] Jonathan Revusky, Attila Szegedi, Dániel Dékány and others. *FreeMarker Manual*.

<http://freemarker.sourceforge.net>

[2] Eric Jendrock, Jennifer Ball, Debbie Carson, Ian Evans, Scott Fordin, Kim Haase. *The Java EE 5 Tutorial*. Oracle, 2010.

[3] Max Katz. *Practical RichFaces*. Apress, Berkley, 2008, ISBN-13: 978-1-4302-1055-9.

[4] *OpenFaces Developer's Guide*. TeamDev Ltd, 2010.

<http://openfaces.org/>

Kratka biografija:

Vladimir Todorović je rođen 1983. godine u Tuzli. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Računarstvo i automatika – Računarske nauke i informatika, odbranio je 2011. godine.

Milan Vidaković je rođen u Novom Sadu 1971. godine. Doktorirao je 2003. godine na Fakultetu tehničkih nauka, a 2009. godine izabran je za vanrednog profesora iz oblasti *Primenjene računarske nauke i informatika* na Fakultetu tehničkih nauka.

DIGITALNA TELEVIZIJA**DIGITAL TELEVISION**Aleksandar Novaković, Željens Trpovski, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – Rad opisuje osnovne karakteristike digitalne televizije. Opisan je postupak video kompresije, prenos signala primenom OFDM modulacije, kao i druge značajne karakteristike sistema za prenos digitalnog TV signala preko zemaljskih predajnika. Analizirane su razlike između standarda DVB-T i DVB-T2. U poslednjoj glavi opisana je strategija za prelazak na digitalno emitovanje RTV signala u Srbiji.

Abstract – This paper describes the basic characteristics of digital Television. Procedures for video compression, signal transmission using OFDM modulation, as well as other important characteristics of systems for digital TV signal via terrestrial transmitters are described. Differences between the standards DVB-T and DVB-T2 are analyzed. The final chapter describes the strategy for the transition to digital broadcasting signal in Serbia.

Cljučne reči: DVB, MODULACIJA, KANALNO KODOVANJE, MPEG

1. UVOD

Razvoj digitalne obrade signala kao i veoma brz razvoj efikasnih kompresionih algoritama doveli su do drastičnog smanjenja količine podataka potrebnih za obradu i prenos vrlo složenih i zahtevnih signala kakav je signal TV slike. Time je i praktično otpočeo DVB projekat čiju osnovu čini MPEG-2 kompresioni standard. Na početku DVB projekta definisani su realno mogući ciljevi koje on treba da obezbedi:

- Prenos veoma visoko kvalitetne TV slike na nivou HDTV kvaliteta.
- Prenos TV programa uz upotrebu uskih prenosnih kanala ili da se u okviru postojećih prenosnih kanala poveća broj prenesenih TV programa.
- Stabilan prijem značajnog broja TV programa uz upotrebu jeftinih prenosnih (džepnih) TV prijemnika.
- TV prijemnici u vozilima u pokretu takođe treba da imaju stabilan prijem.
- Stabilan prenos i pokrivanje unutar jasno definisanih zona pokrivanja.

Zbog znatno složenijih uslova prenosa kao i zahtevnijih tehničkih rešenja potrebnih za zemaljsku radio difuziju DVB projekat je prvobitno bio usmeren na razvoj u domenu satelitske i kablovske televizije.

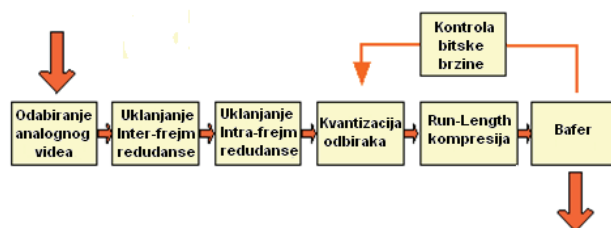
2. DIGITALIZACIJA I KOMPRESIJA SLIKE

Predmet digitalizacije je video signal koji je sačinjen od dugog niza susednih slika, koje se na početku čitavog postupka skeniraju. Dva osnovna načina za iščitavanje informacija o slici su naizmenično skeniranje (interlaced) i progresivno ili serijsko skeniranje (progressively ili non-interlaced). Broj slika tj. frejmova koji se emituje u sekundi jeste 25 za evropski TV sistem, dok je za američki propisana frekvencija od 30 Hz tj. 30 frejmova u sekundi.

Kamera na svom izlazu daje tri osnovne boje tj. analogne signale (RGB sistem). One se dalje transformišu u tri ekvivalentne komponente, luminansu (Y-informacija o sjajnosti, relevantna za reprodukciju crno-bele slike) i dve hrominanse (UV-informacije o boji). Nakon toga komponente se propuštaju kroz filtre različitih graničnih frekvencija, koje su određene na osnovu karakteristika ljudskog oka za koje se ispostavilo da finije zapaža komponente sjajnosti. Upravo zbog toga inženjeri sirom sveta ne moraju da konstruišu savršen TV sistem već samo onaj koji će ostvariti dovoljno dobru reprodukciju izvora videa i stvoriti lažni utisak pokreta bez preteranog gubitka na kvalitetu slike.

Da bi došli do digitalnog piksela, proces nastavljaju A/D konvertori za koje su ponovo propisane drugačije frekvencije: 13.5MHz za Y opseg i 6.75MHz za Cr i Cb domen. Odavde izlaz čini niz bita. Ovoliki bitski protok, koji iznosi oko 270Mbit/s, ne uklapa se u standardom definisane propusne opsege.

Visoki stepen redukcije može da se ostvari zahvaljujući prisustvu viška informacije u video podatku koje se redom definišu kao vremenska redundansa, prostorna redundansa i psihovizuelna redundansa kao posledica nesavršenosti čula vida. MPEG standard definiše tehnike koje se koriste za audio-video kompresiju i njegova blok šema data je na slici 1.



Slika 1. Osnovne operacije MPEG-2 enkodera

MPEG-2 precizira da se izvorni frejm može komprimovati u 3 različita frejm oblika i to:

- I – intra kodovan frejm;
- P – prediktivno kodovan frejm;

NAPOMENA:

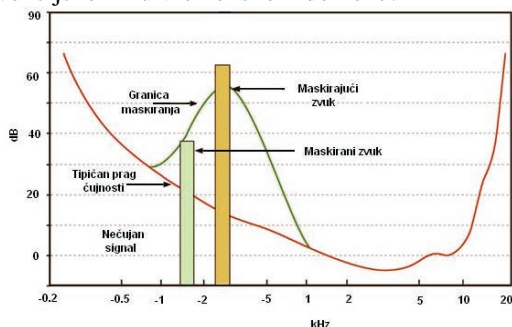
Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Željens Trpovski, vanr.prof.

- B – dvosmerno prediktivno kodovan frejm;
- Koriste se sledeće ključne tehnike:
- Intra frejm DCT kodovanje;
 - Predikcija sa kompenzacijom pokreta;

3. DIGITALIZACIJA I KOMPRESIJA ZVUKA

Digitalni oblik audio signala otvara mogućnost za razne transformacije. Najbitnija među njima je svakako kompresija koju je moguće ostvariti zahvaljujući modeliranju fizioloških karakteristika ljudskog čula sluha. U procesu digitalizacije logično je uzeti niskopropusno filtriranje za prvi korak zbog već pomenutih slušnih ograničenja. Brzina pri kojoj će se uzimati odbirci varira od vrste kodeka. Za dobijene odbirke alociraju se biti kao kompromis između šuma kvantizacije i minimizacije neophodne količine informacija koju treba smestiti na medij ili preneti. Kao dobar izbor pokazalo se 16 bita jer se njime ostvaruje SNR od 96 dB. Međutim, ukoliko pretpostavimo frekvenciju odabiranja od 48 kHz, na izlazu dobiće se vrednost od 1.5 Mbit/s ukupno za oba kanala što je u potpunosti neprihvatljivo za standardne sisteme prenosa.

Zato je pažnja bila usmerena na traženje svih izvora redundanse koji bi se određenim algoritmima mogli eliminisati. Tako su nastali perceptivni koderi. Velika količina zanemarenih podataka moguća je zahvaljujući efektu maskiranja kao posledice psihoakustičkih osobina mozga, koji je prikazan na slici 2. On se odvija i u frekvencijskom i u vremenskom domenu.



Slika 2. Efekti maskiranja u frekvencijskom domenu

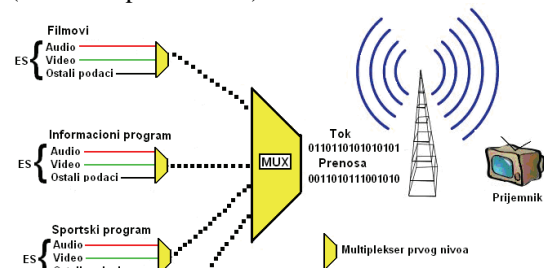
U prisustvu maskirajućeg zvuka od 3 kHz slušna osetljivost na frekvencijama susednim maskirajućoj veoma je redukovana, tako da se svaki audio sadržaj u bliskoj okolini može u potpunosti zanemariti ili grubo kvantizovati. Šum koji nastaje usled grube kvantizacije biće u potpunosti neprimetan ukoliko upadne u opseg ispod modifikovane krive čujnosti. U perceptivnom koderu osobina maskiranja implementirana je kroz bank filtere koji ulazni audio signal dele na podopsege da bi se u što kvalitetnijoj meri odredili efekti maskiranja.

4. MULTIPLEKSIRANJE

Uvođenjem mrežne organizacije televizijskih programa učinjen je značajan korak napred u eksploataciji zakupljenih frekvencija. Po ugledu na već postojeće mrežne protokole osmišljen je princip multipleksiranja izvornih audio i video tokova TV kanala kao i paralelni prenos sistemskih informacija. Sada se na jednoj talasnoj dužini mogu smestiti više programa (slika 3). Minimalni sastavni delovi jednog programa su jedan video i audio

tok. Opšti naziv koji se vezuje za svaki je elementarni tok tzv. ES (elementary stream).

On se dalje, ponaosob, raščlanjuje u multiplekseru prvog nivoa na PES (Packetized Elementary Stream) pakete promenljivih dužina sa gornjim ograničenjem od 64 kbyte. Sa formiranja PES paketa prelazi se na multipleksiranje elementarnih tokova jednog TV programa. Izlaz je programski tok koji nije robustan na smetnje u prenosnom kanalu pa se umesto jednog toka pri slanju, obuhva više programskih tokovi, koji se multipleksiraju u zajednički tok tzv. MPEG-2 transportni tok (TS -Transport Stream).



Slika 3. Opšti tok organizovanja podataka

Da bi se lakše rešio problem grešaka u saobraćaju, kao i slučaj izgubljenih komponenti, TS se formira od kratkih paketa konstantne dužine od 188 byte. Međutim, ovo nije konačna veličina paketa zbog mera zaštite koje se primenjuju u vidu dodavanja redundanse (viška informacija).

5. MODULACIJA

CODFM (Coded Orthogonal Frequency division Multiplex) je odabran kao najoptimalnija modulaciona tehnika u evropskom sistemu DTV jer se pokazao kao najbolje rešenje za sve smetnje koje trpi emitovani signal.

5.1. Kvadratura amplitudna modulacija (QAM – Quadrature Amplitude Modulation)

Kvadratura amplitudna modulacija (QAM) predstavlja efikasno rešenje u smeru povećanja spektralne efikasnosti pri prenosu podataka relativno visokih bitskih protoka prenosnim kanalima relativno male širine. Ulazni simbol kodovan sa n bita demultipleksira se u vidu kompleksnog simbola na dva paralelna dela, Re i Im deo.

Ovako generisani delovi ne moraju biti nužno binarnog oblika. U skladu sa upotrebljenom QAM simboli će biti M-arni (16 – QAM, M=4, 64 – QAM, M=8). Re simbol se moduliše na nosioca (I(t) signal), dok se Im simbol moduliše na nosioca u kvadraturi (Q(t) signal). Rezultujući QAM signal formira se sabiranjem ovih moduliranih signala. Produkti modulacije predstavljaju se u vidu konstelacije tačaka (vektora) u I-Q ravni (konstelacioni dijagram).

Koristi se Gray-ovo mapiranje koje obezbeđuje da se pri demodulaciji pri pogrešnom izboru između dve susedne konstelacione tačke proizvede samo jedan pogrešan bit. Hijerarhijski način rada omogućava istovremeni prenos sadržaja višeg i nižeg prioriteta.

5.2. OFDM modulacija (Ortogonal Frequency Division Multiplex)

OFDM modulacija predstavlja postupak kojim se generiše i moduliše niz međusobno ortogonalnih nosilaca. Digitalna sekvenca simbola koristi određeni broj nosilaca raspoređenih unutar raspoloživog spektra prenosnog kanala, tako da pojedinačni simbol podataka moduliše odgovarajućeg nosioca zauzimajući relativno mali deo raspoloživog spektra oko nosioca.

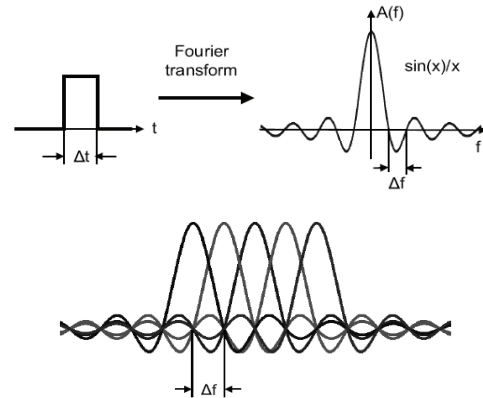
Specifičan oblik spektra OFDM nosioca u vidu funkcije $\sin(x)/x$ (slika 4) i njihova međusobna ortogonalnost u najvećoj meri obezbeđuju maksimalno spektralno iskorišćenje prenosnog kanala.

Primena pravougaone prozor funkcije vremenskog intervala Δt na prosto periodičnog nosioca manifestuje se spektrom nosioca oblika funkcije $\sin(x)/x$ sa maksimumom spektra na učestanosti nosioca i nultim vrednostima u tačkama koje su celobrojni umnošci $1/\Delta t$.

Ortogonalnost OFDM nosilaca podrazumeva da se nosioci međusobno ne ometaju što se postiže jedino ako se maksimum spektra jednog nosioca poklapa sa nulama spektara svih ostalih (slika 4).

Usled eho efekta odnosno prijema višestruke refleksije prijemnog signala, dolazi do izobličenja prijemnog signala. Uvođenjem zaštitnog vremenskog intervala (guard interval) dovoljne dužine koji prethodi aktuelnom OFDM simbolu u koji se ubacuje ciklični prefiks koji predstavlja kopiju krajnjeg dela OFDM simbola na njegov

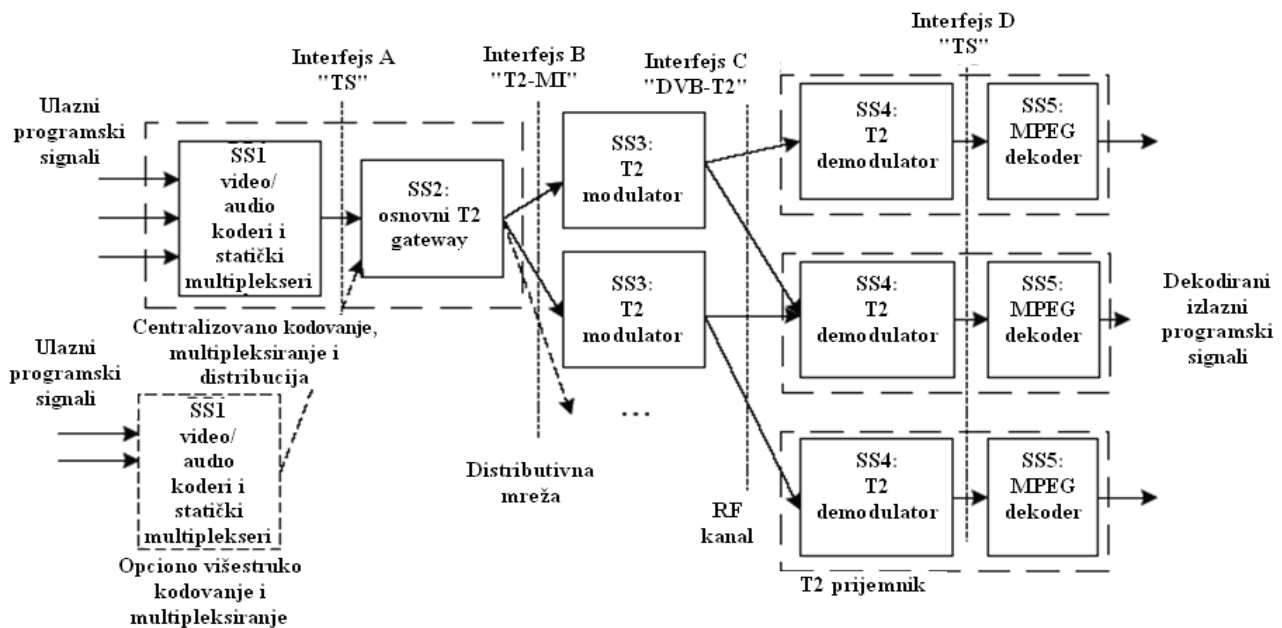
početak u zoni zaštitnog intervala. Ovim se se eliminiše intra simbolska interferencija.



Slika 4. Spektar pravougaonog impulsa i ortogonalnost

6. DVB-T2

DVB-T2 standard nudi mnogo širu lepezu opcija u odnosu na DVB-T. Obuhvata najnovije tehnike kodnih i modulacionih postupaka čime je omogućena visoka spektralna efikasnost za prenos audio, video i servisnih podataka u uslovima stacionarnog, portabl i mobilnog prijema. Prilikom razvoja ove druge generacije standarda vodilo se računa o kompatibilnosti sa postojećim DVB-T standardom. Blok dijagram DVB-T2 lanca prikazan je na slici 5.



Slika 5. Pojednostavljena šema DVB-T2 sistema

U SS1 podsistemu se vrši generisanje MPEG transportnog niza (TS) i/ili generičkog (enkapsuliranog) u doslovnom prevodu hermetički zatvorenog niza (GSE).

Radi postizanja poboljšanja u SFN radu odluke o alokaciji i rasporedu se vrše u sklopu T2 Gateway-a (T2 prolaza). Kao rezultat, svaki modulator u mreži može formirati identičan signal za emitovanje.

DVB-T2 modulatori uzimaju osnovne frejmove (BB) i instrukcije za T2 frejmove sadržane u dolaznom T2-MI

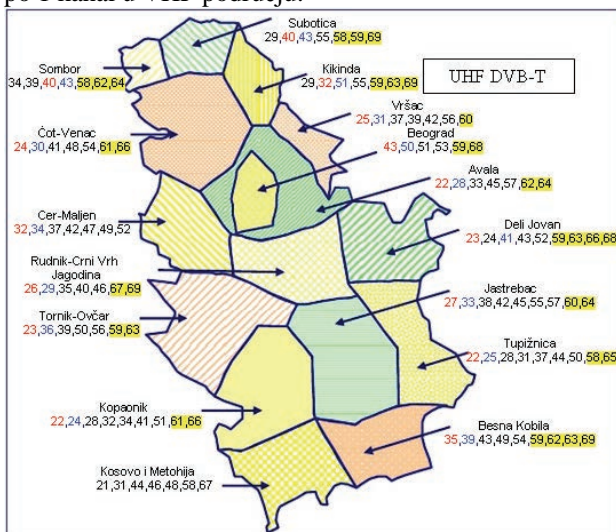
nizu. Na taj način formiraju DVB-T2 frejmove, i emituju ih u odgovarajućem vremenskom intervalu.

Podsistem demodulatora služi za prijem RF signala od jednog ili više predajnika (u SFN mreži) i na svom izlazu daje jedan transportni niz.

Uloga dekodera niza (SS5) podsistema je da prima transportni niz i dekoduje ga na video i audio sadržaj. Ovaj podsistem je esencijalno isti kao za druge DVB standarde.

7. PRELAZAK NA DIGITALNO EMITOVANJE U REPUBLICI SRBIJI

Tokom juna 2009. godine na predlog resornog ministarstva Vlada Republike Srbije usvojila je Strategiju za prelazak sa analognog na digitalno emitovanje radio i televizijskog programa u Republici Srbiji. Utvrđen je termin sreda, 4. april 2012. godine, kao datum potpunog prelaska svih emitera sa analogne na digitalnu televiziju. Mada, je sad već potpuno jasno da se to neće dogoditi 2012. god. Odluku o standardima u oblasti digitalne radiodifuzije Srbija je donela imajući u vidu razvoj i stalna poboljšanja DVB/DAB sistema i oslanjajući se na iskustva Evropskih država koje već nekoliko godina vrše digitalno emitovanje. Srbija se ambiciozno opredelila za implementaciju najnovijeg DVB-T2 standarda, kao i MPEG-4.10 (H.264/AVC) standarda kompresije. Terestrički digitalni servisi se mogu planirati na dva načina: dodeljivanjem frekvencija/kanala (*assignment*) ili raspodelom zona (*allotment*). U slučaju Republike Srbije teritorija je podeljena na 15 allotment-a u UHF području (slika 6), dodajući na to da šire područje glavnog grada predstavlja posebnu zonu raspodele (sub-allotment), dok u slučaju VHF opsega podela je izvršena na 9 allotment-a, uz dodatni beogradski sub-allotment. Unutar svake od ovih zona raspodele definisan je određen broj TV kanala za digitalno emitovanje, pa je tako predviđeno po 7 kanala u UHF području (za beogradski sub-allotment 6 kanala) i po 1 kanal u VHF području.



Slika 6. Zone raspodele za DVB-T sa ostvarenim kanalima u UHF opsegu

8. ZAKLJUČAK

Novo poglavlje u svetskoj tehnološkoj istoriji otvara se danas sa sistemom digitalne televizije i HDTV slikom visoke rezolucije. Inteligentnije iskorišćenje propusnog opsega koji će sada na samo jednoj frekvenciji moći da prenese više kanala, smiri će većite probleme oko zakupljivanja frekvencijskih podopsega i pružiti mogućnost podjednagog rivalstva između TV stanica jer će imati priliku da se pojave na tržištu medija. Jedan od glavnih faktora koji će na području Srbije usporiti čitav proces svakako je nizak ekonomski standard jer najpre

sve TV stanice moraju da izmene u potpunosti svoju opremu da bi obezbedili kvalitetan snimak i njegovo slanje. No, kada nastupi potpuni prelaz na digitalni način emisije i prijema uz nov način obrade signala, svi će uživati u deset puta boljem kvalitetu TV programa nego ranije (barem što se tiče tehničke strane) uz prenos koji je neuporedivo otporniji na smetnje uz odsustvo slabog prijema.

9. LITERATURA

- [1] Ulrich Reimers, "Digital Video Broadcasting (DVB)", The International Standard for Digital Television, December 1998.
- [2] S.O'Leary, *Understanding Digital Terrestrial Broadcasting*, Artech House, London, 2000.
- [3] W.Fischer, *Digital Video and Audio Broadcasting Technology*, Springer-Verlag, Berlin, 2008.
- [4] H. Benoit, *Digital Television; Satellite, Cable, Terrestrial, IPTV, Mobile TV in the DVB Framework*, Elsevier, 2008.
- [5] D.Marković, "Terestrička Digitalna Televizija", materijal u pripremi, Beograd, 2011.
- [6] Walter Fischer, "Digital Video and Audio Broadcasting Technology", Springer, August 2009.
- [7] S.Maksimović-Moičević, "Analiza Primene Jednofrekvencijskih Mreža U Digitalnoj Distribuciji TV Signala", magistarski rad, Novi Sad, 2011.
- [8] Ž.Trpovski, "Digitalna Televizija", materijal sa predavanja, Novi Sad, 2009.
- [9] MTID, "Strategija prelaska sa analognog na digitalno emitovanje radio i televizijskih programa u Republici Srbiji", *Službeni glasnik RS*, br. 52/09.
- [10] Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television, ETSI EN 300 744 v1.6.1 (2009-01)
- [11] Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for DVB terrestrial services; Transmission aspects, TR 101 190 v1.1.1 (1997-12)

Kratka biografija:

Aleksandar Novaković rođen je u Novom Sadu 1983. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva –Telekomunikacije odbranio je 2011. god.

Željens Trpovski rođen je u Rijeci 1957. god. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 1998. god. Od 2004. god ima zvanje vanrednog profesora.

KLASIFIKACIJA ISPRAVNOSTI KOTRLJAJUĆIH LEŽAJA MOTORA I ŠIPKI ROTORA PRIMENOM PCA I LDA ALGORITMA**CLASSIFICATION OF HEALTHY AND UNHEALTHY MOTOR BEARING WEARS AND ROTOR BARS BY USING PCA AND LDA ALGORITHM**

Siniša Đoković, Zoran Jeličić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – Predmet rada je klasifikacija ispravnosti motornih ležaja i šipki rotora. Prvo su vršenja merenja signala vibracija akcelerometrima u realnim industrijskim postrojenjima, da bi zatim bilo izdvojena obeležja od koristi za dalju klasifikaciju. Na ovaj način su dobijeni visokodimenzioni vektori obeležja, koji su redukovani na manji broj dimenzija primenom PCA algoritma. Primenom PCA redukujemo naš problem na dvodimenzionalni ili trodimenzionalni problem jer njih možemo fizički prikazati. Potom primenjujemo LDA algoritam da bi klasifikovali podatke.

Abstract – The subject of this paper is a classification weather motor bearing wears and rotor bars are healthy or not. Firstly, some measurements of vibration signals were acquired with accelerometers in real industrial environment. Afterwards, extraction of adequate features was performed. In this way, highly dimensional sets of features were acquired, and therefore PCA technique for data dimensionality reduction was used. By applying PCA technique problem was reduced to either two dimensional or three dimensional problem, because of the ease of physical representation. Afterwards, a LDA algorithm for data classification was performed.

Ključne reči: Izdvajanje obeležja, LDA, PCA

1. UVOD

U ovom radu će biti predstavljena analiza dve vrste kvarova koji se javljaju na asinhronim motorima i veoma su značajni u smislu uštede bilo koje vrste resursa. Da bi se ti kvarovi detektovali i izanalizirali potrebno je snimiti neke vrste signala sa elemenata motora koje posmatramo. Metode za detekciju kvarova i praćenje stanja sistema su najčešće bazirane na analizi signala struje, vibracija i zvuka [1-3], merenju elektromagnetnog momenta [4], delimičnog pražnjenja [5] i slično. Prva vrsta kvarova koja će biti posmatrana je vezana za kuglične ležajeve, koji su uz zupčanike glavna komponenta rotacionog kretanja mašina. Druga vrsta kvarova koja će biti razmatrana u ovom radu je takođe vezana za asinhronne elektromotore. Konkretno biće razmatrano stanje šipke rotora (da li je prekinuta ili ne) na osnovu signala vibracija dobijenih sa akcelerometra. Na ovaj način se dobijaju signali vibracija u sirovom obliku.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Zoran Jeličić, vanr. prof.

Kada se ovi podaci poseduju njih je potrebno na neki način obraditi i izanalizirati. Upravo takva vrsta obrade i analize podataka predstavlja pripremu podataka za budući proces klasifikacije ležajeva na ispravne i neispravne. Snimljeni signali vibracija se posmatraju u vremenskom i frekventnom domenu i na osnovu njih se dobijaju određena obeležja. Broj obeležja koje posmatramo predstavlja broj dimenzija problema koji rešavamo u procesu klasifikacije. Iz razloga što je komplikovano zamisliti, a kamoli i fizički predstaviti sisteme sa više od tri dimenzije, potrebno je pristupiti procesu redukovanja dimenzionalnosti posmatranog problema. Tome služe razne statističke metode, među kojima se zbog svoje jednostavnosti izdvaja analiza glavnih komponenti (*Principal Component Analysis – PCA*) koja je i korišćena u ovu svrhu u ovom radu.

Nakon procesa redukcije dimenzionalnosti potrebno je na neki način izvršiti klasifikaciju podataka. Među metodama koje služe za klasifikaciju podataka u bilo kom obliku ističu se razne metode veštačke inteligencije uključujući veštačke neuronske mreže, *support vector machines (SVM)*, genetske algoritme i druge. Međutim, zbog svoje jednostavnosti izvođenja i rezultata dobijenih u praksi, koji se najblaže rečeno mogu porediti, u smislu reda veličine, sa mnogo komplikovanim metodama, izdvaja se analiza linearnih diskriminatora (LDA).

2. SISTEM ZA ODREĐIVANJE ISPRAVNOSTI ELEMENATA ASINHRONOG MOTORA

Ceo postupak određivanja ispravnosti elemenata asinhronog elektromotora može da se podeli u nekoliko etapa. Prvo je potrebno prikupiti podatke od interesa, zatim obraditi te podatke, te odrediti vektor obeležja za dati problem, da bi se potom prešlo na rešavanje problema redukcije dimezionalnosti i na kraju pristupiti klasifikaciji posmatranog problema.

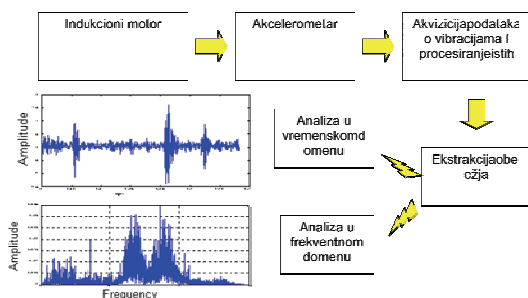
Iako akvizicija podataka i digitalna obrada snimljenih signala predstavljaju neizostavne elemente u rešavanju problema ispravnosti elemenata asinhronog motora, one neće biti razmatrane u ovom radu. Detaljniji opis ove dve faza može se pronaći u radu [6].

.Na slici 1 je dat šematski prikaz u formi algoritma kako se rešavaju ovakvi problem i problemi slične prirode.



Slika 1 Algoritam za analizu stanja mehaničkih elemenata indukcionih motora

Iako je svaka od etapa algoritma za klasifikaciju stanja elemenata asinhronog elektromotora od jednako značaja, u ovom radu je dat akcenat specijalno na problem redukcije dimenzionalnosti i klasifikacije, a u manjoj meri na problem izdvajanja obeležja.



Slika 2 Šematski postupak analize signala vibracija

3. METOD ZA REDUKCIJU DIMENZIONALNOSTI PROSTORA – ANALIZA GLAVNIH KOMPONENTI – PCA (PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS)

Principal Component Analysis - PCA je statistička tehnika kojom se početni skup promenljivih linearno transformiše u znatno manji skup nekorelisanih promenljivih koji sadrži većinu korisnih informacija iz originalnog skupa.

3.1. POSTUPAK ODREĐIVANJA GLAVNIH KOMPONENTI

Razmotrimo linearnu kombinaciju:

$$y_1 = \sum_{i=1}^n w_{i1} x_{ij} = \mathbf{w}_1^T \mathbf{x}_j, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

gde su $w_{11}, w_{12}, \dots, w_{1n}$ skalarni koeficijenti ili težine n -dimenzionalnog vektora \mathbf{w}_1 , a \mathbf{w}_1^T označava transpoziciju vektora \mathbf{w}_1 . Član y_1 se naziva prva glavna komponenta ukoliko je varijansa vektora y_1 maksimalna. Kako varijansa zavisi od norme i orijentacije težinskog vektora \mathbf{w}_1^T i raste sa porastom vrednosti norme, uvodimo ograničenje da je norma vektora \mathbf{w}_1^T konstantna. U praksi se najčešće usvaja da je $\|\mathbf{w}_1\| = 1$. Tražimo vektor \mathbf{w}_1 koji maksimizuje sledeću funkciju cilja:

$$J_1^{PCA}(\mathbf{w}_1) = E(y_1^2) = E((\mathbf{w}_1^T \mathbf{x})^2) = \mathbf{w}_1^T E(\mathbf{x}\mathbf{x}^T) \mathbf{w}_1 = \mathbf{w}_1^T \mathbf{C}_x \mathbf{w}_1 \quad (2)$$

uz ograničenje da je $\|\mathbf{w}_1\| = 1$. Matrica \mathbf{C}_x je kovarijansna matrica dimenzija $n \times n$.

Rešenje ovog optimizacionog problema daje se u formi svojstvenih vektora matrice \mathbf{C}_x . Matrica \mathbf{C}_x je simetrična. Svojstveni vektori ove matrice su međusobno ortogonalni, što je svojstvo koje obezbeđuje izdvajanje nekorelisanih signala. Redosled svojstvenih vektora je takav da odgovarajuće svojstvene vrednosti zadovoljavaju nejednakost: $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_n$, tj. poredane su u opadajućem redosledu. Najveća svojstvena vrednost odgovara najvećoj varijansi, a odgovarajući svojstveni vektor određuje pravac u prostoru sa maksimalnom vrednošću varijanse. Najveći deo varijabilnosti ulaznih podataka sadržan je u prvom svojstvenom vektoru. Svaki svojstveni vektor izdvaja tačno jednu kompozitnu promenljivu (signal) ili glavnu komponentu iz originalnog seta podataka. Tako vektor koji odgovara najvećoj svojstvenoj vrednosti kovarijansne matrice izdvaja prvu glavnu komponentu i predstavlja rešenje koje maksimizuje kriterijumsku funkciju navedenu jednačinom (2). Prva glavna komponenta data je izrazom:

$$y_1 = \mathbf{e}_1^T \mathbf{x} \quad (3)$$

gde \mathbf{e}_1 označava svojstveni vektor koji odgovara maksimalnoj svojstvenoj vrednosti. Kriterijum se može uopštiti na m glavnih komponenti, pri čemu je $1 \leq m \leq n$.

Ako m -tu glavnu komponentu označimo sa $y_m = \mathbf{w}_m^T \mathbf{x}$, pri čemu je \mathbf{w}_m odgovarajući težinski vektor jedinične norme, varijansa promenljive y_m se maksimizuje pod ograničenjem da je komponenta y_m nekorelisana sa svim prethodno određenim glavnim komponentama.

Tako za drugu glavnu komponentu, pored ograničenja da $\mathbf{w}_2^T \mathbf{w}_2 = 1$, postoji uslov da je $\text{cov}(y_1, y_2) = 0$.

$$\text{cov}(y_1, y_2) = \mathbf{w}_2^T \mathbf{C}_x \mathbf{w}_1 = d \mathbf{w}_2^T \mathbf{e}_1 = 0 \quad (4)$$

jer je već poznato da je $\mathbf{w}_1 = \mathbf{e}_1$. Traži se maksimalna varijansa u podprostoru ortogonalnom na prvi svojstveni vektor matrice \mathbf{C}_x . Rešenje je dato sa:

$$\mathbf{w}_2 = \mathbf{e}_2 \quad (5)$$

pri čemu je \mathbf{e}_2 svojstveni vektor kovarijansne matrice čije je svojstvena vrednost druga najveća po redu. Rekursivnim postupkom, dolazi se do k -tog težinskog vektora:

$$\mathbf{w}_k = \mathbf{e}_k \quad (6)$$

pa je k -ta glavna komponenta data sa $y_k = \mathbf{e}_k^T \mathbf{x}$.

Kao što se iz prethodnog postupka može ustanoviti PCA se zasniva na dekompoziciji kovarijansne matrice ulaznih podataka. Kovarijansna matrica ulaznog signala je data sa $\text{cov}(\mathbf{X}) = E(\mathbf{x}\mathbf{x}^T)$. Osnovi postupak PCA transformacije ulazne matrice \mathbf{X} može se opisati sledećim nizom aktivnosti:

- Centriranje podataka oduzimanjem aritmetičke sredine,

- Proračun kovarijanske matrice C ,
- Izračunavanje svojstvenih vrednosti i svojstvenih vektora kovarijanske matrice C ,
- Projektovanje originalnih podataka u prostor svojstvenih vektora ($Y = W^T X$).

4. ANALIZA LINEARNIH KLSIFIKATORA – LDA (LINEAR CLASSIFICATOR ANALYSIS)

LDA predstavlja klasičnu metodu koja se koristi u statistici i namenjena je da pronađe linearnu kombinaciju karakteristika koje opisuju dve ili više klasa objekata. Ova linearna kombinacija karakteristika može da bude korišćena kao linearni klasifikator ili kao metoda za redukciju dimenzionalnosti pre klasifikacije.

Osnovni cilj LDA metode je da izvrši redukciju dimenzionalnosti polaznog skupa podataka, a da se pri tome klasna diskriminatorska informacija očuva u što većoj meri. Pretpostavite da imamo skup d -dimenzionalnih uzoraka (x_1, x_2, \dots, x_N) , $x_i \in R^d$, pri čemu n_1 uzoraka pripada klasi ω_1 , a n_2 uzoraka klasi ω_2 . LDA je tehnika linearne projekcije. Težimo da dobijemo skalarnu vrednost y projektovanjem uzorka x_i na liniju. Od svih mogućih pravaca najpodesniji je onaj kod koga su projekcije uzoraka maksimalno međusobno udaljene

Kako bi se pronašao dobar vektor projekcije, potrebno je definisati meru razdvojenosti projektovanih vrednosti. Jedna prirodna mera razdvojenosti projektovanih tačaka y_i je apsolutna vrednost razlike njihovih srednjih vrednosti. Srednja vrednost zadatih uzoraka definisana je izrazom:

$$\mu_i = \frac{1}{N_i} \sum_{x \in \omega_i} x \quad (7)$$

dok je srednja vrednost projektovanih tačaka data sa:

$$\tilde{\mu}_i = \frac{1}{N_i} \sum_{y \in \omega_i} y = \frac{1}{N_i} \sum_{y \in \omega_i} w^T x = w^T \mu_i \quad (8)$$

Rešenje koje je predložio Fišer[7] je da se maksimizuje funkcija koja predstavlja razliku srednjih vrednosti projektovanih uzoraka normalizovanu merom unutarklasnog rasejanja. Za svaku klasu definišemo rasejanje, kao meru standardne devijacije:

$$\tilde{s}_i = \sum_{y \in \omega_i} (y - \tilde{\mu}_i)^2 \quad (9)$$

Linearna diskriminanta definiše se kao linearna funkcija koja maksimizuje kriterijum optimalnosti:

$$J(w) = \frac{|\tilde{\mu}_1 - \tilde{\mu}_2|^2}{\tilde{s}_1^2 + \tilde{s}_2^2} \quad (10)$$

Veličina $\tilde{s}_1^2 + \tilde{s}_2^2$ je ukupno unutarklasno rasejanje. Kako bismo pronašli optimalno w potrebno je izraziti kriterijumsku funkciju $J(w)$ kao eksplicitnu funkciju od w . Rešavanje problema svojstvene vrednosti vodi sledećem rešenju:

$$w^* = S_w^{-1}(\mu_1 - \mu_2) \quad (11)$$

Dobijeni izraz za vektor w određuje linearnu funkciju koja maksimizuje odnos između udaljenosti srednjih vrednosti projektovanih uzoraka i rasejanja unutar klasa.

U ovom slučaju se za meru pripadnosti nekoj od klasa koristi informacija sa koje strane hiperravni se nalazi posmatrani element.

Takođe je moguće, kada je pronađena odgovarajuća transformacija (u slučaju kada se problem LDA posmatra kroz statističku prizmu), koristiti Euklidsko rastojanje ili rastojanje u smislu RMS-a da bi se klasifikovale tačke. Ono Euklidsko rastojanje koje je najmanje govori o tome koja tačka pripada kojem skupu.

5. ANALIZA KONKRETNIH PROBLEMA

U radu su kao što je već spomenuto razmatrane dve vrste problema. Vršena su merenja za dva različita tipa grešaka na induktivnim motorima. Prva vrsta grešaka koju je bilo potrebno analizirati se odnosi na grešku u kotrljajućim ležajevima u motoru, a druga na stanje šipke rotora.

Snimani su signali sa različitih motora za svaki problem posebno. Za svaki problem je korišćena ista instrumentacija u vidu dva akcelerometra poređana radijalno (90°) jedan u odnosu na drugi, zatim su ta merenja prikupljena preko akvizicione kartice i obrađena u namenskom softveru za digitalnu obradu signala. Više reči o ovome je bilo u odeljku 2.1.

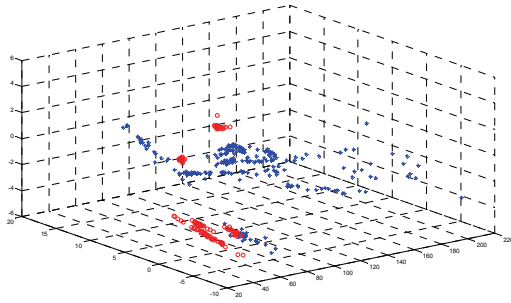
Za problem dijagnostikovanja grešaka kotrljajućeg ležaja snimljeno je 196 signala sa ležajeva, uključujući 66 ispravnih (44 nova i 22 već upotrebljavana) i 130 neispravnih ležajeva. Svako snimanje je obavljeno u periodu od 10 sekundi sa frekvencijom odabiranja od 96 kHz sa dva radijalno postavljena senzora.

Za problem dijagnostikovanja šipke rotora snimljeno ukupno 66 parova signala (radijalne i aksijalne vibracije), po 33 para za ispravan i neispravan rotor. Frekvencija odabiranja signala bila je 10 kHz, a svako snimanje trajalo je 10 sekundi.

Što se tiče problema kotrljajućih ležaja, prikupljeno je 18 karakteristika, 9 u vremenskom domenu, 9 u frekventnom domenu. Što se tiče problema šipke rotora posmatano je 16 karakteristika. Za svaki od snimljenih parova signala određena su karakteristična obeležja u vremenskom i frekvencijskom domenu. U vremenskom domenu računata su sledeća statistička obeležja: srednja vrednost (*mean*), efektivna vrednost (*root mean square*), faktor oblika (*Shape factor*), faktor iskrivljenja (*skewness*), faktor spljoštenosti (*kurtosis*), *Crest* faktor [3]. U frekventnom domenu, karakteristična obeležja predstavljaju sumu vrednosti amplitude spektra signala oko karakterističnih frekvencija prvih bočnih opsega[3].

6. REZULTATI

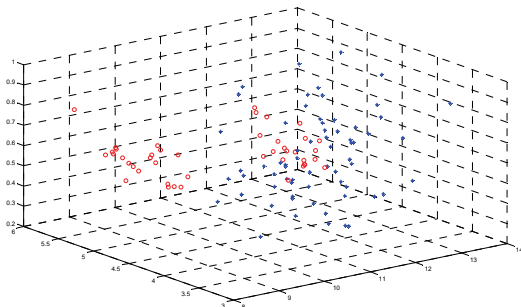
Posmatran je problem gde je formirana matrica 18×392 gde su 260 elemenata oštećeni ležaji, a 132 elementa neoštećeni ležaji. Obavljeno je unakrsno ispitivanje (*cross validation*) 5 puta, da bi se pokazalo da na različite test skupove mogu dobiti zadovoljavajući rezultati. Na slikama su prikazani odgovarajući rezultati.



Slika 3 Skup za obuku posle primene PCA algoritma i redukcije dimenzionalnosti na 3 dimenzije: crvenim označeni ispravni, a plavim neispravni ležaji.

Unakrsno ispitivanje	1.	2.	3.	4.	5.	Prosek %
Procenat klasifikacije	100	95.31	89.06	95.31	90.63	94.06

Tabela 1 Procenat uspešne klasifikacije za slučaj 3-D problema kotrljajućeg ležaja



Slika 4. Skup za obuku posle primene PCA algoritma i redukcije dimenzionalnosti na 3 dimenzije (slučaj 2. unakrsnog ispitivanja): crvenim označeni ispravne, a plavim slomljene šipke.

Unakrsno ispitivanje	1.	2.	3.	4.	5.	Prosek %
Procenat klasifikacije	95.31	100	100	95.31	96.71	97.46

Tabela 2 Procenat uspešne klasifikacije za slučaj 3-D problema šipke rotora

7. ZAKLJUČAK

Može se primetiti da je pri redukciji problema u slučaju kotrljajućih ležaja motora za trodimenzionalni problem dobijen sasvim zadovoljavajući stepen klasifikacije od oko 94%, dok je za dvodimenzionalni problem stepen klasifikacije opao na oko 80% što govori da je redukcija dimenzionalnosti uzela u obzir i neke podatke koji su bili neredundantni.

Što se tiče problema detektovanja stanja šipke rotora, rezultati koji su dobijeni su neuporedivo bolji od onih dobijenih za kotrljajuće ležaje. U trodimenzionalnom slučaju dobijeni zadovoljavajući rezultati pri klasifikaciji ispravnih i neispravnih šipki rotora. Za svaki od 5 različitih slučajeva unakrsnog ukrštanja dobijeno je preko 95% uspešne klasifikacije. U dvodimenzionalnom slučaju rezultati su nešto slabiji (oko 92% u proseku), najverovatnije zato što se neki relevantni podaci gube usled prevelikog smanjenja broja dimenzija problema.

8. LITERATURA

- [1] Thomson, W. T., & Fenger, M. "Current signature analysis to detect induction motor faults", *IEEE Transactions on Industry Applications*, 7, 26–34, 2001.
- [2] Tandon N., Choudhury A. "A review of vibration and acoustic measurement methods for the detection of defects in rolling element bearings", *Tribology International*, 32, 469-480, 1999.
- [3] Štanić, P., Latinović, I., Đurović, Ž. "A new approach to detection of defects in rolling element bearings based on statistical pattern recognition", *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 45, 91-100, 2009.
- [4] Thollon, F., Jammal, A., & Grellet, G. "Asynchronous motor cage fault detection through electromagnetic torque measurement", *European Transactions on Electrical Power*, 3, 375–378, 1993.
- [5] Stone, G. C., Sedding, H. G., & Costello, M. J. "Application of partial discharge testing to motor and generator stator winding maintenance", *IEEE Transactions on Industry Application*, 32, 459–464, 1996.
- [6] Widodo Achmad, Yang Bo-Suk, Han Tian (2007). Combination of independent component analysis and support vector machines for intelligent faults diagnosis of induction motors. Science Direct, *Expert Systems with Applications*, 32, 299-312
- [7] Krzysztof J. Cios, Witold Pedrycz, Roman W. Swiniarski, Lukasz Andrzej Kurgan, "DataMining: A Knowledge Discovery Approach", Springer (2007)

Kratka biografija:

Siniša Đoković rođen je u Novom Sadu 1971 godine. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnika i računarstvo – Automatika i upravljanje sistemima odbranio je 2011. god

OPENID I INTEGRACIJA U JAVA – BAZIRANE WEB APLIKACIJE**OPENID AND ITS INTEGRATION IN JAVA BASED WEB APPLICATIONS**

Žarko Jovičić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu izvršena je analiza *OpenID* protokola i dat je opis implementiranog modula koji omogućava integraciju protokola u *Alfresco Enterprise Content Management* sistem kao reprezentativnu Java-baziranu web aplikaciju. Modul obezbeđuje *Relying Party* funkcionalnost predviđenu protokolom.

Abstract – *This work analyzes OpenID protocol and describes implemented module that provides protocol integration into the Alfresco Enterprise Content Management system as representative Java-based web application. This module provides the Relying Party functionality foreseen by protocol.*

Ključne reči: *OpenID, Alfresco, integracija, autentifikacija*

1. UVOD

Upravljanje identitetom je jedno od najznačajnijih polja u domenu kontrole pristupa informacijama. Ono predstavlja sastavni deo mehanizma kontrole pristupa bez obzira na oblast primene softvera. Upravljanje digitalnim identitetima tipično se obavlja na aplikativnom nivou ili na nivou operativnog sistema.

OpenID omogućava korisnicima da koriste postojeći nalog za pristup velikom broju web sajtova, a pri tome da ne moraju da kreiraju nove lozinke.

OpenID autentifikacija obezbeđuje način da korisnik dokaže da kontroliše identifikator koji može biti URL (Uniform Resource Locator), URI (Uniform Resource Identifier) ili XRI (Extensible Resource Identifier). To obavlja na takav način da nije potrebno da korisnik unese svoju lozinku ili neku drugu osetljivu informaciju.

Neke od prednosti *OpenID* protokola su:

- Uvećanje stope registrovanih korisnika
- Pristup korisničkom profilu sa velikom količinom podataka
- Umanjuje se briga i troškovi za pronalaženje izgubljene lozinke
- Sajt se povezuje na društvenu mrežu

2. OPENID SPECIFIKACIJA**2.1. Terminologija**

Identifikator je HTTP/HTTPS URI ili XRI.

Korisnički agent je web čitač krajnjeg korisnika koji implementira HTTP/1.1 standard.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Branko Milosavljević, red.prof.

Relying Party (RP) je web aplikacija koja traži dokaz da krajnji korisnik kontroliše identifikator.

OpenID provajder (OP) je server za proveru identiteta na čiju potvrdu da krajnji korisnik kontroliše identifikator se *Relying Party* oslanja.

OP URL krajnje tačke je URL koji prihvata poruke protokola, obično dobijen tako što je obavljen proces pronalaženja nad identifikatorom dobijenom od korisnika.

OP identifikator je identifikator *OpenID* provajdera.

Tvrđeni identifikator je identifikator za koji krajnji korisnik tvrdi da ga poseduje. Opšti cilj protokola je verifikacija ove tvrdnje.

OP lokalni identifikator je alternativni identifikator za krajnjeg korisnika koji je lokalni za određenog *OpenID* provajdera i samim tim nije obavezno pod kontrolom krajnjeg korisnika.

2.2. Opšte informacije

OpenID proveru identiteta obezbeđuje metod dokazivanja da krajnji korisnik kontroliše identifikator i to radi na način takav da *Relying Party* strani nije potreban pristup osetljivim informacijama krajnjeg korisnika kao što su korisničko ime i lozinka ili email adresa.

OpenID je decentralizovan. Ne postoji centralno telo koje mora odobriti ili registrovati *Relying Party* ili *OpenID* provajdere. Krajnji korisnik može slobodno izabrati kog *OpenID* provajdera da koristi i može zadržati njihov identifikator, ako pređe kod drugog *OpenID* provajdera.

Iako ništa u protokolu ne zahteva korišćenje *JavaScript* jezika ili modernih web čitača (*browser*), proveru verodostojnosti se odlično izvršava u *AJAX (Asynchronous JavaScript and XML)* okruženjima. To znači da krajnji korisnik može dokazati svoj identitet bez potrebe napuštanja web strane na kojoj se trenutno nalazi.

OpenID proveru identiteta koristi jedino standardne HTTP i HTTPS [1, 2] zahteve i odgovore, tako da ne zahteva bilo kakve specijalne mogućnosti klijentskog softvera. *OpenID* nije vezan za upotrebu cookie podataka ili bilo kojih drugih mehanizama *Relying Party* ili *OpenID* provajdera koji upravljaju sesijom. Proširenja korisničkih agenata mogu pojednostaviti interakciju krajnjeg korisnika mada ona nisu potrebna da bi se koristio protokol.

Razmena informacija o profilu krajnjeg korisnika ili razmena drugih informacija može biti obrađena kroz različite servise objedinjene u framework i izgrađene na temeljima ovog protokola. *OpenID* proveru identiteta je dizajnirana da omogući osnovni servis za korišćenje portabilnih, korisnički okrenutih, digitalnih identiteta na slobodan i decentralizovan način.

2.3. Pregled protokola

Krajnji korisnik inicira proveru identiteta tako što predstavi *User-Supplied* identifikator *Relying Party* aplikaciji korišćenjem korisničkog agenta.

Nakon normalizacije *User-Supplied* identifikatora, *Relying Party* počinje proces istraživanja na njemu i utvrđuje OP URL krajnje tačke koji krajnji korisnik koristi za autentifikaciju. Ovde treba da bude pomenuto da *User-Supplied* identifikator može da bude OP identifikator koji dozvoljava odabir tvrdjenog identifikatora na OP-u ili dozvoljava da se protokol nastavi bez tvrdjenog identifikatora ako se nešto korisno izvršava preko proširenja protokola.

(opciono) *Relying Party* i OP uspostavljaju asocijaciju – deljenu tajnu kreiranu korišćenjem *Diffie-Hellman* protokola za razmenu ključeva. OP koristi uspostavljenu asocijaciju da potpiše naredne poruke, a *Relying Party* je koristi da verifikuje te iste poruke. Ovo uklanja potrebu za naknadnim direktnim zahtevima za verifikaciju potpisa posle svakog autentifikacionog zahteva/odgovora.

Relying Party preusmerava korisničkog agenta krajnjeg korisnika ka OP-u sa *OpenID* autentifikacionim zahtevom.

OP ustanovljava da li je krajnji korisnik autorizovan da izvrši *OpenID* autentifikaciju i da li želi da uradi to. Način na koji krajnji korisnik vrši autentifikaciju na OP-u i sva pravila oko te autentifikacije nisu predmet ove specifikacije.

OP preusmerava korisničkog agenta krajnjeg korisnika ka *Relying Party* aplikaciji sa potvrdom da je autentifikacija odobrena ili porukom da autentifikacija nije uspeła.

Relying Party verifikuje informacije primljene od OP-a uljučujući provere povratnog URL-a, otkrivenih informacija kao i potpisa korišćenjem deljenog ključa uspostavljenog prilikom asocijacije ili slanjem direktnog zahteva OP-u.

3. ALFRESCO

Alferesco je proizvod za ECM (Enterprise Content Management) što znači da obuhvata različite tehnologije usmerene ka upravljanju sledećim sadržajima: dokumentima, *web* sadržajima, digitalnim vrednostima, zapisima kao i snimanje.

3.1. Arhitektura

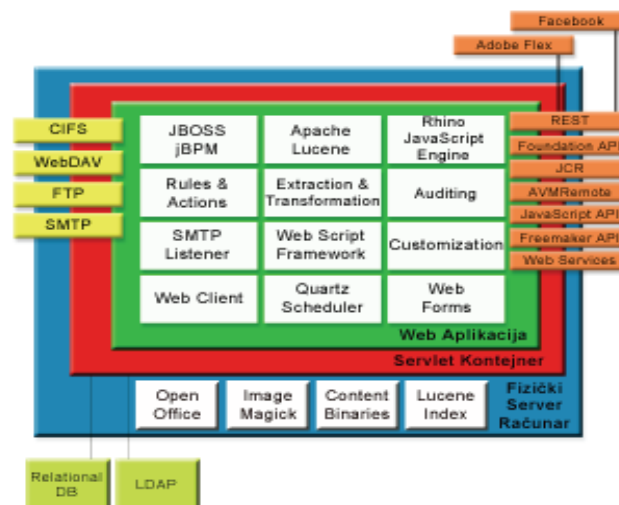
Na slici 1 je prikazana arhitektura Alfresco sistema na osnovu koje se može videti da:

- Postoji nekoliko načina da se sadržaj unese ili uzme iz repozitorijuma bilo da se koriste protokoli ili interfejsi za programiranje.
- Alfresco se izvršava kao *web* aplikacija u okviru servlet kontejnera.
- Prilagođavanja (*customizations*) se izvršavaju kao deo Alfresco *web* aplikacije.
- Meta podaci su smešteni u bazu podataka dok fajlovi koji predstavljaju sadržaj su na fajl sistemu.

3.2. Komponente otvorenog koda

Jedan od glavnih razloga zbog koga je Alfresco dosta brzo izrastao u pouzdan proizvod je taj što razvoj Alfresco aplikacije nije počeo od nule već su korišćene mnoge do tada već dokazane komponente otvorenog koda. Ovim ne samo da je skraćeno vreme razvoja već je i

dobijen mnogo standardniji proizvod. Programerima koji su novi u Alfresco razvoju mnogo je lakše i isplativije da nauče standardne komponente nego da uče komponente koje su vlasništvo jedne kompanije.



Slika 1. Arhitektura Alfresco sistema [3]

3.3. Podržani standardi i protokoli

Za svaki projekat otvorenog koda ima više smisla da implementira postojeće standarde nego da kreira sopstvene. Na taj način promoviše moguću saradnju sa drugim projektima otvorenog koda kao i glavnu ideju otvorenog koda – slobodu izbora. Neki od značajnijih standarda i protokola koje Alfresco implementira su: FTP, WebDAV, CIFS, JCR API, Portlet API, SOAP, OpenSearch, Xforms, XML Schema, XSLT, XSL:FO i LDAP.

3.4. Osnovno prilagođavanje

Ogroman broj izmena u Alfresco aplikaciji je moguće odraditi bez i jedne napisane linije koda. Pojedine izmene može vršiti i krajnji korisnik iz web klijenta dok druge zahtevaju izmene u konfiguracionim fajlovima. Neka od mogućih prilagođavanja su: *dashlets*, prilagođeni izgled strana, pravila i akcije kao i jednostavan *workflow*.

3.5. Napredno prilagođavanje

Napredno prilagođavanje obično podrazumeva pisanje koda i ovde su nevedeni neki primeri najčešćih izmena:

- Proširivanje modela podataka – novi meta podaci i nove veze među tipovima podataka.
- Automatske operacije nad sadržajem – na više mesta se može dodati logika ili izvršiti automatska akcija u cilju boljeg rukovanja sadržajem.
- Prilagođavanje web klijenta – dodavanje novih stavki u menijima, redefinisane podrazumevanih komponenti kao i zamena celih strana.
- Kreiranje REST API-ja – zahvaljujući *Web Script framework*-u, dodatkom na Alfresco arhitekturu, moguć je razvoj sopstvenih REST API-ja ka repozitorijumu.
- Napredni workflow – omogućuje automatizaciju kompleksnih poslovnih procesa i izvršava se uz pomoć ugrađenog Jboss jBPM-a.
- Integracija sa drugim sistemima – reprezentativni primeri za to su kada je potrebno da se autentifikacija u Alfresco aplikaciji vrši uz

pomoć LDAP direktorijuma ili kada je potrebno da deli sadržaj sa nekom drugom aplikacijom. Tema ovog rada je baš ovaj tip prilagođavanja gde je Alfresco povezan sa web aplikacijama koje imaju ulogu provajdera u *OpenID* protokolu.

4. IMPLEMENTACIJA

OpenID je integrisan u Alfresco aplikaciju tako da ona ima *Relying Party* ulogu u protokolu. Drugim rečima autentifikacioni podsistem Alfresco-a je proširen tako da sada podržava i *OpenID* autentifikaciju. Krajnji korisnik koji pokušava da se prijavi na Alfresco sistem, mora da dokaže da kontroliše uneti identifikator kako bi mogao uspešno da prođe autentifikaciju. Proces dokazivanja kontrole identifikatora je automatizovan prilagođenim izgledom početne strane za autentifikaciju (*Login page*) kao i dodatnim autentifikacionim filterom kojim je *OpenID* protokol integrisan sa Alfresco-m. U implementaciji je korišćena *OpenID4Java* biblioteka otvorenog koda koja implementira *OpenID* protokol u Java programskom jeziku.

4.1. OpenID4Java

Ova biblioteka otvorenog koda omogućuje da se doda podrška za *OpenID* protokol u web aplikaciju. Podržava *OpenID* specifikacije 1.1 i 2.0 kao i *OpenID Attribute Exchange* 1.0 specifikaciju (definiše razmenu dodatnih korisničkih informacija, kao što su ime, prezime, email adresa...).

4.2. Prilagodena strana za prijavu korisnika

Da bi se korisnicima na što bolji način predočila mogućnost autentifikacije putem *OpenID* protokola modifikovana je početna strana, prikazana na slici 2, za prijavu na Alfresco aplikaciju. Promena se sastoji u tome da su dodate ikonice za autentifikaciju preko sledećih *OpenID* provajdera: Google, Yahoo i AOL.

Takođe tu je i ikonica koja sadrži zvaničan logo *OpenID* fondacije i klikom na nju se dobija tekstualno polje u koje je moguće uneti proizvoljni identifikator (nezavisan od bilo kog OP provajdera).



Slika 2. Prilagodena početna strana

4.3. OpenIDLoginBean

OpenIDLoginBean je klasa koja nasleđuje standardnu Alfresco *LoginBean* klasu tako da na taj način omogućuje korišćenje i standardnih procedura za autentifikaciju uz pomoć korisničkog imena i lozinke.

Klikom tastera miša na neku od ikonica dostupnih *OpenID* provajdera ili prosleđivanjem vrednosti polja rezervisanog za unos identifikatora, poziva se *openIDLogin* metoda koja samo preuzima vrednost identifikatora iz HTTP zahteva i prosleđuje ga metodi *processLoginRequest*. U ovoj metodi se uz pomoć koda iz *OpenID4Java* biblioteke vrši kompletan proces kreiranja zahteva za *OpenID* autentifikaciju.

Prvo se proverava da li u sesiji već postoji *ConsumerManager* objekat. U celom autentifikacionom procesu sme se koristiti samo jedna instance ove klase. Ako ne postoji kreira se nova i smešta u sesiju.

```
ConsumerManager consumerManager = null;
Object managerObj = httpRequest.getSession().
    getAttribute("manager");
if(managerObj != null &&
    managerObj instanceof ConsumerManager) {
    consumerManager =
        (ConsumerManager) managerObj;
} else {
    consumerManager = new ConsumerManager();
    httpRequest.getSession().
        setAttribute("manager", consumerManager);
}
```

Zatim se uz pomoć *ConsumerManager* objekta vrši otkrivanje na osnovu prosleđenog identifikatora bez obzira da li se radi identifikatoru *OpenID* provajdera ili *OpenID* identifikatoru korisnika koji on želi da iskoristi za autentifikaciju. Otkrivene informacije se smeštaju u sesiju.

```
List<?> discoveries =
    consumerManager.discover(openIdURI);
DiscoveryInformation discovered =
    consumerManager.associate(discoveries);

httpRequest.getSession().
    setAttribute("openid-disc", discovered);
```

Poslednji koraci su podešavanje povratne adrese, kreiranje autentifikacionog zahteva i dodavanje atributa za razmenu.

```
String returnUrl =
    httpRequest.getScheme() + "://" +
    httpRequest.getServerName() + ":" +
    httpRequest.getServerPort() +
    httpRequest.getContextPath()+
    "/faces/jsp/extension/openIDReturnTo.jsp";
AuthRequest authReq =
    consumerManager.authenticate(discovered,
        returnUrl);

FetchRequest fetch =
    FetchRequest.createFetchRequest();
addExtensionAttributes(fetch);

authReq.addExtension(fetch);
```

U zavisnosti od verzije *OpenID* protokola, koja se dobije iz otkrivenih informacija, autentifikacioni proces se preusmerava direktno na stranu *OpenID* provajdera ili posredno preko *oidFormRedirection.jsp* strane koja

omogućuje da ukupna količina parametara, sa adresom na koju se vrši preusmeravanje, bude veća od dva kilobajta. Do verzije 2.0 to je bilo ograničenje.

```
if (! discovered.isVersion2() ) {
    fc.getExternalContext().
        redirect(authReq.getDestinationUrl(true));
    fc.responseComplete();
} else {
    RequestDispatcher dispatcher =
        servletContext.getRequestDispatcher(
            "/faces/jsp/extension/oidFormRedirection.jsp");

    httpRequest.setAttribute("parameterMap",
        authReq.getParameterMap());
    httpRequest.setAttribute("destinationUrl",
        authReq.getDestinationUrl(false));
    dispatcher.forward(httpRequest,
        httpResponse);
    fc.responseComplete();
}
```

Na oidFormRedirection.jsp strani se kreira forma sa input poljima za sve parametre iz *parameterMap* atributa smeštenog u sesiji i automatski se prosleđuje, nakon dve sekunde, na URL adresu krajnje tačke *OpenID* provajdera.

Dalja kontrola autentifikacionog procesa se prebacuje na *OpenID* provajder stranu gde se korisniku prikazuje forma za prijavu. Nakon uspešne prijave vrši se redirekcija na URL adresu odedenu returnToURL parametrom. U ovoj implementaciji returnToURL adresa ne postoji ali zahtev ka toj strani presreće *OpenIDAuthenticationFilter* koji preuzima kontrolu nad procesom autentifikacije.

4.3. OpenIDAuthenticationFilter

Filtriranje zahteva se vrši u *doFilter* metodi *OpenIDAuthenticationFilter* klase. Ukoliko je zahtev ka fiktivnoj openIDReturnTo.jsp strani, poziva se metoda koja vrši verifikaciju odgovora od strane *OpenID* provajdera (u procesu *OpenID* autentifikacije provajder je taj koji poziva ovu URL adresu).

Metoda *verify* vrši proveru validnosti odgovora i prvi koraci u njoj su dobijanje jedinstvenog *ConsumerManager* objekta kao i otkrivenih informacija, predstavljenih objektom *DiscoveryInformation* klase, iz sesije. Takođe, preuzima se i lista parametara dobijenih od *OpenID* provajdera.

```
ParameterList oidResponse =
    new ParameterList(request.getParameterMap());

DiscoveryInformation discovered =
    (DiscoveryInformation)request.getSession().
        getAttribute("openid-disc");

ConsumerManager manager =
    (ConsumerManager)request.getSession().
        getAttribute("manager");
```

Dobijene vrednosti se koriste u pozivu metode *ConsumerManager* klase za verifikaciju.

```
VerificationResult verification =
    manager.verify(receivingURL.toString(),
        oidResponse, discovered);

Identifier verified =
    verification.getVerifiedId();
```

Povratna vrednost je objekat tipa *VerificationResult* koji sadrži verifikovani identifikator. Ako verifikacija nije uspeła, identifikator ima vrednost *null*.

U slučaju uspešne verifikacije potrebno je pronaći osobu (objekat klase *Person*) ako postoji, a ako ne postoji kreirati novi i postaviti tu osobu kao trenutno prijavljenog korisnika. *OpenID* identifikator se upotrebljava kao korisničko ime tj. ključ po kome se vrši pretraga korisnika u Alfresco sistemu. U narednom listingu je prikazan deo koda zadužen za pronalaženje korisnika na osnovu identifikatora.

```
String openIdIdentificator =
    authSuccess.getIdentity();
boolean updateUser = false;
try {
    personService.getPerson(openIdIdentificator);
} catch(NoSuchPersonException e) {
    updateUser = true;
}
```

U slučaju da korisnik ne postoji biće neophodno da se novokreirani objekat ažurira informacijama prikupljenim preko proširenja *OpenID* protokola, a sam korisnik se kreira pri izvršavanju sledećeg koda (ako već ne postoji).

```
authenticationComponent.
    setCurrentUser(openIdIdentificator);
```

Ovo je moguće zato što klasa *OpenIDAuthenticationDAO* koja nasleđuje *RepositoryAuthenticationDAO* klasu iz Alfresco aplikacije i redefiniše metodu *loadUserByUsername* kreira novog korisnika ukoliko za prosleđeno korisničko ime, u ovom slučaju *OpenID* identifikator

5. ZAKLJUČAK

Ovim radom je implementirana podrška za *OpenID* protokol u Alfresco web aplikaciju. Time je omogućeno krajnjim korisnicima da pored standardnog načina autentifikacije putem kombinacije korisničkog imena i lozinke, prijavu na sistem izvrše unosom *OpenID* identifikatora koji kontrolišu.

OpenID protokol je u značajnoj meri rasprostranjen. Najveći problem u još uspešnijoj primeni ovog protokola je nepoštovanje standarda u potpunosti naročito u domenu razmene dodatnih korisničkih informacija.

6. LITERATURA

- [1] *RFC 2616: Hypertext Transfer Protocol -- HTTP/1.1*, <http://www.w3.org/Protocols/rfc2616/rfc2616.html>
- [2] *RFC 2818: HTTP Over TLS*, <http://www.ietf.org/rfc/rfc2818.txt>
- [3] *Jeff Pots. Alfresco Developer Guide. Puckt Publishing, 2008. ISBN 1847193110*

Kratka biografija:



Žarko Jovičić rođen je u Čačku 1980. god. Absolvent je na Fakultetu tehničkih nauka, Departman za računarstvo i automatiku.

**PREGLED I PRIMENA SOFTVERA ZA SIMULACIJU RADA ENERGETSKIH
PRETVARAČA U FOTONAPONSKOM IZVORU ELEKTRIČNE ENERGIJE****OVERVIEW AND APPLICATION OF SOFTWARES FOR SIMULATIONS OF POWER
CONVERTERS IN PHOTOVOLTAIC SYSTEMS**

Jelena Belančić, Vladimir Katić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – Rad sadrži pregled softvera za energetske elektrone koji su dostupni na internetu. Dati su kriterijumi za izbor najpovoljnijeg softvera i prikazane su simulacije fotonaponskog panela i pretvarača napajano fotonaponskim panelom u PSIM softveru.

Abstract – The paper provides an overview of internet available softwares for power electronics. Specifications for optimal software are made. The PSIM software simulations of photovoltaic module and converters powered by photovoltaic module are shown.

Ključne reči: Fotonaponski paneli, obnovljivi izvori, napajanje, simulacija

1. UVOD

Sa razvojem novih tehnologija javlja se sve veća potreba za električnom energijom, koja je visokog kvaliteta, jeftina i ekološki efikasna. Značajnu ulogu u obezbeđivanju ovakve električne energije imaju sistemi na bazi obnovljivih izvora, a u njima knjučnu ulogu nose pretvarači energetske elektronike.

Projektovanje nekog energetskog sistema danas je nezamislivo bez upotrebe računara. Računari su dovoljno moćni da relativno verodostojno prikažu ponašanje bilo kog realnog fizičkog sistema, pa su i simulacije procesa rada postale nezaobilazan korak u projektovanju.

Za simulacije je najvažniji kvalitet upotrebljenog softvera i kapaciteti hardvera. Softver je računarski program koji sledeći odgovarajući algoritam, omogućava računaru da izvršava određene zadatke. Dva osnovna tipa softvera su:

1. sistemski softver - služi za direktno upravljanje fizičkim delom računara, odnosno hardverom, i
2. korisnički softver – odnosi se na programe namenjene krajnjim korisnicima računarskog sistema.

Cilj ovog rada jeste da napravi pregled raspoloživih korisničkih softvera u oblasti energetske elektronike i da izvrši njihovu evaluaciju, koristeći kriterijume koji odgovaraju za studentsko korišćenje. Najbolje ocenjeni softver će se testirati za simulaciju rada jednog sistema za generisanje električne energije iz obnovljivog izvora.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada Jelene Belančić čiji mentor je bio dr Vladimir Katić, red. prof.

**2. PRIMENA SOFTVERA U ENERGETSKOJ
ELEKTRONICI**

Primena softvera u ovoj oblasti odnosi se na: projektovanje i simuliranje upravljanja elektro-motornim pogonima i drugim sličnim sistemima, za dobijanje rezultata bez korišćenja skupih modela i za obuku studenata.

Računarsko modelovanje se svodi na opisivanje električnih kola nekim postupkom povezivanja električnog kola i na opisivanje komponentata njihovim matematičkim modelima odnosno formulama. Zatim se aktivira program koji piše jednačine kola i rešava ih numeričkim metodama. Opis komponenti se drži u biblioteci programa za analizu, a opis kola se unosi u računar programom koji se zove editor.

Eksperimentalni postupak podrazumeva pravljenje stvarnog modela odnosno nekog električnog kola i merenje željenih vrednosti odgovarajućim instrumentima. Prednosti simulacije u odnosu na eksperiment su: sigurnost, ekonomičnost, slikovito predstavljanje rezultata pomoću grafika ili dijagrama i njihovo čuvanje kao i replikacija odnosno mogućnost ponavljanja simulacije više puta.

Tačnost simulacije zavisi od toga koliko je matematički model adekvatan realnom stvarnom sistemu. U cilju dobijanja što tačnijih rezultata poželjno je i potrebno da se rezultati dobijeni simulacijom, na kraju, ipak, verifikuju i eksperimentom u laboratoriji

**3. PREGLED KOMPANIJA KOJE PROIZVODE
SOFTVERE ZA ENERGETSKU ELEKTRONIKU**

Tabela 1. daje prikaz kompanija koje se bave proizvodnjom softvera za simulacije sistema energetske elektronike. U prvoj koloni dat je spisak ovih kompanija. U drugoj koloni navedeni su mesto i država gde se firma nalazi. Zatim su navedeni softveri koje proizvodi svaka firma, dok poslednje dve kolone prikazuju web sajtove kompanije i samog softvera.

Kao što se vidi iz tabele Sjedinjene Američke Države su apsolutni lider u ovoj oblasti. Deset od petnaest različitih firmi koje su navedene nalaze se u SAD. Njihovi softveri su u najviše slučajeva vlasnički i *shareware*. Neke evropske firme su se udružile sa američkim i rade pod njihovim okriljem. Primer je firma SIMetrix iz Velike Britanije, koja je udružena sa SIMPLIS Technologies na projektu proizvodnje softvera SIMetrix.

Tabela 1. Pregled kompanija koje proizvode softvere za energetska elektroniku

R.br.	Ime firme	Mesto, država	Ime softvera	web sajt
1.	Manitoba Hydro International Ltd.	Winnipeg, Manitoba, Canada	PSCAD/ EMTDC	https://pscad.com/
2.	Synopsys, Inc.	Mountain View, California, USA	SABER	http://www.synopsys.com/
3.	Plexim GmbH	Zurich, Switzerland	PLECS	http://www.plexim.com/
4.	ANSYS, Inc.	Canonsburg, Pennsylvania, USA	SIMPLORER	http://www.ansys.com/
5.	The MathWorks, Inc.	Natick, Massachusetts, USA	SIMULINK	http://www.mathworks.com/
6.	The MathWorks, Inc.	Natick, Massachusetts, USA	SIM POWER SYSTEMS	http://www.mathworks.com/
7.	INTEGRATED Engineering Software	Winnipeg, Manitoba, Canada	CASPOC	http://www.integratedsoft.com/
8.	Lab-Volt Systems	Formingdale, NJ, USA	PESIM	http://www.labvolt.com/
9.	Powersim Inc.	Woburn, MA, USA	PSIM	http://www.powersimtech.com/
10.	Gecko-Research, company of ETH Zurich	Zurich, Switzerland	Gecko	http://www.ipes.ethz.ch/
11.	Public domain softver (razvijen na Georgia Tech Research Institute)	Atlanta, Georgia, USA	XSPICE	http://users.ece.gatech.edu/~mrichard/Xspice/
12.	National Instruments	Austin, Texas, USA	NI Multisim	http://www.ni.com/
13.	Cadence Design Systems	San Jose, California, USA	5Spice Analysys	http://www.5spice.com/
14.	Public domain softver (razvijen na University of Roma "La Sapienza")	Rome, Italy	NGSPICE	http://ngspice.sourceforge.net/
15.	Texas Instruments	Dallas, Texas, USA	TINA-TI	http://www.ti.com
16.	SIPMLIS Technologies, Inc.	Portland, Oregon, USA	SIPMLIS	http://www.simplistechnologies.com/
17.	Cadence Design Systems	San Jose, California, USA	PSpice	http://www.cadence.com/

Neki softveri su razvijeni na fakultetima ili u univerzitetskim istraživačkim centrima. Tu prednjači švajcarski Tehnički univerzitet u Cirihi - ETH Zurich. Kompanije Plexim GmbH i Gecko-Research nastale su na ovom fakultetu i vremenom su se odvojile od njega kao zasebne kompanije.

Softveri zasnovani na SPICE programu XSPICE i NGSPICE su razvijeni na fakultetima u Atlanti (SAD) i Rimu (Italija) i postali su softveri javnog domena, a ujedno su i *open-source*.

Neki od trenutno dostupnih softvera na internetu su: *PSCAD/EMTDC*, *SABER*, *PLECS*, *SIMPLORER*, *SIMULINK*, *SIM POWER SYSTEMS*, *CASPOC*, *PESIM*, *PSIM*, *GeckoCIRCUITS*, *XSPICE*, *NI Multisim*, *5Spice Analysys*, *Ngspice*, *TINA-TI*, *SIMPLIS* i *PSpice*.

4. POSTAVLJANJE KRITERIJUMA I IZBOR NAJPOVOLJNIJEG SOFTVERA

Kriterijumi po kojima će se porediti softveri su: cena, broj komponenti, memorija, vreme učenja i opšti utisak. Osnovni kriterijum po kojem će se vršiti uporedna analiza biće cena i imaće najveći udeo u odabiru. Opšti utisak

predstavlja lično mišljenje autora rada o tome koji je softver najlakši studentima za učenje, snalaženje u njemu i na kraju za upotrebu.

Tabela 2. daje prikaz kriterijuma za izbor softvera koji su prethodno navedeni. Skraćenica SV označava da je u pitanju studentska verzija programa, dok skraćenica ND znači da podaci nisu dostupni. Svaki od kriterijuma je vrednovan numerički u određenom opsegu. Cena je vrednovana od 1-10, dok su ostali kriterijumi dobijali ocene od 1-6. Sve ocene su stvar objektivnih kriterijuma ili iskustva autora u test radu sa raznim softverima.

Tabela 3 prikazuje bodove koje su dobili softveri za svaku karakteristiku. Može se primetiti da je najveći broj bodova 24 dobio PSIM softver i u Tabeli 3 je osnečen radi lakšeg uočavanja. On zadovoljava potrebe svakog prosečnog studenta. Optimalan je, jednostavan za korišćenje i pruža dosta mogućnosti. Takođe, dostupan je i online help sa tutorijalom i kratkim primerima, što korisniku može biti od velike pomoći ako u toku rada naiđe na poteškoće. Međutim, pojedini softveri su ostali neocenjeni. Razlog tome je što za njih nisu dostupni svi podaci.

Tabela 2. Kriterijumi za izbor softvera

Softver (1)	Cena (2)	Biblioteka (br.komponenti) (3)	Memorija (4)	Vreme učenja (5)	Opšti utisak (6)
PSCAD/ EMTDC	SV besplatna	~28.000	60 MB	potreban kurs	dobar
SABER	ND	>30.000	1,8 GB	potreban kurs	dobar
PLECS	1000 eura	~27.000	50 MB	odmah se koristi	odličan
SIMPLORER	SV besplatna	~25.000	3,5 MB	potreban kurs	vrlo dobar
SIMULINK	SV 99\$	ND	2,1 GB	nekoliko dana	vrlo dobar
SIM POWER SYSTEMS	SV 129\$	ND	2,1 GB	nekoliko dana	vrlo dobar
CASPOC	SV besplatna	~20.000	120 MB	odmah se koristi	vrlo dobar
PESIM	SV besplatna	~200	2,2 MB	nekoliko dana	dobar
PSIM	SV besplatna	~1.000	101 MB	odmah se koristi	odličan
Gecko CIRCUITS	online besplatno	~80	1,3 MB	nekoliko dana	vrlo dobar
XSPICE	besplatna	~250	2,5 MB	potreban kurs	dobar
NIMULTISIM	449 eura	~5.000	475 MB	nekoliko dana	vrlo dobar
5SPICE ANALYSIS	200\$	~11.000	3,6 MB	nekoliko dana	dobar
NGSPICE	besplatan	~1.000	33 MB	potreban kurs	dobar
TINA TI	besplatan	<1.000	86 MB	potreban kurs	dobar
SIMPLIS	ND	~20.000	50,5 MB	potreban kurs	vrlo dobar
PSPICE	SV besplatna	~16.000	28 MB	potreban kurs	vrlo dobar

Tabela 3: Prikaz rezultata bodovanja

Softver	Cena (1-10)	Biblioteka (br.komponenti) (1-6)	Memorija (1-6)	Vreme učenja (1-6)	Opšti utisak (1-6)	Rezultat
PSCAD/ EMTDC	10	3	3	1	1	18
SABER		6	1	1	1	
PLECS	4	3	3	6	6	22
SIMPLORER	10	1	6	1	3	21
SIMULINK	8		1	3	3	
SIM POWER SYSTEMS	8		1	3	3	
CASPOC	10	3	1	6	3	23
PESIM	10	1	6	3	1	21
PSIM	10	1	1	6	6	24
Gecko CIRCUITS	10	1	6	3	3	23
XSPICE	10	1	6	1	1	19
NIMULTISIM	6	1	1	3	3	14
5SPICE ANALYSIS	8	1	6	3	1	19
NGSPICE	10	1	6	1	1	19
TINA TI	10	1	3	1	1	16
SIMPLIS		3	3	3	3	
PSPICE	10	1	6	1	3	21

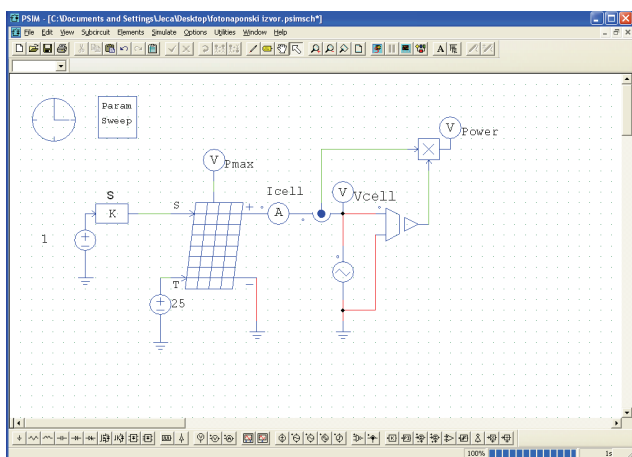
5. TESTIRANJE PSIM SOFTVERA - SIMULACIJA RADA FOTONAPONSKOG IZVORA

Softver PSIM, koji se u prethodnom poglavlju pokazao kao najpovoljniji za korišćenje od strane studenata, poslužiće za simulaciju rada fotonaponskog izvora.

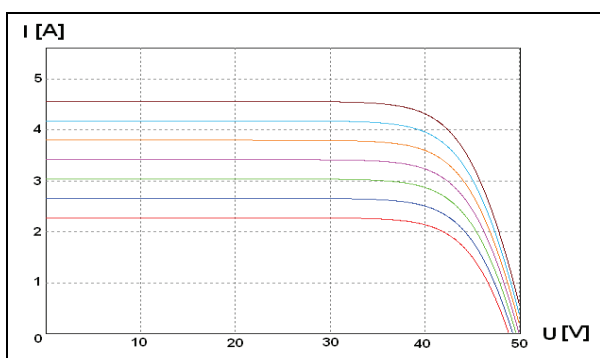
Simulacija treba da pokaže zavisnost izlazne snage od intenziteta solarnog zračenja. Na slici 1. prikazana je šema za koju je urađena simulacija.

Rezultat simulacija je strujno-naponska karakteristika prikazana na slici 2 i zavisnost snage od napona (slika 3).

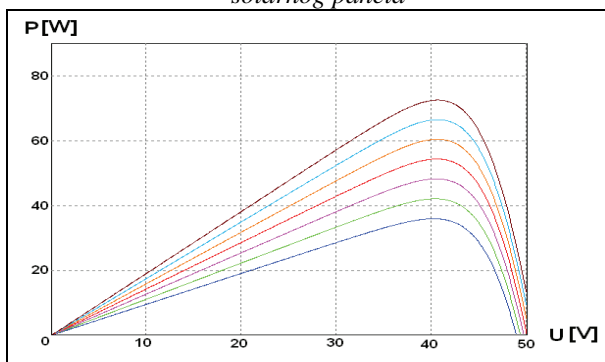
U zavisnosti od intenziteta zračenja imamo različite krive. Maksimalna izlazna snaga je različita za svaku krivu.



Slika 1. Simulacija rada fotonaponskog izvora



Slika 2. Strujno-naponska karakteristika simuliranog solarnog panela



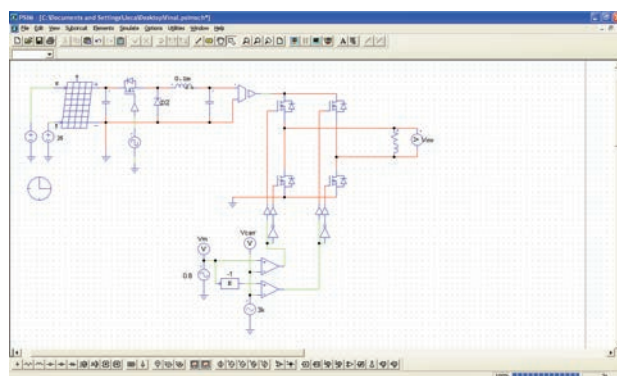
Slika 3. P-U karakteristika simuliranog solarnog panela

Upoređivanjem karakteristika dobijenih simulacijom sa karakteristikama fotonaponskog panela marke Sharp može se videti da rezultati simulacije odgovaraju realnom modelu.

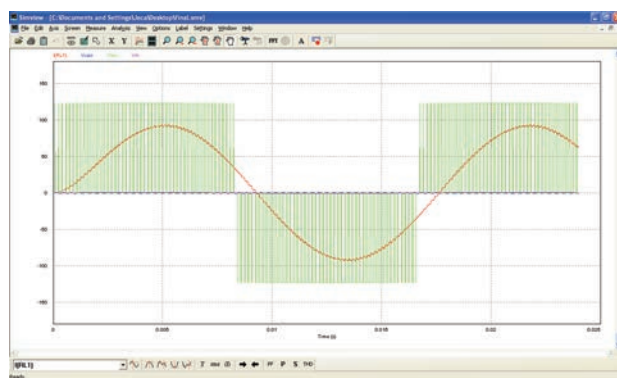
Na slici 4. prikazan je izgled šeme uprošćenog DC/AC pretvarača napajanog fotonaponskim panelom koji je simuliran u PSIM programu. Ovaj simulirani model se sastoji od fotonaponskog panela, boost konvertora i monofaznog invertora (DC/AC pretvarača). Kao rezultat simulacije dobijeni su karakteristični signali u kolu invertora koji su prikazani na slici 5. Crvenom bojom označena je kriva koja predstavlja struju kroz RL-granu, dok zeleni pravougaoni signal predstavlja napon na izlazu invertora.

Invertori koji se koriste u fotonaponskim sistemima po pravilu imaju implementiran MPPT algoritam koji obezbeđuje maksimalno iskorišćenje snage pri datoj

osvetljenosti solarnog panela. Konkretna realizacija ovog algoritma prevazilazi okvire ovog rada, tako da on nije modelovan u okviru simulacije



Slika 4. Simulacija rada fotonaponskog sistema



Slika 5. Odziv sistema na simulaciju

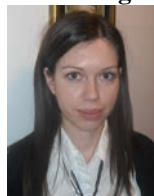
6. ZAKLJUČAK

PSIM softver, kao i ostali pomenuti u radu su uglavnom demo verzija i imaju ograničenja. Pogodni su za jednostavne simulacije u cilju obuke studenata dok su za naprednije simulacije potrebne profesionalne verzije.

7. LITERATURA

- [1] <http://www.psim-europe.com/>
- [2] <http://www.gecko-research.com/>
- [3] Branko Dokić, „Energetska elektronika: pretvarači i regulatori“; *Elektrotehnički fakultet i Banjaluka Company, Banja Luka, 2000.*

Kratka biografija:



Jelena Belančić: rođena je u Kikindi 1984. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Pregled i primena softvera za simulaciju rada energetskih pretvarača u fotonaponskom izvoru električne energije odbranila je decembra 2011. godine.



Vladimir Katić: rođen je u Novom Sadu 1954. god. Diplomirao je na FTN u Novom Sadu 1978., a doktorirao na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta u Beogradu 1991. god. Od 2002. god. je u zvanju redovnog profesora Univerziteta u Novom Sadu na Fakultetu tehničkih nauka. Oblasti interesovanja su Energetska elektronika, Obnovljivi izvori električne energije i Kvalitet električne energije.

**UTICAJ PODATAKA VAN REALNOG VREMENA NA GREŠKE ESTIMACIJE STANJA
INFLUENCE OF OUT OF REAL-TIME DATA ON STATE ESTIMATION ERRORS**Igor Cifra, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U ovom radu izvršena je verifikacija funkcije Estimacija stanja merenjem 20 kV i 0,4 kV struja. Eksperimenti su urađeni na realnoj distributivnoj mreži i u realnom vremenu. Sprovedenjem eksperimenta kroz podsezone, verifikacijom estimacije 20 kV struja izvoda i transformatora kao i 0,4 kV modula struja opterećenja TS 20/0,4 kV/kV, pokazan je uticaj kvaliteta podataka o maksimalnim opterećenjima i oblicima dijagrama potrošnje TS 20/0,4 kV/kV na greške estimacije stanja.

Abstract – In this paper, state estimation function has been verified by load measurements of 20 kV feeders also as 0,4 kV distribution transformers. Performing experiments through the seasons, on a real distribution network in real time, it is demonstrated the impact on quality of maximal load data and load profiles from TS 20/0,4 kV/kV on state estimation errors.

Ključne reči: Estimacija stanja, podaci van realnog vremena, normalizovan dnevni hronološki dijagram

1. UVOD

Estimacija stanja predstavlja bazičnu analitičku funkciju na čijim se rezultatima zasnivaju praktično sve ostale analitičke funkcije za analizu, upravljanje i planiranje pogona SN distributivnih mreža (DM) – rekonfiguracija pod opterećenjem, vođenje pogona, kvarovi mreže, relejna zaštita, optimalna konfiguracija mreže, restauracija napajanja, regulacija napona, itd. [1].

Za razliku od prenosnih mreža, gde su algoritmi za estimaciju stacionarnih stanja ne samo razvijeni, već i verifikovani u elektroenergetskoj praksi, u slučaju SN DM to nije slučaj.

Čak i za SN DM koje su opremljene uobičajenim SCADA sistemima, raspolaze se tek s desetak procenata podataka iz realnog vremena, u odnosu na broj podataka potrebnih za jednoznačan proračun aktuelnih stacionarnih režima (redundansa merenja modula struja za sve konfiguracije merenja nije veće od 0,2÷0,3 [1]). Nedostatak takvih podataka inicirao je razvoj specijalizovanih algoritama za estimaciju stanja u SN DM [2-4].

Verifikacija funkcije Estimacija stanja predstavlja glavnu temu rada sa ciljem da se odredi nivo tačnosti rezultata funkcije estimacije stanja i analizira uticaj maksigrafa i dnevni hronološki dijagrami (DHD) opterećenja na rezultate estimacije razmatrane DM.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio prof. dr Goran Švenda.

2. ESTIMACIJA STANJA

Estimacija stanja je proces u kome se, na osnovu telemetrisanih veličina merenja i istorijskih podataka sistema, određuju nepoznate vrednosti promenljivih vektora stanja sistema. Pri tom, vektor stanja predstavlja minimalan skup veličina na osnovu kojih može da se jednoznačno rekonstruiše režim razmatranog sistema, odnosno izračuna bilo koja njegova veličina.

Estimacija stanja se zasniva na unapred specificiranom naponu korena DM (koren distributivne mreža predstavlja izvor napajanja DM koja se razmatra):

1. Podacima van realnog vremena (istorijski podaci):

- Kvantitativni pokazatelji potrošnje svakog od potrošača, npr.: vrednost sezonskih očitavanja registratora maksimalnih struja-"maksigrafa" u TS SN/NN.
- Normalizovani dnevni hronološki dijagrami potrošnje karakterističnih potrošača za karakteristične dane i karakteristične vremenske periode.

2. Podacima realnog vremena:

- Statusi rasklopne opreme, pozicije regulacionih sklopki regulacionih transformatora i statusi uključenosti kondenzatorskih baterija.
- Vrednosti merenja telemetrisanih u dispečerske centre.

Matematički model za estimaciju stanja može se, jednako kvalitetno i sa istim vremenskim i memorijskim zahtevima, primeniti kako na radijalnu, tako i na upetljanu SN DM. Pri tom, estimacija stanja može da se vrši na osnovu modula struje (I) i faktora snage ($\cos\varphi$) odnosno, na osnovu aktivne (P) i reaktivne snage (Q). Algoritam u oba slučaja je isti i sastoji se od pet koraka:

1. Preestimacija – prva aproksimacija režima (procena);
2. Verifikacija topologije;
3. Verifikacija telemetrisanih veličina merenja;
4. Kalibracija opterećenja potrošača;
5. Proračun tokova snaga – estimirani režim.

3. PODACI VAN REALNOG VREMENA

Podaci van realnog vremena (istorijski podaci) mogu da se podele u dve grupe: normalizovani dnevni hronološki dijagrami potrošnje karakterističnih potrošača i kvantitativni pokazatelji potrošnje svakog od potrošača.

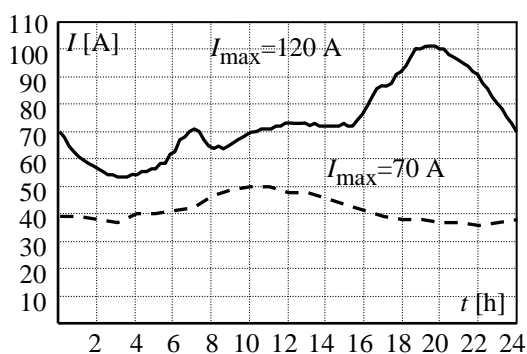
3.1. Normalizovani dnevni hronološki dijagram

Normalizovan dnevni hronološki dijagram (NDHD) opterećenja se dobija na osnovu merenja potrošnje (modula struje i faktora snage, odnosno aktivne i reaktivne snage). On se formira za sve karakteristične potrošače, za sve karakteristične dane i za sve karakteristične vremenske

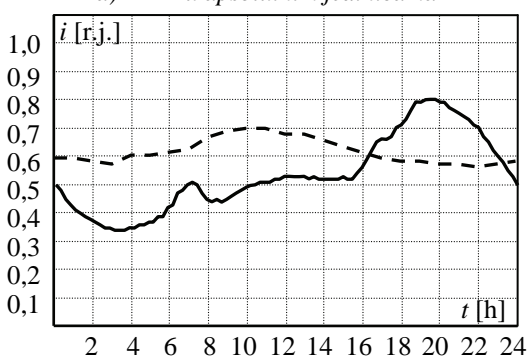
periode (godišnja doba, sezone, itd.). Ti dijagrami su reprezenti odgovarajućih sličnih potrošača. Jedini način za dobijanje kvalitetnih dijagrama potrošnje SN i NN potrošača su dugotrajna merenja njihovih srednjih vrednosti potrošnje. Od kvaliteta ovako formiranih dijagrama najdirektnije zavisi kvalitet rezultata estimacije stanja (tokova snaga) kao osnovne energetske funkcije za analizu, upravljanje i planiranje pogona SN DM.

Bez obzira da li su izvršena merenja navedenih vrednosti pojedinačnih, odnosno grupe sličnih potrošača, nužno je da su za svaki od karakterističnih potrošača ta merenja izvedena: periodično, u jednakim vremenskim intervalima; trofazno, u sve tri faze; višestruko, merenja se moraju izvršiti na više TS SN/NN (odnosno izvodnih polja) koje napajaju slične potrošače i za što veći broj istih karakterističnih dana unutar posmatranog karakterističnog perioda; za sve karakteristične dane i karakteristične periode.

Generalno gledano, sam oblik NDHD opterećenja karakterističnih potrošača zavisi od više faktora, među kojima je značajno pomenuti: podneblje, klimatske uslove, stepen ekonomskog razvoja, usvojeno radno vreme, standard stanovništva, mentalitet stanovništva, itd. Zbog toga je poželjno da NDHD opterećenja odgovaraju razmatranom sistemu.



a) DHD u apsolutnim jedinicama



b) DHD u relativnim jedinicama

Slika 1. Primer DHD i NDHD opterećenja

DHD (u apsolutnim vrednostima) za dva tipa potrošnje, prikazani su na slici 1a. Uz dijagrame su, za razmatranu sezonu i oba potrošača, prikazane maksimalne vrednosti opterećenja (kvantitativni pokazatelji opterećenja za razmatrani vremenski period) od 120A i 70A. Ako se DHD normalizuju na maksimalne vrednosti opterećenja, dobijaju se NDHD opterećenja, slika 1b.

3.2. Kvantitativni pokazatelji potrošnje

Drugu grupu podataka van realnog vremena čine kvantitativni pokazatelji potrošnje svakog od potrošača. Skup

vrednosti tih pokazatelja mora biti konzistentan kako po grupi, tako i po vremenskom periodu. Kao kvantitativni pokazatelji se mogu koristiti:

- 1.vrednosti instaliranih snaga transformatora ili TS SN/NN;
- 2.vrednosti mesečnih, sezonskih ili godišnjih očitavanja maksigrafa struja u TS SN/NN;
- 3.vrednosti mesečnih, sezonskih ili godišnjih protoka energije transformatora ili TS SN/NN.

4. EKSPERIMENT I REZULTATI

Verifikacija funkcije estimacija stanja izvršena je na delu SN distributivne mreže ED "Sombor" koja se snabdeva električnom energijom sa transformatora 1 TS 110/20 kV/kV "Sombor 2". Sa transformatora 1, snage 31,5 MVA, potrošači se snabdevaju električnom energijom preko 6 SN izvoda ukupne dužine 137 km, sa 134 TS 20/0,4 kV/kV ukupne instalirane snage 45.650 kVA. Njime se snabdeva ukupno 12224 potrošača sa dela područja grada Sombora i potrošači u naseljima Bezdan, Bački Monoštor i Kupusina sa njihovim okolinama. Pregled osnovnih karakteristika izvoda nad kojim su vršeni eksperimenti dat je u tabeli 1.

Tabela 1. Karakteristike 20 kV izvoda nad kojima su vršeni eksperimenti

Naziv 20 kV izvoda	Dužina [km]	Broj TS 20/0,4 kV/kV	Instalirana snaga [kVA]	Broj potrošača
"Aerodrom"	33,12	16	5.020	1.011
"B.Monoštor"	37,45	25	6.260	2.179
"Bezdan"	29,60	36	9.440	2.437
"Kosovska"	8,38	11	7.610	1.775
"Centar III"	6,56	15	8.240	2.371
"Selenča 1"	21,90	31	9.080	2.451

Za eksperiment, TS 20/0,4 kV/kV izabrane su tako da na svakom od šest razmatranih izvoda postoje merenja u nekoj TS 20/0,4 kV/kV tog izvoda. Za merenje 0,4 kV struja izabrane su one TS 20/0,4 kV/kV koje su više opterećene od ostalih zbog većeg uticaja na funkciju estimacija stanja, a što se tiče njihovog fizičkog položaja nalaze se kako na početku tako i na sredini i na samom kraju posmatranih izvoda. Merni uređaji su postavljeni u sledeće TS 20/0,4 kV/kV: ZTS-K "Kozara" STS "Blok 273", MBTS "V. Nazor", STS "Somborska – Železnička" i ZTS "M.Tita – Šančeva", MBTS "Škola", ZTS "Kneza Miloša 1" i izvršeno je njihovo podešavanje za snimanje. Snimane su petnaestominutne vrednosti merenih veličina. Vreme na svakom mernom uređaju je podešeno i sinhronizovano prema vremenu DMS Softvera. Funkcija estimacija stanja je podešena da, kao kvantitativne pokazatelje potrošnje, koristi maksimalne struje (a ne instalirane snage ili mesečne protoke energije). Maksimalne struje TS 20/0,4 kV/kV određene su procenom, samo na osnovu očitavanja njenih maksimalnih struja iz prethodnog meseca. Procenjene vrednosti maksimalnih struja TS 20/0,4 kV/kV ručno su unete u DMS Softver.

S obzirom da skup estimiranih vrednosti veličina, manje ili više, odstupa od odgovarajućih telemetrisanih vrednosti veličina, to su za potrebe rada funkcije estimacija stanja, unapred zadate dozvoljene apsolutne i relativne granice odstupanja izmerenih, estimiranih i preestimiranih vrednosti te-

lemetricanih veličina. U tabeli 2. date su korišćene dozvoljene vrednosti za razlike izmerenih i preestimiraanih struja, razlike izmerenih i estimiraanih struja, razlike izmerenih i estimiraanih napona kao i težinski faktori istorijskih i telemetricanih vrednosti merenja koje su korišćene u eksperimentu.

Tabela 2. Vrednosti parametara funkcije Estimacija stanja

Izmerene – preestimiraane struje	30 A	30 %
Izmerene – estimiraane struje	20 A	20 %
Izmereni – estimiraani napon	0,1 kV	1 %
Težinski faktor istorijskih podataka	10 %	
Težinski faktor telemetricanih podataka	100 %	

Eksperimenta je sproveden u okviru jesenje sezone kroz tri podeksperimenta nazvanih: Jesen 1, Jesen 2 i Jesen 3. Formiranje tri podeksperimenta je potreba da se pokaže značaj i uticaj podataka van realnog vremena na greške estimacije stanja. Pre početka eksperimenta nisu izvršene nikakve pripreme radnje. Sve postojeće vrednosti maksimalnih struja kao i NDHD modula struja su zadržani u okviru podeksperimenta Jesen 1. Analizom snimaka DHD modula struja TS 20/0,4 kV/kV u merenjima Jesen 1, zaključeno je da dodeljeni NDHD modula struja ne odgovaraju snimljenim. Pre podeksperimenta Jesen 2 izvršena je izmena neodgovarajućih NDHD modula struja, pritom vrednosti kvantitativnih pokazatelja (maksimalnih struja TS 20/0,4 kV/kV) su ostale iste. Uticaj kvantitativnih pokazatelja, na estimaciju stanja evidentiran je u okviru jesenjeg perioda Jesen 3.

Korišćena su dva kvantitativna pokazatelja odstupanja (greške) preestimiraane, estimiraane i merene struje:

– ΔI_{sr}^{MP} srednja relativna razlika (%) izmerene i preestimiraane vrednosti struje za m trenutaka merenja. Ovaj pokazatelj je na slikama označen sa "B":

$$\Delta I_{sr}^{MP}(\%) = \frac{100}{m} \left(\sum_{j=1}^m \frac{|I_j^M - I_j^P|}{I_j^P} \right) \quad (1)$$

– ΔI_{sr}^{ME} srednja relativna razlika (%) izmerene i estimiraane vrednosti struje za m trenutaka merenja. Ovaj pokazatelj je na slikama označen sa "D":

$$\Delta I_{sr}^{ME}(\%) = \frac{100}{m} \left(\sum_{j=1}^m \frac{|I_j^M - I_j^E|}{I_j^E} \right) \quad (2)$$

U izrazima (1) i (2) korišćene su sledeće oznake:

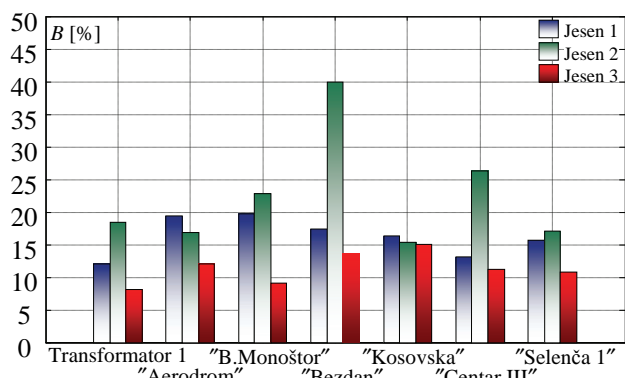
j – trenutak merenja, $j = 1, 2, 3, 4, \dots, m$,

I_j^α – preestimiraana ($\alpha = P$), izmerena ($\alpha = M$) i estimiraana

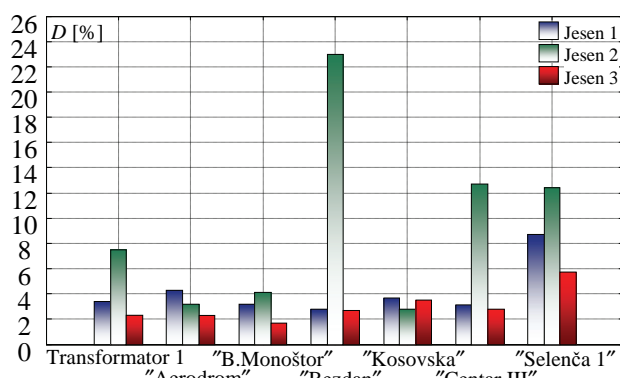
($\alpha = E$) vrednost struje u trenutku j .

Na slikama 2, 3, 4 i 5 prikazane su vrednosti kvantitativnih pokazatelja odstupanja modula 20 kV i 0,4 kV struja za tri podeksperimenta.

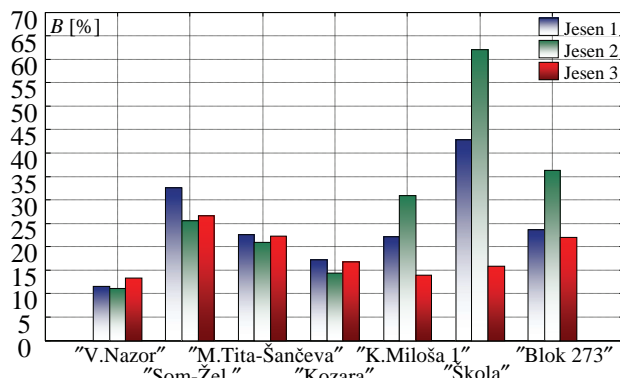
Na slikama koje slede isprekidanom crnom linijom predstavljena je preestimiraana vrednost, punom crvenom linijom estimiraana vrednost, a tačkastom plavom linijom merena vrednost odgovarajuće veličine. Za prikaz su izabrana tri dana: petak, subota i nedelja. Kvantitativni pokazatelji estimacije stanja (B i D) koji su dati na slikama, odnose se na period Jesen 3 za koji su vršeni eksperimenti, dok su za prikazane dane na dijagramima vrednosti navedenih pokazatelja istaknute crvenom bojom.



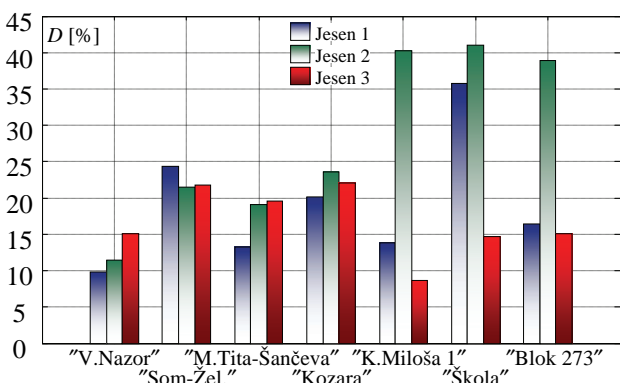
Slika 2. Greška modula struje na 20 kV – B[%]



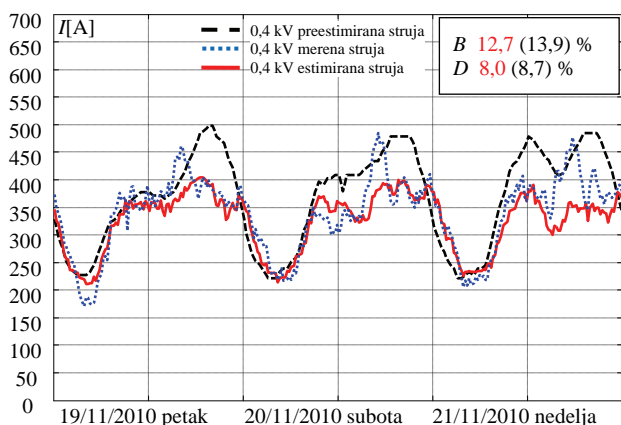
Slika 3. Greška modula struje na 20 kV – D[%]



Slika 4. Greška modula struje na 0,4 kV – B[%]

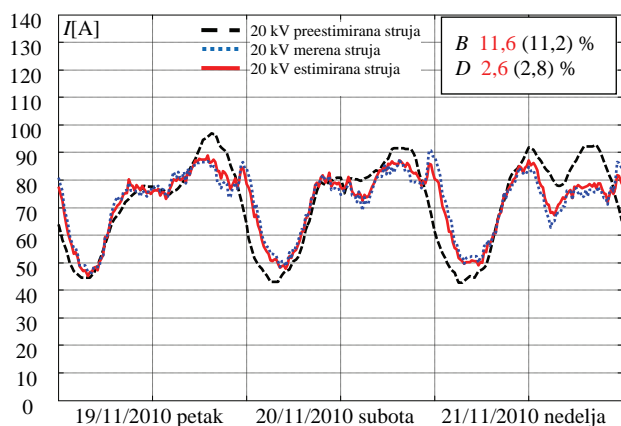


Slika 5. Greška modula struje na 0,4 kV – D[%]

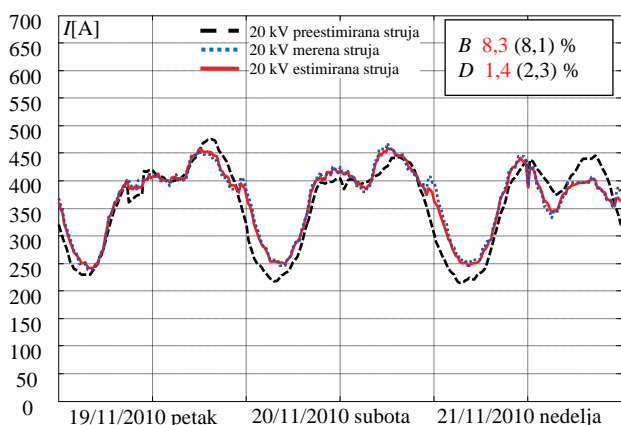


Slika 6. Struja na 0,4 kV strani ZTS "Kneza Miloša 1"

Rezultati estimacije ZTS "Kneza Miloša 1" su pokazani slikom 6 i jasno se vidi da su NDHD neodgovarajući (za sve tipove dana) ali dobrom procenom maksimalnih opterećenja ostavljena prosečna odstupanja su minimalna za ovaj period posmatranja (slika 4 i 5). Prikazana TS 20/0,4 kV/kV se snabdeva električnom energijom sa 20 kV izvoda "Centar III".



Slika 7. Struja 20 kV izvoda "Centar III"



Slika 8. Struja transformatora 1 na 20 strani kV

Na slikama 7 i 8 su prikazani rezultati estimacije 20 kV struje izvoda "Centar III" i transformatora 1 u TS 110/20 kV/kV "Sombor 2" sa kojeg se napaja pomenuti izvod. Sa navedenih slika jasno se vidi da su greške estimacije znatno manje nego kod distributivnog transformatora ZTS "Kneza Miloša 1" sa slike 6 za isti period posmatranja za iste istorijske podatke.

3. ZAKLJUČAK

Estimacija stanja se zasniva na specijalizovanom algoritmu koji uvažava osobine DM sa malom redundansom telemetrisanih podataka o topološkoj strukturi i stanju DM iz realnog vremena. Mali broj podataka iz realnog vremena nadoknađuje se upotrebom istorijskih podataka.

Sprovedenjem eksperimenta kroz tri podsezone, verifikacijom estimacije 20 kV struja izvoda i transformatora kao i 0,4 kV modula struja opterećenja TS 20/0,4 kV/kV, pokazan je uticaj kvaliteta podataka o maksimalnim opterećenjima i oblicima dijagrama potrošnje TS 20/0,4 kV/kV na greške estimacije stanja. Na osnovu rezultata došlo se do sledećih zaključaka:

- Merene struje slabo opterećenih TS 20/0,4 kV/kV imaju veće relativne varijacije nego u opterećenijim TS 20/0,4 kV/kV zbog čega su greške estimacije veće.
- Kvalitet podataka dijagrama potrošnje manje utiče na grešku estimacije stanja nego loše procenjeno maksimalno opterećenje.

4. LITERATURA

- [1] A.P.Meliopoulos, F.Zhang: Multiphase Power Flow and State Estimation for Power Distribution Systems; *IEEE Trans. on Power Systems*, Vol.11, No.2, May 1996., pp. 939-946.
- [2] I.Roytelman, S.M.Shahidehpour: State Estimation for Electric Power Distribution Systems in Quasi Real-Time Conditions, *IEEE Trans. on PD*, Vol. 8, No. 4, October 1993, pp. 2009-2015.
- [3] G.Švenda, V.Strezoski: Estimacija stanja kao osnovna energetska funkcija za analizu, upravljanje i planiranje pogona distributivnih mreža; *I Jugoslovensko savetovanje o elektrodistributivnim mrežama – CIRED*, Zlatibor, 5-8. oktobar 1998, referat R-4.03, str. R-4.03/1-8.
- [4] Z.Simendić: Estimacija stanja distributivne mreže u realnom vremenu; *magistarski rad*, FTN, Novi Sad, jun 2006.

Kratka biografija:



Igor Cifra rođen je u Somboru 1983. god. Završio je srednju tehničku školu u Somboru. Diplomski-master rad, na Fakultetu tehničkih nauka, iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Elektroenergetski sistemi, odbranio je 2011.god.

**SCADA SISTEM ZA UPRAVLJANJE BRZINOM ASINHRONOG MOTORA
PRIMENJENOG U REGULACIJI PROTOKA VAZDUHA****SCADA SYSTEM FOR IM CONTROL APPLIED TO AIRFLOW REGULATION**Darko Perović, Vlado Porobić, Darko Marčetić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratik sadržaj – Ovaj rad opisuje dva SCADA sistema nastala kao rezultat rešavanja dva zadatka. Prvi zadatak predstavlja upravljanje brzinom asinhronog motora, a drugi regulaciju protoka vazduha. Kratko su opisani korišćena maketa, električne šeme, kao i načini rada pogona. Prikazan je izgled grafičkog interfejsa za oba rešenja i objašnjen proces automatskog određivanja parametara PI regulatora (implementiranog u program PLC-a) iz drugog zadatka.

Abstract – This paper describes two SCADA system solutions resulted from two tasks. The first task is to manage IM speed and the other is airflow regulation. The paper briefly describes used model, electrical schematics, and functioning of the drives. It shows the layout of graphical user interfaces for both solutions and describes the process of automatically determining parameters of PI controller (implemented in the PLC program) from the second task.

Ključne reči: PLC, SCADA, regulacija

1. UVOD

Automatika i automatizovani sistemi se uvode u industriju zbog povećanja pouzdanosti i sigurnosti proizvodnog procesa, zatim zbog smanjenja troškova proizvodnje (manja potrošnja energije i sirovina po jedinici proizvoda kao i smanjenje troškova za radnu snagu) uz obezbeđivanje visokog kvaliteta proizvoda, mogućnosti brze preorijentacije proizvodnje prema zahtevima tržišta, itd. Jedan vid automatizovanih sistema koji se primenjuje u industriji su SCADA sistemi. SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) sistemi služe za nadzor i kontrolu industrijskih (ili nekih drugih) procesa. SCADA, u najširem smislu, uključuje potrebnu mernu, reglacionu i izvršnu opremu sa svim pratećim elementima: energetikom, komunikacionim sistemima, upravljačkim platformama (komandni pult, ekran koji reaguje na dodir, itd.), zatim računarske sisteme koji vrše prikupljanje, obradu i prezentovanje podataka, itd. Kontrola i nadzor procesa se mogu vršiti sa jednog ili više mesta, ali obično postoji jedna centralna jedinica sa koje se može pratiti rad čitavog sistema. Rad sistema prati operater (ili više njih) i po potrebi preduzima odgovarajuće akcije u cilju održavanja pravilnog funkcionisanja sistema i proizvodnog procesa. Ovaj rad se bavi upravo opisom

NAPOMENA:

Ovaj rad je proistekao iz master rada čiji je mentor bio prof. dr Darko Marčetić, docent.

rešenja dva praktična problema. Rešena su dva zadatka:

- 1) upravljanje brzinom obrtanja asinhronog motora, kontrola i praćenje pojedinih veličina pomoću računara;
- 2) regulacija brzine protoka vazduha, praćenje i kontrola datog procesa pomoću računara.

Oba zadatka obuhvataju rad sa: frekventnim regulatorom, programabilnim logičkim kontrolerom (dalje: PLC) i odgovarajućim softverom za programiranje istog, kao i softverom za kontrolu i nadzor sa računara; koristi se i električni motor kao glavni izvršni organ, kao i anemometar za merenje brzine protoka vazduha u drugom zadatku.

2. OPIS KORIŠĆENE MAKETE

Fotografija korišćene makete data je na slici 1.

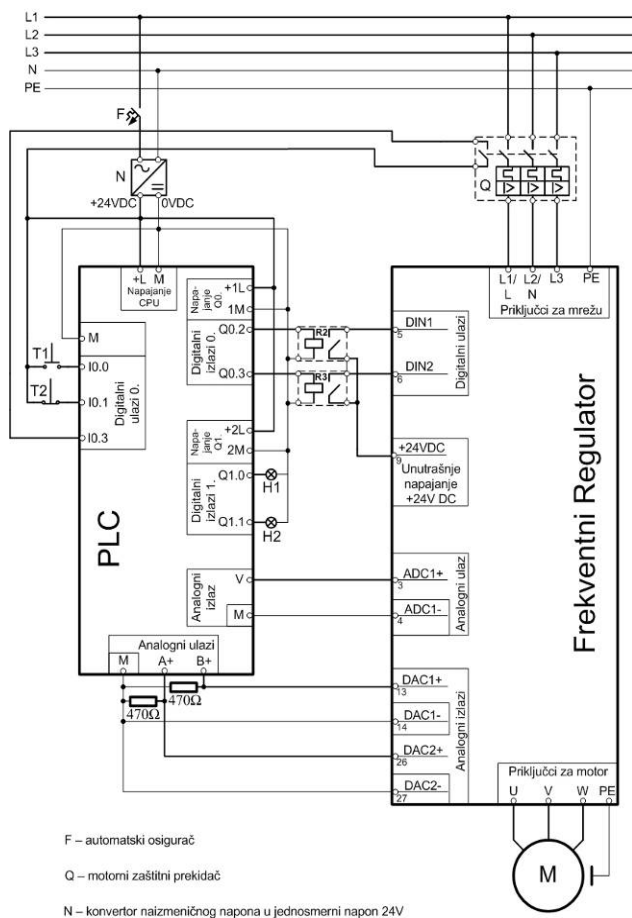


Slika 1. Izgled korišćene makete

Počevši od gornjeg levog ugla ka desnoj strani makete poređani su PLC (firme Siemens, serija S7-200, oznaka 224XP) [1], napajanje 24V DC, automatski osigurač napajanja na visokonaponskoj strani i motorni zaštitni prekidač koji štiti frekventni regulator. Dole desno iznad reda klemni nalazi se frekventni regulator (firme Siemens, serija Micromaster 440, veličina kućišta A [2, 3]), a sa njegove leve strane releji, dok su dole levo postavljeni tasteri i lampice za signalizaciju. U oba zadatka frekventnim regulatorom se upravlja pomoću terminala (digitalnih i analognih), a podešavan je tako što je prvo izvršen reset, zatim podešavanje parametara za postizanje željenog načina rada i na kraju automatska adaptacija parametara motora [2, 3]. PLC je programiran pomoću programskog paketa STEP7-MicroWin 4.0 [1], dok je za izradu SCADA programa korišćen softver WinCC Flexible 2005 firme Simens [4, 5]. Komunikacija sa računarom se ostvaruje pomoću PC adaptera (PPI protokol).

3. ZADATAK I - UPRAVLJANJE BRZINOM ASINHRONOG MOTORA

Električna šema pogona korišćenog za upravljanje brzinom asinhronog motora data je na slici 2.



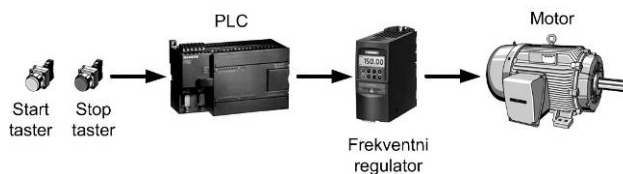
Slika 2. Električna šema pogona korišćenog u prvom zadatku

3.1 Rad pogona bez SCADA programa

Pritiskom tastera *Start* (zeleni taster) počinje rad pogona, nakon čega sledi pauza od 2 sekunde, posle koje PLC signalizira frekventnom regulatoru da startuje motor i zadaje mu referentnu vrednost brzine u iznosu od 50% maksimalne dozvoljene, pomoću naponskog analognog izlaza [1].

Nakon 10 sekundi PLC zadaje novu referencu frekventnom regulatoru u iznosu od 100% maksimalne dozvoljene brzine motora. Po isteku 10 sekundi od promene referentne vrednosti brzine PLC šalje signal frekventnom regulatoru da promeni smer obrtanja motora, ali ne menja referentnu vrednost brzine motora. Ovo stanje traje 15 sekundi, nakon koga sledi zaustavljanje po rampi koju zadaje PLC, takvoj da se od maksimalne brzine do brzine 0 motor zaustavi za 15 sekundi, čime je ciklus završen. Nakon zaustavljanja pogona ciklus se može ponoviti proizvoljan broj puta uz pomoć *Start* tastera (zeleni taster), dok je prekidanje ciklusa u svakom momentu obezbeđeno tasterom *Stop* (crveni taster).

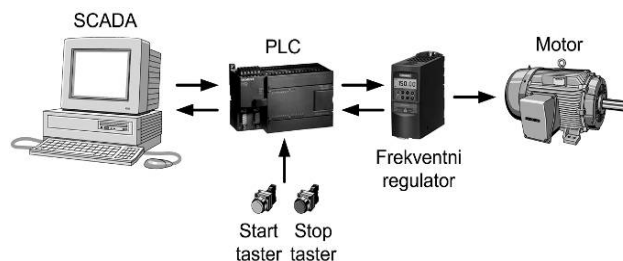
Obezbeđena je i signalizacija uz pomoć zelene i crvene lampice. Zelena lampica svetli kada pogon radi, a crvena kada je pogon na čekanju. Šematski prikaz pogona dat je na slici 3.



Slika 3. Šematski prikaz pogona koji radi bez SCADA programa

3.2 Rad pogona sa SCADA programom

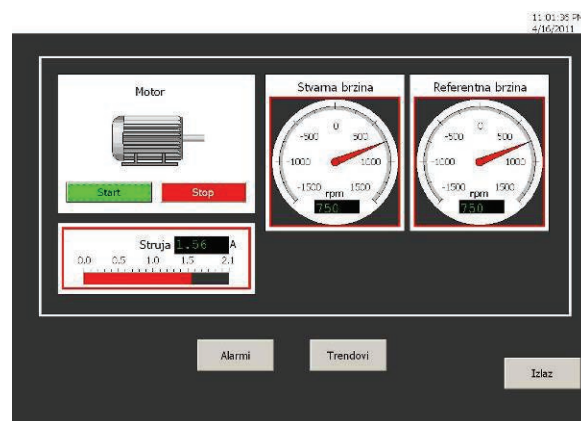
Maketa radi isto kao što je opisano u paragrafu 3.1, s tim što je nadograđen SCADA program za kontrolu i praćenje veličina. SCADA program se izvršava na personalnom računaru i grafički prikazuje: brzinu motora, struju motora i referentnu brzinu; trendove brzine i struje; alarmna stanja usled prevelike brzine, struje i isključenja motornog zaštitnog prekidača. Omogućeno je pokretanje i zaustavljanje pogona uz pomoć programa, kao i arhiviranje podataka i alarmnih stanja. Informacije o brzini i struji motora frekventni regulator šalje pomoću analognih strujnih izlaza [2, 3] koji se na analognim naponskim ulazima PLC-a [1] preko otpornika konvertuju u napon. Šematski prikaz pogona dat je na slici 4.



Slika 4. Šematski prikaz pogona sa SCADA programom

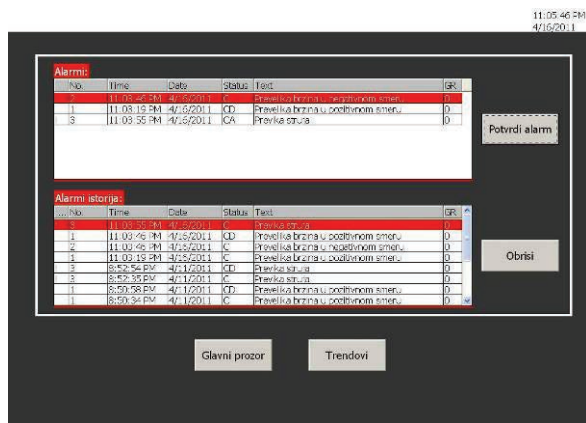
3.3 Grafički interfejs za upravljanje brzinom asinhronog motora

Grafički interfejs SCADA programa za upravljanje brzinom asinhronog motora sastoji se od tri prozora: *Glavni prozor*, *Alarmi*, *Trendovi*, a svaki od njih sadrži dugmad (grafičke elemente tipa *Button* [4, 5]) za prebacivanje na ostala dva. Izgled prozora *Glavni prozor* prikazan je na slici 5.



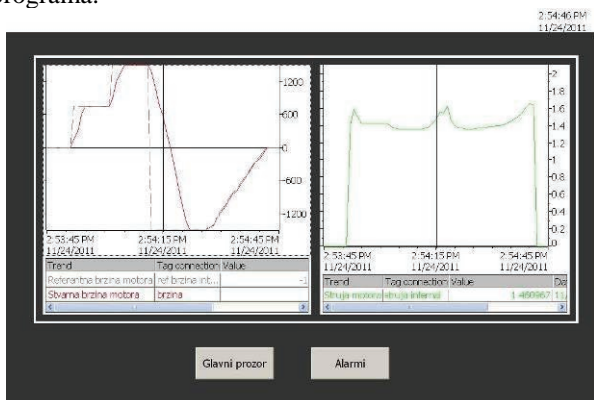
Slika 5. Izgled prozora Glavni prozor

Glavni prozor elementima *Gauge* [4, 5] prikazuje vrednosti stvarne i referentne brzine, dok element *Bar* [4, 5] prikazuje vrednost struje. Tu su dugme za startovanje i prekidanje rada pogona, kao i dugme za izlazak iz programa. Na slici 6. je prikazan prozor *Alarmi*.



Slika 6. Izgled prozora Alarmi iz prvog zadatka

Ključni delovi prozora *Alarmi* su dva elementa tipa *Alarm View* [4, 5] kojima se prikazuju alarmna stanja. Gornji element prikazuje alarme koji su u toku i zahtevaju potvrđivanje od strane operatera, dok donji prikazuje sadržaj fajla u kome se alarmi arhiviraju. Pored ovih elemenata su dugmad za potvrđivanje alarma i brisanje alarm loga [5, 6]. Izgled prozora *Trendovi* prikazan je na slici 7 sa trendovima brzine i struje nakon završetka demo programa.



Slika 7. Izgled prozora Trendovi

Glavni elementi prozora *Trendovi* su grafički elementi *Trend View* [5, 6] i ima ih dva - jedan prikazuje trend stvarne i referentne brzine, a drugi prikazuje trend struje.

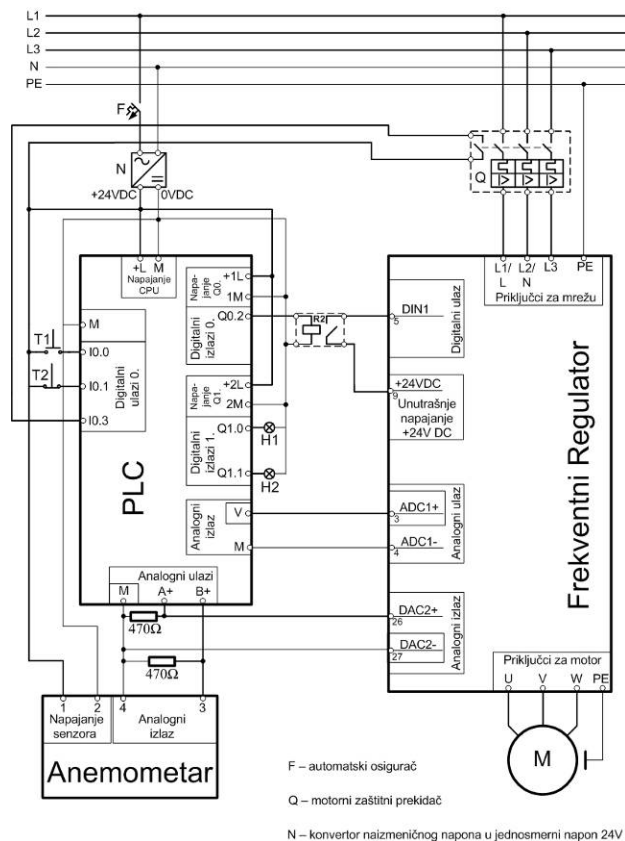
4. ZADATAK II - REGULACIJA BRZINE PROTOKA VAZDUHA

Zadatak pogona je da održava brzinu protoka vazduha na zadatoj vrednosti. Brzina vetra se meri anemometrom, dok je aktuator motor sa ventilatorom na osovini što je prikazano na slici 8. Strujni signal sa anemometra se preko otpornika dovodi na jedan analogni naponski ulaz PLC-a i daje informaciju o brzini protoka vazduha, dok se analognim naponskim izlazom PLC-a zadaje referentna vrednost brzine motora frekventnom regulatoru. Referentna vrednost brzine protoka vazduha zadaje se iz SCADA programa. U PLC programu je implementiran PI regulator na čije se ulaze dovode referentna i stvarna vrednost regulisane veličine - na osnovu njih i svojih parametara regulator generiše odgovarajući izlaz. Pogon se startuje pritiskom na zeleni (*Start*) taster, i u svakom momentu se može prekinuti njegov rad pritiskom crvenog tastera (*Stop*). Obezbeđena je i signalizacija uz pomoć zelene i crvene signalizacione lampice. Zelena lampica



Slika 8. Senzor (anemometar) i aktuator (motor sa ventilatorom)

svetli kada pogon radi, a crvena kada je pogon na čekanju. Frekventni regulator šalje informaciju PLC-u o stvarnoj brzini motora, radi grafičkog prikazivanja pomoću SCADA programa, strujnim analognim izlazom koji se preko otpornika dovodi na drugi analogni naponski ulaz PLC-a. Iz SCADA programa omogućeno je pokretanje i zaustavljanje pogona kao i zadavanje reference, zatim grafički prikaz trendova: reference, brzine protoka vazduha i brzine motora. Takođe je omogućeno arhiviranje podataka i alarmnih stanja [5, 6] usled prevelike brzine i isključenja motornog zaštitnog prekidača. Prikaz električne šeme pogona dat je na slici 9.

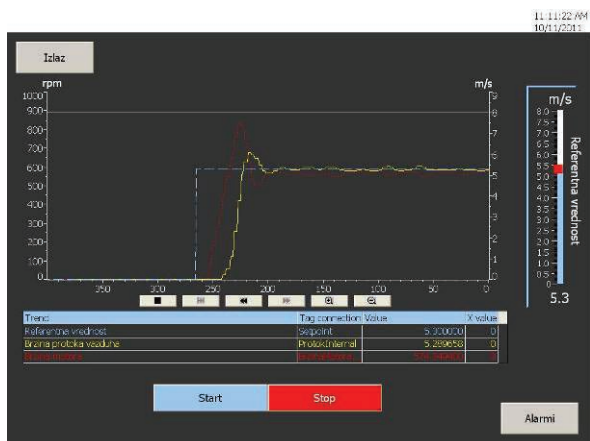


Slika 9. Električna šema pogona korišćenog u drugom zadatku

4.1. Grafički interfejs za regulaciju brzine protoka vazduha

Grafički interfejs SCADA programa sastoji se od dva prozora: *Glavni prozor* i *Alarmi*, a oba sadrže dugmad za prebacivanje na ovaj drugi. Izgled prozora *Glavni prozor*

prikazan je na slici 10 i na njemu se vide odzivi protoka vazduha i brzine motora na odskočnu pobudu.



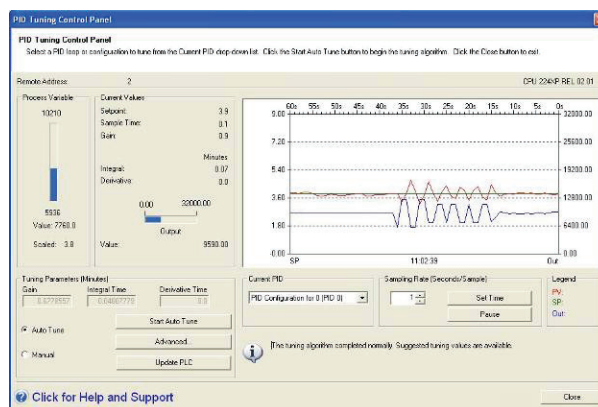
Slika 10. Izgled prozora Glavni prozor interfejsa iz drugog zadatka

U prozoru Glavni prozor ključni element je grafički elementi *Trend View* u kome se prikazuju trendovi reference, protoka vazduha i brzine motora dok se elementom *Slider* [5, 6] omogućava zadavanje referentne vrednosti brzine protoka vazduha. Dugmadima *Start* i *Stop* omogućuje se pokretanje i zaustavljanje pogona dok dugme *Izlaz* omogućava izlazak iz SCADA programa. Prozor alarmi je sličan kao na slici 7 u prvom zadatku i već je opisan u paragrafu 3.3.

4.2. Automatsko podešavanje parametara PI regulatora

PI regulator je u softveru STEP7-MicroWin kreiran čarobnjakom instrukcija pa za njega postoji mogućnost automatskog podešavanja parametara pomoću kontrolnog panela za podešavanje PID-a (*PID Tuning Control Panel*) [1], što je i korišćeno. Pomoću ovog kontrolnog panela može se inicirati i zaustaviti proces automatskog podešavanja, zatim grafički pratiti odgovarajuće veličine, itd. Automatsko podešavanje parametara bazira se na metodi relejnog odziva, a parametre softver izračunava na osnovu merenih vrednosti po metodi predloženoj od strane Åström-a i Hägglund-a. Autopodešavanje je pokrenuto klikom na dugme *Start Auto-Tuning*, u okviru kontrolnog panela za podešavanje PID-a i započinje inicijalnom step funkcijom relejnog izlaza. Ova promena u izlaznoj veličini dovodi do promene procesne veličine. Kada se procesna veličina odalji od reference toliko da izađe iz opsega definisanog histerezisom (*Hysteresis*) [1] detektuje izjednačenje stvarne i referentne vrednosti procesne veličine, nakon čega se izlaz menja u suprotnom smeru. Za kompletiranje procedure je potrebno 12 izjednačenja stvarne i referentne vrednosti. Odnos amplitude relejnog izlaza i procesne veličine, kao i frekvencija pri kojoj se dešavaju izjednačenja su u direktnoj vezi sa dinamikom sistema i služe za određivanje optimalnih parametara regulatora. Procedura predlaže samo vrednosti parametara koji postoje u regulatoru - kako je regulator konfigurisan tako da ima samo P i I dejstvo ovim procesom su utvrđene optimalne vrednosti za njih (pojačanje i integraciona vremenska konstanta). Predložene vrednosti se pojavljuju u odgovarajućim poljima kontrolnog panela nakon završenog autopodešavanja. Klikom na dugme *Update PLC* parametri iz ovih polja se snimaju u PLC, a

trajno smeštaju u PLC nakon zatvaranja prozora panela i snimanjem *Data* bloka u memoriju PLC-a. Na slici 11 je prikazan izgled prozora *PID Tuning Control Panel* nakon završene automatske adaptacije.



Slika 11. Izgled prozora PID Tuning Control Panel

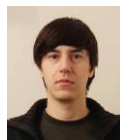
5. ZAKLJUČAK

U ovom radu su opisana dva problema kao i postupci korišćeni pri njihovom rešavanju. Postavljeni zadaci su veoma aktuelni odnosno njihova rešenja primenljiva i lako se mogu sresti u industrijskim pogonima. Prvi zadatak, koji se odnosi na vremenski programirano upravljanje brzinom obrtanja asinhronog motora, bi se mogao sresti kod nekih alatnih mašina koje se koriste u procesu pravljenja nekog proizvoda. Najočiglednija primena rešenja zadatka koji se odnosi na regulaciju brzine protoka vazduha bi bila u tunelima za vetar. Radi se o istoj vrsti problema - brzinu vetra (protoka vazduha) je potrebno održavati na zadatoj vrednosti u cilju ispitivanja uticaja vetra određene brzine na makete objekata (ili objekte u svojoj prirodnoj veličini), njihove aerodinamičnosti, itd. Predstavljena rešenja postavljenih zadataka obuhvataju i SCADA programe za nadgledanje i kontrolu sa računara, pa čine dva mala i jednostavna SCADA sistema koja obavljaju različite poslove.

6. LITERATURA

- [1] Siemens, „SIMATIC S7-200 Programmable Controller System Manual“, Edition 06/2004
- [2] Siemens, „MICROMASTER 440 Operating Instructions“,
- [3] Siemens, „MICROMASTER 440 Parameter List“
- [4] Siemens, „SIMATIC HMI WinCC flexible 2005 Compact/Standard/Advanced user manual“
- [5] Skripta, „Softverski paket Siemens WinCC Fleksible 2004“

Kratka biografija:



Darko Perović je rođen 1984. god. u Vrbasu. Diplomski - Master rad na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, iz oblasti Elektrotehnike i računarstva, na smeru Energetska elektronika i mašine, odbranio je 2011. god.

Vlado Porobić je magistrirao na Fakultetu tehničkih nauka 2005. god., gde radi kao asistent. Oblast interesovanja su energetska elektronika i elektromotorni pogoni.

Darko Marčetić je doktorirao na Univerzitetu u Beogradu 2006. god., od kada je i zaposlen na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu. Oblast interesovanja su digitalni el. pogoni sa asinhronim i sinhronim mašinama.

PRAKTIČNA ISKUSTVA PRI PROJEKTOVANJU I REALIZACIJI RAČUNARSKIH MREŽA**EXPERIENCES IN DESIGN AND PRODUCTION OF COMPUTER NETWORKS**Filip Miladinović, Željko Trpovski, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U ovom radu predstavljeno je projektovanje i realizacija računarske mreže kroz praktična iskustva. Objašnjeni su najčešće korišćeni standardi računarskih mreža, aktivni i pasivni elementi mreže, ali i ciljevi i problemi koji se susreću prilikom projektovanja.

Abstract – This project represents design and production of computer networks through practical experiences. It is explained most common standards of computer networks, active and passive equipment, but also goals and problems which appears during design and production.

Ključne reči: Računarska mreža, LAN, Projektovanje, Strukturno kabliranje, Mrežna oprema.

1. UVOD

Projektovanje računarskih mreža predstavlja kompleksnu aktivnost koja zahteva, dobro planiranje u zavisnosti od zahteva i potreba korisnika. Krajnji rezultat jedne ovakve aktivnosti čini projekat sa detaljno razrađenim planom kabliranja, pozicija računara i servera, troškova materijala i rokova za izvršenje radova.

Ako je nekada bilo uobičajeno da je za korišćenje računara i računarske mreže bilo potrebno veliko tehničko znanje, danas to više nije tako. Sa omasovljenjem upotrebe računara i razvitkom modernih operativnih sistema, računarske mreže su se razvijale tako da se omogući korišćenje što većem broju korisnika, a da pri tom korisnik ne mora da poseduje veliko tehničko znanje. Zbog brzog napretka tehnologije, mnoge oblasti su se stopile praktično brišući razlike između prikupljanja, prenosa, skladištenja i obrade podataka. Naša sposobnost prikupljanja, obrade i distribuiranja podataka svakim danom je sve veća, ali još brže rastu zahtevi za još složenijom obradom informacija. Iako je računarska industrija još uvek mlada u poređenju sa drugim industrijama, računari su zabeležili neverovatan napredak za kratko vreme.

2. OSNOVE RAČUNARSKIH MREŽA

Računarska mreža je pojam koji se odnosi na računare i druge uređaje koji su međusobno povezani kablovima ili na druge načine, a u svrhu razmene i deljenja podataka i međusobne komunikacije. U računarskoj mreži osim računara mogu biti i habovi (razvodnici), svičevi (skretnice, komunikatori) i ruteri (usmerivači).

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Željko Trpovski, vanr.prof.

Različite tehnologije mogu da se koriste za prenos podataka sa jednog mesta na drugo, uključujući kablove, optička vlakna, radio talase i mikrotaladni prenos. Veza između dva računara koji dele svoje resurse može da se nazove računarskom mrežom.

OSI referentni model ili referentni model za otvoreno povezivanje sistema (eng. Open Systems Interconnection) je najkorišćeniji apstraktni opis arhitekture mreže. Opisuje interakciju uređaja (hardvera), programa, servisa (softvera) i protokola pri mrežnim komunikacijama. OSI model deli kompletnu arhitekturu mreže u sedam logičkih nivoa i daje spisak funkcija, servisa i protokola koji funkcionišu na svakom od nivoa. Jedan od glavnih razloga uvođenja referentnog modela jeste standardizacija samih protokola.

Dve osnovne vrste arhitekture računarskih mreža su „klijent-server“ i „ravnopravna mreža“ (peer-to-peer). Na osnovu topologije računarskih mreža, razlikujemo: magistrale, zvezde, prstenove. Na osnovu veličine, računarske mreže se dele na osnovu područja koje pokrivaju. Shodno tome razlikujemo: lokalnu mrežu (LAN), gradsku mrežu (MAN), mrežu na velikom području (WAN), Internet.

Lokalne mreže (eng. Local Area Networks, LAN) jesu privatne mreže unutar jedne zgrade ili jednog organizacionog područja raspona do 5km. Koriste se za povezivanje ličnih računara i radnih stanica u kancelarijama i pogonima firmi radi zajedničkog korišćenja resursa i razmene informacija. Razlikuju se od drugih mreža po veličini, tehnologiji prenosa podataka i topologiji. Najvažniji ciljevi pri projektovanju računarskih mreža su:

- Velika brzina prenosa i širina propusnog opsega,
- Pouzdanost i održavanje,
- Kompatibilnost,
- Fleksibilnost i proširivost,
- Jednostavnost,
- Standardi.

Osnovni razlog za postavljanje standarda jeste omogućavanje korišćenja komponenti različitih proizvođača i njihove međusobne kompatibilnosti u kompleksnim sistemima, kakva je na primer računarska mreža.

Standardizacija omogućava proizvođačima oslanjanje svog proizvoda na proizvode drugih proizvođača, a korisnicima daje slobodu time što ih ne ograničava na proizvode samo jednog proizvođača. Zbog ovog osnovnog principa standardi pozitivno utiču na razvoj tržišta i cene proizvoda.

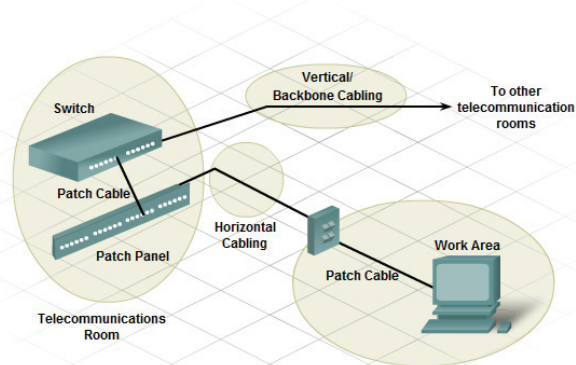
U cilju postizanja određenog stepena saglasnosti među proizvodima proizvođača računarskih mreža i opreme za

te mreže, međunarodna organizacija za standarde (eng. International Standards Organization-ISO) donela je standarde za međusobno povezivanje otvorenih sistema (eng. Open System Interconnection-OSI). OSI standardi su tu da omogućе funkcionalnost mreža sastavljenih od elemenata različitih proizvođača.

Jedna od najvećih i najpoznatijih organizacija za standarde u elektronskom svetu kao i u svetu računarskih mreža jeste IEEE organizacija za standarde. Institut električnih i elektronskih inženjera (eng. The Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE) je međunarodna neprofitabilna organizacija zadužena za unapređivanje tehnologija vezanih za elektrotehniku.

2.1. Strukturno kabliranje

Strukturno kabliranje predstavlja instalaciju kablovskog mrežnog sistema višestruke namene, izvedenog kao jedan jedinstven sistem ili kao više podsistema u jednoj ili više zgrada, s mogućnošću povezivanja u zajedničku celinu. Struktura mreže je takva da se posle instaliranja, bez ikakve intervencije na samim kablovima cela mreža može prekonfigurisati na potpuno drugačiji način, u zavisnosti od potrebe korisnika.



Slika 1. Strukturno kabliranje

Osnovna pravila strukturnog kabliranja:

- planirati mrežu koja obuhvata sve servise: telefonija, alarm, video nadzor, itd.,
- uvek instalirati više kablova nego što je trenutno potrebno,
- uvek postavljati Rek ormane većeg kapaciteta,
- koristiti standarde strukturnog kabliranja,
- koristiti proverene visoko kvalitetne kablove i komponente i uređaje.

3. PROJEKTOVANJE RAČUNARSKIH MREŽA

Projektovanje računarskih mreža koliko god se proizvođači opreme i softvera trudili da pojednostave, ipak zahteva određenu stručnost i iskustvo. Pre samog konfigurisanja računarske mreže, prvo je potrebno postaviti infrastrukturu.

Potrebno je detaljno pregledati lokaciju gde se mreža postavlja, prikupiti podatke kao što su stanje o postojećoj mrežnoj instalaciji, kao i detalje energetskog uzemljenja. Projektom računarskih mreža se utvrđuju idejna rešenja, tehničke karakteristike aktivne i pasivne opreme, topologija mreže, razvod računarskih instalacija i investiciona vrednost projekta.

3.1. Definisane projektnog zadatka

Polazna osnova za izradu projekta je "Projektni zadatak" sastavljen i potpisan od strane investitora, u čemu mu pri definisanju podataka pomaže projektant.

Projektni zadatak proučava odgovorni projektant, a eventualne nejasnoće preispituje sa investitorom.

3.2. Planiranje projektovanja

Na osnovu proučavanja projektnog zadatka i elemenata definisanih ugovorom sa investitorom, odgovorni projektant izrađuje termin plan realizacije projekta u vidu gantograma, sa definisanim aktivnostima, saradnicima na projektu i rokovima. Termin plan odobrava direktor preduzeća za projektovanje.

3.3. Izrada projekta

U cilju prikupljanja neophodnih podloga za projektovanje, odgovorni projektant sa saradnicima, obavlja snimanje stanja lokacije i prikupljanja eksternih informacija o materijalima, opremi i radovima koji su u vezi sa predmetom projektovanja.

Izradu projekta odgovorni projektant mora vršiti u skladu sa zakonskim propisima, pravilnicima i normativima, koji važe za oblast projektovanja, kao i odredbama ugovora sa investitorom i projektnim zadatkom.

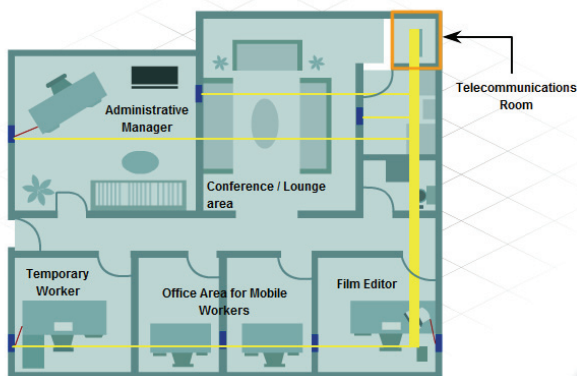
Prilikom izrade projekta u obzir se uzimaju sve prikupljene informacije kao što su: dimenzije, broj etaža i stanje objekta, zatim debljina zidova, broj i raspored prostorija, itd. Na osnovu tlocrta objekta i rasporeda prostorija prvo se planiraju i ucrtavaju rejoni rek ormana, tj. oblasti koje pokriva jedan rek orman na jednoj ili više etaža. Jedan rejon je određen, ograničenjem dužine UTP kabla, a to je 90 m, pri čemu se ne uzima opisan poluprečnik oko rek ormana, već se računaju dužine svakog kabla pojedinačno i uračunavaju sve krivine i putanje.

Prva, inicijalna faza je orijentaciono ucrtavanje rejona, jednog ili više, u zavisnosti od rasporeda i broja prostorija, samog oblika zgrade. Nakon toga se pristupa povezivanju rek ormana, gde se gleda uvek da se veza ostvari kablom sa upredenim paricama, zbog niže cene. Ukoliko su ormani udaljeni više od 90 m, planira se njihovo povezivanje optičkim kablom. U nekim slučajevima, posle opširnih proračuna cene materijala i opreme, može doći do izmeštanja rek ormana i dodavanja novih, jer je cena niža. Ovde treba objasniti da je cena optičkih kablova viša od UTP kabla reda veličine 2-3 puta, što je u redu sa obzirom na razliku u tehnologiji i mogućnostima koje ove vrste fizičkih medijuma pružaju. Problem je u visokoj ceni aktivne opreme, odnosno switch-evi, koji podržavaju optičku tehnologiju, i modula u koji se uključuje sam optički kabl i koji se ugrađuju u jedan takav switch.

Multimodni optički kablovi se uglavnom koriste za međusobno povezivanje objekata do 500 m, podzemnim (kopanje rovova i postavljanje u okiten crevo) ili nadzemnim putem (pričvršćuje se sajlama za objekte). U slučaju veće udaljenosti koriste se singlmodni optički kablovi.

Kablove treba postavljati tako da što većom dužinom trase budu jedan pored drugog (kao na slici 2), koliko god je to moguće, zbog lakšeg postavljanja i uštede na

plastičnim kanalicama. Teži se da fizička postavka kablova izgleda kao proširena zvezda.



Slika 2. Planiranje trase kablova

Prilikom planiranja trasa treba obratiti pažnju na strujne i vodovodne instalacije da kablovi ne prolaze paralelno pored tih deonica ili da, ako je drugačije nemoguće, to bude u jako kratkom delu.

Potom se pristupa detaljnom proračunu trasa i pravljenju predmera i predračuna. Na osnovu rezultata uz konsultaciju saradnika donosi se odluka da li je to finalna verzija projekta, ukoliko nije, ceo postupak se ponavlja opet. Nažalost, ne postoji drugi način da se ovo izvede, ali je u mnogome olakšan posao zahvaljujući mnogim softverskim paketima (AutoCAD, MS Visio, MS Excel). Izbor pasivne i aktivne opreme se svodi na zahteve investitora i predloge projektanta, zasnovanih na vrsti posla i vrstama servisa (usluga) koji su stvarno potrebni zaposlenima. Na primer, može se desiti da klijent zbog nedostatka finansijskih sredstava ne može da ima celu infrastrukturu kategorije 6, pa mu se predlaže da kablovi budu kategorije 6, a konektori kategorije 5e i time dobija neku vrstu hibridne mreže. Tako da u nekoj budućnosti neće morati da raskopava zidove ili razmontirava plastične kanalice kako bi menjao kablove, već će morati samo konektore (module na krajevima kabla sa RJ45 utičnicom), a trenutno će uštedeti na konektorima i dobiti brzinu računarske mreže koja zadovoljava njegove potrebe.

Bežična tehnologija se uglavnom koristi u salama ili zajedničkim prostorijama gde je potrebna sporadična računarska mreža za goste preduzeća. Ovo mišljenje bi trebalo da bude preporuka projekatana, jer je bežična tehnologija nepouzdana iz više razloga:

- sigurnost informacija je potencijalno ugrožena jer se prenosi vazduhom,
- brzina, odnosno propusni opseg varira,
- elektromagnetne smetnje mogu značajnije uticati na ovakvu vrstu medijuma u odnosu na UTP ili optiku,
- može vrlo lako doći do zagušenja uređaja usled velikog broja korisnika,
- može se desiti gubitak konekcije,
- ukoliko se ova tehnologija koristi u spoljnim uslovima njeno funkcionisanje je direktno podređeno vremenskim prilikama.

U toku izrade projekta, odgovorni projektant ostvaruje saradnju sa investitorom zbog eventualnih sugestija, usaglašavanja i preispitivanja rešenja i o tome vodi zapise u slobodnoj formi.

4. REALIZACIJA PROJEKTA RAČUNARSKE MREŽE

4.1. Priprema izvođenja radova

Odgovorni izvođač radova pre početka obavlja aktivnosti na pripremi izvođenja radova:

- dostavlja investitoru rešenje o imenovanju odgovornog izvođača radova;
- od investitora pribavlja odobrenje za izgradnju i prijavu početka radova;
- od investitora pribavlja rešenje o imenovanju nadzornog organa ili o imenovanju predstavnika koji će biti odgovoran za koordinaciju pri izvođenju radova;
- otvara "Građevinski dnevnik" i "Građevinsku knjigu";
- sa investitorom planira i priprema adekvatno mesto za skladištenje materijala i opreme za izvođenje radova i dogovara dnevne rasporede izvođenja radova i način korišćenja infrastrukture (priključenje na električnu energiju i sl.);
- upućuje radnike - montere u posao i sa njima se dogovara o dinamici i načinu izvođenja radova.

4.2. Izvođenje radova

Radovi na objektu se izvode po glavnom projektu, a u skladu sa potpisanim ugovorom sa investitorom i usvojenim termin planom.

Odgovorni izvođač radova u toku izvođenja radova je dužan da:

- brine o pravovremenoj dostavi predviđenih materijala i opreme na gradilište iz skladišta,
- daje zadatke i koordinira rad radnika - montera,
- brine da se radovi izvode u skladu sa važećim pravilnicima, tehničkim propisima, standardima i normativima,
- razrešava problematiku na gradilištu u dogovoru sa nadzornim organom ili predstavnikom investitora,
- svakodneвно evidentira izvedene radove u "Građevinski dnevnik",

4.3. Rešavanje naknadnih i nepredviđenih radova

U toku izvođenja radova odgovorni izvođač stalno vrši analizu izvođenja radova i utvrđuje da li ima naknadnih i nepredviđenih radova, koji mogu nastati kao dodatni zahtev investitora ili na osnovu eventualnih propusta u glavnom projektu. Za izvođenje naknadnih i nepredviđenih, odgovorni izvođač je dužan da od investitora pribavi pismenu ili usmenu saglasnost za izvođenje takve vrste radova. Naknadni i nepredviđeni radovi se evidentiraju u "Građevinski dnevnik".

4.4. Kontrola izvedenih radova

Kontrola izvedenih radova obuhvata sva neophodna ispitivanja, snimanja i merenja, radi potvrđivanja zahtevanih karakteristika računarske mreže, definisanih u glavnom projektu.

Kontrola se obavezno sprovodi po završetku svih radova - na kompletnoj računarskoj mreži merenjem pomoću specijalnog uređaja za merenje UTP kablova. Rezultati merenja se štampaju u vidu izveštaja iz uređaja (eng. Cable Certification Report).

Ukoliko su kontrolom - merenjem računarske mreže utvrđene određene neispravnosti, odgovorni izvođač radova je odgovoran da organizuje njihovo otklanjanje. U tom slučaju, ponavljaju se određena merenja i štampa novi izveštaj. Kompletan izveštaj se prezentira nadzornom organu.

4.5. Zaključenje posla i primopredaja objekta

Nakon uspešno sprovedene kontrole - merenja računarske mreže i eventualnog posebnog pregleda izvedenih radova od strane predstavnika investitora, odgovorni izvođač obaveštava investitora da je objekat završen. Ukoliko je, pri izvođenju radova, bilo odstupanja u odnosu na glavni projekat, projektant računarskih mreža izrađuje projekat izvedenog stanja.

Odgovorni izvođač radova je dužan da pripremi neophodnu dokumentaciju za obavljanje tehničkog pregleda:

- da kompletira svu atestno-tehničku dokumentaciju,
- da pripremi projekat izvedenog stanja.

Komisija, na osnovu pregleda objekta, sastavlja izveštaj o tehničkom pregledu i dostavlja ga investitoru. Ukoliko je nalaz komisije pozitivan, nadležni organ izdaje upotrebnu dozvolu. Ukoliko nalaz komisije sadrži primedbe, odgovorni izvođač radova organizuje da se one hitno otklone i pismenim putem obaveštava investitora i komisiju da su primedbe otklonjene.

5. ŠTA KORISNIK ŽELI?

U današnje vreme ekonomske krize, oštre konkurencije i rata cena, počinjati biznis je veoma neisplativo. Ono što može izdvojiti neko preduzeće od ostalih je dodata vrednost na uslugu i stvaranje posebnog odnosa prodavca i klijenta. U mnogim slučajevima se pokazalo da cena nije presudni faktor, već kvalitet opreme i tehnička podrška tokom garantnog perioda.

Ne postoji generalno pravilo kako kategorisati nivo znanja zaposlenih u nekoj kompaniji, sem pretpostavki da su to:

- Totalno nezainteresovani
- Amateri
- Entuzijasti
- Profesionalci

Bez obzira na nivo znanja, novčano stanje ili situaciju infrastrukture, postoji jedna nezaobilazna stvar u današnje vreme a to je da informacione tehnologije napreduju neverovatnom brzinom.

Sa ovim napretkom povezana su i sva poslovanja bilo kakve vrste, pa je i neminovno da ta ista poslovanja prate razvoj tehnologije. Svako preduzeće će morati, u manjoj ili većoj meri, da bude pozicionirano na, danas, najvećoj računarskoj mreži – Internetu, makar u vidu Internet stranice. U sve većoj meri, ljudi se oslanjaju na informacije iz raznih baza podataka i informacija sa Interneta, i počinju da se navikavaju da na takav način dolaze do informacija.

Ovaj trend su prepoznale mnoge velike kompanije i počele masovno da se reklamiraju i prodaju svoje proizvode preko Interneta. Do skorašnje naticanje cena u stvarnom svetu se ubrzanim koracima seli u virtuelni svet. Samim tim što raste potražnja za takav vid usluge, ona povlači za sobom i ubrzano uvođenje novih tehnologija i usluga u domove i preduzeća.

Današnji korisnik je predodređen (primoran) da uvede nove tehnologije i usluge u svoje preduzeće ili dom, samo je pitanje vremena kada će to uraditi, a na ovo utiče sam nivo znanja, materijalna situacija, itd.

Ukoliko je nivo znanja veći a nepovoljna materijalna situacija, takav tip klijenta je više spreman da rizikuje tako što će investirati u svoju infrastrukturu, jer to vidi kao način za ubrzanje i unapređivanje procesa poslovanja preduzeća.

6. ZAKLJUČAK

Računarske mreže su potrebne bilo kom preduzeću koje ima više od tri računara i to do te mere kao što je jednom preduzeću neophodna struja, telefon, Internet, itd. To je neophodan preduslov za unapređivanje poslovanja i za korišćenje novih tehnologija kao što su IP telefonija, IP video nadzor, video konferencija i mnoge druge.

Kroz mnogobrojne aspekte, pokazatelje i istraživanja u ovom radu, na veoma detaljan način je prikazano gde se praksa razilazi sa teorijom a gde ne. Ovo ne znači da treba zaobići teoretske osnove, već ih treba skratiti i uprostiti sa onim što je naučeno u praksi. Kombinacija poznavanja i teorije i prakse daje savršen spoj za projektovanje uspešne računarske mreže.

7. LITERATURA

- [1] <http://www.wikipedia.org>
- [2] <http://www.highteck.net/EN/Ethernet/Ethernet.html>
- [3] <http://www.lantronix.com/resources/net-tutor-etntba.html>
- [4] Andrew S. Tanenbaum, Računarske mreže, Mikro knjiga, Beograd, 2005
- [5] Todd Lammle, CCNA: Cisco Certified Network Associate Study Guide, 7th Edition edition, London, 2011.
- [6] Cisco Learning Academy, CCNA curriculum, version 4, 2008.

Kratka biografija:



Filip Miladinović je rođen 21.07.1982. godine u Beogradu. Osnovnu školu "Branko Ćopić" završio je 1997. godine, a potom upisao 12. beogradsku gimnaziju "Dimitrije Tucović", takođe u Beogradu. 2001. upisao Vojno tehničku akademiju u Beogradu, odsek: logistika, smer: Vazduhoplovna tehnička služba. Potom se 2003. godine prebacio na FTN u Novom Sadu, odsek: Energetika, elektronika i telekomunikacije, smer: Telekomunikacije, koji uspešno završava 2011. godine. Tokom studiranja, četiri god., radio je kao Projektant računarskih mreža i IT project menadžer u firmi Positive d.o.o. u Novom Sadu.



Željko Trpovski rođen je u Rijeci 1957. god. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 1998. god. Od 2004. god ima zvanje vanrednog profesora.

**PRENOS ENERGIJE JEDNOSMERNOM STRUJOM VISOKOG NAPONA (HVDC)
HIGH VOLTAGE DIRECT CURRENT TRANSMISSION (HVDC)**Aleksandar Krneta, Vladimir Katić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – Opisana je HVDC sistem, njegova organizacija, kao i prednosti u odnosu na AC sistem. Prikazane su postojeće HVDC veze u Evropi. Na kraju prezentovana je DC konekcija farmi vetrenjača sa mrežom na kopnu kao i značaj izgradnje Super grida

Abstract – HVDC system is described, their organizations, as well as advantages over existing AC system. HVDC links in Europe are demonstrated. In the last part connection between offshore wind farms and main grid, as well as importance of building of a Super grid are presented.

Ključne reči: HVDC, pretvaračka stanica, Super Grid, farme vetrenjača

1. UVOD

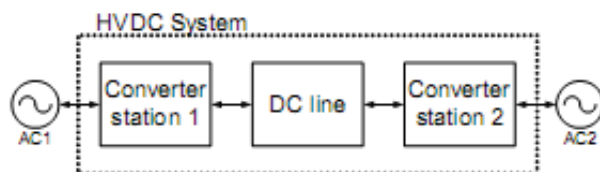
Prenos električne energije jednosmernom strujom visokog napona poslednjih godina se sve više predlaže kao alternativa postojećem sistemu. Aplikaciju nalazi pogotovu za prenos električne energije podmorskim kablovima, što postaje značajan segment širenjem vetroelektrana na moru (*off-shore*). U radu su date osnove ovog sistema, kao i njegove prednosti i mane u odnosu na prenos naizmeničnim naponom. Predstavljeni su ključni delovi ovog sistema, kao i neke mogućnosti primene. Posebno je opisan supergrid koncept, kao način prenosa “zelene energije”.

2. OPIS HVDC SISTEMA

Tri glavna elementa HVDC sistema su: pretvaračke stanice sa krajevima za slanje i primanje, prenosni posrednici (nadzemni vod ili kabal) i elektrode za uzemljenje. Pošto pretvaračke stanice mogu funkcionisati kao ispravljači i kao invertori, moguć je prenos električne energije u oba smera. HVDC se najčešće koristi za prenos električne energije na velike udaljenosti i to preko kablova i nadzemnih vodova. Takođe, koristi se i za povezivanje asinhronih AC sistema ako rade na istim ili različitim frekvencijama. Slika 1 pokazuje pojednostavljenu šemu HVDC sistema sa osnovnim principom prenošenja energije između dva AC sistema ili dva čvora u bilo kom pravcu. U svakoj stanici postoji nekoliko komponenti uključenih u konverziju AC u DC i obrnuto. HVDC konvertorske stanice ili HVDC uključuju sporedni AC sistem, konvertorski transformatorski sistem, konvertore i pomoćne podsistemske stanice.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Vladimir Katić, red. prof.



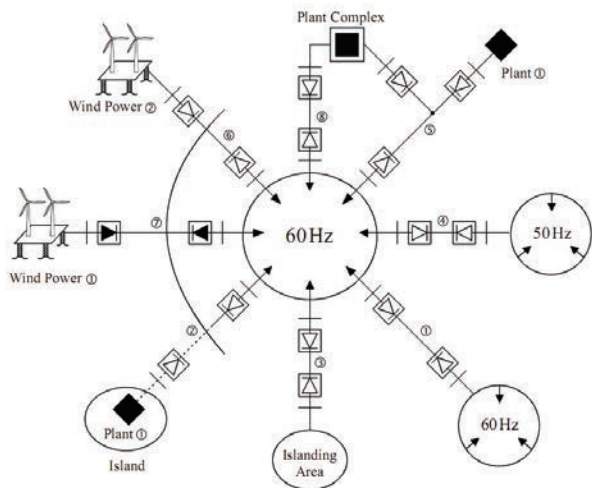
Slika 1. Opšta šema HVDC sistema.

Snažne elektronske komponente nalaze se u konvertorima i sastoje se od tiristora ili tranzistora povezanih na rad i/ili papralelu, u zavisnosti od HVDC tehnologije. Razlog za izbor HVDC su uglavnom ekonomski, a ne tehnički. Životni vek ove tehnologije i zaštita životne sredine mogu biti razlozi za njegov izbor. [1]

2.1. Prednosti i nedostaci HVDC

Na slici 2 su prikazani primeri primene HVDC sistema u kojima ona pokazuje prednosti u odnosu na AC prenos. Ovi primeri su označeni brojevima, kako sledi:

- 1) Prenos velike količine električne energije nadzemnim vodovima
- 2) Prenos velike količine električne energije podmorskim kablovima.
- 3) Brzu i preciznu kontrolu protoka električne energije sa HVDC vodom za kreiranje pozitivnog prigušenja zbog elektromehaničkih oscilacija i poboljšavanja stabilnosti mreže pomoću modulacija zbog prenosa koji se odvija kao „Back to Back“.
- 4) Budući da HVDC veza nije ograničena frekvencijom i faznim uglom između dva AC sistema, može da se koristi za povezivanje dva sistema sa različitim frekvencijama koristeći asihroni „Back-to-Back“
- 5) Kada snaga treba da se prenese na velike udaljenosti preko različitih zemalja ili preko regija u okviru jedne države, može biti strateški i politički neophodno da se ponudi konekcija potencijalnim partnerima koristeći multi terminalnu DC vezu
- 6) HVDC sistemi se takođe mogu koristiti za povezivanje obnovljivih izvora, a najbolji primer su vetroelektrane, gde je lokacija proizvodnje daleko od potrošača.
- 7) VSC (Voltage-Source Converter) zasnovan na HVDC tehnologiji dobija sve više prostora. Ova tehnologija je rezultat konstatnog tehnološkog razvoja IGBT-a (Insulated gate bipolar transistors). U ovom sistemu PWM (pulse with modulation) modulacije se mogu koristiti za VSC, nasuprot tiristorskih HVDC-a.
- 8) Pošto se reaktivna snaga ne prenosi DC vodovima, dva AC sistema mogu biti povezana DC vodovima bez povećanja struje kratkog spoja. Ova tehnologija može biti korišćena za povezivanje generatora

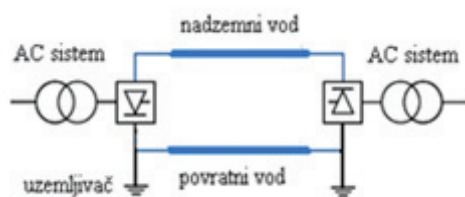


Slika 2. Prikaz primene HVDC sistema

Glavni nedostatak HVDC tehnologije jeste cena opreme, a pre svega pretvaračke stanice. U njoj se nalazi veliki broj tiristora, koji su skupe komponente, a pri njihovom radu su gubi dosta energije. Na udaljenostima kraćim od 350km HVDC tehnologija postaje skuplja od HVAC tehnologije [2].

2.2. Vrste HVDC prenosa

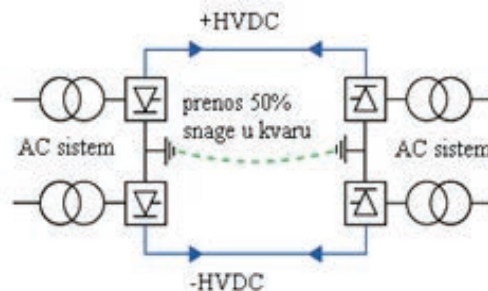
Postoje dve vrste HVDC prenosa: jednopolni i dvopolni. Kod jednopolnog sistema je jedan kraj pretvarača spojen na prenosni vod. Taj je vod pod približno nazivnim naponom, na potencijalu visoko iznad ili ispod potencijala zemlje, zavisno od smera toka snage. Drugi kraj je povezan sa uzemljenjem i on može, a i ne mora biti povezan pomoću drugog provodnika sa uzemljenim krajem druge pretvaračke stanice (slika 3). Drugi provodnik je praktično na potencijalu zemlje. U jednopolnim HVDC sistemima, koji postoje gotovo isključivo u obliku podmorskih kablovskih sistema prenosa, postoje bitne razlike između izrade katodne i anodne elektrode koje se koriste kao uzemljivači. Uzemljivač u ulozi katode nije izložen sopstvenom elektrolitičkom razgrađivanju, pa se najčešće izvodi ukopavanjem više stotina metara bakrenog provodnika velikog prečnika u konfiguraciji petlje ili mreže. Uzemljivač u ulozi anode izložen je elektrolitičkom razgrađivanju, pa se anodni uzemljivač pravi od više mreža izrađenih od titanijuma. Savremeni monopolarni sistemi za nadzenu vodove imaju kapacitet od 1500 MW prenosa snage, dok je kapacitet podmorskih i podzemnih kablova do 600 MW.



Slika 3. Šema jednopolnog prenosa sa povratnim vodom

U dvopolnom prenosu koristi se par provodnika, svaki na visokom potencijalu u odnosu na zemlju, suprotnog polariteta. Prelaskom jedne pretvaračke stanice iz ispravljačkog u invertorski rad, a susedne pretvaračke

stanice u obrnuti režim, postiže se promena polariteta napona vodova a time i promena smera toka snage (slika 4). Prednost dvopolnog prenosa sa ugrađenim uzemljenim elektrodama na svakom kraju dolazi do izražaja kada se kvar razvije na jednom od vodova. Tada će približno pola nazivne energije nastaviti da teče koristeći zemlju za put povratka, u jednopolnom režimu rada. [3]



Slika 4. Šema dvopolnog prenosa

3. OPIS PRETVARAČKE STANICE

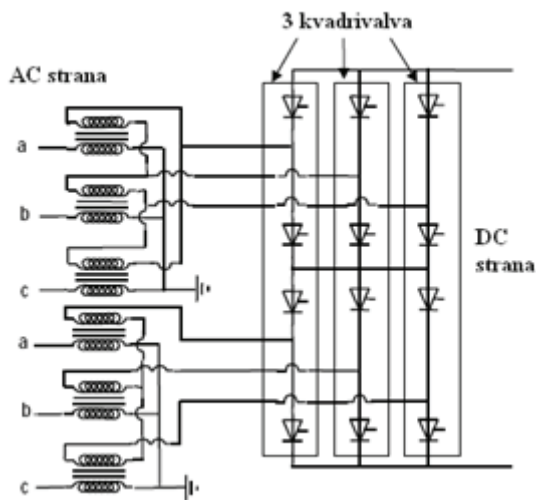
Najinteresantniji dio HVDC sistema su pretvaračke stanice, koje predstavljaju inovativno rešenje koje je omogućilo primenu HVDC prenosa. Osnovni delovi pretvaračke stanice su pretvarači i pretvarački transformatori. Glavni deo HVDC konvertora snage je poluprovodnički ventil. Namena pretvaračkih transformatora je da transformišu napon AC sistema na određeni AC napon na ulazu pretvarača kako bi se dobio odgovarajući DC napon na izlazu pretvarača. Pored tiristora i IGBT pretvarača i pretvaračkih transformatora, koji predstavljaju osnovnu opremu, HVDC pretvaračke stanice sadrže i AC filtre, DC filtre, DC prigušnice, odvodnike prenapona i rastavljače. Postoje dva tipa konverzije, koja su danas u upotrebi. To su HVDC LCC (HVDC prenos korišćenjem mrežom komutovanog konvertora) i HVDC VSC (HVDC prenos korišćenjem naponskog pretvarača) [3,4].

3.1 HVDC LCC

Standardna mostna veza je 6-pulsni mostni pretvarač koji obuhvata šest snažnih komponenti, po dve u 3 grane. U današnjim HVDC sistemima koristi se dvanaestopulsni mostni pretvarač. Dobija se kao serijska veza dva puno upravljiva 6-pulsna mostna pretvarača i zahteva dva trofazna sistema, koji su međusobno pomaknuti za 30 električnih stepeni. Ovaj zahtev se ostvaruje ako se koriste dva trofazna pretvaračka transformatora u različitim spojevima, jedan u spoju zvezda-zvezda, a drugi u spoju zvezda-trougao, kao što je prikazano na slici 5. Na ovaj način je postignuto da su oba izlazna napona fazno pomerena za 30°. Upravljanje oba ispravljača je istovremeno tako da na izlazu daju oba napona sa pulsacijama pomećenim za 30°. Dva AC napona, fazno pomerena za 30°, koriste se da bi se poništili 5. i 7. harmonik struje sa AC strane i 6. harmonik napona sa DC strane, što rezultuje značajnim uštedama na harmonijskim fitrima.

Na slici 5. može se uočiti kontura oko svake od tri grupe od po četiri komponente u jednom vertikalnom nizu. Poznate su kao "quadrivalvs" (kvadrivalvs), a sastavljeni su kao jedna tiristorska struktura nastala vezivanjem četiri komponente u seriju. Pošto je nazivni napon za tiristore nekoliko kV, da bi kvadrivalv (četveroventil) izdržao napone reda 500 kV, može imati stotine nezavisnih

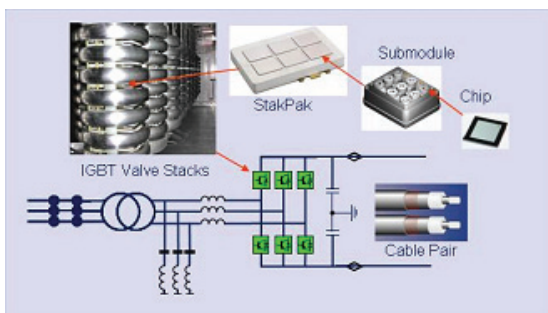
(individualnih) tiristora sa njihovim kontrolnim kolima, spojenih u serijske grupe [3,4].



Slika 5. 12-pulsni mosni pretvarač

3.2 HVDC VSC

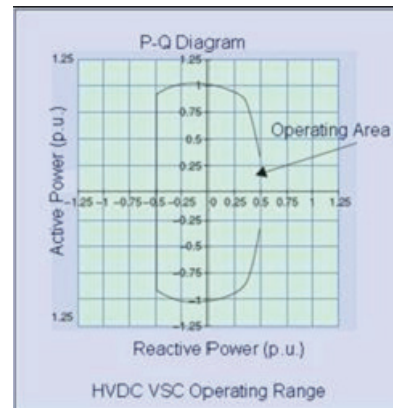
Ukoliko se primenjuje HVDC prenos sa VSC konvertorom, ostvaruje se određena prednost po sistem. VSC konvertor može da kontroliše visinu aktivne i reaktivne snage odvojeno, odnosno nezavisno jedne od druge. Reaktivna snaga se takođe može kontrolisati na svakom terminalu, nezavisno od naponskog nivoa DC. Ova kontrola kapaciteta daje komfor, kada je u pitanju postavljanje konvertora u AC mreže, jer ne postoji ograničenje obezbeđenja minimalne kapacitivne struje kratkog spoja u mreži. Sama komutacija sa VSC omogućava "black start", što bi značilo da konvertor može da generiše trofazni sistem napona, kao virtualni sinhroni generator. Dinamička podrška AC napona na svakom terminalu konvertora poboljšava stabilnost napona i može povećati prenosne sposobnosti slanja i primanja do kraja AC sistema, čime se usklađuju prenosne sposobnosti DC veze. Na slici 6 je prikazan IGBT konvertor.



Slika 6. Organizacija IGBT ventila

Reaktivna snaga koja se pojavljuje u HVDC sistemu se obezbeđuje iz AC filtera koji prate kapacitivnosti na osnovnoj frekvenciji, paralelno ili serijski spojenih kondenzatora, koji su sastavni deo konvertorske stanice. Bilo koji suficit ili deficit reaktivne snage u konvertorskoj stanici mora se pokriti iz AC sistema. Ova razlika u reaktivnoj snazi treba da se održava u graničnim vrednostima, kako bi se AC napon zadržao u okviru

zadate tolerancije nominalnog napona. Na slici 7 je prikazana potražnja za reaktivnom snagom, kompezacija reaktivne snage i razmena reaktivne snage sa AC mrežom, u funkciji DC struje opterećenja, za konvertorsku stanicu sa VSC konvertorom. Za razliku od konvencionalnih HVDC prenosa, konvertori nemaju potrebe za reaktivnom snagom i oni zapravo kontrolišu reaktivnu snagu regulišući napon u AC sistemu, baš kao i generatori. [4]



Slika 7. Opseg aktivne i reaktivne snage

3.3 Načini povezivanja pretvaračkih stanica

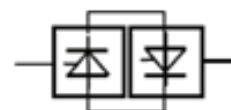
Tri najvažnija načina povezivanja pretvaračkih stanica su: "Point to Point" prenos, "Back to Back" pretvarač i multiterminalna veza.

"Point to Point" prenos je najjednostavniji način povezivanja pretvaračkih stanica. Sastoji se od dve pretvaračke stanice međusobno povezane nadzemnim vodom ili kablom. Ovakvi sistemi nazivaju se još dvoterminalni sistemi. Na slici 8 prikazana je šema ovog tipa prenosa. Pomenuti način koristi se u slučajevima prenosa elektrana-trofazna mreža, pri prenosu između trofaznih mreža i pri prenosu između trofaznih mreža zajedno sa trofaznim prenosom.



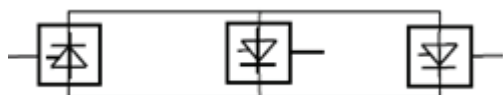
Slika 8. Šema "point to point" prenosa

"Back to Back" pretvarač ne sadrži prenosni vod ili kabal koji bi povezivao ispravljač i inverter, već su oba pretvarača smeštena u istoj stanici. Dakle, nema jednosmernog prenosa snage. Nalazi primenu u povezivanju trofaznih mreža čije su nazivne frekvencije različite. Na slici 9 data je šema "Back to Back" pretvarača.

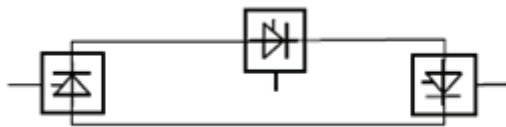


Slika 9. Šema "Back to Back" pretvarača

Kada je tri ili više HVDC konvertora, koji su geografski udaljeni, povezano sa prenosnim nadzemnim vodom ili kablom HVDC prenosni sistem je multiterminalni. Može biti paralelni ili redni multiterminalni sistem, što je prikazano na slikama 10 i 11 [2,3]



Slika 10. Paralelni multiterminalni sistem



Slika 11. Redni multiterminalni sistem

4. SUPERGRID

U Severnom i Baltičkom moru, te oko obala Danske već je postavljen, a planira se dalje podizanje niza farmi vetrenjača snage više desetina GW. Njihovo povezivanje i prenos generisane električne energije potrošačima na kopnu predstavlja veliki izazov za investitore i inženjere. Prva rešenja su vodila primeni HVDC prenosa od vetroelektrane ka kopnu. Međutim, takav koncept nije adekvatan za veliki broj vetroelektrana, pa je projektovan novi prenosni sistem, nazvan Supergrid, sa vizijom da ide oko Evropskog kontinenta, ciljajući na povezivanje i budućih solarnih elektrana duž obala Sredozemnog mora i u Sahari (slika 12).

Supergrid će biti izgrađen u fazama: prvo će biti povezane sadašnje farme „off-shore“ vetrenjača na postojeće mreže. Kao prvi korak, faze 1, biće izgrađeni super čvorovi u Severnom moru da bi sakupili generisanu „offshore“ energiju za masovnu isporuku.

Deset GW „Foundation project“ će biti prvi element Supergrida. Sastojće se od 10 GW snage el. energije dobijene na vetroelektranama, koje se nalaze u Severnom moru između Velike Britanije, Holandije i Nemačke. Ovaj projekt će povezivati oko 2000 vetro-turbina, koje će pokrivati površinu od 3000 km² sa kapacitetom od 5 MW snage za svaku turbinu i izlazom za sve tri zemlje. 10 GW „Foundation Project“ će koštati 2 miliona Evra/MW a mreža se procenjuje na dodatnih 2 milijarde Evra. Cena energije, koja će se proizvoditi, iznosiće 77 Evra/MWh u prvih 25 godina i samo 48 Evra/MWh u periodu od 26. do 50. godine. Supergrid će imati upotrebu za 70 posto kapaciteta, dok će vetroelektrane imati 40% konekcija. 10 GW projekat je dovoljan da podmiri 8 miliona domaćinstava električnom energijom.



Slika 12. Offshore Super grid

Podstrek za projekat dolazi iz dva glavna izvora. Po direktivi Evropske unije iz 2003., a koja je dopunjena 2009. godine zahteva se slobodna trgovina energijom u EU, što će omogućiti ravnopravnu tržišnu utakmicu. Zbog toga je potrebno dodatno ojačati veze između nacionalnih mreža. EU je obećala da će smanjiti emisiju ugljenika

(štetnih gasova) za 20% u odnosu na 1990. i to do 2020., što će zahtevati smanjenje emisije od električne energije za 35% i znatno povećati udeo obnovljivih izvora energije. Bez ovih mreža planovi o redukciji emisije štetnih gasova neće imati smisla [5].

5. ZAKLJUČAK

Ohrabrujuća pozitivna iskustva do sada stečena u radu mnogobrojnih jednosmernih prenosnih sistema zbog pouzdanosti sistema i mogućnosti regulacije snage, te dve do sada izvedene multiterminalne veze, doveli su do istraživanja mogućnosti gradnje HVDC mreža. One bi povezivale više trofaznih mreža koje su se približile do granice rasta po bilo kom od poznatih kriterijuma. Najveći doprinos pomenutih mreža bio bi u mogućnosti napajanja i povezivanja više trofaznih AC mreža i sistema sa različitim nazivnim frekvencijama, kao i u mogućnosti kontrolisanja smera toka snage. Pored navedenog, treba imati u vidu da je HVDC dominantan prenos energije pri podzemskim kablovskom vezama zbog dobro poznatog uticaja kapacitivnosti kabla. To pokazuje činjenica da je u Evropi izgrađeno 16 podzemskih HVDC prenosa, a u izgradnji je ili se planira još 12. U svetu je do sada izgrađeno oko 100 HVDC sistema, a dokaz ekspanzije HVDC prenosa je činjenica da je njih 40 izgrađeno u zadnjih 10 godina.

6. LITERATURA

- [1] TransGrid Solutions Inc, „HVDC Transmission Theory and Practice“, TransGrid Solutions, Delhi, 2008.
- [2] http://media.wiley.com/product_data/excerpt/53/04708229/0470822953.pdf
- [3] R. Ostojić, „Visokonaponski jednosmerni prenos“
- [4] <http://www.scribd.com/doc/52604536/HVDCTransmission-Overview>
- [5] http://www.trec-uk.org.uk/resources/airtricity_supergrid_V1.4.pdf

Kratka biografija:



Aleksandar Krneta rođen je 1984. godine u Šibeniku. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu iz oblasti Elektrotehnike i računarstva odbranio je januara 2012. godine.



Vladimir Katić rođen je u Novom Sadu 1954. god. Diplomirao je na FTN u Novom Sadu 1978., a doktorirao na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta u Beogradu 1991. god. Od 2002. god. je redovni profesor Univerziteta u Novom Sadu. Oblasti interesovanja su Energetska elektronika, Obnovljivi izvori električne energije i Kvalitet električne energije.

MERENJE INDEKSA PRELAMANJA TEČNOSTI KORIŠĆENJEM FIBER OPTIČKOG SENZORA POMERAJA
MEASUREMENT OF THE REFRACTIVE INDEX OF LIQUIDS USING FIBER OPTIC DISPLACEMENT SENSORS

 Igor Bugarski, Miloš Slankamenac, Miloš Živanov, Dragan Stupar, Jovan Bajić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*
Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu predstavljen je način merenja indeksa prelamanja tečnosti sa optičkim senzorom pomeraja. Prikazane su karakteristike dobijene pri merenju u različitim sredinama. Simulacije su vršene u LabVIEW softverskom paketu, u kojem je korišćena numerička integracija za dobijanje rezultata.

Apstract – This paper shows the way of mceasurement of refractive index with polymer optical fiber. The characteristics obtained in the measurment in different enviroments are presented. Simulations are carried out in LabVIEW software package, where numerical integration is used.

Ključne reči: Plastična optička vlakna, Senzori pomeraja.

1. UVOD

Senzori pomeraja postali su veoma popularni u industrijskoj primeni gde je potrebno merenje malih rastojanja na nivou mikrometra. Postoji nekoliko načina merenja indeksa prelamanja tečnosti sa optičkim sensorima i oni su dati u literaturi ([1], [2]). Često se koristi i refraktometar sa plastičnim optičkim vlaknom u obliku slova U [3]. Ravno providno vlakno je korišćeno za merenje kritičnog ugla totalne unutrašnje refleksije vlakna [4]. Za merenje indeksa prelamanja se koristi i senzor sa upletenim plastičnim optičkim vlaknom [5]. Dva vlakna su čvrsto upletena i uronjena u mernu tečnost, da bi prikazala razliku u prenosu svetla između ulaznog i izlaznog vlakna. Razlika u prenosu se javlja zbog različitog indeksa prelamanja korišćene tečnosti. Postoji gornja granica merenja indeksa prelamanja tečnosti sa ovim načinima koje smo naveli. Ove metode se mogu primeniti samo na tečnosti sa indeksom prelamanja manjim od indeksa prelamanja materijala od kojeg je napravljeno optičko vlakno.

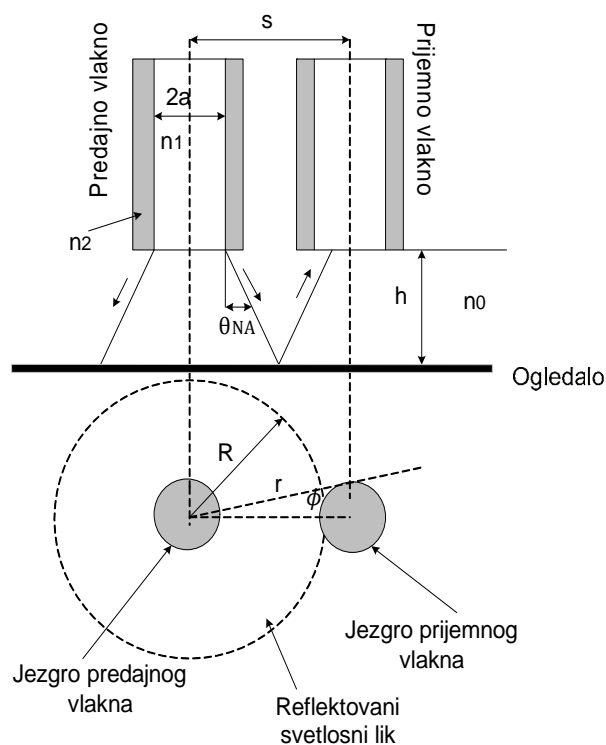
2. TEORIJA SENZORA POMERAJA

Slika 1. prikazuje osnovnu šemu optičkog senzora pomeraja zasnovanog na reflektovanju svetlosti [2].

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Miloš Slankamenac.

Šema sadrži dva multimodna vlakna sa step profilom indeksa prelamanja, gde je prvo vlakno predajno, a drugo prijemno. Pokretno ogledalo je postavljeno ispred krajeva vlakana. U teorijskom modelu smatramo da je gubitak svetlosti u vlaknu zanemarljiv.



Slika 1. Predajno i prijemno optičko vlaknosa svim važnim parametrima

Predajno i prijemno optičko vlakno se postavljaju ispred ogledala, a iza ogledala se pojavljuje lik (kao slika predajnog vlakna) kao što se može videti na slici 1. Kako je optičko vlakno postavljeno na rastojanju h ispred ogledala, lik predajnog vlakna se pojavljuje na rastojanju $2h$ od pozicije predajnog vlakna. Svetlost napušta predajno optičko vlakno sa maksimalnim uglom θ_{NA} . Reflektovana svetlost formira konus poluprečnika R iz lika predajnog vlakna, sa uglom konusa θ_{NA} koji se dobija iz numeričke aperture:

$$NA = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} = n_0 \sin(\theta_{NA}), \quad (1)$$

$$R = a + 2h \tan \theta_{NA}, \quad (2)$$

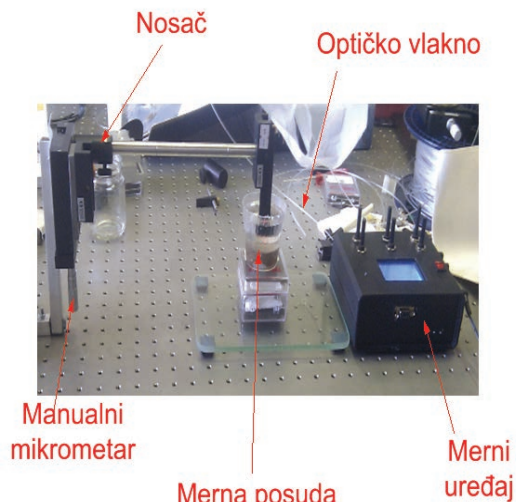
gde n_1 predstavlja indeks prelamanja jezgra vlakna, n_2 indeks prelamanja omotača optičkog vlakna i n_0 indeks prelamanja okolne sredine. U ovom slučaju okolna sredina je sredina čiji indeks prelamanja merimo. Poluprečnik jezgra vlakna je a . Princip rada predstavljenog senzora je zasnovan na amplitudnoj modulaciji reflektovane svetlosti, koja se odbija od reflektujuće površine. Lik predajnog vlakna formira reflektovani krug svetlosti u ravni prijemnog optičkog vlakna. Za mala rastojanja h , nema preklapanja između prijemnog optičkog vlakna i reflektovanog svetlosnog kruga. Intenzitet svetlosti u prijemnom optičkom vlaknu je u tom slučaju jednak nuli. Ova regija se naziva slepa regija (blind region). Ako rastojanje h raste, poluprečnik reflektovanog svetlosnog kruga takođe raste i u jednom trenutku počinje da se preklapa sa prijemnim vlaknom. Kada se potpuno preklope, intenzitet svetlosti u prijemnom vlaknu je maksimalan. Daljim povećanjem rastojanja dolazi do porasta poluprečnika reflektovanog kruga, ali i do smanjenja intenziteta svetlosti. Pre dostizanja maksimalne vrednosti funkcija intenziteta ima približno linearnu zavisnost od rastojanja i taj deo se naziva prednji nagib (*front slope*).

Deo karakteristike kada se rastojanje h i dalje povećava, a površina preklapanja reflektovanih krugova ostaje konstantna, naziva se zadnji nagib karakteristike (*back slope*). U ovom delu karakteristike intenzitet svetlosti u prijemnom vlaknu opada po nelinearnom zakonu (sa kvadratom rasojanja).

3. EKSPERIMENTALNA POSTAVKA

Eksperimentalna postavka se sastoji od: nosača koji služi za držanje senzora (dva plastična optička vlakna koja su prislonjena jedno uz drugo), merne posude, manualnog mikrometerskog pozicionera koji je pričvršćen za nosač (koristi se za pomeranje senzora koji se nalazi iznad ogledala) i mernog uređaja. Komponente koje su korišćene u merenju su u celini prikazane na slici 2. Ceo eksperiment se radi u nekoliko koraka. Prvi korak je ulivanje merne tečnosti u čašu u kojoj se nalazi ogledalo koje reflektuje svetlost iz predajnog vlakna. Drugi korak je podešavanje mernog uređaja, a to znači postavljanje raznih parametara merenja: aktivnost ulazno - izlaznih kanala, broj odmeravanja (broj izvršenih merenja tokom jedne sekunde i usrednjavanje dobijenog rezultata, podešeno na 1000 kod eksperimenta), pojačanje β (podešeno na 100), osvetljenje grafičkog LCDekrana. Treći korak predstavlja podešavanje senzora (krajeve optičkih vlakana) u početnu poziciju merenja. To znači treba podesti manualni mikrometerski pozicioner tako, da on pokazuje nultu rastojanje (vrednost) na sebi, kada je i rastojanje između senzora koji se nalazi u mernoj posudi i ogledala jednaka nuli. U narednom koraku se pomoću manualnog mikrometerskog pozicionera (sa korakom od po 100 μm) povećava rastojanje između senzora i ogledala. Svaki put pri povećanju rastojanja treba sa ekrana pročitati intenzitet koji se dobije kao rezultat reflektovane svetlosti, koja ulazi u prijemno optičko vlakno senzora, registruje fotodetektorom, zatim obrađuje i prikazuje na ekranu. Svaka vrednost se zapisuje. Na kraju svakog merenja potrebno je pre ulivanja nove

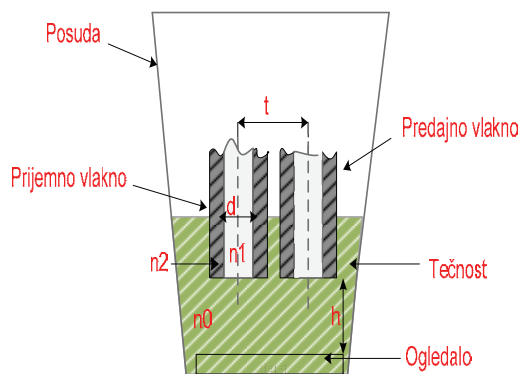
tečnosti, očistiti ogledalo, krajeve optičkih vlakana (senzor) i čašu. Sve ovo je neophodno, da bi se izbegla greška merenja. Zapisane vrednosti se posle merenja upisuju u datoteku tabelarnog tipa, odakle se karakteristika senzora crta direktno.



Slika 2. Eksperimentalna postavka za merenje indeksa prelamanja

4. IZGLED SENZORA ZA MERENJE INDEKSA PRELAMANJA TEČNOSTI

Na slici 3. prikazana je merne posuda sa senzorom za merenje indeksa prelamanja tečnosti. Korišćeno plastično optičko vlakno je multimodno step-indeks vlakno.



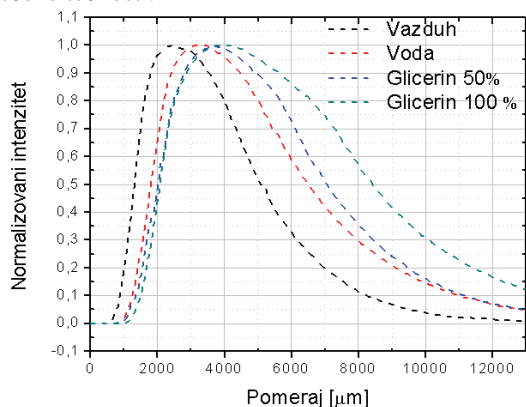
Slika 3. Izgled posude sa senzorom za merenje indeksa prelamanja smeše

Indeks prelamanja jezgra ovog vlakna n_1 iznosi 1.492, a indeks prelamanja omotača n_2 iznosi 1.417. Na osnovu podataka o indeksima prelamanja jezgra i omotača optičkog vlakna pomoću jednakkosti (1) se dolazi do numeričke aperture ovakvog vlakna koje iznosi približno 0.5. Ako menjamo n_0 , indeks prelamanja sredine u kojoj se vlakna nalaze, menja se i ugao θ_{max} , maksimalni ugao upadne svetlosti koja ulazi u drugo vlakno. Na taj način ako na primer iz vazduha za koji je indeks prelamanja približno jednak jedinici, premestimo vlakna u vodu ili neku drugu smešu koja ima indeks prelamanja veći od vazduha, ugao θ_{max} će se smanjiti što se može se izračunati preko izraza (1). S druge strane na prvom vlaknu koje emituje svetlost koja ulazi u drugo vlakno, izlazna svetlost će biti usmerenija što se pokazuje pomoću

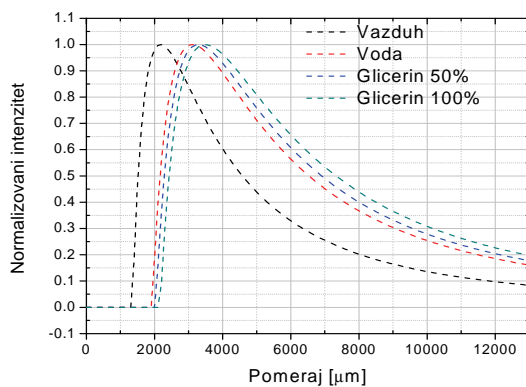
zakona o prelamanju svetlosti. Eksperimentalno je potvrđeno da iako se smanjuje maksimalni upadni ugao u drugo vlakno, povećanjem indeksa prelamanja tečnosti, izlazna svetlost iz prvog vlakna bolje se usmerava, ima uži snop, iako se smanjio maksimalni ugao, ulaziće više svetlosti. Rastojanje između optičkih vlakana koja čine senzor je približno 60 μm . Kao izvor svetlosti korišćena je crvena LED, čija je centralna talasna dužina na 630 nm.

5. EKSPERIMENTALNI I SIMULACIONI REZULTATI

Na slici 4. je prikazani su mereni i simulirani rezultati koji se dobijaju opisanim senzorom. Za simulaciju je korišćen softverski paket LabVIEW. Dobijene krive eksperimenta dosta dobro prate krive koje se dobijaju pomoću LabVIEW softverskog paketa. Odstupanja simulacionih rezultata od merenih se javljaju zbog neidealne eksperimentalne postavke (ne idealna paralelnost između predajnog i prijemnog optičkog vlakna, neidealno polirani krajevi optičkog vlakna, ...). Isto tako uzrok za odstupanje simulacionih i merenih rezultata je korišćenje uprošćenog simulacionog modela (nisu uzeti u razmatranje Fresnelovi koeficijenti). Takođe, veoma bitan parametar u simulaciji je i tip raspodele intenziteta svetlosti na izlazu predajnog optičkog vlakna. U ovom slučaju je korišćena uprošćena parabolicna raspodela. Na slici 4. se može videti zavisnost normalizovanog intenziteta svetlosti od pomeraja i korišćene tečnosti.



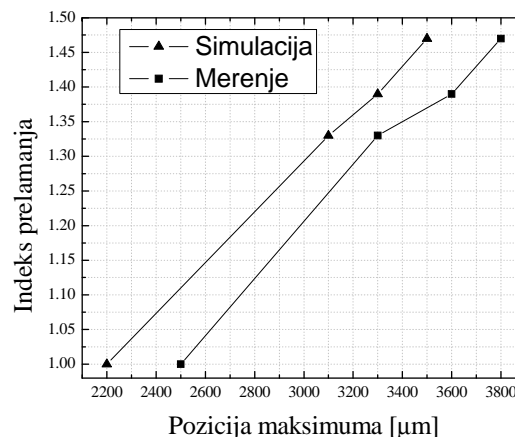
(a)



(b)

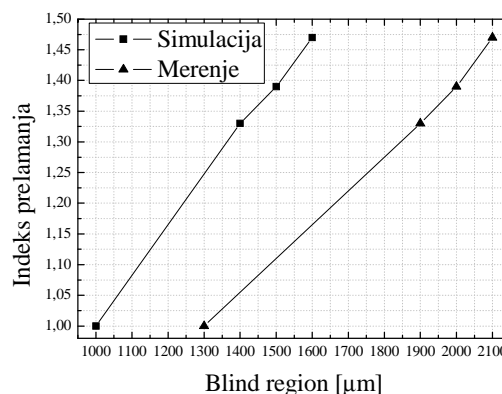
Slika 4. Prikaz dobijenih rezultata za četiri vrste okruženja: (a) Eksperimentalna merenja, (b) Simulacija u LabVIEW softverskom paketu

Za manje vrednosti indeksa prelamanja tečnosti vrhovi na karakteristikama se pojavljuju ranije, slepa regija se javlja na manjim pomerajima, i širina karakteristike na polovini maksimuma je uža. Karakteristika indeksa prelamanja tečnosti u zavisnosti od pozicije maksimuma (slika 5), dosta dobro prati karakteristiku dobijenu pomoću LabVIEW softverskog paketa.

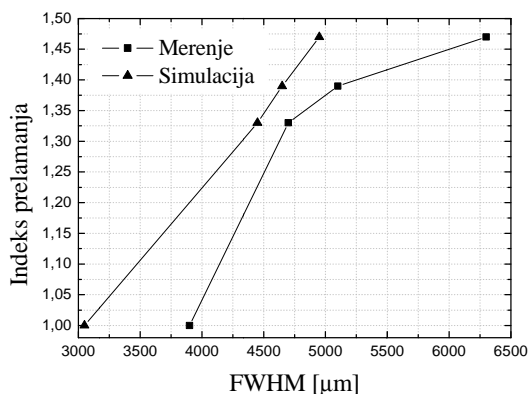


Slika 5. Karakteristika indeksa prelamanja tečnosti u zavisnosti od pozicije maksimuma

Na slici 6. je data karakteristika indeksa prelamanja tečnosti u zavisnosti od pozicije slepe regije. Može se primetiti značajno odstupanje, ako poredimo vrednosti sa rezultatima na slici 5. Uzrok odstupanja je u neidealno podešenoj eksperimentalnoj postavci. U simuliranom modelu predajno i prijemno optičko vlakno su postavljeni idealno jedno uz drugo. Prilikom eksperimenta između vlakana se nalazi vazdušni procep što utiče na odstupanje merenih od simulacionih rezultata. Slika 7. prikazuje karakteristiku indeksa prelamanja tečnosti u zavisnosti od širine karakteristike kada je normalizovani intenzitet na polovini maksimuma (Full width at half maximum - FWHM). Sa slike se jasno vidi da merena karakteristika značajno odstupanja od simulacione. Razlog ovog odstupanja je u korišćenju pojednostavljenih simulacionih modela. Na osnovu: položaja vrhova, slepe regije ili (FWHM) se može izračunati indeks prelamanja tečnosti. Najlakše dobijanje indeksa prelamanja tečnosti je merenjem dužine slepe regije (*blind region*), pa da se na osnovu toga utvrđuje indeks prelamanja ispitivane tečnosti.



Slika 6. Karakteristika indeksa prelamanja tečnosti u zavisnosti od pozicije slepe regije



Slika 7. Karakteristika indeksa prelamanja tečnosti u zavisnosti od FWHM

Isto tako indeks prelamanja ispitivane tečnosti se može dobiti iz pozicije maksimuma na karakteristici. Praćenjem pozicije maksimuma na karakteristici je najpogodnije za merenje indeksa prelamanja. Merenje indeksa prelamanja tečnosti preko FWHM nije pogodno.

6. ZAKLJUČAK

Ovaj rad je rezultat eksperimenata u kojem su analizirane osobine senzora za merenje indeksa prelamanja tečnosti sa optičkim senzorom pomeraja. Pokazano je da se relativno jednostavno može realizovati senzor sa optičkim vlaknima pogodan za merenje indeksa prelamanja tečnosti. Moguća su različita unapređenja postojećeg sistema u cilju pojednostavljenja merne metode. Takođe, ako bi se sistem koristio u industrijskoj primeni, jednostavno se može realizovati da opisani sistem potpuno automatski obavlja opisani postupak merenja.

Pod tim se smatra podešavanje mikrometarskog pozicionera, pomoću mikror računarskog sistema, koji bi kontrolisao njegovu poziciju, skladištio i prikazivao dobijene rezultate merenja na računaru.

7. LITERATURA

[1] Gobi Govindan, Srinivasan Gokul Raj, Dillibabu Sastikumar, Measurement of refractive index of liquids using fiber optic displacement sensors, Journal of American Science 5 (2) 13-17, 2009.

[2] A. Suhadolnik, A. Babnik, J. Mozina, Optical fiber reflection refractometer, Sensors and Actuators B29, 1995.

[3] E. Karrer and R. S. Orr., A photoelectric refractometer, J. Opt. Soc. Am., 36 42 – 46, 1946.

[4] D. J. David, D. Shaw, H. Tucker and F. C. Unterleitner, Design, development and performance of a fiber optics refractometer: application to HPLC, Rev. Sci. Instrum., 47 989 – 997, 1976.

[5] E. Smela and J. J. Santiago – Aviles, A versatile twisted optical fiber sensors, Sensors and Actuators, 13 117 – 129, 1988.

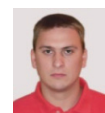
Kratka biografija:



Igor Bugarski je rođen u Bečeju 1980. god. Apsolvent je na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu na odseku za Mikror računarsku elektroniku. Oblasti interesovanja su mu optoelektronika i računarska elektronika.



Miloš Slankamenac je rođen u Novom Sadu 1977. god. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 2010.god., a od 2011. god. je u zvanju docenta na FTN. Oblasti interesovanja su mu elektronika i optoelektronika.



Dragan Stupar je rođen u Bačkoj Palanci 1986. godine. Master studije je završio na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mikror računarska elektronika usmerenje za Primenjenu elektroniku 2010. god.



Jovan Bajić je rođen u Sremskoj Mitrovici 1986. god. Master studije je završio na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mikror računarska elektronika na usmerenju za Primenjenu elektroniku 2010.god.



Miloš Živanov je rođen 1948. god. u Novom Sadu. Diplomirao je na Elektrotehničkom fakultetu, odsek za tehničku fiziku u Beogradu 1973. god. a doktorirao 1992. na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu.

**PROJEKTOVANJE VETROELEKTRANE – PREGLED SOFTVERSKIH ALATA
REVIEW OF SOFTWARE PACKAGES FOR DESIGNING OF A WIND FARM**

Borislav Živković, Vladimir Katić, *Fakultet Tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – Uvodni deo rada objašnjava pojam vetroparka i opisuje modele vetroturbina. U nastavku su predstavljeni zahtevi neophodni pri formiranju vetroparka, način povezivanja vetroturbina kao i uslovi priključenja vetroelektane na mrežu. Ključni deo rada prikazuje softverske alate za projektovanje vetropakova. Osnovna uloga im je da povećaju proizvodnju uz uvažavanje uticaja na okolinu. Zahvaljujući modularnoj strukturi, u zavisnosti od zahteva, moguće je izabrati bilo koji od modula. U ovom radu moduli su detaljno opisani i predstavljena je lista s njihovim cenama..

Abstract - First part of this paper presents term of wind farm and describes wind turbine models. Also, the requests necessary for developing of wind farm, the way of connecting of wind turbines as well as technical specifications for the connection of wind farms to the power grid, are represented. The main part of this paper is the review of software packages for the design and planning of wind farms. Their purpose is to maximise the power produced by the wind farm, whilst minimising environmental impact. Due to their modular based structure, you are able to choose only modules according to your present requirement. Modules description and price lists are presented in this paper.

Ključne reči: *Vetroelektrane, softverski alati za projektovanje vetroelektrana, obnovljivi izvori energije*

1. UVOD

Konverzija energije vetra u električnu preko vetrogeneratora predstavlja najznačajniju komponentu korišćenja obnovljivih izvora u svetu, za sada. Energetski bilansi pokazuju da je efikasnost ovakve konverzije reda 59% (teorijska granica), odnosno 30-40% kao realno i praktično ostvarljivo [1]. Iz tih razloga, podignuti su ogromni energetski kapaciteti u Evropi, Americi, Indiji, Kini, ali i u drugim krajevima sveta. Procenjuje se da će krajem 2011. godine u Evropi biti instalirano ukupno oko 95.000 MW vetrogeneratora [2].

Za kvalitetno planiranje i projektovanje ovakvih objekata, veliki značaj imaju za to razvijeni softverski alati i paketi. Oni omogućuju kvalitetno, precizno i brzo projektovanje vetroelektrana. Ovi softverski paketi mogu se podeliti u dve glavne grupe:

1. Za određivanje energetskog potencijala vetra. Osnovna uloga im je da opišu strujanje vetra na zadatom terenu, odnosno proračunaju energiju vetra. Oni poseduju i neke osnovne alate za dizajn farmi vetrenjača. Najznačajniji predstavnici su: WAsP, Windsim, Meteodyn, WindieTim i dr.
2. Za projektovanje velikih vetroelektrana. Oni se koriste za optimalno projektovanje vetroelektrana u skladu sa zadatim ograničenjima. Najpoznatiji paketi su: WindPRO, WindFarmer, WindFarm i OpenWind (u eksperimentalnoj fazi).

Ova druga grupa programa, kao ulazne podatke o strujanjima vetra uglavnom koristi proračune dobijene upravo pomoću pomenutih softverskih paketa iz prve grupe, tako da u stvari svi oni čine jedan kompleksan sveobuhvatni alat za projektovanje u vetroenergetici..

Najčešće korišćeni programi su WAsP i WindPRO, sa udelom od 90% u dosad izvršenim projektima. Detaljan opis WasP-a sa odgovarajućom primenom, dat je u [3].

Cilj ovog rada jeste da ukratko predstavi sve ove softvere, a posebno programske pakete druge grupe (WindPRO, WindFarmer, WindFarm).

2. VETROELEKTRANA

Vetroelektrana je grupa vetroturbina na jednom mestu koja se koristi za proizvodnju električne energije. Ona se može sastojati od nekoliko stotina turbina i obuhvatati područje od više kvadratnih kilometara, a zemljište između turbina može se koristiti za obrađivanje, stočarstvo i druge svrhe. Prednost povezivanja vetrogeneratora u celinu su niža cena razvoja lokacije, jednostavna interkonekcija sa EES-om i centralizovan pristup upravljanju i održavanju. Najbolja iskoristivost se ima na lokacijama, gde je prosečna brzina vetra veća od 6m/s. Strujanja vetra su intenzivnija na većim visinama ili na površinama mora zbog manjeg uticaja prepreka i hrapavosti terena. Idealna lokacija bi trebala imati konstantno strujanje bez turbulencija i sa minimalnom verovatnošću naglih udara vetra. S obzirom na lokacije za izgradnju vetroelektrana, mogu se podeliti na onshore (kopnene) i offshore (na moru).

3. MODELI VETROTURBINE

Moderni vetrogeneratori imaju vetroturbinu sa horizontalnom osnovom koja ima sistem za zakretanje osovine u horizontalnoj ravni, za praćenje promene smera vetra. Osim prethodno navedenih, postoje još i vetrogeneratori sa vertikalnom osnovom.

Vetrogeneratori sa horizontalnom osom većih snaga moraju imati veliki raspon krakova rotora što zahteva viši

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio prof. dr Vladimir Katić.

noseći stub, a ovo stvara dopunske mehaničke i konstrukcione probleme zbog čega je snaga ovih turbina ograničena. Nedostatak vetroturbina sa horizontalnom osom jeste u tome što su izložene većim mehaničkim naprezanjima (savijanju, vibracijama, centrifugalnim silama, naglim pritiscima vetra itd.) u odnosu na turbine sa vertikalnom osom.

Vetroturbine (sa horizontalnom osnovom) mogu imati različit broj lopatica, ali se za veće snage najčešće koriste turbine sa tri lopatice. Prečnik vetroturbine zavisi od snage i kreće se od 1 metar za snagu od 0.5 kW do 120 metara za snagu od 6 MW. Vetroturbina se postavlja na vertikalni stub koji u zavisnosti od njenog prečnika može biti visok i preko 120 metara. Turbina pokreće vetrogenerator koji može biti različite konstrukcije. Tamo gde je vetar slabiji treba instalirati manji vetrogenerator, jer će veći vetrogenerator tražiti veću snagu kako bi se pokrenuo. Najveći proizvođači su Vestas, Sinovel, General Electric, Goldwind, Enercon i Suzlon. Ove kompanije su izgradile proizvodne kapacitete u oblastima velike tražnje.

4. ZAHTEVI KOD FORMIRANJA VETROELEKTRANE

Svaki projekat vetroelektrane u osnovi može se podeliti u tri faze:

1. Planiranje, logistika i pripremni radovi,
2. Montaža vetroagregata i svih dodatnih delova vetroelektrane i
3. Rad turbina na vetar.

U ovako obimnim i zahtevnim projektima treba obratiti pažnju na svaki deo, a pogotovo na planiranje, jer je to svakako najbitniji deo jednog projekta. Razlozi za to su višestruki i svi se mogu svrstati pod kvalitetno i detaljno urađenu tehno-ekonomsku analizu projekta. Ovo je posebno bitno kod projekata vetroelektrana zbog same prirode energenta, tj. obnovljivog izvora koji zahteva dugoročnu prognozu ponašanja za uobičajan predviđen period operativnosti koji se obično kreće oko 20-ak godina. Takođe, tu su i mnoga druga pitanja i problemi koje treba uzeti u obzir, a svi vezano za samu prirodu vetra i vetrogeneratora, kao i njihovu instalaciju i rad.

Da bi se lakše shvatio i minimizirao njihov negativan uticaj na tok projekta, svaka faza se može podeliti na 3 relevantna aspekta, a to su:

1. Tehnički aspekti,
2. Dozvole i pravni aspekti,
3. Ekonomski aspekti.

5. POVEZIVANJE UNUTAR VETROPARKA

Turbine generatora se obično klasifikuju kao 'niskonaponske', drugim rečima nominalnog su napona ispod 1000V, a najčešće je to nivo 690V. Neke veće turbine koriste generatore visokog napona, oko 3kV, ali to nije dovoljno visok napon za isplativo direktno povezivanje (interkonekciju) sa drugim turbinama. Zbog toga, neophodno je da svaka turbina ima transformator koji diže napon na sredjenaponski nivo, sa pridruženim SN prekidačima.

Turbine su međusobno povezane mikro-mrežom srednjeg napona (MV) u rasponu od 10 do 35kV. U većini

slučajeva ova mreža se sastoji od podzemnih kablova, ali u nekim zemljama i na nekim lokacijama i od nadzemnih vodova. Ovo je jeftiniji pristup, mada stvara veći vizuelni uticaj, a i vazdušni vodovi takođe mogu ograničiti kretanje i upotrebu dizalica.

SN električna mreža vetroparka prenosi energiju do centralne spojne tačke (ili više njih, za velike farme vetrenjača). Sredjenaponska interna mreža elektrane se sastoji od radijalnih fidera jer, za razliku od industrijskih mreža, ne postoji ekonomska opravdanost za korišćenje prstenaste strukturne mreže. Zbog ovoga, kvar na kablju ili na transformatoru turbine će rezultirati isključenjem svih turbina na tom napojnom vodu od strane prekidača u podstanici

Grubo gledajući, optimalno se udaljenosti između dve vetroturbine iskazuju njihovim prečnikom rotora (u ovom slučaju označenim sa D). Udaljenost turbina u smeru dolaska vetra je 3-5D, dok je udaljenost turbina u smeru normalnom na pravac vetra 5-9D.

Konfiguracija priključenja vetroelektrana definiše se na više načina. Dva osnovna načina su radijalni i serijski.

6. POVEZIVANJE VETROELEKTRANA NA JAVNU MREŽU

Krajem osamdesetih godina prošlog veka dolazi do sve veće zastupljenosti vetroelektrana u elektroenergetskom sistemu, tako da su kompanije koje se bave proizvodnjom, prenosom i distribucijom električne energije bile prinuđene da uvedu propise i za ovaj tip elektrana. Propisi koji postavljaju uslove priključenja generatora na elektroenergetski sistem poznati su pod nazivom „Zahtevi mreže” (Grid Code) [4].

U slučaju zahteva mreže za priključenje vetroelektrana na mrežu, ova pravila nazivamo (Wind Grid Code). Mrežnim pravilima se propisuju tehničke obaveze generatora priključenih na sistem, a uobičajeno se izrađuju dve vrste mrežnih pravila za vetroelektrane:

1. Mrežni zahtevi ako se vetroelektrana priključuje na naponski nivo $U_n \geq 110 \text{ KV}$.
2. Mrežni zahtevi ako se vetroelektrana priključuje na naponski nivo $U_n < 110 \text{ KV}$.

Svrha tehničkih uslova za priključenje je očuvanje najbitnijih svojstava pogona elektroenergetskog sistema poput sigurnosti napajanja, pouzdanosti, kvaliteta isporučene električne energije, i drugo.

Značajnim udelom u proizvodnji električne energije raste i uticaj vetroelektrana na osnovna svojstva elektroenergetskog sistema, pa u tu svrhu je potrebno izraditi posebne tehničke kriterijume za priključenje vetroelektrana na električnu mrežu. Glavna područja koje tehnički kriterijumi trebaju zadovoljiti u cilju kvalitetne integracije vetroelektrana u elektroenergetski sistem su:

1. Regulacija frekvencije i upravljanje aktivnom snagom.
2. Regulacija napona i kompenzacija reaktivne snage.
3. Ponašanje vetroelektrane pri kvaru.
4. Kvalitet električne energije dobijene iz vetroelektrane.
5. Komunikacija vetroelektrane i elektroenergetskog sistema

7. PREGLED I OPIS SOFTVERSKIH ALATA

Ovi softverski alati se mogu podeliti u dve grupe: za proračun energetskog potencijala vetra i projektovanje vetroelektrana.

7.1. Softverski alati za proračun energetskog potencijala vetra

Osnovna uloga ovih softverskih alata je prevashodno proračun strujanja i energetskog potencijala vetra na određenom terenu (mestima na kojima ne postoje merenja). Zasnivaju se na rezultatima merenja brzine i pravca vetra u dužim vremenskim periodima (bar godinu dana). Pored ove namene, oni imaju i sposobnost izvođenja nekih jednostavnijih proračuna koji se koriste za konstruisanje vetrofarmi. Postoji više ovakvih alata, a kao najznačajniji ističu se WindSim i WASP.

WindSim-Ovaj program je začetnik CDF (Computational Fluid Dynamic) tehnologije za optimiziranje pozicija vetroturbin, da bi se napravile najproduktivnije vetrofarme. Nekoliko studija su pokazale da CDF uvažava uticaj terena na strujanje vetra bolje nego dosadašnja tehnologija koja se koristila u vetro industriji. Razlika između dosadašnjeg linearnog metoda i CDF metoda najbolje se sagledava posmatranjem ubrzanja preko grebena. Brzina se povećava sa povećavanjem ugla sve dok se tok strujanja ne razdvoji. Ova situacija je najbolje sagledana u CFD modelu koji se nalazi u WindSimu-u. Čak i pri malim uglovima, kada se vetar ne razdvaja, postoji značajna razlika u merenjima u odnosu na linearne metode.

WASP - Koristi se preko 25 godina za analizu vetra i postao je standardni PC softver za procenu vetrovitosti terena pa na osnovu toga i postavljanje turbina i vetrofarmi na najoptimalnije pozicije. Razlika u odnosu na WindSim je u tome što je ovo linearan model i njegova primena je efikasnija na jednostavnijim terenima sa manjim brojem neravnina.

7.2. Softverski alati za projektovanje vetroelektrana

U nastavku su predstavljena tri osnovna softverska paketa za projektovanje vetroelektrana WindPRO, Windfarmer i Windfarm. Najzastupljeniji među njima je **WindPRO**.

Ovi paketi uglavnom imaju slične osnovne funkcije, a razlikuju se po nekim dodatnim. Važnije osnovne funkcije ovih softverskih paketa su Optimizacija, Bacanje svetlosti, Zona vidljivosti, Proračun gubitaka i neizvesnosti, Fotomontaža, 3D-Animacija i MSP.

Optimizacija - Određuje se optimalan raspored turbina na određenom predelu, obuhvatajući prirodna, praktična i planska ograničenja koja mogu uticati na izgradnju vetro parka

- Uvrštava granice za razmak među turbinama, udaljenost od kuća, buku i nagibe terena,
- Korišćenje granica unutar kojih ili izvan kojih se turbine mogu postaviti.

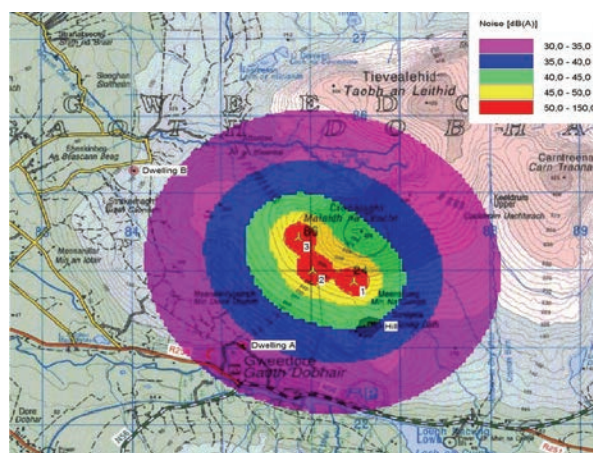
Zahtev može biti da se napravi park sa najvećom proizvodnjom energije, pa modul koristi podatke o snagama i geometriji turbina, te ih unosi u proračun sa brzinama i pravcima vetrova na terenu, turbulencijom, topografijom i uticajem slabljenja vetra prolaskom kroz vetroturbinu (zavetrinom).

Bacanje svetlosti - Analizira lokacije sunca tokom godine da bi se identifikovalo vreme kad svaka pojedinačna turbina može da baci svetlost na prozore okolnih kuća. Program omogućava:

1. Izračunavanje mogućnosti bacanja svetlosti na prozore kuća,
2. Prikaz svetlućanja pomoću kalendara za svaki dan ponaosob,
3. Pravljenje mape koja pokazuje broj časova sa svetlućanjem za svaku turbinu ponaosob kao i celu farmu vetroturbinu.

Proračun buke - Pokazuje nivo buke u oblasti koja okružuje vetrofarmu kao i za svaku kuću ponaosob (slika 1). Osnovne karakteristike:

1. Proračunava i prikazuje nivo buke preko kontura za ceo predeo oko vetrofarme,
2. Izračunava nivo buke na određenim lokacijama,
3. Prikazuje širenje buke po oktavama



Slika 1 - Primer rasprostriranja buke koju proizvode vetroturbinu

Zona vidljivosti (ZVI) - Stvara mape sa zonama vidljivosti vetrofarmi, kao i ukupan vizuelni uticaj većeg broja vetroelektrana. Najčešći je da se prebrojava broj turbina koje su vidljive sa određene tačke posmatranja u zavisnosti od: vidljivosti lopatica, gondole, stuba ili cele vetroturbinu. Takođe, vidljivost se može posmatrati iz ugla uticaja pojedinih turbina, kao i uticaja cele farme kao jedinstvene grupe.

Proračun gubitaka i neizvesnosti - za farme vetroturbinu da bi se zadovoljila finansijska opravdanost. Uključuje i godišnju proizvodnju za standardne nivoe predviđanja od nivoa P50 (verovatnoća postizanja više ili niže godišnje proizvodnje električne energije od željene je 50:50) do P99 (verovatnoća da je 99% postignuta željena godišnja proizvodnja električne energije), kao i mogućnost ispravljanja sistematičkih grešaka.

Fotomontaža - za stvaranje realne vizuelizacije datog projekta pre nego što je instaliran. Fotomontaža može se koristiti za predstavljanje različitih alternativa projekta, kao i da prilagodi uklapanje projekta u pejzaž na najbolji mogući način. U ovom postupku su veoma bitne i izohipse jer omogućuju formiranje virtuelnog reljefa bez potrebe za stvarnim slikama terena.

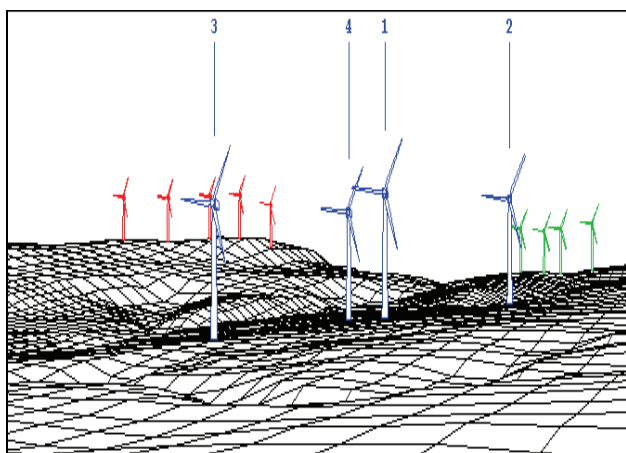
3D-Animacija - Omogućava modelovanje bilo kog tipa vetroturbinu i 3D objekta (šuma, žbun, kuća i dr.) u virtuelnoj stvarnosti. Veštački reljef se zasniva na izohipsama.

Na slici 2 predstavljen je jedan primer ovakvog pejzaža sa ucrtanim vetroturbinama. Ovom reljefu se zatim dodaju površinske neravnine, slika iz ptičije perspektive ili bilo koja tekstura koja doprinosi što realnijoj prezentaciji regiona. Nakon kreiranja 3D prezentacije, pomoću miša ili tastature se možemo slobodno kretati preko terena sa rotirajućim turbinama.

MCP (Measure-Correlate-Predict) - korelišući moduli služe za dugoročnu korekciju izmerenih podataka vetra, baziranim na dugoročnim merenjima vetra.

Programski alati karakteristični samo za WindPRO i WindFarmer su Električni proračuni i Ekonomski proračuni.

Električni proračuni - Obavlja se potpuni proračun stanja radijalne električne mreže. Koristi se za projektovanje, optimizaciju i dokumentaciju za mrežno povezivajne jedne vetroturbine i čitavih vetro parkova.



Slika 2 - Primer veštačkog pejzaža (mreža linija) sa vetroturbinama

Ekonomski proračuni - olakšava se izračunavanje i procena opravdanosti investicije vetroelektrane. Fleksibilna priroda programa omogućuje korisniku da ga prilagodi u skladu sa različitim specifičnim uslovima koji su na snazi u određenim zemljama. Na primer, cena prodaje električne energije može da se sastoji od nekoliko elemenata, gde svaki element može biti vremenski ograničen (obično subvencije). Takođe, može se ograničiti količina energije prodavane po zadatoj ceni.

8. ZAKLJUČAK

Rad se može podeliti u dve celine. Prva obuhvata prvih šest poglavlja, a druga sedmo i osmo. Prvu celinu čini predstavljanje pojma vetroelektrane, prikaz nekih njenih glavnih karakteristika, kao i predviđanja procene udela energije vetra u ukupnoj proizvodnji električne energije u budućnosti. Zatim su opisani modeli vetroturbina kao i predstavljeni neki od osnovnih proizvođača. Objasnjen je princip povezivanja unutar vetroparka, te zahtevi koje trebamo proveriti i/ili ispuniti prilikom formiranja vetroelektrane. Na kraju prvog poglavlja su opisani uslovi priključenja na javnu mrežu.

Drugu celinu čini opis softverskih alata koji se koriste za projektovanje vetroelektrane. Ako bi zamislili da su vam ponudili određenu površinu zemlje za projekat vetroparka, da bi iskoristili ovu priliku, postoje određena pitanja

na koje treba dati odgovor, a samo neka od njih su: koliko energije turbine proizvode na određenim lokacijama, kako napraviti optimalan raspored turbina obzirom da duvanja vetra i ograničenja zbog zaštite životne sredine, koje su posledice priključenja na već postojeću mrežu, koliki su troškovi za izgradnju, koliki kapacitet vetroparka možemo dobiti i dr...

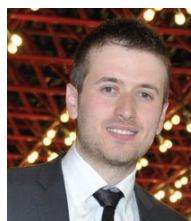
Stvaranje izveštaja o uticaju buke, bacanja svetlosti elisa rotora, zone vidljivosti, izveštaj uticaja na životnu sredinu i dr., samo su neki od osnovnih podataka neophodnih za prezentaciju lokalnim vlastima kako bi dobili dozvolu za izgradnju vetrofarme.

Da bi dobili finansiranje za vaš projekat, morali bi pripremiti i studiju izvodljivosti koja podrazumeva detaljne specifikacije za investicije, finansiranje, operativne prihode, novčane tokove i bilanse. Svi navedeni proračuni se vrše pomoću odgovarajućih softverskih paketa, čija je osnovna namena da olaksaju i što preciznije projektuju datu vetroelektranu. Svaki od njih se sastoji iz više modula, pa se na taj način omogućava proračun samo nama značajnih segmenata, a korišćenjem celih paketa omogućen je projekat kompletne vetrofarme sa maksimalnom proizvodnjom električne energije uz uvažavanje svih nametnutih ograničenja.

9. LITERATURA

- [1] Vladimir Katić, Izudin Kapetanović, Vangel Futisić, "Obnovljivi izvori električne energije", Univerzitet u Novom Sadu, FTN, Novi Sad, 2003
- [2] www.ewea.org
- [3] Nemanja Rikalo, Vladimir Katić, „Primena programskog paketa WasP“, *Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka*, Edicija: Tehničke nauke – Zbornici, God. 26, Br.14, 2011.
- [4] Milan Denić, Vladimir Katić, „Tehnički uslovi priključenja vetroelektrana na električnu mrežu“, *Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka*, Edicija: Tehničke nauke – Zbornici, God. 25, Br.19, 2010, pp.4065-4068
- [5] "WindSim brochure", www.windsim
- [6] "WasP products overview" www.wasp.dk
- [7] "WindPRO modules" www.emd.dk
- [8] "Windfarm overview" www.resoft.co.uk
- [9] "Windfarmer presentation" www.gl-garradhassan.com

Kratka biografija:



Borislav Živković rođen u Velikoj Kladuši 1985. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu iz oblasti elektrotehnike i računarstva, elektroenergetski sistemi odbranio je januara 2012 god.



Vladimir Katić rođen je u Novom Sadu 1954. god. Diplomirao je na FTN u Novom Sadu 1978., a doktorirao na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta u Beogradu 1991. god. Od 2002. god. je redovni profesor Univerziteta u Novom Sadu. Oblasni interesovanja su Energetska elektronika, Obnovljivi izvori električne energije i Kvalitet električne energije.

IZBOR PODEŠENJA DISTANTNE ZAŠTITE**DISTANCE PROTECTION SETTINGS**Bojan Močević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – *Ovaj rad posvećen je analizi delovanja logičkih kola distantne zaštite u cilju zaštite srednjenaponskih distributivnih elektroenergetskih mreža. Osnovna ideja rada zasnovana je na unapređenju zaštite srednjenaponskih distributivnih mreža sa priključenim distributivnim generatorima. U radu su dati pregled i primena osnovnih principa podešenja distantne zaštite za zaštitu od međufaznih kvarova i kvarova prema zemlji.*

Abstract – *This paper is dedicated to analysis of logical circuits' operation of distance protection in order to protect medium-voltage distribution power networks. Main idea of paper is based on improvement protection of medium-voltage distribution power networks with presence of distributed generators. Paper presents overview and purpose settings' basic principles of distance protection which is designed to protect from line to line and line to ground faults.*

Cljučne reči: *srednjenaponska distributivna elektroenergetska mreža, distributivni generatori, srednjenaponski izvod, distantna zaštita, logička kola.*

1. UVOD

Konfiguracije elektroenergetskih mreža mogu biti: radijalne i upetljane. Elektroenergetska mreža radijalne konfiguracije jeste linearna elektroenergetska mreža tj. elektroenergetska mreža u kojoj potrošač dobija isporučenu električnu energiju samo jednom putanjom od izvora električnog napajanja, pa u slučaju nastanka kvara potrošač ostaje bez isporuke iste. Kao zaštita u elektroenergetskim mrežama radijalne konfiguracije koristi se uglavnom prekostrujna zaštita u kombinaciji sa osiguračima. Za razliku od elektroenergetskih mreža radijalne konfiguracije, elektroenergetska mreža upetljane konfiguracije je elektroenergetska mreža u kojoj potrošač dobija isporučenu električnu energiju sa više putanja od izvora električnog napajanja, pa u slučaju nastanka kvara potrošač ili ne ostaje bez isporuke električne energije ili je prekid u isporuci iste kratkotrajan. Kao zaštitu u elektroenergetskim mrežama upetljane konfiguracije nije moguće koristiti samo prekostrujnu zaštitu u kombinaciji sa osiguračima, već je neophodno istu dopuniti i sa usmerenom prekostrujnom zaštitom, distantnom zaštitom i diferencijalnom zaštitom [1,2].

Međutim, u novije vreme sve više se pojavljuju elektroenergetske mreže slaboupetljane konfiguracije. Za razliku od elektroenergetskih mreža radijalne konfiguracije,

elektroenergetske mreže pomenute konfiguracije imaju u određenim svojim delovima, u zavisnosti od kategorije i prioriteta, a samim tim i potreba potrošača, tzv. alternativne putanje po kojima se isporučuje električna energija potrošačima u slučaju nastanka kvara. Naravno, nivo upetljanosti elektroenergetskih mreža slaboupetljane konfiguracije razlikuje se u znatnoj meri od elektroenergetskih mreža upetljane konfiguracije, pošto u elektroenergetskim mrežama pomenute konfiguracije nisu svi potrošači na ovaj način povezani sa izvorom električnog napajanja. Kao dodatni izvori električnog napajanja u slaboupetljanim elektroenergetskim mrežama u poslednje vreme se pojavljuju i distributivni generatori. Pored njihovih prednosti koje su opravdane sa tehničkog i ekonomskog aspekta, osnovna problem u slaboupetljanim elektroenergetskih mreža sa generatorima ogleda se u složenosti podešenja i koordinaciji relejne zaštite. Problem koji se javlja prilikom određivanja vrednosti podešenja relejne zaštite posledica je konfiguracije elektroenergetske mreže koja ima za posledicu činjenicu da se mesto kvara napaja sa dve putanje, tj. osim sa putanje koja polazi od izvora električnog napajanja u prenosnoj mreži, postoji i putanja koja polazi od distributivnih generatora koje tokom svog rada doprinose povećanju struje kvara na mestu kvara. Iz ovog razloga neophodno je posvetiti veliku pažnju, pre svega postavljanju distantne zaštite u elektroenergetskim mrežama ovakve konfiguracije, a samim tim i podešenju iste, kao i njenoj koordinaciji, kako međusobnoj, tako i sa drugim vrstama zaštite.

2. OPŠTE KARAKTERISTIKE DELOVANJA DISTANTNE ZAŠTITE

U ovom poglavlju rada data su pravila za podešenje distantne zaštite u srednjenaponskim distributivnim elektroenergetskim mrežama. Osnovna funkcija svake distantne zaštite jeste da štiti srednjenaponski izvod od kvarova na odgovarajući način u smislu da deluje u slučaju kvarova u primarnoj zoni šticećenja, a da ne deluje u slučaju kvarova van primarne zone šticećenja. Iz ovog razloga izbor podešenja i selektivnosti distantnih zaštita od velikog značaja je kako bi se postiglo odgovarajuće i selektivno delovanje distantnom zaštitom u slučaju kvarova koji se mogu javiti u srednjenaponskoj distributivnoj elektroenergetskoj mreži. Za zaštitu srednjenaponskih distributivnih elektroenergetskih mreža uglavnom se koristi prekostrujna zaštita. Međutim, u srednjenaponskim distributivnim elektroenergetskim mrežama u kojima postoje distributivni generatori priključeni na srednjenaponske izvode, vrednosti struja kvara na srednjenaponskim izvodima menjaju se što može dovesti do neselektivnog i neodgovarajućeg delovanja

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji je mentor prof. dr Duško Bekut.

prekostrujnih zaštita. Iz ovog razloga sve je više opravdana primena distantne zaštite u srednjenaponskim distributivnim elektroenergetskim mrežama na srednjenaponskim izvodima sa priključenim distributivnim generatorima.

U nastavku rada data su pravila za podešenje distantne zaštite po zonama. Posebno se razmatraju distantne zaštite koje služe za zaštitu od međufaznih kvarova i distantne zaštite koje služe za zaštitu od kvarova prema zemlji.

Prva zona delovanja distantne zaštite za zaštitu od međufaznih kvarova

Oblast prve zone delovanja distantne zaštite za zaštitu od međufaznih kvarova predstavljena je QUAD karakteristikom koja je određena na osnovu jednog dela štice vod. Delovanjem distantne zaštite za zaštitu od međufaznih kvarova u prvoj zoni delovanja eliminišu se trolpolni kratki spojevi na deonici štice vod do prvog bočnog izvoda.

Vrednost podešenja distantne zaštite za zaštitu od međufaznih kvarova u prvoj zoni delovanja manja je od vrednosti impedanse deonice štice vod do prvog bočnog izvoda Z_{V1} i predstavlja vrednost impedanse direktnog redosleda deonice štice vod do prvog bočnog izvoda.

U nekim slučajevima kada je prolazna transformatorska stanica veoma blizu napojne transformatorske stanice i podešenje distantne zaštite za zaštitu od međufaznih kvarova takvo da onemogućava isključenje pomenute transformatorske stanice tokom naglog trolpolnog isključenja transformatora, vrednost podešenja distantne zaštite za zaštitu od međufaznih kvarova u prvoj zoni delovanja može premašiti vrednost impedanse deonice štice vod do prvog bočnog izvoda. Međutim, vrednost podešenja distantne zaštite za zaštitu od kvarova prema zemlji ipak ostaje manja od vrednosti impedanse deonice štice vod do prvog bočnog izvoda Z_{V1} .

Druga zona delovanja distantne zaštite za zaštitu od međufaznih kvarova

Oblast druge zone delovanja distantne zaštite za zaštitu od međufaznih kvarova predstavljena je MHO karakteristikom. Distantna zaštita za zaštitu od međufaznih kvarova u drugoj zoni delovanja štiti ceo vod sa svim svojim bočnim izvodima od prolaznih kvarova.

Vrednost podešenja distantne zaštite za zaštitu od međufaznih kvarova u drugoj zoni delovanja određuje se na osnovu vrednosti impedanse štice vod u najkritičnijem slučaju, tj. u slučaju kvarova preko električnog luka i uz uvažavanje uticaja priključenih distributivnih generatora.

Vrednost podešenja pomenute zaštite u drugoj zoni delovanja može biti i manja kako bi zaštita bila sigurnija za nepredviđene slučajeve.

Treća zona delovanja distantne zaštite za zaštitu od međufaznih kvarova

Oblast treće zone delovanja distantne zaštite za zaštitu od međufaznih kvarova predstavljena je MHO karakteristikom. Distantna zaštita za zaštitu od međufaznih kvarova u trećoj zoni delovanja omogućava dodatnu zaštitu celog voda sa svim svojim bočnim

izvodima od kvarova velikih impedansi.

Podešenje pomenute zaštite u trećoj zoni delovanja omogućava kontrolu kočionog momenta vremenske prekostrujne zaštite za zaštitu od međufaznih kvarova.

Sprečavanje delovanja distantne zaštite u zoni opterećenja

U slučajevima kada je odnos minimalne struje kvara i maksimalne struje opterećenja voda manji od 4, tada sprečavanje delovanja distantne zaštite u zoni delovanja opterećenja omogućava dodatnu zaštitu blokiranjem rada logičkih kola u slučaju velikih opterećenja. Pomenuta zaštita preuzima struju i napon voda u direktnom redosledu i izračunava impedansu u direktnom redosledu. Pomenuta impedansa voda poredi se sa karakteristikom sprečavanje delovanja distantne zaštite u zoni opterećenja. U okviru mikroprocesorskih zaštita sprečavanje delovanja distantne zaštite u zoni opterećenja omogućava proveru delovanja prekostrujnih i distantnih zaštita u okviru zaštite. U slučajevima kada je merena vrednost impedanse u oblasti delovanja sprečavanja delovanja distantne zaštite u zoni opterećenja, delovanje prekostrujnih i distantnih zaštita za zaštitu od međufaznih kvarova biće onemogućeno.

Prva zona delovanja distantne zaštite za zaštitu od kvarova prema zemlji

Oblast prve zone delovanja distantne zaštite za zaštitu od kvarova prema zemlji obuhvata 75% Z_{V1} deonice štice vod do prvog bočnog izvoda.

Pomenuta zaštita u prvoj zoni delovanja koristi se za isključenje jednostrukih kvarova prema zemlji koji se nalaze u blizini zaštitnih uređaja. U nekim slučajevima kada je osigurač na prvom bočnom izvodu veoma blizu transformatorske stanice, distantna zaštita za zaštitu od kvarova prema zemlji može biti podešen na manju vrednost u odnosu na vrednost impedanse štice vod do prvog bočnog izvoda, dok distantna zaštita za zaštitu od međufaznih kvarova može biti podešen na vrednost veću u odnosu na vrednost impedanse štice vod do prvog bočnog izvoda uz uvažavanje nekoordinacije kako bi se onemogućilo isključenje transformatora tokom nastanka međufaznog kvara koji bi se desio u blizini.

Druga zona delovanja distantne zaštite za zaštitu od kvarova prema zemlji

Uslov koji se uvažava prilikom podešavanja distantne zaštite za zaštitu od kvarova prema zemlji u drugoj zoni delovanja isti je kao i u slučaju podešavanja distantne zaštite za zaštitu od međufaznih kvarova u drugoj zoni delovanja; zaštitni relej će automatski izračunati vrednost impedanse uzemljenja pomoću odgovarajućeg faktora zemljospoja. Pomenuta zaštita u drugoj zoni delovanja koristi se za isključenje jednostrukih kvarova prema zemlji koji su duboko u elektroenergetskoj mreži.

Treća zona delovanja distantne zaštite za zaštitu od kvarova prema zemlji

Uslov koji se uvažava prilikom podešavanja distantne zaštite za zaštitu od kvarova prema zemlji u trećoj zoni delovanja isti je kao i u slučaju podešavanja distantne zaštite za zaštitu od međufaznih kvarova u trećoj zoni

delovanja; zaštitni relej će automatski izračunati vrednost impedanse uzemljenja pomoću odgovarajućeg faktora zemljospoja. Pomenuta zaštita u trećoj zoni delovanja omogućava kontrolu kočionog momenta vremenske prekostrujne zaštite za zaštitu od kvarova prema zemlji.

3. OPIS I DELOVANJE LOGIČKIH KOLA DISTANTNE ZAŠTITE

Savremene mikroprocesorske zaštite predstavljaju kompleksnu zaštitu u smislu da funkcionalno obuhvataju više različitih vrsta zaštita, pa mogu istovremeno da rade i kao distantna i kao prekostrujna zaštita. Da bi se postigla što efikasnija i što bolja zaštita izvoda u svim uslovima rada elektroenergetske mreže, različite vrste zaštita u okviru mikroprocesorske zaštite povezuju se pomoću logičkih kola i na taj način ostvaruje se uslovno delovanje zaštita u okviru iste zaštite. Drugim rečima, uslovno delovanje zaštita ostvaruje se primenom logičkih kola u okviru mikroprocesorske zaštite.

Razmatranu logičku šemu moguće je podeliti na više manjih nezavisnih logičkih šema. Podela razmatrane logičke šeme za posledicu ima nastajanje 12 manjih nezavisnih logičkih šema koje se mogu razmatrati odvojeno. Prvih 6 logičkih šema koriste se u zaštiti od međufaznih kvarova, dok se preostalih 6 koriste u zaštiti od kvarova prema zemlji. Svaka od pomenutih logičkih šema u suštini predstavlja niz uslova čije delovanje u slučaju kvara ima za posledicu otvaranje kontakata prekidača.

Prvu logičku šemu čini distantna zaštita za zaštitu od međufaznih kvarova u prvoj zoni delovanja. Delovanje pomenute zaštite ima za posledicu otvaranje kontakata prekidača u slučajevima kada je merena vrednost impedanse na mestu zaštite u slučaju kvara manja od vrednosti podešenja zaštite u prvoj zoni delovanja.

Drugu logičku šemu čine distantna zaštita sa sprečavanjem delovanja u zoni opterećenja i distantna zaštita za zaštitu od međufaznih kvarova u drugoj zoni delovanja. U slučajevima kada se merena vrednost impedanse nalazi istovremeno i van zone sprečavanja delovanja distantne zaštite i unutar druge zone delovanja distantne zaštite za zaštitu od međufaznih kvarova, delovanje pomenute zaštite imaće za posledicu otvaranje kontakata prekidača pod uslovom da delovanju iste nisu prethodila "reclosing" delovanja (Reclose count=0). U ovom slučaju ukupno vreme delovanja zaštite jednako je podešenom vremenu delovanja distantne zaštite za zaštitu od međufaznih kvarova u drugoj zoni delovanja.

Treću logičku šemu čine distantna zaštita sa sprečavanjem delovanja u zoni opterećenja, distantna zaštita za zaštitu od međufaznih kvarova u trećoj zoni delovanja i vremenski član T1. U slučajevima kada se merena vrednost impedanse nalazi istovremeno i van zone sprečavanja delovanja distantne zaštite i unutar treće zone delovanja distantne zaštite za zaštitu od međufaznih kvarova, delovanje pomenute zaštite imaće za posledicu otvaranje kontakata prekidača pod uslovom da delovanju iste nisu prethodila "reclosing" delovanja (Reclosing count=0). U ovom slučaju ukupno vreme delovanja zaštite jednako je zbiru podešenog vremena delovanja distantne zaštite za zaštitu od međufaznih kvarova u trećoj zoni delovanja i vremenskog člana T1.

Četvrtu logičku šemu čine distantna zaštita sa sprečavanjem delovanja u zoni opterećenja, distantna zaštita za zaštitu od međufaznih kvarova u trećoj zoni delovanja i vremenski član T2. U slučajevima kada se merena vrednost impedanse nalazi istovremeno i van zone sprečavanja delovanja distantne zaštite i unutar treće zone delovanja distantne zaštite za zaštitu od međufaznih kvarova, delovanje pomenute zaštite imaće za posledicu otvaranje kontakata prekidača. U ovom slučaju ukupno vreme delovanja zaštite jednako je zbiru podešenog vremena delovanja distantne zaštite za zaštitu od međufaznih kvarova u trećoj zoni delovanja i vremenskog člana T2.

Petu logičku šemu čine distantna zaštita sa sprečavanjem delovanja u zoni opterećenja, distantna zaštita za zaštitu od međufaznih kvarova u trećoj zoni delovanja i vremenska prekostrujna zaštita za zaštitu od međufaznih kvarova. U slučaju kada se merena vrednost impedanse nalazi istovremeno i van zone sprečavanja delovanja distantne zaštite i unutar treće zone delovanja distantne zaštite za zaštitu od međufaznih kvarova, delovanje pomenute zaštite imaće za posledicu delovanje distantne zaštite u trećoj zoni delovanja. Distantna zaštita u trećoj zoni delovanja ima "torque control" nad vremenskom prekostrujnom zaštitom za zaštitu od međufaznih kvarova, pa će delovanje vremenske prekostrujne zaštite za zaštitu od međufaznih kvarova imati za posledicu otvaranje kontakata prekidača. tek nakon delovanja distantne zaštite za zaštitu od međufaznih kvarova u trećoj zoni delovanja.

U ovom slučaju ukupno vreme delovanja zaštite jednako je zbiru podešenog vremena delovanja distantne zaštite za zaštitu od međufaznih kvarova u trećoj zoni delovanja i podešenog vremena delovanja vremenske prekostrujne zaštite za zaštitu od međufaznih kvarova.

Šestu logičku šemu čine distantna zaštita sa sprečavanjem delovanja u zoni opterećenja i distantna zaštita za zaštitu od međufaznih kvarova u trećoj zoni delovanja čije delovanje može imati za posledicu otvaranje kontakata prekidača pod uslovom da su isključena "reclosing" delovanja (Reclose Hold Off).

U slučaju kada se merena vrednost impedanse nalazi istovremeno i van zone sprečavanja delovanja distantne zaštite i unutar treće zone delovanja distantne zaštite za zaštitu od međufaznih kvarova, delovanje pomenute zaštite imaće za posledicu delovanje distantne zaštite za zaštitu od međufaznih kvarova u trećoj zoni delovanja pod uslovom da je isključeno delovanje "auto-reclose" na samoj zaštiti.

U ovom slučaju ukupno vreme delovanja zaštite jednako je podešenom vremenu delovanja distantne zaštite za zaštitu od međufaznih kvarova u trećoj zoni delovanja.

Analogno se tumači i 6 preostalih logičkih šema koje se koriste u zaštiti od kvarova prema zemlji.

4. PRIMERI PRORAČUNA PODEŠENJA DISTANTNE ZAŠTITE I PRIMENE LOGIČKIH KOLA DISTANTNE ZAŠTITE NA IZVODIMA REALNE SREDNJENAPONSKE DISTRIBUTIVNE ELEKTROENERGETSKE MREŽE

U ovom poglavlju rada razmatraju se dva izvoda srednjenaponske distributivne elektroenergetske mreže.

Za zaštitu izvoda koristi se mikroprocesorska zaštita koja je postavljena na početku istih.

Neophodno je podesiti zaštite u okviru mikroprocesorske zaštite prema algoritmu i pravilima datim u poglavlju 2, a zatim uz pretpostavku da su zaštite povezane pomoću logičkih kola, proveriti delovanje mikroprocesorske zaštite za različita mesta kvara na razmatranim izvodima.

4.1. Podešenje distantne zaštite za zaštitu srednjenaponskog izvoda koji polazi iz TS VN/SN 115,5/27,6 kV/kV

U ovom delu rada razmatra se podešenje odgovarajuće distantne zaštite za zaštitu srednjenaponskog izvoda koji polazi iz TS VN/SN 115,5/27,6 kV/kV.

U Tabelama 1 i 2 dati su pregledi podešenja odgovarajuće distantne zaštite za zaštitu od međufaznih kvarova i kvarova prema zemlji.

Tabela 1 - Pregled podešenja distantne zaštite za zaštitu od međufaznih kvarova

Zona delovanja	1. zona	2. zona	3. zona	LE
Z (Ω)	1,7104	25,2645	30,3174	82,8358
φ ($^\circ$)	-	60	60	30
QRB Z (Ω)	8,552	-	-	-
QRB φ ($^\circ$)	60	-	-	-
QLB Z (Ω)	1,7104	-	-	-
QLB φ ($^\circ$)	60	-	-	-
Ugao komparatora	90	90	90	-
Vreme zadržske	0	0,2	3	-
Vrsta krive	Quad	Mho	Mho	-

Tabela 2 - Pregled podešenja distantne zaštite za zaštitu od kvarova prema zemlji

Zona delovanja	1. zona	2. zona	3. zona
Z (Ω)	1,6035	25,2645	30,3174
φ ($^\circ$)	-	60	60
QRB Z (Ω)	8,0175	-	-
QRB φ ($^\circ$)	60	-	-
QLB Z (Ω)	1,6035	-	-
QLB φ ($^\circ$)	60	-	-
Ugao komparatora	90	90	90
Vreme zadržske	0	0,2	3
Vrsta krive	Quad	Mho	Mho

4.2. Podešenje distantne zaštite za zaštitu srednjenaponskog izvoda koji polazi iz TS VN/SN 115,5/44 kV/kV

U ovom delu rada razmatra se podešenje odgovarajuće distantne zaštite za zaštitu srednjenaponskog izvoda koji polazi iz TS VN/SN 115,5/44 kV/kV.

U Tabeli 3 dat je pregled podešenja odgovarajuće distantne zaštite za zaštitu od međufaznih kvarova.

Tabela 3 - Pregled podešenja distantne zaštite za zaštitu od međufaznih kvarova

Zona delovanja	1. zona	2. zona	3. zona	LE
Z (Ω)	10,06224	26,155125	31,38615	134,5026
φ ($^\circ$)	-	60	60	30
QRB Z (Ω)	15,2739	-	-	-
QRB φ ($^\circ$)	60	-	-	-
QLB Z (Ω)	10,06224	-	-	-
QLB φ ($^\circ$)	60	-	-	-
Ugao komparatora	90	90	90	-
Vreme zadržske	0	0,2	3	-
Vrsta krive	Quad	Mho	Mho	-

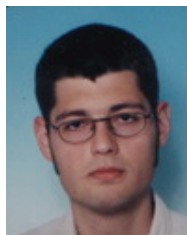
5. ZAKLJUČAK

Za zaštitu distributivnih elektroenergetskih mreža uglavnom se koriste prekostrujne zaštite, "reclosers" i osigurači (karakteristično za distributivne elektroenergetske mreže američkog tipa). Međutim, u savremenim distributivnim elektroenergetskim mrežama sve je veće prisustvo distributivnih generatora. S obzirom da distributivni generatori znatno utiču na režim sa kvarom njihovo prisustvo može dovesti do neželjenog i neselektivnog delovanja prekostrujnih zaštita. Da bi se i u distributivnim elektroenergetskim mrežama sa distributivnim generatorima omogućila selektivna i efikasna zaštita, sve je veća primena distantnih zaštita za zaštitu istih. U ovom radu pokazano je da se primenom savremenih mikroprocesorskih zaštita koje funkcionalno objedinjuju više različitih vrsta zaštita ostvaruje efikasna i selektivna zaštita distributivne elektroenergetske mreže bez obzira da li u istoj postoje priključeni distributivni generatori ili ne. U radu je razmatran rad mikroprocesorske zaštite sa objedinjenim funkcijama prekostrujnih i distantnih zaštita. Odgovarajućim izborom podešenja ovih zaštita kao i definisanjem uslovnog delovanja između istih primenom logičkih kola u okviru same mikroprocesorske zaštite moguće je omogućiti odgovarajuću i selektivnu zaštitu celog izvoda i u prisustvu distributivnih generatora što je pokazano na nizu primera u kojima su kvarovi simulirani duž izvoda kako u prisustvu distributivnih generatora tako i bez istih. U svim razmatranim slučajevima za zadata podešenja zaštite i uslovne šeme delovanja pokazano je da se zaštitom deluje kao što je očekivano.

6. LITERATURA

- [1] D. Bekut: Relejna zaštita, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, 1999.
- [2] J.L.Blackburn: Protective relaying, Marcel Dekker, Inc., New York, 1987.

Kratka biografija:



Bojan Močević rođen je u Sarajevu 1985. godine. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnika i računarstvo – Elektroenergetika odbranio je 2012. god. Koautor je naučnog rada Modeli održavanja elektromotora objavljenog na međunarodnom simpozijumu Indel u Banjaluci 2010. godine.

**PODELA GRAFA HIBRIDNIM ALGORITMOM SUPER-KORENA
A HYBRID SUPER-ROOTS ALGORITHM FOR GRAPH PARTITIONING**Mirjana Lolić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U radu je distributivna elektroenergetska mreža modelovana pomoću grafova. Izvršena je podela elektroenergetske mreže hibridnim algoritmom super-korena koji se sastoji od algoritma raspodele međusobno povezanih aktivnih delova distributivne mreže, hibridnog genetskog algoritma i Fiduccia-Mattheyses algoritma.

Abstract – This paper has introduced model of power distribution network based on graph theory and partitioning of power distribution network using hybrid super-roots algorithm based on algorithm for partitioning based on division of mutually connected areas of power distribution network, hybrid genetic algorithm and Fiduccia-Mattheyses algorithm.

Cljučne reči: Modeliranje, podela grafa, hibridni genetski algoritam, Fiduccia-Mattheyses algoritam.

1. UVOD

Kada je model distributivne elektroenergetske mreže prevelik za smestanje podataka o celoj mreži, potrebno je posedovati računare sa velikom količinom RAM-a što ih čini skupim. Kako bi se omogućila distribuirana obrada podataka distributivne elektroenergetske mreže na većem broju jeftinijih procesora (čvorova) manjeg memorijskog kapaciteta, vrši se podela distributivne elektroenergetske mreže. Cilj podele je da svaki procesor obradi približno jednaku količinu podataka u smislu brzine obrade podataka i memorijskog zauzeća koje je ograničeno memorijskim kapacitetom procesora. Takođe, treba minimizirati komunikaciju između procesora.

U ovom radu je distributivna elektroenergetska mreža modelovana prostim, konačnim, nepovezanim težinskim grafom. Zatim se graf, hibridnim algoritmom super-korena (HSK) deli na zadati broj particija. Prvo se raspodelom međusobno povezanih delova mreže kreiraju super-koreni. Super-koreni [1] nemaju veze (grane) sa ostalim super-korenima. Dalje se super-koreni raspoređuju po particijama. Ukoliko postoje preveliki super-koreni (predstavljaju deo distributivne elektroenergetske mreže koji je prevelik da bi se izvršavao na jednom procesoru), oni se dele na manje delove koji se zajedno sa ostalim super-korenima raspoređuju po regionima.

Za podelu prevelikih super-korena korišćen je hibridni genetski algoritam.

Grupisanje super-korena i delova prevelikih super-korena (ukoliko postoje) izvršeno je pomoću Greedy algoritma nakon čega je na tako dobijene particije primenjen Fiduccia-Mattheyses algoritam kako bi se još više smanjio broj veza među particijama tj. komunikacija među procesorima.

2. MODELOVANJE ELEKTROENERGETSKE MREŽE POMOĆU GRAFOVA**2.1 Osnovni pojmovi teorije grafova**

Definicija grafa: Graf G je uređeni par (V, E) skupova, takvih da su elementi skupa E dvočlani podskupovi skupa V . Elementi skupa V se zovu čvorovi a elementi skupa E grane grafa. Graf $G = (V, E)$ je *konačan* ako su skupovi V i E konačni. A *beskonačan* ako nije konačan.[2]

Put je neprazan graf $G = (V, E)$, gde je $V = \{v_0, v_1, v_2, \dots, v_n\}$ i $E = \{v_0v_1, v_1v_2, v_2v_3, \dots, v_{n-1}v_n\}$, gde se svi elementi skupa $V(v_i)$ međusobno razlikuju. Čvorovi v i u grafa G su povezani ako u grafu postoji put čiji su krajnji čvorovi v i u . Graf je povezan ako su svaka dva njegova čvora povezana. Graf G je *nepovezan* ako nije povezan.

Graf je *neorijentisan* ako su mu sve grane neorijentisane. Grana je neorijentisana ako ne predstavlja uređeni par dva čvora $e = (v, u)$ već skup dva čvora $e = \{v, u\}$.

Prost graf je neorijentisani graf koji nema petlji i nema više od jedne grane između dva različita čvora.

2.2 Model elektroenergetske mreže opisan grafom

Elektroenergetska mreža se na veoma jednostavan način modeluje pomoću grafa. Električni elementi u elektroenergetskoj mreži (transformatori, prekidači itd.) mogu se prikazati kao grane grafa, a mesta njihovog spajanja (terminali električne opreme) kao čvorovi. Ovakav graf se transformiše u (ukrupnjen) graf prilagođen proračunima, gde čvorovima odgovaraju oblasti proračuna -svi elementi mreže neophodni za proračune. Tako se dobija novi, ukрупnjen graf kod koga su težine čvorova srazmerne broju elemenata u odgovarajućoj oblasti proračuna, a težine grana su srazmerne broju grana između elemenata u odgovarajućim čvorovima. Na taj način se dobija prost, konačan, nepovezan težinski graf. Model podataka sadrži klase kojima se opisuju čvorovi i grane, čije se instance kreiraju prilikom učitavanja podataka o mreži. U ovom radu posmatra se prost, konačan, nepovezan graf čijem je svakom čvoru i grani dodeljen po jedan prirodan broj koji predstavlja težinu. Grane sadrže identifikacione brojeve čvorova koje povezuju i težinu. Svaki čvor sadrži listu grana preko kojih je povezan sa susednim čvorovima, svoj identifikacioni broj i težinu. Skupove svih susednih

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Aleksandar Erdeljan, vanr. prof.

čvorova (povezanih granama) predstavljamo instancama super-korena, koji imaju svoj identifikacioni broj i sadrže listu čvorova.

3. PODELA ELEKTROENERGETSKE MREŽE NA REGIONE

Problem podele elektroenergetske mreže na regione se svodi na problem podele grafa na particije. Kada je elektroenergetska mreža modelovana pomoću grafa, vrši se podela skupa čvorova grafa, a funkcija cilja se definiše nad skupom grana.

Broj particija (n_p) je unapred poznat i predstavlja broj regiona koji odgovara broju procesora na kojima se smestaju i obrađuju podaci. Regioni treba da budu približno iste veličine tj. da svaki procesor bude približno jednako opterećen. Za određeni model mreže poznata nam je njegova veličina, tj. veličina grafa (VG), koja je jednaka sumi težina svih njegovih čvorova. Na osnovu ovih podataka računamo maksimalnu dozvoljenu veličinu particije (MDV):

$$MDV = (1+x) \cdot \frac{VG}{n_p} \quad (1)$$

gde je:

VG - veličina grafa,
 n_p - željeni broj particija,
 x - tolerancija odstupanja od srednje dozvoljene veličine particije.

Podela grafa na particije se vrši tako da suma težina presečnih grana između particija bude minimalna (2) tj. da ukupna suma težina unutrašnjih grana u particijama bude maksimalna (3). Ovakvi kriterijumi optimalnosti mogu se predstaviti formulama:

$$F = \min \sum_{\substack{p \in R_i \\ q \in R_j}} TG_{p,q} \quad (2)$$

gde je:

$TG_{p,q}$ - težina grane koja povezuje čvorove p i q ,
 p i q - čvorovi koji se nalaze u particijama R_i i R_j ,
 respektivno;

ili:

$$F = \max \sum_i f_i \quad (3)$$

gde je:

$$f_i = \sum_{p,q \in R_i} TG_{p,q} \quad (4)$$

F_i - funkcija definisana za svaku particiju i (R_i),
 p i q - čvorovi rapoređeni u particiji i , $i = 1, \dots, n_p$.

Dobijene particije moraju da zadovoljavaju uslov balansiraniosti:

$$VP_i \leq MDV \quad (5)$$

gde je:

VP_i - veličina particije i , za $i = 1, \dots, n_p$.

Particije koje zadovoljavaju uslov (5) nazivamo balansirane. Ukoliko bar jedna od particija ne zadovoljava ovaj uslov, particije nazivamo nebalansirane.

4. PRIMENJENI ALGORITMI

4.1 Fiduccia-Mattheyses algoritam – FM algoritam

FM algoritam [3] je iterativni algoritam za particionisanje grafova koji kao kriterijum optimalnosti koristi sumu

težina presečnih grana između particija grafa – *cutsiz*e (zadato formulom 2). Ideja algoritma je da se u svakoj iteraciji premešta po jedan čvor kako bi se što više smanjila suma težina presečnih grana između particija.

Pri podeli grafa na n_p particija, da bi se FM algoritam primenio, graf mora biti podeljen na n_p balansiranih particija tj. da svaka particija zadovoljava uslov balansiraniosti (5).

U svakoj iteraciji odabir čvora koji se premešta vrši se na osnovu dobiti čvora koja predstavlja za koliko će se umanjiti *cutsiz*e ako se čvor premešta. Dobit (*gain*) čvora n računa se po sledećoj formuli:

$$gain(n) = \sum_{\substack{n \in R_i \\ p \in R_j}} TG_{n,p} - \sum_{n,q \in R_i} TG_{n,q}$$

gde je:

$TG_{n,p}$ - težina grane koja povezuje čvorove n i p ,
 $TG_{n,q}$ - težina grane koja povezuje čvorove n i q ,
 p i q - čvorovi koji se nalaze u R_j i R_i , respektivno,
 R_i - particija u kojoj se nalazi čvor n ,
 R_j - particija u odnosu na koju se računa dobit čvora n .

U svrhu čuvanja dobiti svih čvorova koristi se struktura podataka *bucket array*. [3] *Bucket array* je niz čiji su elementi liste čvorova koji imaju dobit koja odgovara indeksu niza na kom se lista nalazi. Vrednosti dobiti se nalaze u intervalu $[-p_{max}, p_{max}]$ gde je p_{max} najveća moguća dobit koja predstavlja najveću sumu težina grana iz jednog čvora. Kako *bucket array* (*bucket lista*) sadrži dobiti čvorova particije u kojoj se čvorovi nalaze u odnosu na drugu particiju, pri podeli grafa na n_p particija potrebno je na početku FM algoritma formirati po dve *bucket* liste za svake dve particije. Ovakvih *bucket* lista ima $n_p \cdot (n_p - 1)$.

U svakoj iteraciji bira se čvor koji ima najveću dobit tako što se prolazi kroz sve *bucket* liste i pronalazi najveći indeks u nizu čija lista nije prazna. Kada je čvor *Node* pronađen zajedno sa particijom u kojoj se nalazi (*From*) i particijom (*To*) u koju se prebacuje sa najvećom dobiti, proverava se uslov balansiraniosti:

$$sizeTo + sizeNode \leq MDV.$$

gde je:

$sizeTo$ - veličina particije u koju se čvor prebacuje
 $sizeNode$ - veličina čvora koji se prebacuje.

Ukoliko uslov nije zadovoljen bira se sledeći čvor sa najvećom dobiti i proverava uslov balansiraniosti. Kada je čvor *Node* za prebacivanje pronađen, premešta se iz *From* particije u *To* particiju pri čemu se uklanja iz svih *bucket* lista particije *From* u odnosu na ostale. Računa se njegova nova dobit i dodaje se u sve *bucket* liste particije *To* u odnosu na ostale particije. Nakon premeštanja čvora potrebno je ažurirati dobiti susednih čvorova čvora *Node* na sledeći način:

Za svaku granu e čvora *Node*

```
{
    Ako je  $F(e)=1$ , dobit se smanjuje za težinu grane  $e$ 
    Ako je  $T(e)=0$ , dobit se povećava za težinu grane  $e$ 
}
```

gde je:

$F(e)$ - broj čvorova koji grana e ima u particiji *From*
 $T(e)$ - broj čvorova koje grana e ima u particiji *To*.

Algoritam se završava kada su sve dobili čvorova negativne ili kada se ne mogu dobiti balansirane particije prebacivanjem bilo kog čvora sa pozitivnom dobiti.

4.2 Raspodela međusobno povezanih aktivnih delova mreže (super-korena) - RSK algoritam

- **Kreiranje super-korena (SK)**

Kreiranje super-korena se vrši tako što se za svaki čvor grafa pronađu susedni čvorovi (algoritmom prvi u dubinu) i smeste se u isti super-koren.

- **Podela super-korena većih od MDV**

Nakon podele grafa na super-korene proverava se njihova veličina. Ukoliko su svi super-koreni manji od MDV, super-koreni se raspoređuju po particijama Greedy algoritmom. Međutim, ako postoje super-koreni koji su veći od MDV, potrebno ih je podeliti. U ovu svrhu korišćen je hibridni genetski algoritam [4]. Genetski algoritmi su algoritmi za pretraživanje zasnovani na mehanizmima prirodne genetske evolucije jedne populacije jedinki pod dejstvom okruženja i genetskih operatora. HGA je genetski algoritam hibridizovan FM algoritmom. FM algoritam se koristi kao mutacija svake stote generacije i na kraju algoritma na nekoliko najboljih jedinki.

Na koliko delova se deli preveliki super-koren SR_i određeno je formulom [1]:

$$\min Parts_i = \left\lceil \frac{sizeSR_i}{MDV} \right\rceil \quad (6)$$

$$\max Parts_i = \begin{cases} nRoots_i, & n_p \geq nRoots_i \\ n_p, & n_p < nRoots_i \end{cases}$$

gde je:

- $\min Parts_i$ - na koliko najmanje delova se deli SR_i ,
- $\max Parts_i$ - na koliko najviše delova se deli SR_i ,
- $sizeSR_i$ - veličina super-korena SR_i ,
- $nRoots_i$ - broj čvorova u SR_i ,
- n_p - broj particija.

Svaki preveliki SK se deli na sve moguće načine podele. Zatim se za svaki SK uzima podela koja najbolje zadovoljava kriterijum optimalnosti i tako dobijeni delovi i ostali SK-i se raspoređuju po particijama. Ukoliko ovakva kombinacija podela ne vrati particije koje zadovoljavaju uslov (5), uzima se sledeća najbolja podela za prevelike super-korene redom dok se ne dobiju particije koje zadovoljavaju uslov balansiranoosti.

- **Raspodela super-korena po particijama**

Raspodela dobijenih super-korena vrši se Greedy algoritmom. Da bi to bilo moguće, super-koreni se prvo sortiraju po veličini od najvećeg ka najmanjem. Najveći od preostalih super-korena se smešta u najmanje popunjenu particiju do tada i tako redom dok se ne rasporede svi super-koreni.

Nakon raspodele po particijama, još jednom se primenjuje FM algoritam.

5. REZULTATI TESTIRANJA

Softversko rešenje realizovano je programskim jezikom C# u Microsoft .NET okruženju. U radu su korišćena četiri test grafa čiji su rezultati prikazani u tabeli 1. Testiranje je vršeno za toleranciju $x=0,1$ i ponavljano 10 puta kako bi se dobile srednje vrednosti. Analizirani su rezultati prosečnih vrednosti funkcije cilja, vremena

dobijanja raspodele i relativnog odstupanja od idealne veličine regiona. U tabeli 1 prikazane su prosečne vrednosti funkcije cilja (F) i relativno odstupanje od idealne veličine regiona (O) dobijene izvršavanjem hibridnog genetskog algoritma (HGA) i hibridnog algoritma super-korena (HSK).

Tabela 1 - Rezultati testiranja HGA i HSK

x=0,1		HGA		HSK	
part	model	F	O[%]	F	O[%]
2	Bg54	398	4,6	398	5,5
	Bg63	483	1	483	2,2
	It206	940	0,3	937	4
	Bg5	2447	8,3	2465	0
3	Bg54	389	6,1	389	7,2
	Bg63	474	6,5	475	7,9
	It206	912	8,4	908	3,4
	Bg5	2411	6,8	2465	0
4	Bg54	379	4,9	380	5,8
	Bg63	468	7,5	469	8,9
	It206	881	8,6	869	7,4
	Bg5	2373	5	-	-
5	Bg54	363	7,8	363	8
	Bg63	461	7,1	464	7,6
	It206	841	7,7	862	8
	Bg5	2351	6	2465	0
6	Bg54	359	8,2	361	7,4
	Bg63	431	8,6	449	9
	It206	821	9	842	8,5
	Bg5	2232	9,5	2465	0
8	Bg54	265	7	-	-
	Bg63	369	9,3	372	6,6
	It206	757	9,2	802	8
	Bg5	2280	8,8	2424	5,5

Korišćen je hibridni genetski algoritam koji vraća najbolje rezultate kada se FM primenjuje na svaku 100-tu generaciju u obliku mutacije, i na kraju, nad nekoliko najboljih jedinki. Ulazni parametri za hibridni genetski algoritam su:

- broj particija : 2, 3, 4, 5, 6, 8
- broj generacija : 5000
- broj hromozoma u generaciji : 100
- broj parova roditelja (%) : 50
- stepen mutacije : 0,1
- broj hromozoma koji će svake 100-te generacije mutirati FM algoritmom (%) : 50
- broj hromozoma na kojima će se, na kraju algoritma, primeniti FM algoritam : 7

Zbog osobine genetskih algoritama da u nekim slučajevima vrte bolje rešenje za podelu na više delova nego na manje, u ovom radu je vršena podela svakog prevelikog SK na 10 delova. Kao posledica, vreme izvršavanja hibridnog algoritma super-korena (HSK) se smanjuje sa povećanjem broja particija.

Vrednosti funkcije cilja (F) za modele Bg54 i Bg63 su bolje kod primene HSK. Ovo su modeli manjih elektroenergetskih mreža a njihovi grafovi sadrže manje super-korene. U hibridnom algoritmu super-korena, maksimalna dozvoljena veličina particije (MDV), koja zavisi od veličine grafa, zadatog broja particija i tolerancije, prosleđuje se HGA-u pri podeli prevelikih super-korena. Tolerancija, sa aspekta super-korena koji se deli, mnogo je veća od 0,1 pošto se prosleđena vrednost MDV odnosi na ceo graf a ne samo na super-koren. Zbog veće tolerancije odstupanja veća je mogućnost da se još više minimizira funkcija cilja, pa su vrednosti funkcije cilja za ova dva modela bolji kod primene hibridnog algoritma super-korena nego hibridnog genetskog algoritma. Međutim, kod podele test grafa Bg54 na 8 delova, hibridni algoritam super-korena vraća nebalansirane particije.

Za model Bg5, vrednosti funkcije cilja su bolje kod primene HSK nego HGA zbog toga što ovaj model ima 5 velikih super-korena koji se pri podelama na 2, 3, 5 i 6 particija ne dele, pošto im je veličina manja od MDV, već se samo raspoređuju sa ostalim super-korenima po particijama. Pri podeli na 4 particije, hibridni algoritam super-korena ne vraća balansirane particije. Prednost hibridnog algoritma super-korena se najbolje uočava pri podeli ovog modela na 8 particija, pri čemu je vrednost funkcije cilja mnogo veća za hibridni algoritam super-korena nego hibridni genetski algoritam.

Kod modela It206, vrednosti funkcije cilja HGA su bolji za podelu na 2, 3 i 4 particije, dok su vrednosti funkcije cilja za podelu na 5, 6 i 8 particija bolje kod hibridnog algoritma super-korena.

Vremena izvršavanja hibridnog algoritma super-korena su dosta velika u odnosu na vremena izvršavanja HGA pri podeli svakog prevelikog super-korena na manji broj particija, kada postoji više načina podele super-korena. Kao rezultat ovoga, vreme izvršavanja se smanjuje sa porastom broja particija na koje treba podeliti graf.

6. ZAKLJUČAK

U radu je opisano modelovanje elektroenergetske mreže pomoću grafova i podela grafa hibridnim algoritmom super-korena na unapred zadat broj particija. Upoređeni su i analizirani rezultati hibridnog genetskog algoritma i hibridnog algoritma super-korena.

Sa aspekta vremena izvršavanja, hibridni genetski algoritam je pogodniji zbog veće brzine izvršavanja,

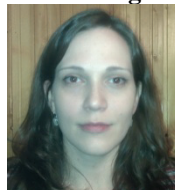
pogotovo za manji broj particija. Kod podele mreža čiji grafovi imaju manje i slabije povezane super-korene, preporučuje se upotreba hibridnog algoritma super-korena koji vraća znatno bolje rezultate funkcije cilja tj. još više smanjuje komunikaciju među procesorima od hibridnog genetskog algoritma. Pri podeli mreža čiji grafovi imaju velike i dobro povezane super-korene, za podelu na manji broj particija preporučuje se hibridni genetski algoritam dok se za podelu na veći broj particija preporučuje hibridni algoritam super-korena. Takođe, pri podeli mreža kod kojih je neophodno deliti veći broj međusobno povezanih aktivnih delova mreže, bolje rezultate daje hibridni algoritam super-korena. Prednost hibridnog algoritma super-korena se najbolje uočava pri podeli mreža koje imaju veći broj manjih međusobno povezanih aktivnih delova mreže.

Ravnomernost raspodele po regionima je bolja za hibridni genetski algoritam za podele na manji broj regiona (2, 3 i 4) dok za podele na 5, 6 i 8 regiona hibridni algoritam super-korena daje bolje rezultate.

7. LITERATURA

- [1] Mirel Štrangarić Šteta i Darko Čapko, "Topološka analiza i optimalna podela modela distributivne elektroenergetske mreže po regionima" (diplomski-master rad), Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2009.
- [2] Reinhard Diestel, "Graph Theory", Fourth electronic edition, 2010.
- [3] C. M. Fiduccia and R. M. Mattheyses, "A Linear-Time Heuristic for Improving Network Partitions", General Electric Research and Development Center Schenectady, NY 12301
- [4] Milica Topić, "Podela grafa hibridnim genetskim algoritmom" (diplomski-master rad), Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2011.

Kratka biografija:



Mirjana Lolić rođena je u Zrenjaninu 1983. god. Apsolvent je na Fakultetu tehničkih nauka, odsek Računarstvo i automatika, smer za automatiku i upravljanje sistemima.

DISTRIBUIRANI GENERATORI I PAMETNE MREŽE
DISTRIBUTED GENERATORS AND SMART GRIDSlobodan Stanić, Miroslav Nimrihter, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U ovom radu je prikazan kratak pregled dobrih i loših strana distribuiranih generatora i njihov uticaj na elektroenergetski sistem.

Abstract – This paper presents a brief overview of benefits and issues of distributed generators and their impact on power system.

Ključne reči: Distribuirani generatori, distribuirana proizvodnja, uticaj distribuiranih generatora na dm, pametne mreže, smart grid.

1. UVOD

Proteklih godina svedoci smo sve većeg smanjenja rezervi fosilnih goriva i stalnog porasta potrošnje električne energije. Sa druge strane, zbog globalnih klimatskih promena javljaju se zahtevi za smanjenjem emisije štetnih gasova i povećanje upotrebe obnovljivih izvora energije. Ovakvo stanje primoralo je države i kompanije da ulažu u projekte za pronalaženje alternativnih načina proizvodnje električne energije. Pre svega je pažnja usmerena na povećanje iskorišćenja obnovljivih izvora energije i tehnološko osavremenjavanje postojećeg elektroenergetskog sistema u cilju maksimalnog iskorišćenja postojećih resursa.

Posebna pažnja je posvećena razvoju tehnologija koje bi omogućile iskorišćavanje energije vetra, Sunca, biomase i geotermalne energije. Rezultat ovih istraživanja je sve veća upotreba malih elektrana za proizvodnju električne energije priključenih na sredjenaponske i niskonaponske mreže. Ovi izvori električne energije se nazivaju distribuirani izvori i danas imaju značajni udeo u proizvodnji električne energije u razvijenim zemljama sveta.

Paralelno sa razvojem tehnologija distribuirane proizvodnje radilo se i na osavremenjavanju postojećeg elektroenergetskog sistema, koji bi imao za cilj kontrolu i upravljanje celokupnog sistema, uključujući i rad distribuirane proizvodnje i njihovu integraciju u postojeći elektroenergetski sistem. Ovakav koncept savremenih mreža se danas naziva Smart Grid ili Pametne mreže.

2. DISTRIBUIRANI GENERATORI [1,2,3]

Sistem distribuirane (decentralizovane) proizvodnje električne energije (eng. "Distributed Generation Systems") je termin koji se u elektroenergetici koristi za sisteme za proizvodnju električne energije na lokaciji potrošača.

NAPOMENA:

Ovaj rad je proistekao iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Miroslav Nimrihter, red.prof.

U poslednjih nekoliko godina pojavilo se nekoliko razloga zbog kojih je došlo do povećanog zanimanja za distribuiranu proizvodnju električne energije. Neki od tih razloga su sledeći:

- smanjenje emisije ugljen-dioksida (CO₂),
- programi energetske efikasnosti i racionalnog korišćenja električne energije,
- deregulacija elektroenergetskog sistema,
- diverzifikacija energetske izvora.

Na distribuirane izvore se do sada isključivo gledalo kao na proizvođače električne energije. Ovakav pogled na distribuiranu proizvodnju je delimično stvoren na osnovu administrativnih i komercijalnih činilaca pod kojima su distribuirani izvori u mreži. Danas se distribuirani generatori mogu posmatrati i kao jedna od mera za poboljšanje nekih funkcija i karakteristika elektroenergetskog sistema (povećanje pouzdanosti, regulacija napona, smanjenje gubitaka u mreži itd.).

Upotrebom distribuiranih generatora povećavamo samoodrživost elektroenergetskog sistema u slučaju eventualne energetske krize u proizvodnji električne energije koja zavisi od isporuke uglja, gasa i nafte.

Distribuirani izvori su najčešće priključeni u blizini potrošačkog područja u distributivnoj mreži, što doprinosi smanjivanju gubitaka u elektroenergetskom sistemu.

Upotreba distribuiranih generatora za proizvodnju električne energije povećava pouzdanost napajanja, smanjuje emisiju štetnih gasova i predstavlja dopunu centralizovanom načinu proizvodnje električne energije.

3. VRSTE DISTRIBUIRANE PROIZVODNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE [2]

Vrste distribuiranih izvora se razlikuju u zavisnosti koji energent koriste za proizvodnju električne energije.

U obnovljive izvore energije spadaju:

- energija vetra,
- energija vode (hidropotencijali na kojima su izgrađene male hidroelektrane),
- energija sunca,
- geotermalna energija,
- biomasa,
- energija mora (plima i oseka) i dr.

Ovde su navedene neke od distribuiranih elektrana koje se najviše koriste u svetu:

- elektrane na vetar na kopnu,
- elektrane na vetar na moru,
- solarne elektrane,
- male hidroelektrane,
- elektrane koje koriste biomasu (biomasa – drvo, slama i ostale materije organskog porekla),

- elektrane koje koriste biomasu - biogas (biogas se dobija raspadanjem organskih materija),
- geotermalne elektrane,
- gasne elektrane (na prirodni gas),
- kombinovane toplane-elektrane (kogeneracija) i dr.

4. DISTRIBUIRANI GENERATORI I PAMETNE MREŽE [8]

Sa povećanjem upotrebe distribuiranih generatora dosadašnji pristup elektroenergetskom sistemu se mora drastično promeniti. Potrebno je stvoriti uslove za integraciju većeg broja distribuiranih generatora u mrežu. S obzirom da se u bližoj budućnosti očekuje povećanje broja ne samo distribuiranih generatora već i uređaja koji će biti u mogućnosti da skladište energiju i isporučuje je sistemu kada je to potrebno (kao što su hibridni automobili ili drugi uređaji za skladištenje energije), problem uspešne integracije distribuiranih generatora u mrežu je veoma kompleksan.

Trenutno jedan od glavnih problema masovne upotrebe distribuiranih izvora je kompleksnost povezivanja upravljanja i nadzora tih izvora u sistemu. Glavni uzrok ovog problema je trenutni metod upravljanja elektroenergetskim sistemom, kao i nedovoljna razvijenost sistema. Današnji elektroenergetski sistem nije u stanju da omogući povezivanje većeg broja distribuiranih izvora zato što bi došlo do problema sa pouzdanošću i stabilnošću sistema.

Koncept pametnih mreža predviđa nova rešenja koja će omogućiti masovnu upotrebu distribuiranih izvora, električnih automobila i uređaja za skladištenje energije, čime će do sada pasivnu mrežu pretvoriti u aktivnu.

Savremeni koncept pametnih mreža predviđa kontrolu i upravljanje svih elemenata elektroenergetskog sistema putem stalne akvizicije informacija o stanju i radu elemenata. To je savremeni elektroenergetski sistem čiji su svi elementi povezani u jedan zajednički komunikacioni sistem. Prednost pametnih mreža se ogleda u povećanju pouzdanosti, bezbednosti, sigurnosti sistema kao i mogućnošću upravljanja svim uređajima u mreži, između ostalog, i distribuiranim izvorima. Za komunikaciju bi se koristio postojeći DMS/SCADA sistem sa unapređenim funkcijama i mogućnostima.

5. UTICAJ DISTRIBUIRANIH GENERATORA NA ELEKTROENERGETSKI SISTEM [1,2,3,4,5,6]

5.1 Uticaj distribuiranih generatora na pouzdanost napajanja

Pouzdanost napajanja predstavlja podatak koji govori koliko je sistem u mogućnosti da potrošačima isporučuje zahtevanu količinu električne energije. Pouzdanost napajanja zavisi od svih elemenata u sistemu preko kojih se prenosi električna energija od elektrane tj. izvora napajanja pa sve do krajnjih potrošača. U slučaju ispada nekog dela električne mreže (usled udara groma, kratkog spoja ili nekog drugog razloga) dispečeri treba da lokalizuju kvar u mreži i ponovo uspostave napajanje onih potrošača koji nisu u neposrednoj blizini mesta kvara i za koje postoji mogućnost rezervnog napajanja. Jedan od

načina obezbeđivanja rezervnog napajanja jesu upravo distribuirani generatori.

Povećavanjem broja distribuiranih generatora u mreži smanjuje se i zavisnost napajanja potrošača od glavnih izvora napajanja.

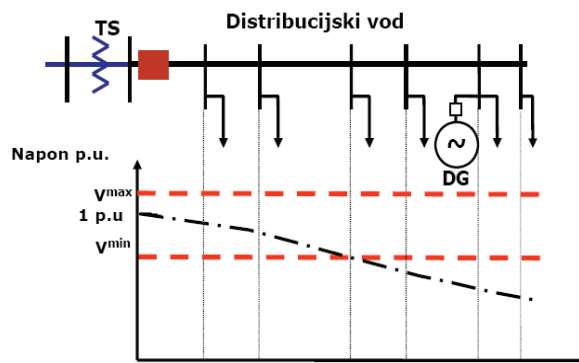
Kako se broj distribuiranih izvora električne energije bude povećavao, tako će se povećavati pouzdanost celog elektroenergetskog sistema. Napajanje potrošača neće više u potpunosti zavisiti od glavnih izvora električne energije, već će potrošnju, u slučaju kvara ili prestanka napajanja putem glavnog izvora, moći da pokriju distribuirani generatori dok se opet ne uspostavi normalni tok napajanja.

5.2 Uticaj distribuiranih generatora na kvalitet napona u mreži

Jedan od problema elektroenergetskog sistema je pad napona u mreži. Vrednost napona u mreži prilikom normalnog pogona može se regulisati na više načina, neki od njih su: automatska regulacija napona na energetskim transformatorima, primena kondenzatorskih baterija ili buster-transformatora koji se koriste za srednjenaponske mreže. Regulacijom napona pokušavamo da vrednost napona održimo u dozvoljenim granicama.

Na slici 5.1 prikazan je pad napona na vodu u slučaju kada u potrošačkom području nemamo nikakav dodatni izvor napajanja.

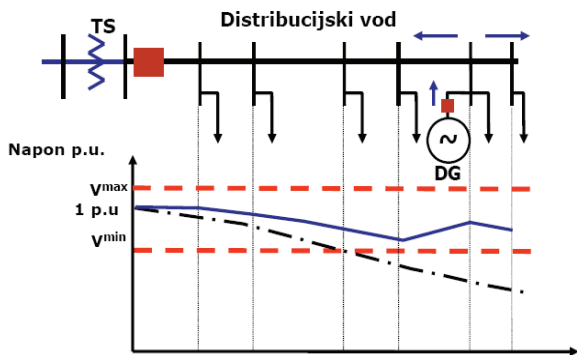
Vidimo da je u tom slučaju napon na potrošaču ispod dozvoljene donje granice i da samim tim potrošači trpe određene posledice, što se odražava na kvalitet njihovog života.



Slika 5.1: Naponske prilike u mreži bez upotrebe distribuiranih generatora.

Kada imamo takvu situaciju primenom distribuiranih generatora možemo imati velike koristi u poboljšanju kvaliteta napona kod krajnjih potrošača. Kada bi u ovakvo potrošačko područje instalirali distribuirane generatore, korigovao bi se kvalitet napona time što bi naponski nivo održavali na vrednostima bliskim nominalnoj vrednosti napona. To bi za posledicu imalo poboljšanje kvaliteta života samih potrošača.

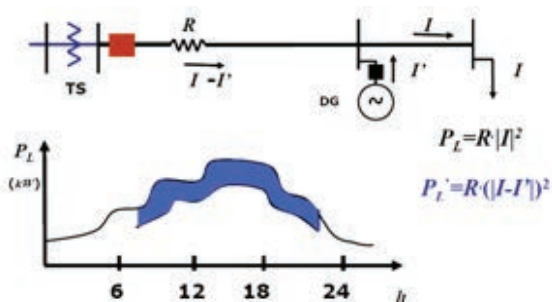
Na slici 5.2 može se videti kako uz pomoć distribuiranih generatora održavati vrednost napona iznad dozvoljenog minimuma.



Slika 5.2: Naponske prilike u mreži sa distribuiranim generatorom.

5.3 Distribuirana proizvodnja tokom vršnog opterećenja

Distribuirani generatori u situacijama vršnog opterećenja mogu služiti za pokrivanje vršnog opterećenja određenog potrošačkog područja ili industrijske zone. Uz pomoć sistema za akumulaciju energije u mogućnosti smo da proizvedenu električnu energiju distribuiranih generatora skladištimo i da je po potrebi koristimo u određenim delovima dana kada je najveće vršno opterećenje. Ovakvim načinom iskorišćenja distribuiranih generatora povećavamo sigurnost sistema time što rasterećujemo opremu i smanjujemo mogućnost otkaza opreme usled preopterećenja.



Slika 5.3: Smanjenje vršnog opterećenja upotrebom distribuiranih generatora.

5.4 Distribuirani generatori i gubici u električnoj mreži

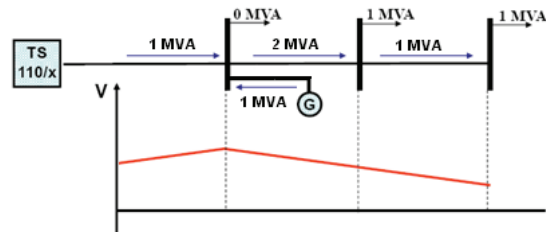
Gubici su jedan od bitnih pokazatelja koji govore o ekonomičnosti i kvalitetu obavljanja delatnosti distribucije električne energije. Iz tog razloga smanjenje gubitaka električne energije u elektroenergetskoj mreži postaje prioritet poslovnih ciljeva elektroenergetskih kompanija.

Upotrebom distribuiranih generatora u velikoj meri možemo rasteretiti prenosne dalekovode tako što ćemo električnu energiju za određeno potrošačko područje obezbediti od lokalnih alternativnih izvora električne energije koju nećemo morati da transportujemo na velike udaljenosti i samim tim smanjićemo opterećenje dalekovoda i gubitke u mreži.

5.5 Uticaj distribuiranih generatora na relejnu zaštitu

Dosadašnje funkcionisanje relejne zaštite bazirano je na pretpostavci jednosmernog toka snage od proizvodnje pa

do krajnjih potrošača, čime smo bili u mogućnosti da relativno lako upravljamo naponom i frekvencijom u potrošačkim čvorovima i održavamo ih na predviđenim vrednostima. Osnovnu zaštitu su činili prekostrujni i zemljospojni releji koji su bili podešeni tako da prilikom kvara isključe što manji broj potrošača.



Slika 5.4: Smanjenje gubitaka u mreži.

Međutim, upotrebom distribuiranih izvora javljaju se promene tokova snaga (dvosmerni tokovi snaga umesto jednosmernih), ali i promene vrednosti struja u pojedinim čvorovima. Tako će se struje kroz pojedine releje povećati, dok će se kroz druge smanjiti, u zavisnosti od mesta priključenja distribuiranih izvora, kao i od mesta nastanka kvara.

Podešavanjem relejne zaštite u obavezi smo da obezbedimo adekvatno reagovanje releja nebitno da li se u sistemu nalaze izvori distribuirane proizvodnje ili ne. Da bi smo obezbedili pravilan rad relejne zaštite, odnosno obezbedili pravilnu selektivnost i osetljivost releja, potrebno je poznavati i uzeti u obzir minimalne i maksimalne struje koje mogu doći sa strane distribuiranih generatora i mreže.

U mrežama sa složenom konfiguracijom gde je priključeno više distribuiranih izvora primena klasične relejne zaštite je otežana pa bi bilo potrebno više vremena za isključenje kvarova. U ovakvim slučajevima se priključenje malih izvora na mrežu vrši preko postrojenja u kome se nalazi sva potrebna relejna zaštita.

6. MIKROMREŽE – MICROGRID[7]

Mikromreže predstavljaju energetske i toplotno nezavisne niskonaponske mreže u odnosu na glavne izvore napajanja sistema. Koncept mikromreže se sastoji u tome da potrošači svu potrebnu električnu i toplotnu energiju dobijaju iz lokalnih distribuiranih izvora tzv. kogeneracioni sistemi. Mikromreža je u stvari lokalna aktivna distributivna mreža, jer predstavlja jedinstvenu celinu koja se sastoji od distribuiranih izvora, sistema za akumulaciju električne energije, različitih kategorija potrošača i lokalne infrastrukture.

Razlika između napajanja iz mikromreže i napajanja iz konvencionalnih elektrana su:

- snaga instaliranih kapaciteta u mikromreži su mnogo manje od snage u elektranama,
- električna energija koja se proizvede u okviru mikromreže se direktno isporučuje potrošačima,
- gubici električne energije su manji kada se potrošači napajaju iz mikromreže zbog same blizine potrošača izvorima energije.

Mikromreže su opremljene odgovarajućim uređajima energetske elektronike kojima se omogućuje fleksibilnost

proizvodnih jedinica, u smislu uključenja ili isključenja sa mreže, i podešavanja parametara radi dobijanja zahtevanog kvaliteta električne energije. Korišćenje mikromreža je pogodno za udaljena potrošačka područja koji imaju problema sa naponskim prilikama u mreži, gde su česti prekidi napajanja ili gde nije izgrađena distributivna mreža.

Glavna prednost ovih mreža što one predstavljaju jednu kontrolisanu celinu unutar elektroenergetskog sistema, koja može nezavisno od ostatka sistema da napaja potrošače, ali ima i mogućnost priključenja na postojeću distributivnu mrežu.

Za izgradnju ovakve mreže i ostvarivanje stabilnog i sigurnog pogona, potrebno je zadovoljiti brojne tehničke, regulatorne i ekonomske zahteve pre nego što budemo u mogućnosti da ovakve vrste mreža možemo svakodnevno da eksploatišemo i koristimo. Za masovnu upotrebu ovakvih mreža potrebno je učešće velikog broja istraživača i stručnjaka koji bu bili sposobni da daju odgovore i rešenja za probleme sa kojima se danas susreću ovakve mreže. Neki od problema današnjice u vezi mikromreža su: intermitentnost u radu i klimatska zavisnost pojedinih distribuiranih elektrana, niska energetska vrednost pojedinih energenata koje koriste pojedine elektrane, nedostatak standarda za upotrebu i rad mikromreža paralelno sa distributivnim sistemom.

7. ZAKLJUČAK

U ovom radu prezentovane su koristi i problemi prilikom upotrebe distribuirane proizvodnje. Na osnovu izloženog teksta može se zaključiti da obnovljivi izvori energije predstavljaju veliki neiskorišćeni potencijal, koji je lako dostupan velikom broju zemalja.

Zbog još uvek nerazvijene tehnologije, visoke cene izgradnje elektrana, ali i zbog slabog interesovanja država i nedostatka zakona i regulativa koji bi definisali mogućnost iskorišćenja ovih izvora energije, ovakav vid proizvodnje električne energije je zastupljen uglavnom u razvijenim državama. Najveća ekspanzija u izgradnji distribuiranih izvora se beleži u prethodne dve godine, što predstavlja dobar pokazatelj.

Međutim, pre masovne upotrebe distribuirane proizvodnje potrebno je dati odgovore na neke od problema prezentovanih u ovom radu. Distribuirani generatori imaju svoje dobre strane koje bi se trebale iskoristiti za poboljšanje pouzdanosti i stabilnosti elektroenergetskog sistema, smanjenje gubitaka u mreži i rasterećenje uređaja u sistemu.

Pored dobrih osobina, upotreba distribuirane proizvodnje ima i svoje loše strane. Može doći do povećanja gubitaka u mreži ako je distribuirani generator veće instalisane snage od trenutnih zahteva potrošača, zatim može doći do problema sa relejnom zaštitom, do ostrvskog rada koji je u nekim državama zabranjen itd. Potrebno je imati kontrolu i mogućnost planiranja proizvodnje distribuiranih generatora da bi dispečeri bili u mogućnosti da na najefikasniji način iskoriste postojeće kapacitete.

Kao što smo već rekli jedan od problema distribuiranih izvora je kompleksnost povezivanja upravljanja i nadzora tih izvora u sistemu.

Trenutni način upravljanja elektroenergetskim sistemom, kao i zastarele funkcije sistema ne predviđaju povezivanje većeg broja distribuiranih izvora zato što bi došlo do problema sa pouzdanošću i stabilnosti sistema.

Rešenje ovog problema se nalazi u upotrebi pametnih mreža, to je savremeni elektroenergetski sistem koji povezuje sve elemente u jedan zajednički komunikacioni sistem. Prednost pametnih mreža se ogleda u povećanu pouzdanosti, bezbednosti, sigurnosti sistema kao i mogućnošću upravljanja svim uređajima u mreži između ostalog i distribuiranim izvorima.

Kada se sagleda trenutno stanje, distribuirana proizvodnja bi trebala u skorijoj budućnosti da ima značajni udeo u proizvodnji električne energije, a takođe će doprineti većoj sigurnosti i pouzdanosti elektroenergetskog sistema zajedno sa pametnim mrežama.

8. LITERATURA

- [1] Nick Jenkins, Ron Allan, Peter Crossley, David Kirschen, Goran Strbac, Embedded Generations, The Institution of Electrical Engineers, London, UK, 2009,
- [2] Dr. Vladica Mijailović, Distribuirani izvori energije, Beograd, Srbija, 2011.
- [3] The potential benefits of distributed generation and rate-related issues that may impede their expansion, U.S. Department of Energy, 2007.
- [4] Mark Rawson, Distributed generations costs and benefits issue paper, Public Interest Energy Research California Energy Commission, 2004.
- [5] G. Pepermans, J. Driesen, D. Haeseldonckx, W. D'haeseleer, R. Belmans, Distributed generation: definition, benefits and issues, 2003.
- [6] Kari Mäki, Novel Methods for Assessing the Protection Impacts of Distributed Generation in Distribution Network Planning, Thesis for the degree of Doctor of Technology, 2007.
- [7] Robert H. Lasseter, Microgrids and Distributed Generation, 2005.
- [8] Grid2030: Intelligence through SCADA, National Instruments, 2010.

Kratka biografija:



Slobodan Stanić je rođen u Zaječaru 1983. godine. Srednju elektrotehničku školu, smer elektroenergetika, završio je u Boru. Diplomski-master rad odbranio je 2012. godine na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, iz oblasti Elektrotehnike i računarstva.

Miroslav Nimrihter je rođen 1950. godine u Novom Sadu, gde je završio osnovnu i elektrotehničku školu. Diplomirao je, magistrirao i doktorirao, na Elektro-tehničkom fakultetu u Beogradu. Zaposlen je, kao redovni profesor, na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu.

PAMETNE MREŽE - AUTOMATSKA LOKACIJA MESTA KVARA, IZOLACIJA DELOVA U KVARU I OBNAVLJANJE NAPAJANJA POTROŠAČA**SMART GRID - FAULT LOCATION, ISOLATION AND SERVICE RESTORATION**Milica Colić, Miroslav Nimrihter, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U ovom radu prikazana je funkcija distributivne automatike - automatska izolacija delova u kvaru i obnavljanje napajanja potrošača.

Abstract – This paper presents distribution automation function - fault location, isolation and service restoration.

Ključne reči: pametna mreža, distributivna automatika, lokacija kvara, izolacija kvara, obnavljanje napajanja

1. UVOD

Moderni tehnološki razvoj ljudskog društva ostvario se, u najvećoj meri, uz energetiku utemeljenoj na korišćenju fosilnih goriva. Karakteristika ovih fosilnih goriva je da nisu obnovljiva, njihova količina je ograničena i pošto se postojeće rezerve stalno crpe, ostaje ih sve manje na raspolaganju. Po prvi put u istoriji, novootkrivene količine nafte i gasa, na godišnjem nivou, manje su od onih koje se godišnje troše. Po pesimističkim procenama veći deo rezervi nafte i gasa biće potrošen u roku od svega 30 ili 40 godina. Taj rok je za ugalj nešto duži, jer su poznate rezerve, uz današnju potrošnju, dovoljne za preko 200 godina, a uz nova nalazišta i više. Shodno navedenom, energetika koja se bazira na korišćenju fosilnih goriva dolazi pod znak pitanja. Zbog problema sa emisijama štetnih gasova (među kojima je i ugljen-dioksid koji se emituje pri spaljivanju fosilnih goriva) i globalnog zagrevanja ljudi se sve više okreću obnovljivim izvorima energije. Kada se tome pridoda i stalni porast broja stanovnika planete i veći nivo industrijalizacije u svetu, odnosno sve veći zahtev za energijom, uočava se da je dosadašnji način rada u oblasti energetike teško održiv i da treba tražiti dopunska rešenja. Jedna od mogućnosti je u odgovornom i održivom razvoju, a tu se kao rešenje nameće koncept pametnih mreža. Delu stručnjaka iz područja elektroenergetike pojam "pametna mreža" je termin svakodnevnice, dok deo njih ostaje rezervisan. Budući da pametne mreže nisu samo tehnološki iskorak, već kvalitetno i smisleno uklapanje već postojećih tehnologija, to je mogućnost njihovog nastajanja verovatnija. Prilično je izvesno da će pametne mreže biti deo svakodnevnice većine stanovnika koji danas živi u urbanim sredinama.

Koncept pametnih mreža predstavlja zajednički naziv (eng. umbrella term) za nove tehnologije u modernizaciji elektroenergetskih mreža na svim nivoima, od mikro-

mreža (eng. microgrids) do super-mreža (eng. supergrid), kao i za već postojeće tehnologije koje se bolje i racionalnije (optimalnije) koriste. Neke od novih tehnologija još su u fazi istraživanja i razvoja, dok su neke već započele implementaciju. Osnovna ideja koncepta pametnih mreža je efikasno korišćenje (proizvodnja, prenos, distribucija i potrošnja) energije, uz istovremeno smanjenje troškova i gubitaka energije te povećanje kvaliteta i pouzdanosti napajanja. Kao takav, koncept pametnih mreža zahteva modernizaciju i transformaciju svakog podsistema elektroenergetskog sistema. Distributivni sistem budućnosti, kao deo koncepta pametnih mreža, često se naziva pametni distributivni sistem (eng. Smart distribution system). Osnovni deo pametnog distributivnog sistema predstavlja (napredna) distributivna automatika.

2. DISTRIBUTIVNA AUTOMATIKA

Institut elektroinžinjera IEEE (eng. Institute of Electrical and Electronics Engineers) 1988. godine definisao je distributivnu automatiku (DA) kao skup tehnologija koji distributivnom sistemu omogućuje daljinski monitoring (nadzor), koordinaciju i upravljanje elementima sistema u realnom vremenu sa udaljene lokacije.

Današnja DA predstavlja više od navedene definicije. Zato različiti autori različito definišu DA. Pojedini autori svrstavaju relejnu zaštitu u okvir pojma DA i njihov stav nije bez osnova s obzirom na multifunkcionalnost modernih digitalnih zaštitnih uređaja. Teško je uočiti jasnu liniju gde prestaje DA, a počinje relejna zaštita.

Bob Uluski sa instituta za istraživanje električne energije EPRI (eng. Electric Power Research Institute) 2010. godine predložio je novu, savremeniju definiciju DA. Po Uluskom, DA predstavlja skup inteligentnih uređaja (senzora, procesora itd.) i komunikacionih tehnologija koji omogućava distributivnom sistemu daljinski nadzor i koordinaciju elemenata sistema, kao i upravljanje elementima na najoptimalniji način sa ljudskom intervencijom ili bez nje (automatski). Često se današnja DA naziva napredna DA odnosno ADA (eng. Advanced Distribution Automation).

Generalno, pod pojmom DA podrazumeva se sva automatika (elementi i sistemi koji bez pomoći ljudi izvrše određenu unapred predviđenu funkciju) primenjena na nivou distributivnog sistema.

Motivacija za primenu DA nalazi se u poboljšanju opšteg funkcionisanja distributivnog sistema. Glavni ciljevi primene DA sistema mogli bi se sažeti na sledeći način:

NAPOMENA:

Ovaj rad je proistekao iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Miroslav Nimrihter, red.prof.

- optimizacija operativne i energetske efikasnosti distributivne mreže, kao i poboljšanje kvaliteta i pouzdanosti napajanja (smanjenje gubitaka i potrošnje u distributivnoj mreži, smanjenje dnevnog vrha opterećenja, poboljšanje pouzdanosti i kvaliteta usluge, odlaganje gradnje nove opreme),
- DA, kao integralni deo koncepta pametnih mreža, angažuje elemente i uređaje u inteligentnim distributivnim mrežama koji mogu da komuniciraju jedni sa drugima čime se omogućava fleksibilno, odgovorno i efikasno upravljanje napajanjem u skladu sa potrošnjom.

Poboljšanje rada distributivne mreže, pored očevidne ekonomske koristi koja se time obezbeđuje distributivnom preduzeću i potrošačima, pozitivno utiče i na socijalno-ekonomske prilike u zemlji. Na primer, ako je primarna namera primene neke od DA aplikacija smanjenje gubitaka u mreži, to izaziva i smanjenje troškova pri radu distributivnog preduzeća, što bi dalje trebalo da dovede do niže cene električne energije koju plaća potrošač dakle i boljih socijalno-ekonomskih prilika.

3. FUNKCIJE DISTRIBUTIVNE AUTOMATIKE

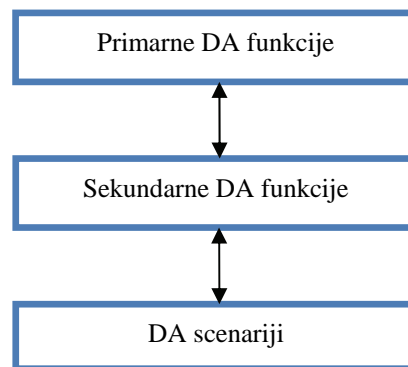
Generalno, funkcije distributivne automatike pokrivaju oblasti monitoringa (nadzora), merenja, upravljanja i zaštite distributivnih mreža. Načini kategorizacija DA funkcija su brojni i raznovrsni, što zavisi i od toga šta se sve podrazumeva pod pojmom DA.

Na nivou automatike u transformatorskim stanicama uobičajene su funkcije upravljanje naponom sabirnicama (eng. bus voltage control), upravljanje raspodelom struja (eng. circulating current control), balansiranje opterećenja na sabirnicama (eng. bus load balancing) i upravljanje preopterećenjem (eng. overload control), kao i funkcije zaštite transformatora: izolacija kvara na sabirnicama (eng. bus fault isolation) i izolacija transformatora (eng. transformer isolation). Automatika vodova najčešće podrazumeva automatsku ili daljinsku manipulaciju opremom (eng. Line/Feeder switching) i upravljanje naponskim prilikama i reaktivnim snagama (eng. Volt/Var control). Prva funkcija omogućuje primenu funkcija automatske detekcije i izolacije kvara (eng. fault detection and isolation) i automatske ili daljinske restauracije napajanja (eng. service restoration), koje su često integrisane.

Na mestu potrošača se obično vrše daljinska očitavanja elektronskih/pametnih brojila električne energije (eng. remote meter reading), formiranje cena u realnom vremenu (eng. real-time pricing) itd.

Funkcije DA se ne ostvaruju samostalno, odnosno izolovano od ostalih funkcija. Najveći broj DA funkcija ne može biti efikasan ukoliko nisu u sklopu većeg seta funkcija. Zato se često grupa DA funkcija kombinuje u okviru tzv. DA scenarija, kako bi se njihov zajednički učinak mogao oceniti. Takođe, neke od funkcija zahtevaju određene početne parametre za svoj rad, koji se obezbeđuju nekom drugom funkcijom, tako da se određena hijerarhija među funkcijama može uspostaviti. Stoga, primarne DA funkcije obezbeđuju uslove za rad

sekundarnih DA funkcija koje čine DA scenario (slika 3.1).



Slika 3.1 - Klasifikacija DA funkcija

Primarne DA funkcije obično zahtevaju ugradnju nove opreme (za merenje, nadzor i/ili komunikaciju) i/ili osnovnih baza podataka u okviru distributivnog sistema. Tu spadaju funkcije nadzora i kontrole uređaja unutar trafostanice i na samim dalekovodima, daljinska manipulacija prekidačkom i rasklopnom opremom itd.

Sekundarne funkcije koriste informacije o sistemu koje su dobijene primenom primarnih funkcija i na osnovu njih vrše određene (potrebne) proračune, takođe mogu dati i nalog za izvršenje nekih od primarnih funkcija. Tu spadaju upravljanje tokom i nakon otkaza (eng. outage management), rekonfiguracija sistema itd.

Zavisno od niza odlučujućih faktora (koja su poboljšanja potrebna u mreži, koliko je finansijskih sredstava moguće obezbediti, postojanje distribuiranih generatora itd.) bira se onaj skup DA funkcija koji postojećem sistemu (trenutno) najbolje odgovara, odnosno bira se željeni DA scenario.

4. AUTOMATSKA IZOLACIJA DELOVA U KVARU I OBNAVLJANJE NAPAJANJA POTROŠAČA

Automatska izolacija delova mreže u kvaru i obnavljanje (restauracija) napajanja potrošača ili FLISR (eng. Fault Location, Isolation, and Service Restoration) je funkcija DA koja omogućuje:

- automatsko detektovanje kvara u mreži,
- automatsku lokalizaciju mesta kvara u mreži, odnosno pronalaženje deonice fidera na kojoj se kvar dogodio,
- izolacija deonice u kvaru,
- obnavljanje napajanja "zdravim" deonicama fidera čija je jedna od deonica pogođena kvarom.

Najvažnija prednost primene FLISR funkcije je skraćanje trajanja prekida napajanja, što direktno dovodi do povećanja pouzdanosti. U nastavku će biti objašnjeno kako se to postiže.

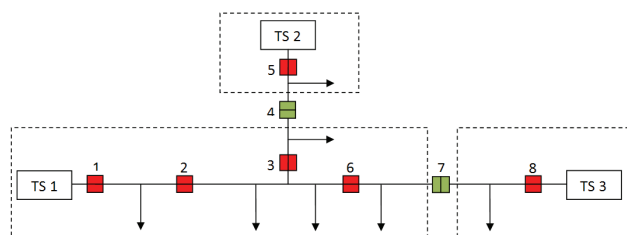
Uobičajen postupak traženja deonice u kvaru (TDK) je prilično grub, obavlja se postupkom deljenja sa probnim stavljanjem pod napon ili sa ispitivanjem izolacije, uz priključenje ispravnih deonica na osnovni i rezervni izvor tek nakon izolovanja deonice u kvaru. TDK postupak

(putovanje ekipe za održavanje mreže između čvorova i manipulacija rasklopnom opremom) zahteva određeno vreme tokom koga potrošači, pa i oni na “zdravom” delu fidera, ostaju bez napajanja. Vreme trajanja prekida napajanja električnom energijom, pri trajnim iznenadnim otkazima, u ovom slučaju svodi se na vreme potrebno za dojavu o nastanku kvara, okupljanje ekipe, lokalizaciju kvara i uspostavljanje vanredne konfiguracije napajanja potrošača.

U opštem slučaju, vreme otkaza n -tog čvora zbog kvara na k -toj deonici je funkcija organizacije traženja deonice u kvaru, traženja mesta kvara na nađenoj defektnoj deonici, načina rezerviranja (ako postoji), postojanja jedne ili više ekipa za lokalizaciju kvara, broja ljudi u ekipi, načina komuniciranja sa dispečerom i uklopničarom.

Kada se dogodi kvar na distributivnom SN izlazu, pripadajuća zaštita isključuje prekidač u TS VN/SN. U slučaju da ne postoji mogućnost automatizovane lokacije kvara (lokator kvara sa daljinskom signalizacijom ili FLISR funkcija), poznato je jedino da se kvar nalazi negde na SN mreži izlaza koji je ostao bez napajanja. Sledi obilazak trase voda u cilju nalaženja i popravke kvara. Dojave potrošača (kupaca) mogu skratiti vreme potrebno za lociranje kvara. S primenom neke vrste automatizovane lokacije kvara, znatno se skraćuje vreme potrebno za obnovu napajanja - može odmah biti poznata deonica u kvaru ili mesto kvara. Bitan je i ekonomski efekat, s obzirom na manje angažovanje ljudi i vozila na terenu kao i manje količine neisporučene električne energije. Ukoliko izgrađenost mreže to dozvoljava, FLISR funkcija može ubrzati uključenje rezervnog napajanja. Ovo se uglavnom odnosi na kablovsku mrežu u urbanim sredinama tako što su u normalnom radu distributivni izlazi radijalni, ali potrošači obično imaju mogućnost rezervnog napajanja. FLISR funkcija omogućava restauraciju napajanja određenim potrošačima i pre nego je ekipa za održavanje mreže pristigla na mesto deonice u kvaru.

Na slici 4.1 prikazana je test mreža na kojoj će biti objašnjene operacije funkcije FLISR.



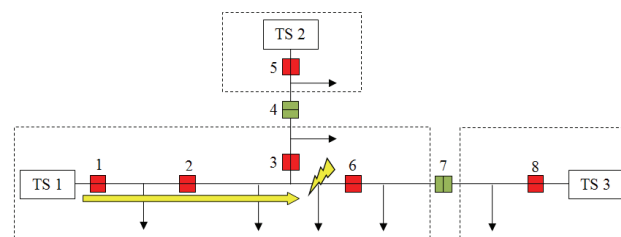
Slika 4.1 – Test mreža

Test mreža se sastoji od tri napojna voda (fidera) koji se međusobno rezerviraju u nekoj meri. Isprekidanim linijama su izdvojene transformatorske stanice sa pripadajućim potrošačkim područjima (TS 1, TS 2, TS 3). Smatra se da fider koji polazi iz TS 2 predstavlja “jaku” rezervu, a fider koji polazi iz TS 3 “slabu” rezervu fideru koji se posmatra (polazi iz TS 1). “Jaka” rezerva je sposobna da preuzme veliki deo opterećenja fidera kojeg rezervira, dok “slaba” rezerva rezervira samo manji deo opterećenja. Simbolično, crvenim kvadratićima je označena normalno zatvorena sklopna oprema, a zelenim

normalno otvorena. S obzirom da da je funkcija FLISR omogućena u test mreži, svakom sklopnom uređaju pridodat je indikator prolaska struje kvara, uređaj koji detektuje prolazak struje kvara kroz sklopni uređaj. Takođe, pogon sklopnih uređaja mora biti takav da ga je moguće automatski kontrolisati.

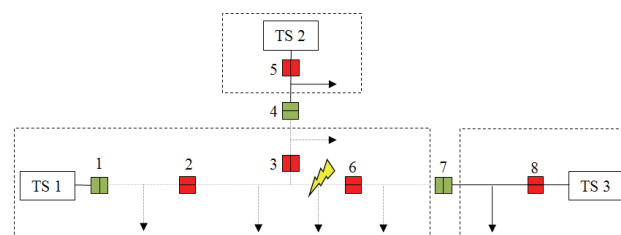
Uređaji na početku fidera (obeleženi sa 1, 5 i 8 na slici 4.1) moraju biti u stanju da prekidaju struje kvara (prekidači ili rekloseri). Ostali uređaji (uređaji za sekcionalizaciju fidera) uobičajeno su rastavljajući.

Neka se trajni kvar dogodio na deonici koja je ograničena sklopnim uređajima 2, 3 i 6. Ta situacija je prikazana na slici 4.2. Struja kvara (strelica na slici) prolazi kroz elemente 1 i 2, i indikatori struje kvara pridruženi tim elementima je detektuju.



Slika 4.2 – Test mreža sa kvarom na deonici fidera koji se posmatra

Relejna zaštita stacionirana u TS 1 reaguje, i isključuje se sklopni uređaj 1 (najčešće prekidač, može biti i rekloser) u TS 1. Ta situacija prikazana je na slici 4.3. Celo potrošačko područje koje se napajalo iz TS 1 putem fidera na čijoj deonici se desio kvar je ostalo bez napajanja (tačkasta linija na slici 4.3). Ponovo se uključuje sklopni uređaj 1 u TS 1, struja kvara prolazi kroz mrežu na isti način kao pre, detektuju je indikatori prolaska struje kvara na uređajima 1 i 2, zaštita u TS 1 opet reaguje i prekidač 1 se isključuje. To je trenutak kada se FLISR logika “trigueruje”, odnosno izvršenje FLISR funkcije startuje.

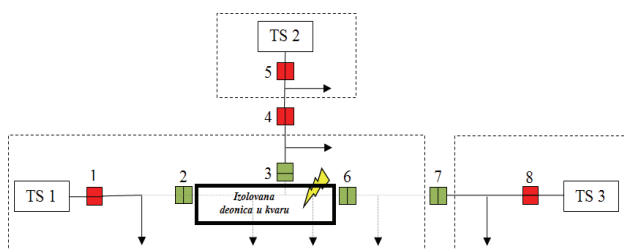


Slika 4.3 – Test mreža nakon isključenja prekidača u TS 1

Indikatori prolaska struje kvara detektovali su prolazak struje kvara kroz uređaje 1 i 2, dok indikatori pridruženi uređajima 3 i 6 nisu “videli” kvar. Na osnovu toga, logika FLISR funkcije zaključuje da se kvar dogodio na deonici koja se nalazi između elemenata 2, 3 i 6, i uređaji 2, 3 i 6 automatski se otvaraju. Na taj način je deonica u kvaru izolovana.

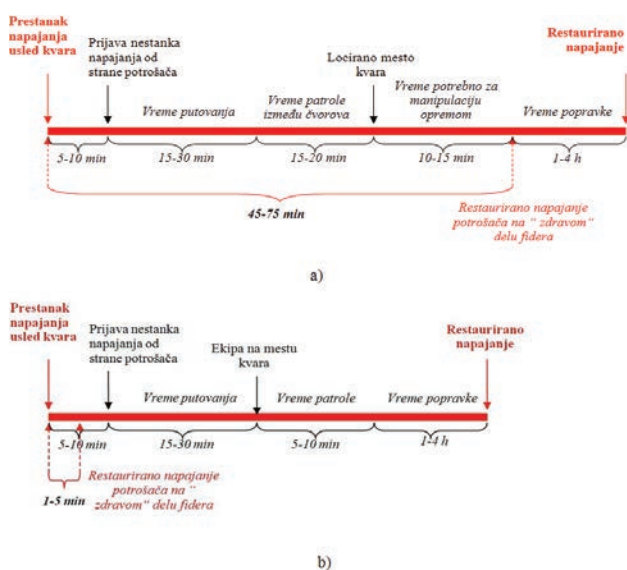
Restauracija napona kreće “uzvodno” (eng. upstream) - od napojne TS (TS 1 u ovom primeru) ka izolovanoj deonici u kvaru. Automatski se vrši uključivanje sklopne opreme krećući se “uzvodno” uz fider, što u datom primeru znači da se automatski uključuje sklopni uređaj 1. Zatim se kreće “nizvodno” (eng. downstream) - od izolovane deonice u kvaru do kraja fidera. Uobičajeno je da na prosečno nekih petnaestak minuta FLISR funkcija

“snima” vrednosti opterećenja svake deonice, odnosno registruje protoke opterećenja kroz elemente fidera. Na osnovu toga, zna se kolika je vrednost opterećenja koje je ostalo bez napajanja kao i mogućnosti rezervi da prihvate dodatno opterećenje, pa se može doneti odluka o načinu rezerviranja. TS 2 sa pripadajućim fiderom čini “jaku” rezervu po početnoj pretpostavci, pa veći deo područja koji je ostao bez napona može da se prebaci na alternativno napajanje putem automatskog zatvaranja prekidača 4. TS 3 sa pripadajućim fiderom čini “slabu rezervu” - može da prihvati samo mali deo opterećenja sa fidera čija je deonica u kvaru. Ukoliko nije u stanju da rezervira na adekvatan način deo opterećenja koji je ostao bez napajanja na kraju fidera sa izolovanom deonicom u kvaru, prekidač 7 ostaje otvoren. Druga mogućnost je da se samo deo opterećenja koji slaba rezerva može da podrži prebaci na TS 3 sa pripadajućim fiderom, ukoliko za tako nešto postoje uslovi. Time se FLISR funkcija izvršila. Krajnji rezultat (test mreža nakon izvršenja FLISR funkcije) prikazan je na slici 4.4.



Slika 4.4 – Test mreža po izvršenju FLISR funkcije

Na osnovu izloženog primera izvršenja funkcije FLISR, može se videti da je za realizaciju FLISR funkcije potrebno raspolagati podacima iz realnog vremena kao što su veličine struja deonice fidera i napona čvorova, indikacije prolaska struje kvara kroz elemente mreže u kojima su instalisani odgovarajući detektori itd. Uporedni pregled vremena koje protekne od trenutka pojave kvara na nekoj deonici fidera i prestanka napajanja svih potrošača do restauracije napajanja sa i bez primenjene FLISR funkcije u mreži prikazan je na slici 4.5.



Slika 4.5 – Uporedni pregled vremena potrebnog za restauraciju napona nakon kvara na deonici fidera bez (a) i sa (b) FLISR funkcijom

Analiza vremena trajanja prekida napajanja je izvršena uz pretpostavku da su sve sklopne i zaštitne naprave apsolutno pouzdane. Na osnovu datog pregleda, vreme potrebno za restauraciju napajanja svih potrošača fidera na kome se dogodio kvar je smanjeno (za nekih dvadesetak minuta u izloženom primeru), dok je u slučaju potrošača koji se nalaze na “zdravim” deonicama fidera znatno smanjeno - napajanje je restaurirano za 1 do 5 minuta u mreži sa primenjenom FLISR opcijom.

Primena indikatora prolaska i smera struje kvara obezbeđuje se pravilno reagovanje FLISR funkcije u mrežama sa distribuiranim generatorima, odnosno ispravna detekcija i izolacija deonice u kvaru.

5. ZAKLJUČAK

FLISR funkcija značajno smanjuje trajanje otkaza potrošača, što pored povećanja pouzdanosti napajanja potrošača, pruža i ekonomske pogodnosti (manji penali za neisporučenu energiju). Takođe su primetne i uštede koje se dobijaju nepostajanjem potrebe za angažovanjem radne snage na terenu. Pored skraćivanja vremena potrebnog za obnavljanje napajanja, svrha automatske lokacije kvara je da se redukuje broj nepotrebnih uključenja izlaza u slučaju kvara i na takav način smanjuje se mogućnost proširenja područja kvara kao i mogućnost prerastanja jednofaznih kvarova u međufazne kvarove.

6. LITERATURA

- [1] Miroslav Nimrihter, *Elektrodistributivni sistemi*, FTN, Novi Sad, 2009.
- [2] B. Casemore i B. Gohn, “Executive summary: Distribution Automation”, Pike Research, 2010.
- [3] IEEE Smart Distribution Working Group, “Smart Grid for Distribution Systems: The Benefits and Challenges of Distribution Automation (DA)”, 2009.
- [4] B. Uluski, “Distribution Automation – Smart Feeders in a Smart Grid World”, Quanta Technology, LLC, 2010.

Kratka biografija:



Milica Colić je rođena u Zaječaru 1983. godine. Srednju elektrotehničku školu, smer elektroenergetika, završila je u Boru. Diplomski-master rad odbranila je 2012. godine na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, iz oblasti Elektrotehnike i računarstva.

Miroslav Nimrihter je rođen 1950. godine u Novom Sadu, gde je završio osnovnu i elektrotehničku školu. Diplomirao je, magistrirao i doktorirao, na Elektro-tehničkom fakultetu u Beogradu. Zaposlen je, kao redovni profesor, na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu.

ПОСТУПАК ПРОЈЕКТОВАЊА СОЛАРНИХ ФН ЕЛЕКТРАНА СА ПРИМЕРОМ 7 kW СИСТЕМА**PROCESS DESIGN OF SOLAR PV PLANTS WITH EXAMPLE 7 kW SYSTEM**Милан Фигл, Золтан Чорба, Владимир Катић, *Факултет техничких наука, Нови Сад***Област – ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И РАЧУНАРСТВО**

Кратак садржај – У раду је дат кратак опис поступка пројектовања фотонапонске електране, детаљан опис свих потребних прорачуна, као и урађен пример пројекта електране снаге од 7кW.

Abstract – The paper gives a brief description of a photo-voltaic plant design, a detailed description of all necessary calculations and an example of the project for a 7 kWp solar power plant.

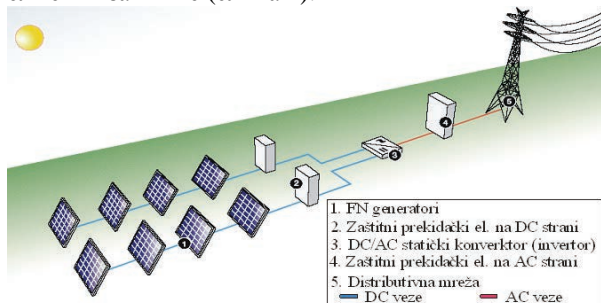
Кључне речи: Фотонапонски - ФН.

1. УВОД

Потреба за све већом енергијом и брига за очување планете земље, створена је свест код људи да је неопходно користити обновљиве изворе енергије. У неким земљама заступљеност ових извора иде и преко 15%, а у ЕУ је циљ да се до 2020. године достигне удео од 20%. У Србији је учешће ових извора знатно нижем нивоу (ако се изузму велике хидроелектране). У раду је дат опис поступка пројектовања једне фотонапонске електране, којом се соларна енергија директно претвара у електричну.

2. ОСНОВНИ ЕЛЕМЕНТИ ФОТОНАПОНСКИХ ЕЛЕКТРАНА

Основни склопови фотонапонских електрана су: фотонапонски панели, инвертори, склопна опрема и елементи заштите (слика 1).



Слика 1 Основни елементи ФН електрана

2.1. Типови фотонапонских ћелија

Разликују се три основне групе фотонапонских ћелија: кристално силицијумске, ћелије у танко-слојној (*thin-layer*) технологији и ћелије са концентраторима.

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији је ментор проф. др Владимир Катић.

Кристално силицијумске се деле на: монокристалне, поликристалне и тракасте. Ћелије израђене са танкослојном технологијом се деле на: аморфно-силицијумске, кадмијум-телуридне (CdTe), бакар-индијум-диселенидне (CuInSe₂ – CIS), галијум-арсенидне (GaAs) и бојене ћелије (dye cells).

2.2. Подела инвертора и концепција повезивања

Инвертори трансформишу једносмерну струју, коју производе фотонапонске ћелије у наизменичну, која се даље предаје у електричну мрежу. Постоје три основне групе инвертора, а њихов одабир зависи од концепта повезивања и снаге ФН електране, као и од ефикасности искоришћења. Инвертори се деле на: микро инверторе, стринг инверторе и централне инверторе. Микро инвертори су најчешће интегрисани на ФН модулима, што даје највећи степен искоришћења, али поскупљује модуле. Стринг инвертори су инвертори мањих снага до 50 kW и опслужују већи број модуле. Везују се на два начина: концепт *Sub-array* и концепт један ред модула један инвертор. Централни инвертори су снаге до 1MW, а може их бити један или више. Уколико их има више, примењује се *master-slave* концепт повезивања.

3. ПОДЕЛА ФОТОНАПОНСКИХ ЕЛЕКТРАНА

Фотонапонске електране у данашње време доживљавају експанзију. За то је заслужна широка палета производа као и физичка могућност искоришћења простора. ФН електране се деле према месту и врсти монтаже, према снази и према намени.

3.1. Подела према месту и врсти монтаже

Основна подела према месту монтаже је на ФН електране инсталиране на објектима (кровове, зидне), ФН електране инсталиране на тлу и на електране у виду надстрешница. Подела по врсти монтаже је у три групе: непокретни системи (конструкције на којима се постављају) и панели који се лепе на површину, покретни системи са једним степеном слободе кретања (једно-осни системи) и покретни системи са два степена слободе кретања (дво-осни системи).

3.2. Подела према снази

Основна подела према снази је на системе малих снага који се крећу до 10 kW, системе средњих снага (до 100 kW) и системе великих снага - од 100 kW, па до неколико десетина MW.

3.3. Подела према намени

Према намени ФН електране се могу поделити на самосталне системе и системе повезане са мрежом. Обе варијанте могу бити просте и сложене. Просте садрже

само један тип панела са свом потребном опремом, а сложени могу имати и друге типове панела па чак и друге типове обновљивих извора енергије.

4. ПРОЈЕКТОВАЊЕ ФН ЕЛЕКТРАНА

Да би се поставила ФН електрана неопходно је одредити, израчунати и испунити све потребне норме прописане законом.

4.1. Одређивање зрачења и процене производње електричне енергије

За одређену локацију на којој се планира инсталирање ФН електране неопходно је извршити одређивање зрачења, процене производње електричне енергије и сенчење панела. На интернету постоје сајтови преко којих се лако одређује количина зрачења, а постоји и могућност прорачуна процене производње енергије и сенчења. Неки од познатих програма су PVGIS, PVSYST, SHC solar, итд.

4.2. Одређивање локације и врсте монтаже

Локацију за постављање ФН система даје инвеститор, а одабиром врсте панела и система монтаже са којим ће систем бити инсталиран одређује се број панела. Снага тог система даје основу са којом се даље бира инвертор и остала опрема. За одабир панела често је заслужан инвеститор и/или финансиски фактор.

4.3. Сенчење фотонапонских панела

Један од проблема, који се јавља приликом пројектовања је сенчење фотонапонских панела. За што боље искоришћење постоји услов који треба задовољити, а то је: сенка на панелима не сме да буде у интервалу од 10h до 14h на дан најдуже сенке у години. Овај дан је узет из простог физичког разлога, јер је тог дана сунце најниже на хоризонту. Данас се за процену сенчења користе готови симулаторски програми (www.solarpathfinder.com, PVGIS, PVSYST, www.solmetric.com, www.we-llc.com), и са њима се проналази оптимални угао постављања панела.

4.4. Одабир инвертора према предвиђеној снази

За одабир инвертора постоји услов да снага панела мора да буде у опсегу од $\pm 20\%$ од снаге на DC страни инвертора. А фактор димензионисања C_{inv} треба да се креће у опсегу од 0.83 до 1.25. након одабира инвертора неопходно је извршити адекватне провере.

4.5. Провера напонских нивоа

Провера напонских нивоа се врши за најнеповољније услове. На њихову вредност утиче сунчево зрачење и температура модула. Највећи напон се добија при отвореној вези панела или низа фотонапонских панела при најнижој температури које су карактеристичне за ту локацију. Најнижи напон се добија при највећим температурама панела које могу достићи и $70\text{ }^{\circ}\text{C}$. Када се уврсти температурни коефицијент дат у подацима панела добију се вредности максималног и минималног напона панела, а прорачуном се добија максималан и минималан број панела који се могу везати на ред за одабрани инвертор.

4.6. Одређивање броја низова

По израчунавању свих величина, неопходно је обезбедити да максимална струја ФН низа не прелази максималну струју на DC страни инвертора.

Максималан број жица (низова) зависи од количника максималне улазне DC струје инвертора и струје низа.

4.7. Прорачун пресека DC кабла

DC каблови морају бити у могућности да пропуштају највећу струју која се може појавити у фотонапонском низу. Највећа струја која се може појавити у једном ФН низу је струја кратког споја целе групе ФН низова (којој припада и разматрани низ) умањена за струју посматраног низа. Вредност струје се увећава за 1.25, јер је струја низа увек мало већа од номиналне. Морају се уврстити и услови полагања каблова па се добија стварна струја оптерећења кабла на основу које се бира потребан пресек проводника.

4.8. Провера пресека DC кабла преко пада напона, губици на DC кабловима и пад напона

Да би пад напона био у оквиру препоручене вредности од 1% за прорачун попречног пресека се користи адекватна формула са којом се добија потребан пресек проводника. За прорачун снаге губитака користи се формула у коју уврстимо изабран пресек кабла, струју низа и дужину кабла уз фактор проводљивости за материјал проводника изабраног кабла. Коришћењем тих података израчунава се и очекивани пад напона.

4.9. Димензионисање AC напојног кабла

Приликом димензионисања напојног кабла инвертора неопходно је знати струју са којом ће кабел бити оптерећен, напонски ниво, дужина кабла и потребна вредност фактора снаге $\cos\phi$ и материјал проводника. За добар одабир каблова треба уврстити процентуални пад напона који за ФН системе износи 1%.

4.10. Провера избора напојног кабла за AC страну

4.10.1. Провера напојног кабла са обзиром на трајну дозвољену струју

Провера кабла на трајно дозвољену струју врши се уврштавањем коефицијената полагања кабла. Корекцијом трајне дозвољене струје кабла из таблице са обзиром на услове полагања добија се стварна трајно дозвољена струја кабла. У колико прорачуната струја не задовољава потребу инвертора потребно је изабрати већи пресек.

4.10.2. Провера напојног кабла са обзиром на дозвољени износ пада напона до мерног места

Пад напона је законски прописан стандардом и за нисконапонке мреже има вредност од 3% за сијалице и 5% за остале елементе. Приликом прорачуна пада напона треба водити рачуна да ли је систем једнофазан или трофазан и колики је фактор снаге, јер се користе различите формуле. У колико је пад напона већи од прописаног неопходно је изабрати већи пресек кабла.

4.11. Прорачун губитака снаге за одабрани кабел

Да би систем био што ефикаснији губици треба да су што мањи. Прорачун губитака снаге се прорачунава преко познатих формула, а разликују се формуле за монофазни и трофазни систем. Потребно је знати све губитке у систему да би се могла утврдити његова ефикасност, тј. степен искоришћења.

5. ЗАШТИТА ФОТОНАПОНСКИХ ЕЛЕКТРАНА

Заштита се врши за све елементе фотонапонских електрана у сврху спречавања нежељених вредности струја и напона.

5.1. Изведбе заштите дистрибутивних система

Данас у електро пракси се примењују три основна типа заштите дистрибутивних мрежа које називамо TN – систем, TT– систем и IT – систем. За неке инверторе нису прихватљиви сви системи заштите.

5.2. Заштита DC каблова од струја кратких спојева

Фотонапонске електране се често састоје из великог броја низова који се групишу у разводним кутијама где се спајају ради смањења и уштеде у кабловима. Ово доводи до могуће појаве већих струја у низовима прилоком кратког споја било ког типа. Сходно тој констатацији неопходно је заштитити каблове од тако великих струја. Величина струја зависи од броја низова који се прикључују на исти инвертор.

5.3. Прорачун струје кратког споја

Да би одредили елемент заштите неопходно је прорачунати струје кратких спојева. Постоји неколико типова кратких спојева. Највећа струја је код трополног кратког споја, а најмања је код монофазног и земљоспоја. За избор заштитног уређаја је неопходно прорачунати и енергију коју мора да прекине.

5.4. Заштита од струје преоптерећења

Струја проводника при номинаним условима рада електричне инсталације мора бити мања од називне струје осигурача или називне вредности струје деловања уређаја за заштиту од преоптерећења струјног кола проводника. А струја заштитног уређаја мора бити мања од трајно дозвољене струје кабла. Потребно је уврстити и коефицијент сигурности који је дат прописом.

5.5. Провера система заштите

За систем заштите неопходно је испунити услов заштите од опасног напона додира који за наизменичну струју не сме бити већи од 50 V и једносмерну не сме бити већи од 120 V. Потребно је израчунати струју кратког споја за најлошији случај и на основу добијене вредности изабран елемент заштите треба да одреагује у временски предвиђеном року прописаног законом.

5.6. Громобранска заштита

Постоји стандардна процедура израчунавања да ли је систем громобранске заштите неопходан. У пракси пројектовања ФН електрана се могу десити четири случаја. У случају електране на објекту разликују се три могућности: да нема громобранске инсталације, да постоји изведена громобранска инсталација, али није испуњен минимум размака предвиђен стандардом и да је испуњен минимум размака. Четврти случај је ФН електрана на земљи. За сваки од ових случајева постоји другачији тип заштите.

6. ПРОЈЕКТОВАЊЕ 7 kW ФН ЕЛЕКТРАНЕ

Као пример пројектовања једне соларне ФН електране узеће се пројекат кровне ФН електране на објекту радионице у Инђији.

6.1. Подаци о објекту и изабраним елементима

Објекат који је узет за пример налази се у Инђији на 45° географске ширине и 20° географске дужине (слика 2). Површина од интереса је југо-источна страна крова и износи $4,3 \times 15 = 64,5 \text{ m}^2$, чији нагиб износи 45°. Азимутни угао износи 38°. Прорачуни су вршени за два типа соларних панела SPR-300-WHT и TMS_PC/PA14_285. Прорачуном је утврђен број панела и снага од око 8 kWp.



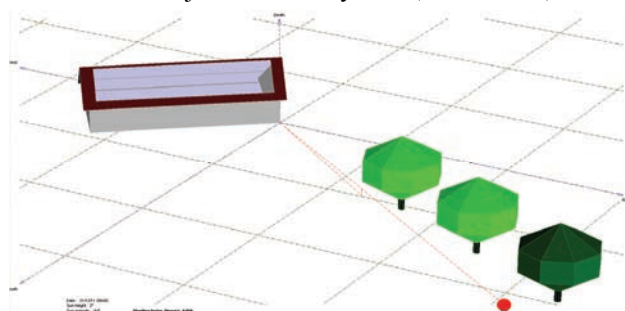
Слика 2 Положај објекта у односу на стране света.

6.2. Зрачење сунца за одабрану локацију

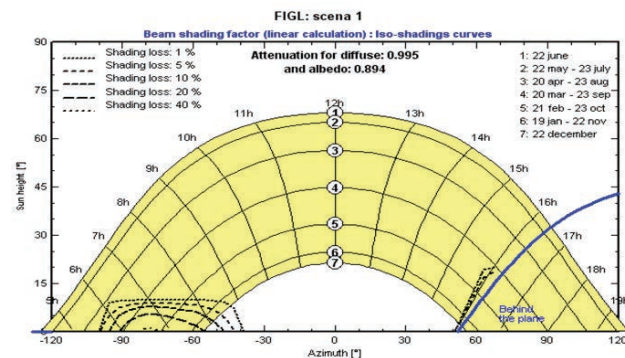
Прорачун је извршен у PVGIS-у из кога се могу добити дневне, месечне и годишње процене за количину Сунчевог зрачења и предвиђену количину енергије. За ову локацију предвиђена енергија на годишњем нивоу, за овај систем, износи 8530 kWh.

6.3. Диспозиција ФН панела – анализа зрачења

Анализа сенчења је вршена у PVSYST-ту и утврђено је да нема значајних сенчења, а да у интервалу од 10 до 14 часова на дан 21. децембра нема сенчења на панелима чиме је задовољен услов (слике 3 и 4).



Слика 3 Положај сунца у односу на фотонапонске панеле за 21. децембар у 8 сати.



Слика 4 Приказ губитака услед сенчења током године.

6.4. Одабир инвертора и провера компатабилности

Изабран је инвертор типа SUNNY MINI CENTRAL 7000HV од произвођача SMA. Провером програмом, који нуди та фирма, утврђена је позитивна компатабилност одабраних типова панела и инвертора. Извршена је рачунска провера са којим су потврђени добијени параметри о коматабилности.

6.5. Прорачун пресека DC кабла

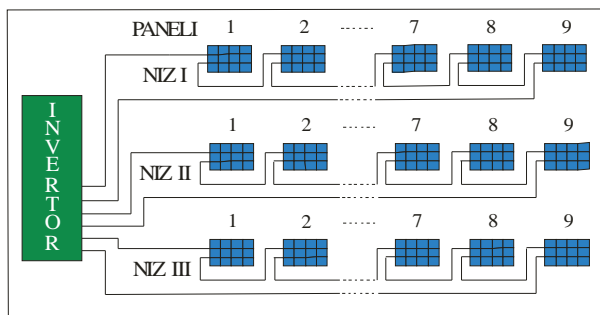
На основу струја и услова у којима се постављају каблови за оба типа соларних панела се добија да је потребан пресек од 2.5 mm^2 .

6.6. Провера пресека DC кабла преко пада напона, губици на DC кабелу једног низа и пад напона

Проачуном је утврђено да је за други тип панела потребан већи пресек, који износи 4 mm^2 . При овим пресецима пад напона је мањи од прописаног.

6.7. Одабир погоднијег фотонапонског панела

Сходно добијеним резултатима о компатабилности и прорачуна за пресек каблова изабран је повољнији тип панела SPR-300-WHT од произвођача SUNPOWER. Сада се може одредити шема повезивања панела и инвертора (слика 5).



Слика 5 Повезивања панела и инвертора за одабрани тип панела.

6.8. Димензионисање AC напојног кабла

Прорачуном се добија да је потребан пресек кабла од 16 mm^2 , а струјна носивост кабла износи 76 А.

6.9. Провера изабраног напојног кабла за AC страну инвертора

Након уврштених вредности услова полагања кабла трајна струја преоптерећења је већа од називне струје инвертора па је сте стране испуњен услов. Пад напона задовољава стандардом прописане вредности и износи 0.78 %.

6.10. Заштита фотонапонске електране

Због броја низова који је већи од 2 потребна је заштита DC кабал осигурачима номиналне струје од 10 А.

6.11. Прорачун струје кратког споја

Узимајући у обзир све потребе параметре израчуната је струја кратког споја у разводном орамару инвертора и она износи 580,43 А, и на основу ње је изабран елемент заштите типа PKZ2/ZM-25-8 од фирме „Eaton Moeller“. Услови заштите од струје преоптерећења су испуњени, а елемент заштите је подешен на 24 А. За систем заштите утврђено је да ће заштитни елемент при струји кратког споја реаговати

у предвиђеном временском интервалу који је мањи од 0.01s.

6.12. Громобранска заштита

На објекту на којем је вршено пројектовање фотонапонске електране није изведена громобранска заштита. Па на основу овога ће се користити једнополни уређаји заштите са интегрисаним склопом за заштиту од струја кратких спојева намењених за фотонапонске системе, и биће коришћени за заштиту AC улаза инвертора, DC улаза инвертора и нисконапонског напајања.

7. ЗАКЉУЧАК

У раду је приказан поступак пројектовања једне кровне ФН електране. Може се закључити да је поступак сложен и да захтева низ операција, које се пажљиво морају спровести.

8. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Золтан Чорба, „Могућност примене хибридних система за претварање енергије ветра и сунца у електричну“, Магистарска теза, ФТН Нови Сад, 2009.
- [2] М. Б. Костић, „Теорија и пракса пројектовања електричних инсталација – друго проширено издање“, Београд, 2005.
- [3] Драган Вићовић & Горан Хаџић, „Заштита објеката од атмосферских пражњења“, Београд, 2009.
- [4] Љубомир Герић & Предраг Ђапић, „Разводна постројења – збирка задатака“, ФТН, Нови Сад, 2006.
- [5] www.etsa.edu.ba
- [6] www.PV-installer.net
- [7] www.Elektrical-installation.org
- [8] www.SMA.de
- [9] www.DEHN.de
- [10] www.schott solar.com
- [11] www.sunpower.com
- [12] www.trinasolar.com

Кратка биографија:



Милан Фигл рођен је у Инђији 1985. год. Средњу техничку школу у Инђији завршио је 2004. год. Од 2004/05 студент је Факултета техничких наука у Новом Саду, где је одбранио мастер рад у јануару 2012.



Золтан Чорба је магистрирао на ФТН 2009. год. Радио је у развојном тиму Новкабела, а од 1992. је на ФТН као шеф Лабораторије за енергетску електронику. Од 2008 је и шеф Лабораторије за обновљиве и дистрибуиране изворе енергије.



Владимир Катић рођен је у Новом Саду 1954. год. Дипломирао је на ФТН у Новом Саду 1978., а докторирао на Електротехничком факултету Универзитета у Београду 1991. год. Од 2002. год. је редовни професор Универзитета у Новом Саду. Области интересовања су Енергетска електроника, Обновљиви извори електричне енергије и Квалитет електричне енергије.

REALIZACIJA SCADA SISTEMA SA VIŠESTRUKIM KONTEKSTIMA I DINAMIČKOM REKONFIGURACIJOM**IMPLEMENTATION OF A SCADA SYSTEM WITH MULTI-CONTEXT AND DYNAMIC RECONFIGURATION**Bojan Bogovac, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – *Ovaj rad predlaže implementaciju mehanizama za podršku višestrukih konteksta i dinamičke rekonfiguracije na savremenim akviziciono upravljačkim sistemima (SCADA). Urađena je analiza opšte problematike savremenih SCADA sistema, sa posebnim osvrtom na kontekste i dinamičku relokaciju, te je dat predlog rešenja koji zadovoljava zahteve da ovako implementirani sistem bude skalabilan, distribuiran, sa obimnom bazom podataka za efikasnu manipulaciju istih u realnom vremenu, kao i da se omogući buduća proširivost rešenja.*

Abstract – *The aim of this paper is to propose the implementation of a mechanisms that support a multi-context, multi-version configuration on a SCADA system in a modern environment with advanced electronic devices and reliable communications infrastructure. Problems of modern SCADA systems were analyzed with an accent on contexts and dynamic relocation. Proposed solution is based on given analysis and satisfies requirements that this system has to be scalable, distributed, with a huge process-image database with data manipulation in real time, and to enable future extensibility of the solution.*

Ključne reči: *SCADA, akviziciono – upravljački sistemi, implementacija, konteksti, dinamička rekonfiguracija*

1. UVOD

Zahvaljujući tehnološkom napretku u oblasti računarstva i informacionih tehnologija, upravljanje uz pomoć računara je standardna osobina savremenih industrijskih postrojenja. Kompleksnost realnih proizvodnih tehnologija povlači za sobom visoke zahteve u pogledu fizičke arhitekture i programske podrške akviziciono-upravljačkog sistema. Jedan od zahteva u pogledu programske podrške je i mogućnost pokretanja i brisanja više različitih konteksta nekog sistema (npr. aktuelni i simulacioni), uz mogućnost izbora klijenta na koji od aktivnih konteksta želi da se poveže. Takođe, zahteva se mogućnost izmena na konfiguraciji, u smislu brisanja, dodavanja ili menjanja nekih veličina, mogu uraditi u vreme izvršavanja sistema, bez potrebe za zaustavljanjem i ponovnim pokretanjem akviziciono-upravljačkog sistema (tzv. dinamička rekonfiguracija).

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Branislav Atlagić, vanredni profesor.

Zadatak ovog rada jeste da uradi analizu opšte problematike savremenih SCADA sistema i da predloži implementaciju mehanizama za podršku višestrukih konteksta i dinamičke rekonfiguracije u akviziciono – upravljačkom sistemu oSCADA, razvijenom za rad u modernom okruženju, sa naprednim električnim uređajima i pouzdanom mrežnom infrastrukturom sa sledećim zahtevima:

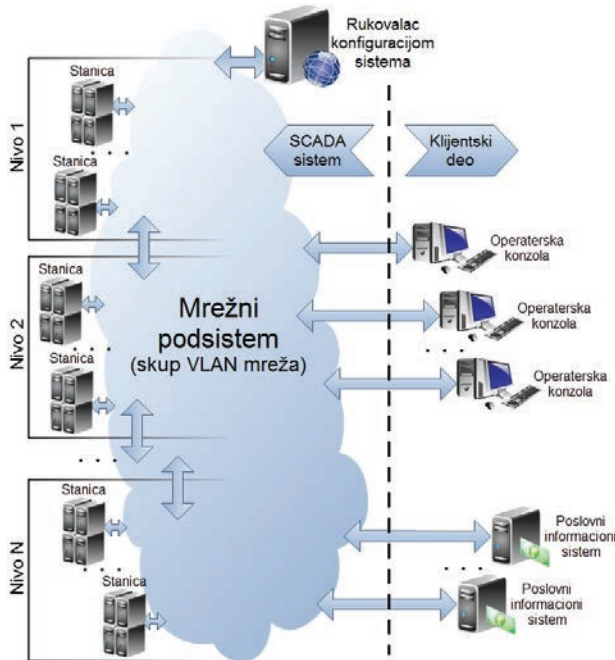
- skalabilni, distribuirani sistem sa robusnom bazom podataka sa podrškom za deset i više miliona mernih tačaka prisutnih u sistemu odjednom,
- podrška rada sa više konteksta (u realnom vremenu, istorijski i simulacioni),
- podrška za dinamičku promenu konfiguracije bez potrebe za ponovnim pokretanjem sistema,
- podrška za prenosivost, konkretno rad na Windows i Linux baziranim radnim stanicama,
- visok nivo interoperabilnosti sa drugim podsistemima, izlaganjem usluga.

Akcentat ovog rada je na razvoju samih mehanizama višestrukih konteksta i dinamičke rekonfiguracije, kao i izmene komunikacionih mehanizama između pojedinačnih komponenti SCADA sistema da bi se obezbedila adekvatna propagacija izmena načinjenih nad konfiguracijom.

Izazovi ovakve implementacije se nalaze u ograničenjima fizičke arhitekture koja je danas na raspolaganju. Glavni problem kod dinamičke rekonfiguracije predstavlja nepouzdana mrežna infrastruktura, te je neophodno obezbediti siguran način za propagaciju promena između distribuiranih delova sistema. Neophodno je obezbediti da svi distribuirani delovi sistema dobiju informacije o izmenama konfiguracije, kako se ne bi desilo da sistem u jednom trenutku radi sa neažurnim podacima. Pored toga veliki problem može predstavljati način na koji se skladišti istorija promena nad nekim kontekstom u sistemu, i kako se te promene mogu poništiti, i ponovo primeniti.

Cilj istraživačkog segmenta ovog rada je da se reše ovi problemi i da se na neki način optimizuje komunikacija između pojedinih čvorova SCADA sistema kako bi se zadovoljili gore pomenuti zahtevi uz minimalnu potrebnu količinu podataka koja se prenosi, a da se pritom očuva integritet podataka u okviru čitavog distribuiranog sistema.

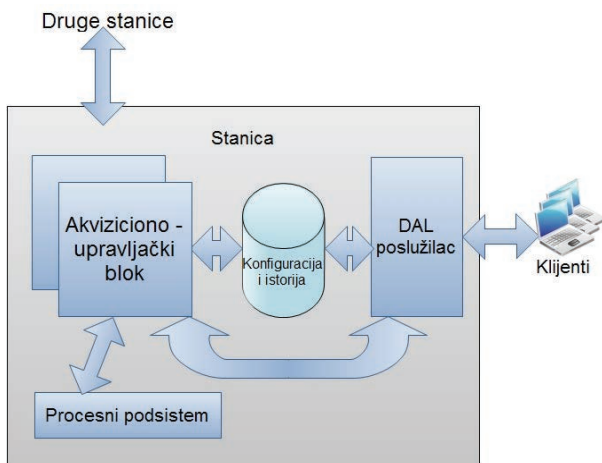
2. ARHITEKTURA SISTEMA



Slika 1. Arhitektura implementiranog sistema

Projektovanju ovog sistema se prišlo tako da primarna oblast primene bude nadzor i kontrola sistema za prenos i distribuciju električne energije, ali sa mogućnošću primene u svim ostalim granama industrije (npr. prenos drugih energenata ili kontrola rada proizvodnih pogona). Kao direktna posledica prirode elektro-distributivnih mreža, proizilazi arhitektura sa slike 1.

Čitav SCADA deo sistema (levo od isprekidane linije na slici 1) se sastoji od skupa stanica koje su programski sve istovetne (ali nemaju iste zadatke), i centralnog konfiguracionog rukovaoca zaduženog za distribuciju potrebnih datoteka udaljenim stanicama. Čitav sistem je zamišljen kao distribuirana baza podataka u realnom vremenu sa podelom odgovornosti za obradu prikupljenih podataka na stanice koje direktno komuniciraju sa fizičkim uređajima preko nekog od industrijskih protokola (DNP3, IEC 101/104, MODBUS...). Topologija mreže kojom su stanice povezane međusobno je proizvoljna i zavisi od prirode proizvodnog sistema.



Slika 2. Interna organizacija stanice

2.1 Pojam stanice

Stanica je skup računara (sa slike 2) koji predstavlja osnovni element akviziciono upravljačkog sistema. Stanica (*station*) može imati jedan ili više zadataka u zavisnosti od toga šta je konfigurisano i povezano direktno na datu stanicu. Tako može postojati stanica koja komunicira direktno sa fizičkim uređajima kao što su prekidači i ventili, i ove vrednosti šalje svojoj nadređenoj stanici, može biti i stanica koja samo vrši prikupljanje i umnožavanje podataka za dalju distribuciju klijentskim aplikacijama (poslovna logika, upravljačko-nadzorna logika), a može biti i simulaciona stanica koja nije direktno povezana na fizički proces koji se trenutno nadzire. Uloga simulacione stanice može biti obučavanje operatera, validacija ispravnosti nekog skupa operacija koji je potrebno izvršiti na fizičkom sistemu, izvršavanje raznih analiza, merenja i predviđanja koje bi bilo teško ili opasno izvršiti na realnom sistemu. Međutim, ista stanica koja radi sa fizičkim uređajima može isto tako opsluživati i grafičku korisničku spregu ako za time ima potrebe. Zapravo, zavisno od konfiguracije, stanica može biti usko specijalizovana za veoma efikasnu obradu, a može služiti i kao čitav sistem kada za distribucijom nema potrebe, ukoliko se radi o dovoljno malom skupu nadziranih veličina pa ulaganje u dodatnu računarsku opremu nije finansijski isplativ potez.

Tipična stanica se sastoji od para redundantnih SCADA servera koji rade u tandemu, gde jedan od njih (vodeći) obrađuje podatke i šalje komande, a drugi (prateći) je tu samo da prima podatke i održava svoju bazu podataka svežom kako bi u svakom trenutku, u slučaju otkaza primarnog, mogao da preuzme kontrolu.

2.2 Pojam konteksta

Koncept konteksta je uveden da bi se omogućilo izvršavanje operacionih i/simulacionih aktivnosti na različitim konfiguracijama sistema u isto vreme. Gledano iz ugla operatera, ovo znači da će operater imati dva različita konteksta sa dve različite konfiguracije (modela) sistema, u različitom stanju. Na primer, u jednom od tih konteksta operater može nadgledati trenutno stanje fizičkog procesa koji se akvizira, nadgledati generisanje alarma, zadavati komande uređajima, itd. U isto vreme, u drugom kontekstu (simulacionom) operater može izvršavati analizu validnosti određene sekvence operacija-komandi pre nego što iste izvrši na samom fizičkom procesu.

Dakle kontekst predstavlja jednu nezavisnu bazu podataka sistema nastalu na osnovu određenog konfiguracionog modela. Taj model je promenljiv u vremenu.

Važno je uvesti razliku između operacionih i simulacionih aktivnosti, pa je uvedena podela konteksta na aktuelni i simulacione. Aktuelni kontekst je konfigurisan tako da nadzire i upravlja direktno sa fizičkim uređajima i senzora fizičkog procesa koji se nadgleda. Kao takav predstavlja ključnu funkcionalnost sistema koja mora biti izolovana od ostalih aktivnosti koje mogu ugroziti njenu raspoloživost i robustnost. Iz tog razloga, važno je da realnovremenski i simulacioni konteksti budu što slabije međusobno povezani. Uglavnom će simulacioni i realnovremenski konteksti biti izvršavani na različitim računarima u cilju izbegavanja bilo kakvih problema sa

deljenjem računarskih resursa. Jedini način na koji bi simulacioni i realnovremenski kontekst mogli biti povezani je replikacija realnovremenskih podataka na simulacioni kontekst u cilju dobijanja verne simulacione slike. Ali i ovakva replikacija mora biti kontrolisana i ograničena, tako da se ne ugrozi raspoloživost realnovremenskog konteksta.

2.3 Konfiguracija

Svaka SCADA promenljiva (instanca klase) u okviru jednog konteksta SCADA sistema mora da bude određena jednoznačnim identifikacionim brojem, na osnovu kojeg se u stanici u tom kontekstu smešta u kontejner baznih klasa. Polimorfizam omogućuje da se tu doda bilo koja izvedena (specijalizovana) klasa i da se i tim klasama rukuje kao odgovarajućom baznom klasom (slika 3). Nakon učitavanja potrebnih specijalizovanih biblioteka, sistem se može konfigurisati i konfiguraciona slika stanice zapisati u datoteku, koja se kasnije učitava na stanici. Prilikom pravljenja konfiguracione slike, moguće je napraviti sistem koji već ima kreirane neke kontekste. Ti konteksti će nastaviti svoje izvršavanje odmah nakon učitavanja konfiguracije na stanici. Takođe omogućeno je pravljenje konfiguracione slike svakog konteksta zasebno. Te konfiguracione slike se mogu učitavati i brisati u toku izvršavanja SCADA sistema.

2.4 Dinamička rekonfiguracija

Ovakav SCADA sistem u modernom industrijskom okruženju može biti zadužen za veliki broj merenih veličina, što i u regularnom eksploatacionom režimu uzrokuje relativno visok broj promena konfiguracionog modela radi usklađivanja sa stanjem na terenu. Najsigurniji način za to je restart celog SCADA sistema, što iziskuje njegovo zaustavljanje, učitavanje nove konfiguracije i ponovno pokretanje. U uslovima u kojima je neophodan vrlo visok nivo raspoloživosti SCADA sistema, mehanizam dinamičke rekonfiguracije se postavlja kao opravdano rešenje za uvođenje malih promena u konfiguraciju, bez potrebe zaustavljanja SCADA sistema.

2.5 Signaliziranje promene procesne promenljive

Procesne promenljive predstavljaju sve veličine koje su prisutne u fizičkom sistemu koju stanica kontroliše. One u okviru API sprege treba da pruže javne metode za postavljanje nove vrednosti prilikom pristizanja istih sa fizičkih uređaja. Procesna promenljiva se sastoji od tri dela: fiksni, privremeni i promenljivi.

Uvođenje slabo povezanih entiteta u arhitekturu sistema dovodi do problema signaliziranja promene procesne promenljive (merene veličine). Procesne promenljive nemaju informaciju o tome, koje sve stanice i operaterske konzole su zainteresovane za nju i kome treba da signaliziraju svoju promenu. Iz ovog razloga treba uvesti funkcije povratnog poziva (engl. *callback functions*) koju registruju sve strane zainteresovane za promenu procesne promenljive, i koje procesna promenljiva poziva na svaku promenu. Moguće promene procesne promenljive su: promenljivi deo, privremeni deo, fiksni deo, dodavanje promenljive u kontekst, i brisanje promenljive iz konteksta.

Poslednje dve primene je jednako važno signalizirati, da bi sve strane koje su zainteresovane za datu procesnu promenljivu bile obavestene da je ista stvorena, ili obrisana.

2.6 Komunikacija između stanica – GAUS protokol

Protokol, koji nosi ime pretka nove arhitekture SCADA programskog rešenja služi za komunikaciju između stanica u sistemu, tj. za prenošenje promena procesnih promenljivih (izmene nekog od delova promenljive, ili njeno stvaranje i brisanje), dobijanje celovite slike stanice prilikom povezivanja na istu (engl. integrity update) i operaterskih komandi. Po prirodi je to binarni protokol, jer drugi oblici komunikacije nose mnogo veći višak komunikacije (XML, tekstualni,...). Nastao je pre svega za prenos podataka o promeni procesnih promenljivih između stanica (slika 3).

Poruka u GAUS protokolu počinje sa zaglavljem, koja prenosi sledeće:

- početna sekvenca - označava početak GAUS poruke,
- tip poruke - označava da li poruka prenosi fiksne, privremene ili promenljive delove procesnih promenljivih ili informaciju o stvorenim ili obrisanim procesnim promenljivim,
- broj delova - broj procesnih promenljivih za koje se promene prenose, potrebno je za uspešno tumačenje podataka iz poruke nakon prijema,
- dužina poruke - dužina poruke nakon zagavlja,
- jednoznačni identifikator kartice - identifikator kartice kome je poruka namenjena.

Nakon slanja zagavlja, prenosi se sadržaj poruke, u paru jednoznačni identifikator procesne promenljive - vrednost procesne promenljive. U slučaju da se prenose informacije o stvaranju ili brisanju procesne promenljive, poruka sadrži samo jedinstveni identifikator procesne promenljive. Jedinstveni identifikator procesne promenljive se sastoji od jedinstvenog identifikatora konteksta u sistemu i jedinstvenog identifikatora promenljive na nivou datog konteksta.

Opisanom arhitekturom se postiže skalabilnost, distribuiranost i striktna podela odgovornosti. Ova tri cilja su bitna kada se uzme u obzir da se očekuje da jedan ovakav SCADA sistem u elektrodistributivnom sistemu mora da radi sa deset miliona tačaka (merenih veličina), da bude robustan, pouzdan i prenosiv sa jedne platforme na drugu (Windows, Linux...). Programska implementacija ovog koncepta, opisana u nastavku rada, označena je skraćenicom oSCADA, u nameri da naglasi striktnu primenu programske paradigme objektno orijentisanog programiranja.

3. IMPLEMENTACIJA

Realizacija oSCADA sistema se bazirala na modularnosti od početka faze projektovanja, te je sa tim u vidu osmišljeno sledeće idejno rešenje koje je i realizovano.

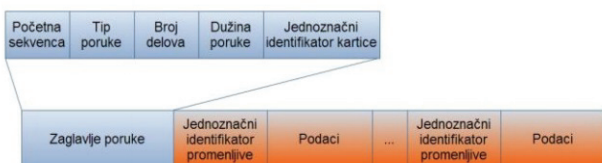
Za pokretanje oSCADA sistema potrebno je posedovati ukupno dve biblioteke: *Bootstrapper* i *Core*. Sve ostale biblioteke iz oSCADA sistema se mogu, a ne moraju naći prilikom pokretanja aplikacije, ostavljajući sistem da radi sa ili bez njih.

Inicijalni pokretač je odgovoran za učitavanje odgovarajuće systemske i/ili kontekstne konfiguracije i njeno korektno interpretiranje, brisanje konteksta, brigu o pravilnoj inicijalizaciji, pokretanju i završavanju izvršenja oSCADA sistema kako bi se izbegle situacije gde postoji curenje memorije ili pogrešno oslobađanje resursa koje ih ostavlja u nedefinisanoj stanju. Takođe, sve izmene vezane za dinamičku rekonfiguraciju dela konteksta koji se nalazi u datoj stanici se iniciraju iz inicijalnog pokretača. Ova biblioteka se takođe mora koristiti prilikom zapisivanja konfiguracione datoteke kako bi se taj proces izveo na korektan način.

Core biblioteka predstavlja oslonac čitavog sistema. Obezbeđuje funkcionalnost čitavom sistemu čvrsto se oslanjajući na prednosti koje donosi polimorfizam za čuvanje objekata za koje su poznate samo osnovne klase. Učitavanje istih se oslanja na serijalizacionu biblioteku isporučenu u okviru *boost* paketa, tako da sama biblioteka nema dodirnih tačaka sa konkretnim implementacijama osnovnih klasa koje se koriste u okviru sistema, niti je u bilo kom trenutku svesna konkretnog tipa.

Prethodno navedeno je ostvareno skupom osnovnih klasa sa strogo definisanom programskom spregom preko koje se pokreće njihova funkcionalnost. Ova sprega je implementirana i dokumentovana u okviru prethodnih radova na ovu temu, a ovde će biti opisane samo izmene koje su napravljene da bi se obezbedila mogućnost stvaranja višestrukih konteksta i dinamičke rekonfiguracije:

- *CStation* – klasa koja predstavlja stanicu. Stanica je implementirana po singleton dizajn šablonu. Izmenjena tako da može da sadrži više različitih konteksta.
- *CContext* – klasa koja predstavlja kontekst. Sadrži bazu procesnih promenljivih koje se nalaze u konfiguraciji tog konteksta.
- *CContextID* – predstavlja jedinstveni identifikator svakog konteksta (tipa *CContext*) i jedinstven je na nivou čitavog distribuiranog sistema.
- *CFirstLevelProcessVariable* - Nasleđuje *CProcessVariable* klasu i predstavlja osnovnu strukturu za sve procesne promenljive prvog nivoa u okviru oSCADA sistema. Izmenjena tako da od sada signalizira promene na sva tri dela: fiksni, privremeni i promenljivi, kao i brisanje i stvaranje promenljive.
- *CCardGAUS* – klasa koja predstavlja GAUS karticu. Izmenjena tako da se poklapa sa novim formatom poruke.
- *CProtocolGAUS* – klasa koja predstavlja GAUS protokol. Izmenjena tako da se poklapa sa novim formatom poruke.



Slika 3. Tipična GAUS poruka

4. ZAKLJUČAK

U radu je pružen predlog implementacije jednog SCADA sistema uzimajući u obzir zahteve modernog tržišta. Kako zahteve u pogledu veličine samog sistema, tako i one o distribuiranosti, podeli odgovornosti, skalabilnosti i prenosivosti. Data implementacija je odlična početna tačka za dalji razvoj ovakvog sistema za potrebe nadzorno – upravljačkog sistema za elektrodistributivne sisteme.

U okviru izrade ovog rada implementirane su osnovne infrastrukturne komponente SCADA sistema sa strogo definisanim skupom operacija preko kojeg se može proširivati funkcionalnost sistema bez dodatne izmene osnovnih klasa. Pored osnova, implementiran je čitav podsistem za međusobnu komunikaciju pojedinačnih stanica i sistem za konfiguraciju. Na ovaj način je izvršena demonstracija proširivanja funkcionalnosti implementiranog sistema.

Dalji pravci za razvoj su prilično jasno definisani:

- Implementirati podršku za slanje komandi sa viših stanica na stanice niže u hijerarhiji
- Implementirati sloj za pristup podacima (engl. *Data Access Layer*).
- Razviti sistem zaštite pristupa radi podele odgovornosti među operaterima.
- Razviti grafičku korisničku spregu kako za lokalnu operatersku tako i za udaljenu nadzorno – upravljačku konzolu. Razlika između ove dve bi bila što bi lokalna operaterska stanica radila u režimu sistemskog administratora i imala bi dozvole da menja sve parametre i podatke sistema, dok bi udaljena konzola mogla da interaguje sa sistemom samo preko komandi koje su dozvoljene konfiguracijom fizičkog sistema i u skladu sa dozvolama trenutno prijavljenog operatera.
- Razviti alat za pravljenje konfiguracije sistema sa centralizovane tačke.
- Razviti alat za daljinsko pokretanje stanica.

5. LITERATURA

- [1] Wang L., Tan K. C., Modern Industrial Automation Software Design Principles and Real- World Applications., IEEE publications 2006. ISBN-10 0-471-68373-6
- [2] Park J., Mackay S., Wright E., Practical Data Communications for Instrumentation and Control., An imprint of Elsevier 2003. ISBN 07506 57979

Kratka biografija:



Bojan Bogovac rođen je u Somboru 1987. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Računarska tehnika i računarske komunikacije odbranio je 2011.god.

**JEDNA IMPLEMENTACIJA KLIJENTSKE SPREŽNE KOMPONENTE PREMA
STANDARDU IEC 61850****AN IMPLEMENTATION OF A CLIENT COMPONENT COMPLIANT TO THE
STANDARD IEC 61850**

Dejan Šarenac, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U radu je razvijeno i opisano jedno rešenje klijentske sprežne komponente prema standardu IEC 61850. Pojavom automatizovanih trafostanica prema ovom standardu, javila se i potreba za akvizicijom i kontrolom procesnih veličina u njima, od strane programskih rešenja na višem logičkom nivou. Upravo to je i osnovni razlog za razvoj ove komponente.

Abstract – This paper presents development of a client proxy component compliant to the standard IEC 61850. The emergence of automated substations in compliance with the standard IEC 61850 produces the need for supervised control and data acquisition of the process values in them, by the higher level software, thus triggering the development of this component.

Ključne reči: IEC 61850, sprežna komponenta, model, MMS, SCADA

1. UVOD

Elektroprivrede svuda u svetu, a naročito u razvijenim zemljama, su u kontinuitetu pod izazovom da krajnjim korisnicima obezbede pouzdanu isporuku električne energije po konkurentnim cenama. Usled više uzroka, kao što su otkaz električne opreme, udari groma, nesreće i prirodne katastrofe, dešavaju se poremećaji i prekidi u radu trafostanica i često za posledicu imaju duži prekid usluga krajnjim korisnicima. Prema tome, rad trafostanica treba na pravi način nadgledati i njime upravljati, kako bi se tačno i pravovremeno preduzele sve mere predostrožnosti. U tom pogledu, automatizacija trafostanica je osnova za stvaranje visoko-pouzdanog elektroenergetskog sistema, koji može samostalno da se oporavlja od grešaka, koji u realnom vremenu reaguje na događaje na terenu odgovarajućim upravljačkim akcijama, i na taj način osigurava pružanje usluga krajnjim korisnicima bez smetnji i prekida [5].

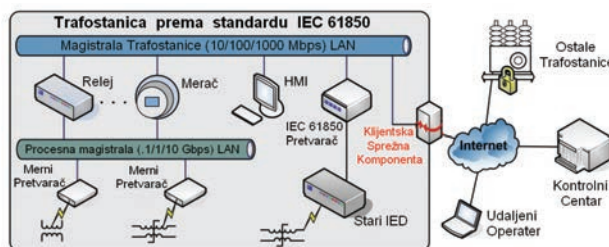
Istorijski gledano, unutar svake trafostanice jedina sprega između prekidačke opreme i upravljačke infrastrukture je bila udaljena telemetrijska stanica (RTU). Za razliku od trafostanica sa udaljenim telemetrijskim stanicama, automatizovane trafostanice koriste višefunkcionalne uređaje bazirane na mikroprocesoru (IED), Slika 1. Takve trafostanice većinu zadataka obavljaju autonomno i u manje-više decentralizovanom okruženju. Sa napretkom IED-a otvorila se prilika da se više funkcionalnosti

prebaci u manji broj uređaja, što rezultira u jednostavnijem dizajnu infrastrukture sa smanjenim ožičenjem. Kao dodatna prednost ističe se i povećana komunikaciona propusnost IED-a što olakšava prenos podataka kako unutar tako i izvan trafostanice. [6]



Slika 1. Primer jednog komercijalno dostupnog IED-a

Komunikaciona uloga RTU-a je neophodna i u automatizovanim trafostanicama i najčešće se realizuje ili sprežnim IED-om ili zasebnom klijentskom sprežnom komponentom, Slika 2. U zavisnosti od komunikacionih protokola koji se koriste, ova komponenta mora da radi pretvaranje protokola u oba smera (pretvarač protokola). Informacije prikupljene i sačuvane unutar IED-a trafostanice, prenose se do glavnog računara SCADA sistema upravo preko ove komponente. [1]



Slika 2. Arhitektura jedne trafostanice prema standardu IEC 61850

U pogledu integracije sa SCADA sistemima, prva generacija automatizovanih trafostanica je postigla umeren uspeh, posebno u slučajevima kada je krajnji korisnik (elektroprivreda) bio prinuđen da koristi IED-e isključivo od jednog proizvođača. Sistemi sačinjeni od IED-a različitih proizvođača su po pravilu uzrokovali probleme prilikom integracije sa SCADA-om. Razna prilagođenja su bila neophodna takvim sistemima, ali i pored svega toga su se javljali problemi sa dugoročnim održavanjem i podrškom.

Početakom 90-ih godina prošlog veka, preduzete su inicijative da se razvije komunikaciona arhitektura koja bi olakšala projektovanje sistema za zaštitu, nadzor i dijagnostiku u trafostanicama. Primarni ciljevi su bili da se uprosti razvoj sistema za automatizaciju trafostanica sa IED-ima od različitih proizvođača, kao i da se postigne

NAPOMENA:

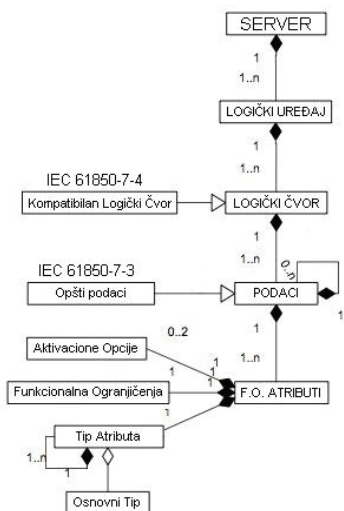
Ovaj rad je proistekao iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Branislav Atlagić, vanredni profesor

veći nivo integracije i sa primarnom opremom i sa SCADA sistemima. Ove inicijative su kulminirale publikacijom UCA specifikacije, što je preteča IEC 61850 standarda. Nakon toga, posle višedecenijskog rivalstva među protokolima i svih izazova sa integracijom, 2003. godine, objavljen je standard 61850. Standard je napravljen pod okriljem tehničkog komiteta 57 organizacije IEC, radna grupa 10, koju su sačinjavali proizvođači opreme, elektroprivrede, i konsultanti. Fokus je bio na razvoju standarda pod kojim će uređaji različitih proizvođača moći združeno da dele podatke, pružaju usluge, i obavljaju svoje funkcije. [6]

3. IEC 61850 standard

Cilj novog međunarodnog standarda IEC 61850 je interoperabilnost između IED-a koji potiču od različitih proizvođača, te da se na taj način obezbedi međusobna razmena i korišćenje podataka za obavljanje sopstvenih funkcija, bez ograničenja. Puno ime standarda glasi "IEC 61850 – Komunikacione mreže i sistemi u trafostanicama" i sačinjen je od serije od 14 dokumenata.

Svi gradivni elementi IEC 61850 standarda mogu biti podeljeni u dve grupe, model podataka i komunikacioni model. Komunikacioni model se u mnogome oslanja na model podataka i ova dva modela predstavljaju jezgro standarda. IEC 61850 serija dokumenata koristi ovaj pristup da bi se modelovali opšti podaci koji se nalaze u stvarnim uređajima. Model podataka i komunikacioni model su međusobno prepleteni, ali sa opisne tačke gledišta, ova dva aspekta su donekle razdvojeni. Svaki od elemenata modela podataka u standardu je definisan kao klasa. Konceptualni model je predstavljen na Slici 3. [4].

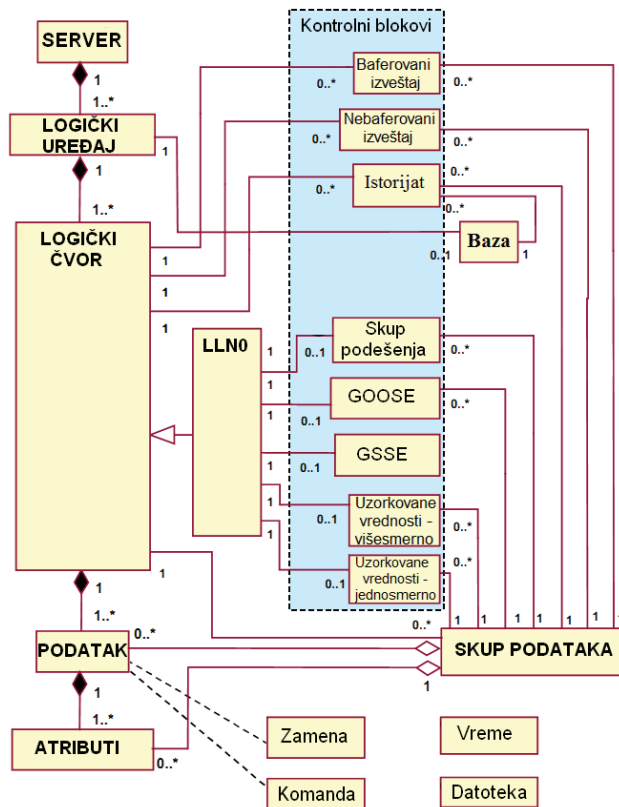


Slika 3. Konceptualni model podataka standarda

Atributi, kao nosioci suštinske informacije, se grade od tipova atributa (kompleksni tipovi) koji se dalje grade od osnovnih tipova (boolean, short, integer, float, string itd). Sa stanovišta aplikacije, atributi se klasifikuju prema njihovoj specifičnoj upotrebi. Funkcionalno ograničenje je dodatak na atribut koji određuje njegovu upotrebu.

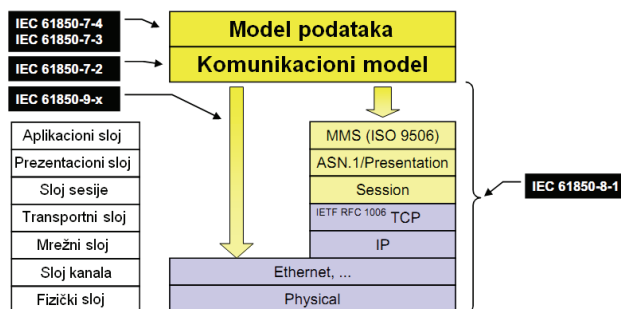
Kao dodatak modelu podataka, sprega apstraktnih komunikacionih usluga (IEC 61850-7-2) obuhvata i komunikacioni model koji opisuje komunikacione usluge za manipulaciju podacima, dodatne attribute podataka, i

skupove podataka (data-sets). Pregled konceptualnog komunikacionog modela je dat na Slici 4. [4]



Slika 4. Konceptualni dijagram komunikacionog modela

Model podataka i komunikacioni model opisuju entitete na vrlo visokom nivou apstrakcije. Upravo iz ovog razloga postoji specifično mapiranje komunikacionih usluga, koje definiše kako se podaci i komunikacione usluge implementiraju koristeći odgovarajući komunikacioni stek. Mapiranje i aplikacioni sloj definišu sintaksu (konkretno kodovanje) za podatke koji se razmenjuju preko mreže, Slika 5.



Slika 5. Mapiranje apstraktnih modela na konkretan komunikacioni stek

Koncept specifičnog mapiranja komunikacionih usluga je uveden da bi se postigla razdvojenost modela od komunikacionog steka, uključujući i aplikacioni protokol. S obzirom da je jedan od osnovnih ciljeva standarda IEC 61850 interoperabilnost uređaja, koja zahteva da sva komunikacija među njima naleže na isti komunikacioni stek, cilj razdvojenosti modela od komunikacionog steka nije da bi postojalo više mapiranja u paraleli već da bi se u svakom trenutku mogle koristiti najsavremenije komunikacione tehnologije [3].

U standardu IEC 61850 je definisan i jezik za opis konfiguracije trafostanica (*Substation Configuration Language – SCL*), baziran je na XML-u i služi kao osnovno sredstvo za opis konfiguracije sistema baziranim na ovom standardu. SCL specificira hijerarhiju konfiguracionih datoteka koje omogućavaju opis sistema u više nivoa na nedvosmislen način koristeći standardizovane XML datoteke. [7]

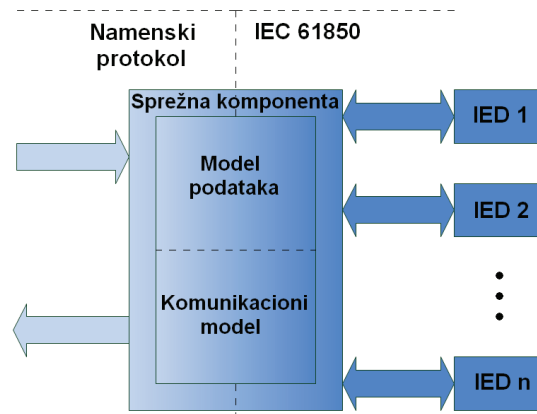
SCL datoteke se koriste za razmenu konfiguracionih podataka među različitim alatima, najčešće i od različitih proizvođača. Postoje četiri formata SCL datoteka: *ICD*, *SSD*, *SCD* i *CID* [2]

3. KONCEPT I IMPLEMENTACIJA

Unutar trafostanice koja radi prema standardu IEC 61850 većina kritičnih zadataka mogu samostalno da se izvršavaju ili uz posredstvo operatera trafostanice u lokalnom kontrolnom centru. Međutim, trafostanica je deo mnogo većeg elektroenergetskog sistema kojim treba pravilno upravljati da bi se isporuka električne energije krajnjim korisnicima odvijala nesmetano i bez prekida. Dakle, postoji potreba da programske podrške većih sistema i na višem logičkom nivou imaju uvid i kontrolu nad trafostanicama koje rade prema standardu IEC 61850. Promene vrednosti veličina unutar trafostanice se preuzimaju preko glavnog SCADA računara. Da bi ovo bilo moguće, neophodno je da u okvirima takve automatizovane trafostanice postoji **klijentska sprežna komponenta**, koja bi omogućavala glavnom SCADA računaru preuzimanje vrednosti veličina (na zahtev ili po izuzetku) i izdavanje komandi (upravljajčkih i konfiguracionih). Ta komponenta mora biti „svesna“ koji su sve logički čvorovi, odnosno veličine prisutne u trafostanici i ovo se može obezbediti mehanizmom otkrivanja, kada sprežna komponenta, oslanjajući se na usluge definisane standardom, komunikacijom sa IED-ima trafostanice napravi lokalni model podataka koji se posle koristi za sprežnu komunikaciju.

U odnosu na konceptualni model podataka u standardu, predstavljen u prethodnom poglavlju, uvodi se promena na nivou podataka i atributa. Naime, u stvarnoj realizaciji standarda ne postoji suštinska razlika između ova dva entiteta, te se stoga umesto ta dva nivoa uvodi jedan, koji se zove IEC 61850 promenljiva. Komunikacioni model, koji je prikazan na Slici 4, pokriva znatno više nego što sprežna komponenta suštinski treba da podržava. Potrebno je ostaviti sve vezano za SCADA komunikaciju, a ostale delove treba odbaciti. Što se tiče mapiranja, ono se u potpunosti preuzima iz standarda, naravno, samo za delove modela koji se stvarno i koriste u sprežnoj komponenti. Izuzimajući vremensku sinhronizaciju, celokupan komunikacioni stek sprežne komponente se mapira na MMS protokol.

Klijentska sprežna komponenta treba da bude pretvarač protokola, odnosno da sa strane ka trafostanici komunicira sa IED-ima prema standardu IEC 61850, a da sa druge strane (npr. prema glavnom SCADA računaru) komunicira nekim drugim protokolom koji odgovara toj strani. U središtu sprežne komponente nalaze se model podataka i komunikacioni model (na nivou cele trafostanice), i to je u stvari i suština sprege, jer se preko tih modela odvija razmena podataka između dve strane



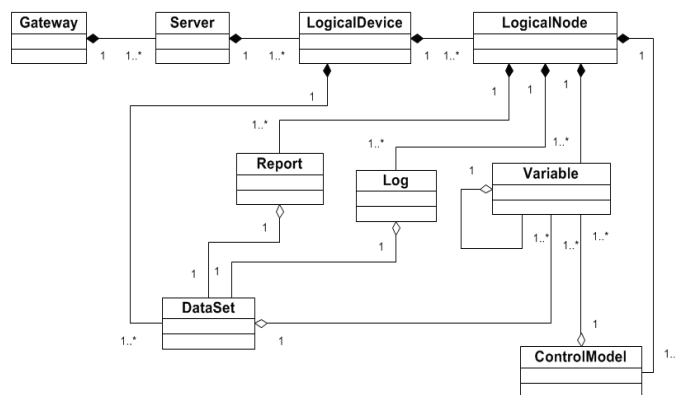
Slika 6. Koncept arhitekture sprežne komponente

Model podataka i komunikacioni model unutar sprežne komponente preslikavaju stvarno stanje veličina iz IED-a, tj. Sa procesa unutar trafostanice, ali u dinamici koju spolja diktira klijent.

Za implementaciju klijentske sprežne komponente prema standardu IEC 61850 na raspolaganju su bili:

- 1) Programski paket *SISCO MMS-EASE Lite (Embedded Application Service Element)*, koji implementira MMS protokol. Programski paket uključuje statičke biblioteke i C programski API.
- 2) Dokumenta standarda IEC 61850, od kojih su za implementaciju najvažniji IEC 61850-7-1, IEC 61850-7-2 i IEC 61850-8-1.

U programskom jeziku C++ je napravljen objektni model koji verodostojno preslikava združeni model podataka i komunikacioni model iz standarda, Slika 7. Svaki objekat preslikava sve neophodne atribute odgovarajućeg MMS objekta. Na ovaj način se obezbeđuje da stvoreni objektni model bude jedinstven, odnosno da nema potreba za stvaranjem MMS objekata u SISCO programskom paketu. Celokupna komunikacija u sistemu se naslanja na SISCO implementaciju MMS komunikacionih usluga, tj. prilikom prenosa podataka (ka i od IED-a), objekti se serijalizuju i deserijalizuju prema MMS standardu. Ovo omogućava da sprežna komponenta uspešno komunicira sa, praktično, svim IED-ima koji su projektovani po standardu IEC 61850.



Slika 7. Dijagram klasa objektnog modela sprežne komponente

Slika 7. prikazuje dijagram klasa (atributi i metode su izostavljeni zbog preglednosti slike), čija detaljnija objašnjenja slede u nastavku:

- *Gateway* – jedinstvena (*singleton*) klasa, najviša instanca u hijerarhiji objektnog modela, koja implementira objekat sprežne komponente. Predstavlja glavnu spregu sa SISCO bibliotekama i MMS komunikacionim uslugama i ka klijentskoj strani. Inicira mehanizam otkrivanja i stvaranje ostatka objektnog modela. Sadrži *STL* vektor objekata tipa *Server*.
- *Server* – implementira objekat IED-a. Preko ovog objekta se uspostavlja veza sa određenim IED-om u sistemu. Sadrži *STL* mapu objekata tipa *LogicalDevice*.
- *LogicalDevice* – implementira objekat logičkog uređaja. Sadrži *STL* mape objekata tipa *LogicalNode* i *DataSet*.
- *DataSet* – implementira objekat skupa podataka, najvažniji objekat u komunikacionom modelu. Sadrži reference na objekte tipa *Variable*.
- *LogicalNode* – implementira objekat logičkog čvora, jedan od najbitnijih objekata u modelu standarda. Ovde se alokira memorija koju koriste IEC 61850 promenljive. Sadrži *STL* mape objekata tipa *Variable*, *Report*, *Log* i *ControlModel*.
- *Report* – implementira objekat kontrolnog bloka izveštaja, preko kojeg se konfigurišu i prenose izveštaji. Vezuje se za jednu instancu objekta tipa *DataSet*.
- *Log* – implementira objekat kontrolnog bloka istorijata, preko kojeg se prave upiti na bazu istorijata u IED-u. Takođe se vezuje za jednu instancu objekta tipa *DataSet*.
- *Variable* – implementira objekat promenljive, glavnog nosioca informacije u modelu. Sadrži reference na podobjekte istog tipa, tzv. podpromenljive.
- *ControlModel* – implementira objekat pomoću kojeg se radi komandovanje. Sadrži reference na objekte tipa *Variable*.

Prilikom pokretanja sistema, u okviru klase *Gateway* se pokreće dodatna nit čiji je osnovni zadatak opsluživanje komunikacionog steka, dakle, komunikacija sa IED-ima. Pored toga, ova nit takođe izvršava klijentske registrovane povratne funkcije. Nakon pokretanja ove niti, pokreće se inicijalizacija sistema, tj. mehanizam otkrivanja, koji komunikacijom sa IED-ima stvara lokalni objektni model.

Neophodno je naglasiti, da je u okviru klase *Gateway* implementiran primitivan protokol za serijalizaciju objekata prilikom slanja klijentskoj strani. Takođe, implementirana je dodatna klasa koja obmotava SISCO-ov mehanizam zapisa u dnevnik.

4. ZAKLJUČAK

U radu je prikazana implementacija klijentske sprežne komponente za komunikaciju sa IED-ima u trafostanicama. Usaglašenost rešenja sa standardom IEC 61850, odnosno sa MMS standardom, potvrđena je sa dve različite implementacije serverske strane (IED-a). Sa više različitih topologija trafostanice uspešno je potvrđeno

pravljenje lokalnog objektnog modela mehanizmom otkrivanja, definisanim u standardu. Za potrebe testiranja realizovanog sistema napravljena je i primitivna sprega ka klijentskog strani.

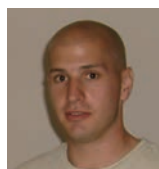
Pravci daljeg razvoja komponente su sledeći:

- Obmotati objektni model u programski jezik za upravljano okruženje (*managed*).
- Napraviti uniformnu spregu ka klijentu koristeći opšte prihvaćeno razvojno okruženje za komunikaciju (npr. *Microsoft WCF*).
- Pravljenje još jedne niti, koja bi se izvršavala pod klasom *Gateway*, čiji bi osnovni zadatak bio izvršavanje klijentskih registrovanih povratnih funkcija.

5. LITERATURA

- [1] Klaus-Peter Brand, Volker Lohmann, Wolfgang Wimmer, "Substation Automation Handbook", Utility Automation Consulting Lohman, 2003.
- [2] "IEC 61850 - Communication networks and systems in substations - Part 6: Configuration description language for communication in electrical substations related to IEDs", International Electrotechnical Commission, 2003.
- [3] "IEC 61850 - Communication networks and systems in substations - Part 7-1: Basic communication structure for substation and feeder equipment - Principles and models", International Electrotechnical Commission, 2003.
- [4] "IEC 61850 - Communication networks and systems in substations - Part 7-2: Basic communication structure for substation and feeder equipment -Abstract communication service interface (ACSI)", International Electrotechnical Commission, 2003.
- [5] F. Cleveland and R. Ehlers, "Guidelines for Implementing Substation Automation Using UCA-SA (Utility Communications Architecture - Substation Automation)" Electric Power Research Institute Technical Report 1002071, 2003
- [6] Bogdan Kasztenny, James Whatley, Eric A. Udren, John Burger, Dale Finney, Mark Adamiak, "IEC 61850 - A Practical Application Primer for Protection Engineers", IEEE, 2007.
- [7] Mark Adamiak, Drew Baigent, Ralph Mackiewicz, "IEC 61850 Communication Networks and Systems In Substations: An Overview for Users", SIPSEP, 2004.

Kratka biografija:



Dejan Šarenac rođen je u Sarejevu 1987. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Računarska tehnika i računarske komunikacije odbranio je 2011.god.

KVALITET SERVISA VOIP-A PREKO SIP PROTOKOLA**QoS OF VOIP USING SIP PROTOCOL**Milan Šuka, Željens Trpovski, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – Cilj ovog rada jeste predstavljanje značaja kvaliteta servisa za aplikacije koje su osjetljive na prenos u realnom vremenu. U radu će biti analizirana i upoređena dva pristupa osiguravanju kvaliteta servisa: Integrirani i Diferencirani model. Analiza je izvršena na primeru jedne karakteristične računarske mreže koja podržava servise namenjene za multimediju, VoIP i video. Simulacija rada mreže i analiza dobijenih rezultata su izvršeni u programu OPNET IT Guru Academic Edition.

Abstract – The purpose of this study is to present the importance of quality of service (QoS) for applications sensitive to transmission in real time. The paper will be analyzed and compared two approaches to assure quality of services: IntServ and DiffServ Model. Analysis was performed on the example of a typical computer network support services designed for multimedia, VoIP and video. Simulation of network operations and analysis of results were carried out in OPNET IT Guru Academic Edition.

Ključne reči: Voip, kvalitet servisa QoS, Integrirani model, Diferencirani model

1. UVOD

Budući da Internet prvobitno nije bio namenjen za pružanje servisa u realnom vremenu, kakav je govor, to je za njegov prenos preko Interneta bilo potrebno rešiti brojne probleme i suočiti se sa mnogobrojnim tehničkim izazovima. Kada se Internet ili bilo koja druga mreža koja se zasniva na IP protokolu koristi za prenos govora, kažemo da se radi o VoIP servisu.

Na kvalitet VoIP-a utiču mnogobrojni faktori kao što su: paketizacija, gubitak paketa, kašnjenje, varijacija kašnjenja i mrežna arhitektura koja treba da ispuni odgovarajuće zahteve za kvalitetom servisa (QoS).

U ovom radu ukratko ćemo razmotriti poslednji faktor, pri čemu su implementirana oba mehanizma za obezbeđivanje kvaliteta servisa, IntServ i DiffServ model.

2. PRIMENA DIFFSERV ARHITEKTURE NA VOIP

DiffServ arhitektura obezbeđuje kvalitet servisa vršeći prioritizaciju paketa u skladu sa zahtevanim nivoom kvaliteta servisa. DiffServ ruteri zaduženi su za opsluživanje paketa na način na koji je izvršena implementacija prosleđivanja paketa u redove čekanja. U simulacionoj analizi koja je opisana u ovom radu razmatrane su tri discipline opsluživanja:

- *First In First Out* (FIFO)
- *Priority Queuing* (PQ)
- *Weighted Fair Queuing* (WFQ)

2.1. Discipline opsluživanja

FIFO je disciplina opsluživanja u kojoj se paket koji je prvi u redu prvi obrađuje. Veličina bafera u svakom ruteru je ograničena. Kada se red napuni dolazni paketi se odbacuju. Da bi se servisirao saobraćaj sa više nivoa prioriteta potrebna je disciplina opsluživanja koja koristi više redova.

PQ disciplina poseduje poseban fizički red čekanja za svaki nivo prioriteta, pri čemu multiplexer opslužuje pakete u redu nižeg prioriteta samo ako su redovi višeg prioriteta prazni. Svaki red se opslužuje po FIFO principu. Prednost PQ discipline je jednostavna implementacija i malo kašnjenje za pakete koji se opslužuju sa najvećim prioriteta, a mana to što saobraćaj niskog prioriteta može da istrpi velike gubitke.

WFQ disciplina opsluživanja dodaje odgovarajuće težinske faktore redovima, s ciljem uspostavljanja prioriteta. Propusni opseg proporcionalno je podeljen u skladu sa dodeljenim težinskim koeficijentima. Pomoću ovih koeficijenata omogućeno je podjednako opsluživanje saobraćaja nižeg prioriteta.

3. SIMULACIJA DIFFSERV ARHITEKTURE

U ovom radu korišćen je mrežni simulator *OPNET IT Guru Academic Edition*. Model za simulaciju IntServ mrežne arhitekture dat je na slici 1. i sastoji se od sledećih elemenata:

- Modul za konfigurisanje aplikacija
- Modul za konfigurisanje profila
- Modul za konfigurisanje atributa QoS
- Pet Ethernet radnih stanica
- Ethernet Server
- Dva Ethernet rutera

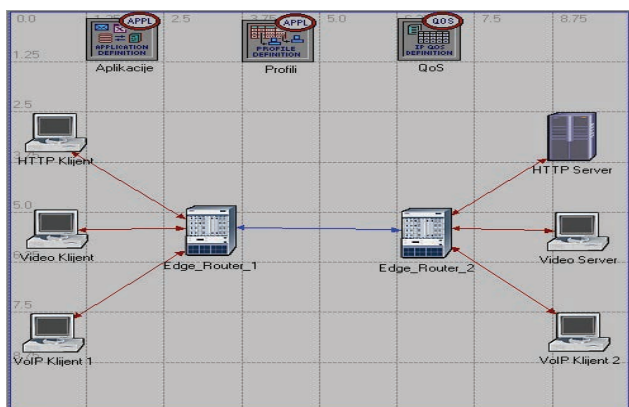
Ruteri predstavljaju granične rutere na dve različite strane IP mreže. Međusobno su povezani dvosmernim PPP_DS1 (1,544 Mb/s) linkom, a radne stanice i server povezani su sa ruterima dvosmernim 10 Base_T linkovima. Ovo je urađeno da bi se osiguralo nastajanje zagušenja u mreži, a samim tim i ispitivanje primenjenih disciplina opsluživanja. Radne stanice konfigurisane su kao HTTP klijent, Video klijent, dva VoIP klijenta i Video server. Ethernet server predstavlja HTTP server.

U modulima konfigurisane su tri aplikacije: HTTP, video i VoIP. HTTP-u smo dodelili visoko opterećenje (Heavy Browsing), a ToS (*Type of Service*) je definisan kao najbolji pokušaj (*best effort*). Video aplikacija je

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Željens Trpovski, vanr.prof.

okarakterisana kao video slabe rezolucije, sa *Streaming Multimedia(4)* vrednošću za ToS. VoIP aplikaciji je dodeljen *PCM Quality Voice*, dok je ToS označen kao *Interactive Voice* (6).

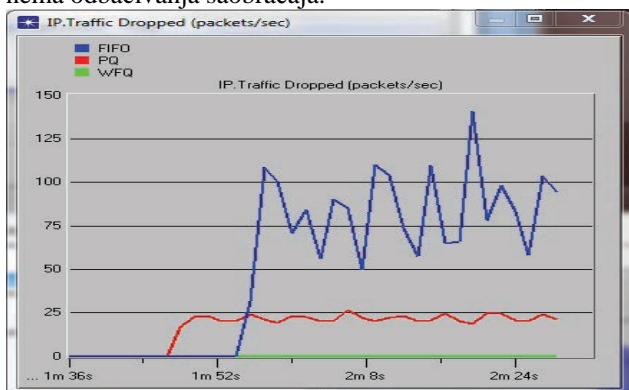


Slika 1. Simulacija IntServ mrežne arhitekture

Trajanje simulacije je 150 sekundi. U okviru ovog vremenskog intervala uočeno je odbacivanje određenog broja paketa usled zagušenja mreže.

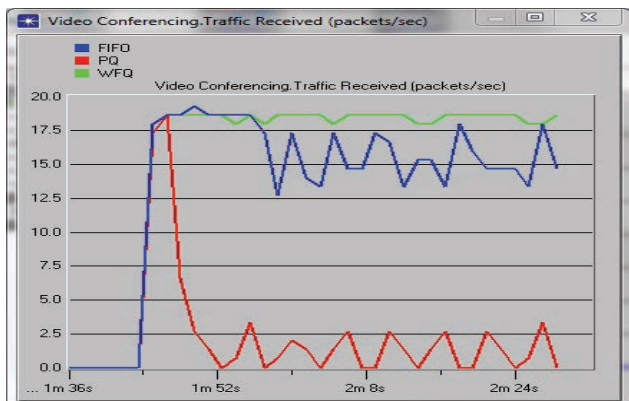
4. PRIKAZ I ANALIZA REZULTATA

Na Slici 2. prikazan je odbačeni saobraćaj za tri discipline čekanja, FIFO, PQ, WFQ u funkciji vremena. Slanje paketa bez odbacivanja saobraćaja trajalo je 106s u slučaju PQ discipline a 114s u slučaju FIFO discipline. Broj odbačenih paketa znatno je manji kod PQ discipline nego kod FIFO, dok se WFQ pokazala kao najbolja jer nema odbacivanja saobraćaja.



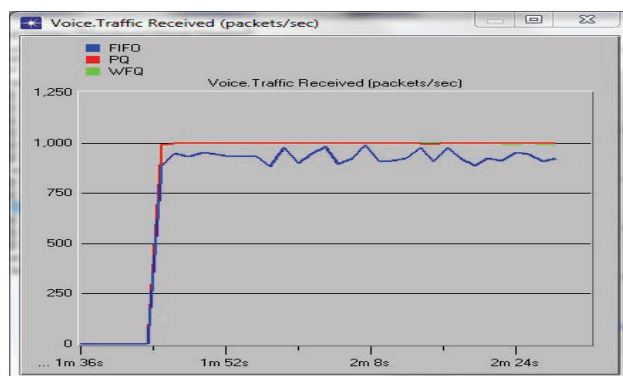
Slika 2. Odbačeni IP saobraćaj

Slika 3. predstavlja primljeni saobraćaj (packets/s) Video aplikacije za tri navedene discipline u funkciji vremena. Ovdje se WFQ tehnika pokazala kao najbolja.



Slika 3. Primljeni video saobraćaj

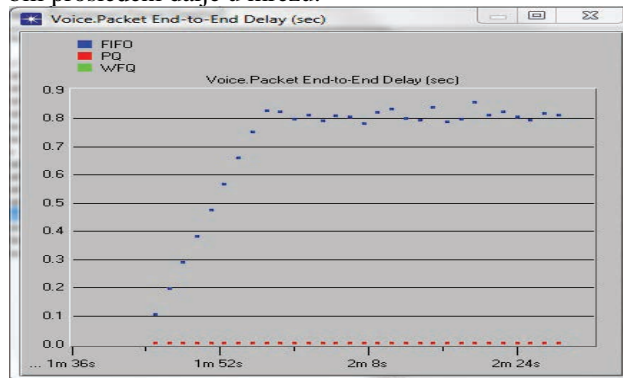
Na slici 4. prikazan je primljeni saobraćaj (packets/s) za navedene tri discipline kao funkcija vremena za VoIP aplikaciju.



Slika 4. Primljeni VoIP saobraćaj

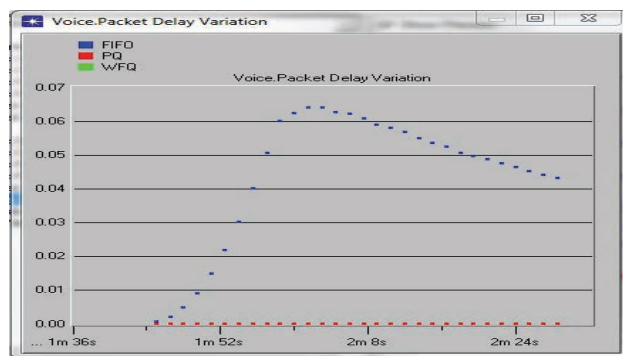
Jasno se vidi da su PQ i WFQ znatno efikasnije od FIFO tehnike opsluživanja, jer je kod PQ manje važnom saobraćaju dodeljena veća dužina reda ali i manji prioritet, dok je važnom saobraćaju dodeljena manja dužina reda ali i veći prioritet. WFQ svakom redu dodeljuje odgovarajući propusni opseg u zavisnosti od težinskog faktora koji im odgovara. Tako važan saobraćaj ima veći težinski faktor, a samim tim i veći propusni opseg.

Kašnjenje paketa sa kraja na kraj, slika 5. mnogo je više izraženo kod FIFO tehnike nego kod PQ i WFQ, a razlog tome je vreme koje FIFO paketi moraju da čekaju kako bi bili prosleđeni dalje u mrežu.



Slika 5. Kašnjenje VoIP paketa sa kraja na kraj

Varijacija kašnjenja paketa u okviru VoIP aplikacije data je na slici 6. Može se uočiti da kod FIFO tehnike opsluživanja kašnjenje posle dostignutog maksimuma lagano počinje da opada, dok kod PQ i WFQ tehnike ne postoji.



Slika 6. Varijacija kašnjenje VoIP paketa

5. PRIMENA INTSERV ARHITEKTURE NA VOIP

IntServ arhitektura predstavlja specifičnu arhitekturu koja garantuje kvalitet servisa na mreži, pa se zato koristi pri prenosu vremenski osetljivih tokova saobraćaja poput govora i videa. Zasniva se na pristupu po toku. Tok saobraćaja definiše se kao jednosmerni niz paketa koji se odnose na jednu aplikaciju. Protokol koji je nastao kao rezultat IntServ arhitekture jeste protokol za rezervaciju resursa RSVP (*Resource Reservation Protocol*).

5.1. Resource Reservation Protocol (RSVP)

RSVP protokol vrši rezervaciju resursa za potrebe protoka. Rezervacijom resursa unapred se određuje zauzetost bafera, propusnog opsega i procesorskog vremena a samim tim postiže kvalitet servisa.

RSVP predstavlja signalizacijski protokol, koji radi uspostavljanja toka podataka i rezervacije resursa, vrši komunikaciju između predajne i prijemne strane. Komunikacija se odvija pomoću poruka PATH i RESV na sledeći način.

Predajna strana generiše RSVP PATH poruku koja sadrži specifikaciju saobraćaja koji će generisati. Svaki ruter koji se nalazi na putanji ove poruke pamti prethodni ruter od koga je dobio poruku. Ovu informaciju kasnije će koristiti za prosleđivanje rezervacijskih poruka ka predajnoj strani. Kako bi izvršio rezervaciju, prijemna strana kao odgovor na PATH šalje RESV poruku. Ovom porukom prijemna strana traži željeni QoS za pojedine tokove saobraćaja. RESV poruka putuje istom putanjom kao i PATH poruka, pri čemu svaki ruter kroz koji prođe vrši rezervaciju resursa.

Od prijemne strane može se očekivati i RESV CONF poruka, kojom se potvrđuje rezervacija resursa. Kontrolna stanja u ruterima nisu permanentna (*soft state*), odnosno sva stanja će biti izbrisana ukoliko nisu osvežena u intervalu od 30s. Osvežavanje se vrši generisanjem PATH i RESV poruka u toku komunikacije.

RSVP protokol poseduje mehanizme za eksplicitni prekid rezervacije, što ubrzava odziv protokola jer nije potrebno čekati istek *soft state* stanja. U ovu svrhu koriste se i PathTear i ResvTear poruke. Stanje svih RSVP čvorova proverava se HELLO porukom.

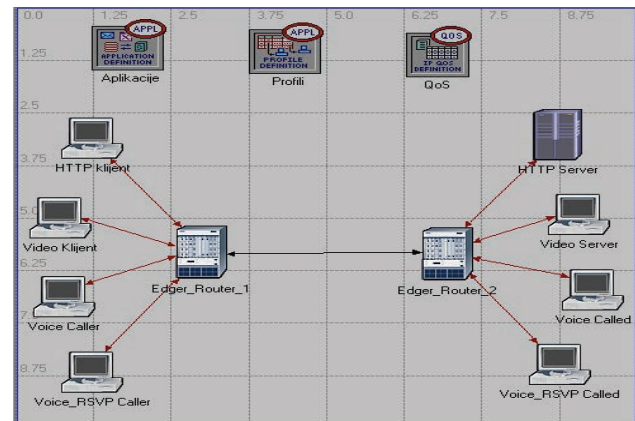
6. SIMULACIJA INTSERV ARHITEKTURE

U ovom radu korišćen je mrežni simulator *OPNET IT Guru Academic Edition*. Model za simulaciju IntServ mrežne arhitekture dat je na slici 7. i sastoji se od sledećih elemenata:

- Modul za konfigurisanje aplikacija
- Modul za konfigurisanje profila
- Modul za konfigurisanje atributa QoS
- Sedam Ethernet radnih stanica
- Ethernet Server
- Dva Ethernet rutera

Ruteri predstavljaju granične rutere na dve različite strane IP mreže. Međusobno su povezani dvosmernim PPP_DS1 (1,544 Mb/s) linkom, a radne stanice i server povezani su sa ruterima dvosmernim 10 Base_T linkovima. Radne stanice konfigurisane su kao HTTP klijent, Video klijent,

Video server, Voice Caller, Voice Called, Voice RSVP Caller i Voice RSVP Called. Ethernet server predstavlja HTTP server.



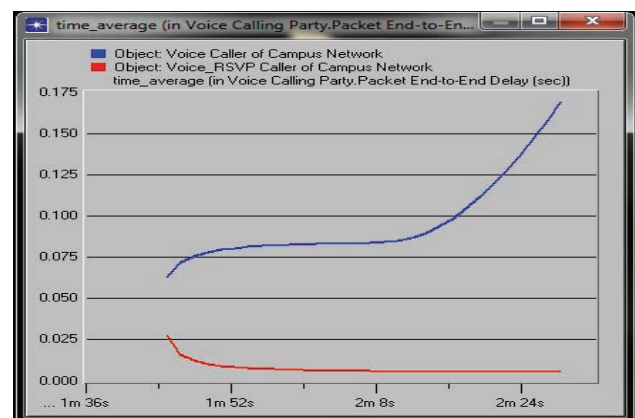
Slika 7. Simulacioni model IntServ RSVP mreže

U modulima konfigurisane su četiri aplikacije: HTTP, video, VoIP i VoIP_RSVP. Prve tri aplikacije su zadržale svoje konfiguracije kao i u predhodnom poglavlju, dok je VoIP_RSVP aplikaciji je dodeljen *PCM Quality Voice*, a ToS je označen kao *Interactive Voice (6)* pri čemu su i RSVP parametri omogućeni i postavljeni na RSVP_Flow. RSVP_Flow je definisan unutar QoS modula, zajedno sa RSVP_Profile-om.

7. PRIKAZ I ANALIZA REZULTATA

Ideja konfigurisanja dva nova modula Voice_RSVP Caller i Voice_RSVP Called ogleda se u tome da na njih primenimo RSVP mehanizme, i da ih uporedimo sa običnim prenosom VoIP signala koji kreiraju moduli Voice Caller i Voice Called.

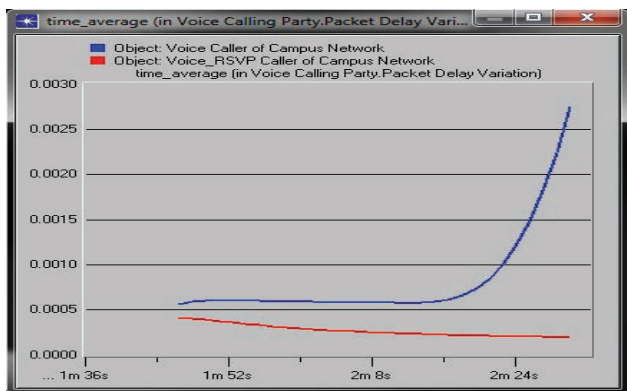
Na slici 8. prikazano je kašnjenje paketa sa kraja na kraj mreže u slučaju običnog VoIP poziva iniciranog od strane Voice Caller-a i VoIP poziva ostvarenog primenom RSVP protokola za rezervaciju resursa. Kašnjenje je prikazano u funkciji vremena i jasno se vidi da je mnogo manje izraženo u slučaju primene RSVP mehanizma i da se smanjuje sa proteklim vremenom, dok u slučaju običnog VoIP poziva raste sa proteklim vremenom.



Slika 8. Kašnjenje paketa sa kraja na kraj

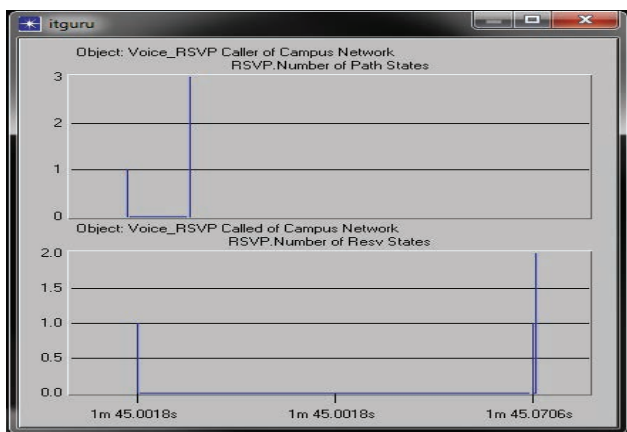
Varijacija kašnjenja izražena je znatno više u slučaju prenosa VoIP signala bez rezervacije resursa, nego što je ukoliko imamo rezervaciju resursa, sto se vidi na slici 9.

Ovo je i logično uzimajući to da RSVP protokol rezerviše unapred resurse za prenos podataka, na zahtev same aplikacije.



Slika 9. Varijacija kašnjenja paketa

Slika 10. pokazuje nam broj generisanih Path i Resv poruka od strane Voice_RSVP Caller-a i Voice_RSVP Called-a. Kao što se vidi sa slike, prvo su generisane Path poruke od pozivajuće strane, a zatim i odgovori u vidu Resv poruka od strane koja prima podatke.



Slika 10. Broj razmenjenih Path i Resv poruka

7. ZAKLJUČAK

Da bi obezbedili kvalitet servisa za aplikacije osjetljive na prenos u realnom vremenu, potrebno je minimizirati sledeće parametre: kašnjenje, varijaciju kašnjenja i gubitak paketa.

Kada je u pitanju primena DiffSrv mehanizma, jedan od rešenja jeste implementacija odgovarajućih disciplina opsluživanja kojom se značajno smanjuje vreme obrade paketa. Dok primenom IntServ mehanizma, odnosno rešenja u obliku RSVP protokola, postizemo određeni kvalitet servisa i značajno smanjujemo vreme kašnjenja paketa.

Oba mehanizma veoma su bitna za vremenski kritične aplikacije kao što su *Video* i *VoIP*.

U radu su analizirane i upoređene tri tehnike opsluživanja *First In First Out (FIFO)*, *opsluživanje sa statičkim prioritetima (PQ)* i *Weighted Fair Queuing (WFQ)* za Diff Serv mehanizme i implementacija *Resource Reservation Protocol (RSVP)* kao IntServ mehanizma u okviru jedne računarske mreže. Simulacija rada mreže i grafički prikaz rezultata dobijeni su pomoću mrežnog simulatora *OPNET IT Guru Academic Edition*.

DiffServ arhitektura nam je pokazala da je WFQ disciplina najefikasnija, jer nema odbacivanja saobraćaja, dok je za video saobraćaj efikasnija od PQ. Što se tiče primljenog saobraćaja za VoIP, WFQ i PQ tehnike su podjednako efikasne, a FIFO tehnika je znatno lošija.

IntServ arhitektura pokazala se kao jako dobra u smanjivanju kašnjenja paketa sa kraja na kraj i obezbeđivanja kvaliteta servisa, ali je zbog komplikovanije implementacije manje primenjena nego DiffServ.

8. LITERATURA

- [1] Xipeng Xiao, Lionel M. Ni, "Internet QoS: A Big Picture", IEEE
- [2] H. Zhang, "Service Disciplines for Guaranteed Performance Service in Packet-Switching Networks", *Proceedings of the IEEE*, vol. 83, no. 10, October 1995, pp. 1374-1396.
- [3] H. J. Chao, X. Guo, *Quality of Service Control in High-Speed Networks*, John Wiley & Sons, 2002
- [4] OPNET IT Guru Academic Edition http://www.opnet.com/university_program/itguru_academic_edition/
- [5] Cisco Application Analysis Solution Standard Models User Guide <http://www.cisco.com>
- [6] X. Chang, "Network Simulations with OPNET", in *Proc. Of Winter Simulation Conference*, Phoenix, USA, 1999.
- [7] H. J. Chao, X. Guo, *Quality of Service Control in High-Speed Networks*, John Wiley & Sons, 2002

Kratka biografija:



Milan Šuka rođen je u Beogradu 1987. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Telekomunikacije odbranio je 2011.god.



Željko Trpovski rođen je u Rijeci, 1957. godine. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 1998. godine. Od 2004. godine ima zvanje vanrednog profesora na Fakultetu tehničkih nauka. Oblast interesovanja su telekomunikacije i obrada signala.

LOKALNI BINARNI OBLICI U RAČUNARSKOJ VIZIJI**LOCAL BINARY PATTERN IN COMPUTER VISION**Miloš Radosavljević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U ovom radu opisan je postupak proračuna LBP obeležja oslanjajući se na njihov izvorni oblik. LBP je prvi put predstavljen još 1994. god. i označen je kao operator koji je veoma dobar deskriptor teksture čime je našao primenu u mogim aplikacijama. U ovoj metodi vektor obeležja formira se za svaki frejm, povezivanjem u obliku lanca histograma lokalnih binarnih paterna proračunatih iz ćelija fiksne dužine u okviru frejma. Zasniva se na veoma jednostavnom ali efikasnom principu koji svaki piksel označava kao jedan binarni obrazac tražeći prag okolnih piksela u odnosu na centralni. Time dobijamo binarni reprezent na osnovu kojih se formira histogram lokalnih binarnih paterna za određene regione slike koji se kasnije kombinuju u jedan globalni deskriptor. Na samom kraju dat je pregled određenih problema u kojima su LBP obeležja našla primenu.

Abstract – This work describes calculation procedure for extraction of LBP feature relying on their original shape. LBP was first introduced in 1994. year and was marked as an operator that is a very good texture descriptor which has been applied in many applications. In this method a vector of feature is formed for each frame connecting in the shape of chain histograms of local binary pattern calculated from fixed length cells within the frame. It is based on very simple but effective principle that each pixel marketed as a single binary form seeking for the threshold of surrounding pixels from the central. This gave us a binary representation from which we can form a histogram of local binary patterns for a specific region of the image which later we combined into one single global descriptor. At the very least we provide an overview of some problems where LBP features have been applied to.

Ključne reči: LBP, ROR LBP, SLBP.

1. UVOD

Razvoj sistema za prepoznavanje oblika obuhvata prikupljanje podataka, izbor obeležja, izbor modela odnosno pristupa, obuku i procenu dobijenih rezultata. LBP obeležja pokazala su se kao dobar izbor u sistemima za detekciju ljudi i dala su dosta dobre rezultate [1]. Većina literature i primera odnosi se baš na ovaj problem iako potpuno isti metod može da se primeni na bilo koje druge objekte u slici kao što su vozila, životinje, itd. Neke druge primene iako nisu toliko popularne ipak zauzimaju

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio prof. dr Vladimir Crnojević.

bitno mesto ali njihova primena tek treba da se usavrši.

Na dalje analizirajući LBP ćemo se zadržati na primerima koji su našli najširu upotrebu a neke specifične primene ćemo navesti na kraju rada.

LBP se pokazao kao dobar deskriptor teksture[2]. Već smo napomenuli da je LBP našao najveću primenu u sistemima za detekciju objekata. Neki prvi radovi su se bavili klasifikacijom slika na one koje sadrže osobe i one koje ne sadrže. Postoje mnogi sistemi koji vrše klasifikaciju određenih tekstura prema unapred definisanom algoritmu. Klasifikacija drveća na osnovu teksture kore stabla samo je jedan primer. Postoje rešenja za detekciju raznih kožnih bolesti kod životinja i ljudi[3], bolesti biljaka manifestovanih u pogledu promene izgleda njihovih listova, i još mnogo različitih ali i veoma korisnih primena LBP-a u svakodnevnom okruženju.

2. POSTUPAK PRORAČUNAVANJA LBP OBELEŽJA

LBP je prvi put predstavljen još 1994 god. i označen je kao operator koji je veoma dobar deskriptor teksture čime je našao primenu u mogim aplikacijama. U ovoj metodi vektor obeležja formira se za svaki frejm, povezivanjem u obliku lanca histograma lokalnih binarnih paterna proračunatih iz ćelija fiksne dužine u okviru frejma. Zasniva se na veoma jednostavnom ali efikasnom principu koji svaki piksel označava kao jedan binarni obrazac tražeći prag okolnih piksela u odnosu na centralni. Time dobijamo binarni reprezent na osnovu kojih se formira već opisani histogram.

2.1. Wang algoritam

Najčešća notacija koja se koristi oblika je $LBP_{n,r}^a$, gde n predstavlja broj okolnih uzoraka na radijusu r , a broj tranzicija u binarnom zapisu sa 0 na 1, i obrnuto, ne sme biti veći od u da bismo paterne nazivali uniformnim. Uniformnim paternima smatramo one vrednosti kod kojih broj binarnih prelaza nije veći od unapred definisanog broja u , dok se svi ostali smatraju neuniformnim. Primera radi, za $u=2$, $n=8$ i $r=1$, patern 01101110 je neuniforman dok je 11110011 uniforman za dati slučaj. Postupak izdvajanja binarnih obrazaca zasniva se na sledećem:

Prvo je potrebno izabrati broj binarnih tranzicija u , broj okolnih suseda koje posmatramo n i radijus r . Geometrija koja se najčešće koristi je pravougaona što znači da se posmatraju susedi u okviru pravougaonog prozora, najčešće dimenzija 3×3 . Pokazalo se da baš ovi navedeni parametri daju najbolje rezultate kod mnogih problema. Dalje se vrši poređenje okolnih piksela sa pragom. Za prag se uzima vrednost centralnog piksela za koji se i računa binarni obrazac. Ako se vrednost praga oduzme od

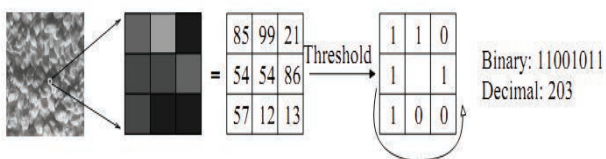
svakog suseda, binarni obrazac se formira prema formuli (1).

$$a(x) = \begin{cases} 1, & x \geq 0 \\ 0, & x < 0 \end{cases} \Rightarrow$$

$$LBP_{n,r} = [a(P_0 - P_c), a(P_1 - P_c), \dots, a(P_{n-1} - P_c)]_2 \quad (1)$$

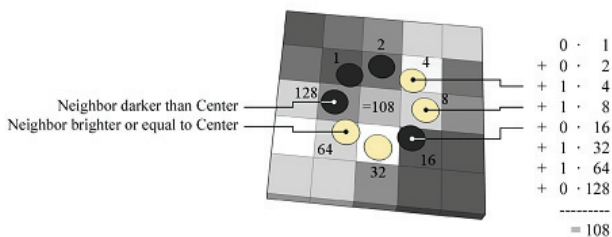
$$= \sum_{i=0}^{n-1} a(P_i - P_c) 2^i$$

Smer formiranja binarnog broja je proizvoljan ali jednom izabran trebalo bi da se koristiti za sve paterne. Ceo postupak primenjuje se na sivoj slici. Na koji način ćemo dobiti grayscale sliku ukoliko imamo višekanalnu sliku ostaje na nama da odlučimo. Moguće je uraditi prostu konverziju ili koristiti samo jedan kanal slike u boji. Način dobijanja binarnog broja za date parametre prikazan je na slici 1.



Slika 1. Proces dobijanja LBP koda

Moguće je koristiti i kružnu geometriju određenog radijusa pri čemu se koristi bilinearna interpolacija za sve tačke koje se ne nalaze u centru piksela što je prikazano na slici 2. Pošto korelacija među pikselima opada sa porastom rastojanja većina informacija o teksturi dobija se za manje radijuse. U proračunu LBP histograma za određeni lokalni deo slike (16x16 piksela najčešće) svaki uniformni patern ima zaseban bin a neuniformni paterni se grupišu u jedan bin. Vršeći eksperimente na slikama raznih tekstura Ojala i saradnici su primetili da na uniformne paterne odlazi i preko 90% piksela dok samo 10% na sve ostale neuniformne paterne [2].



Slika 2. Process dobijanja LBP koda primenom kružne geometrije

Bez obzira na dimenzije slike za uniformne paterne koji nemaju više od 2 prelaza histogram se sastoji od 59 binova (58 za uniformne obrasce i 1 za neuniformne) po svakoj ćeliji.

LBP obeležja su takođe invarijantna na translacije u slici. Bez obzira kako da transliramo bite uvek ćemo dobiti iste uniformne binarne obrasce.

Kada je slika rotirana uzorci na radijusu r pomeraju se po periferiji maske. To pomeranje logično izaziva različitu LBP vrednost.

Međutim to nema uticaja na paterne koji sadrže samo 0 i 1. Kako bismo uklonili uticaj rotacije uvodimo novu funkciju i svaki LBP kod mora biti vraćen nazad do svoje

prvobitne, referentne pozicije. Nova funkcija definisana je sledeći način:

$$LBP_{n,r}^{ri} = \min\{ROR(LBP_{n,r}^u, k) \mid k = 0, 1, \dots, n-1\} \quad (2)$$

Indeks ri označava „rotation invariant“. Funkcija (2) cirkularno pomera n -binarni broj k puta u desno. Za zadati binarni broj broj x :

$$x = \sum_{i=0}^{n-1} 2^i a_i \quad (3)$$

operacija ROR definisana je kao:

$$ROR(a, i) = \begin{cases} \sum_{i=k}^{n+k} 2^{i-k} a_i + \sum_{i=0}^{k-1} 2^{n-k+i} a_i & k > 0 \\ x & k = 0 \\ ROR(a, n+k) & k < 0 \end{cases} \quad (4)$$

Posmatrajući to na pikselima slike ovo jednostavno odgovara rotaciji okolnih piksela kako bismo u konačnom decimalnom paternu dobili što više nula na početku binarne sekvence, tj. kako bismo dobili minimalan decimalni broj.

2.2. Primena LBP obeležja

Mnogo radova i eksperimenata zasniva se na različitim pristupima problemu pronalazjenja lica u sici [4]. Tako recimo postoji pristup koji se zasniva na upotrebi deskriptora teksture, najčešće LBP-a, kako bi se izgradilo nekoliko lokalnih deskriptora teksture lica koje kasnije kombinujemo u jedan globalni deskriptor. Umesto težnje za jednim celovitim deskriptorom ovaj pristup lokalnom opisu lica motivisan je iz dva razloga. Prvo, mnogo je robusniji na različite poze i osvetljaj. Kao drugo, razlog za izbor lokalnih karakteristika lica jeste to što nije razumno koristiti celovit opis lica korišćenjem tekstura jer deskriptori teksture imaju sklonost da uproseče sliku, dok je sa druge strane važno zadržati informacije o prostornim odnosima. Na taj način lice predstavljamo kao kolekciju različitih komponenti. Time „hvatamo“ važna obeležja lica kao što su oči, nos, usta i koristeći lokacije i relacije među njima (formirajući lokalne histograme) možemo da detektujemo lice.

Tokom vremena razvijale su se razne varijacije LBP-a ali ipak u osnovi su sve imale Wangov algoritam. Tako je recimo nastao novi probabilistički lokalni binarni oblik, novi pristup koji je bio samo ekstenzija već postojećeg algoritma. PLBP (Probabilistic Local Binary Pattern) našao je svoju primenu u verifikaciji osoba kod mnogih biometrijskih sistema. Biometrija je nauka o uspostavljanju ljudskog identiteta upotrebom raznih fizičkih korespondencija i osobina koje su sastavni deo svakog čoveka kao što su crte lica, otisak prsta, linije na dlanu, glas. Kao što već svi znamo DNK nam je dao jedinstveni kod, i dva ista „ljudska obrasca“ ne postoje čak ni kod identičnih blizanaca. Za razliku od originalnog LBP-a koji u obzir uzima samo znak razlike da izrazi rezultat poređenja dva piksela, PLBP uzima u obzir verovatnoću kako bi izrazio rezultat poređenja dva piksela. Prednost se zasniva u tome da može da kodira magnitudu razlike koja je korisna za verifikaciju osobe ali je zanemarena u originalnom LBP algoritmu. Takođe moguća je kombinacija sa LDA

(Linear Discriminant Analysis) kako bismo izdvojili nadiskriminantnije informacije. Uzimajući magnitudu razlike u obzir dobijamo deskriptor koji je mnogo otporniji na šum. Prvobitni LBP je bio mnogo osjetljiv čak i na male promene u vrednosti piksela koje su uticale na znak razlike i samim tim menjale ceo binarni patern. Detaljnji opis PLBP-a dat je pod [5].

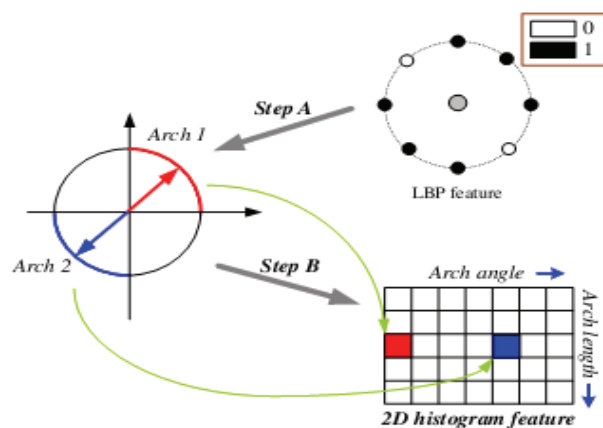
Nakon što je detekcija lica usavršena u naučnim krugovima javila se potreba za detekcijom cele ljudske figure. Ranije smo već pomnuli kombinaciju LBP-a sa HOG obeležjima i to baš u ovu svrhu. Kako LBP sam za sebe nije dovoljno dobar da se nosi sa ovim problemom predstavljene su neke njegove „ekstenzije“ koje su rezultate sveli na dovoljno dobru meru. Grupa ljudi sa pekinškog i singapurskog univerziteta razvila je dve nove varijante, SLBP (Semantic LBP) i FLBP (Fourier LBP) koje su bile dovoljno dobre da se nose sa problemom detekcije ljudi [3].

Prilikom testiranja pokazali su zaista odlične rezultate nadmašujući do tada mnoge poznate metode. Prema njihovim rezultatima SLBP je dosta nadmašio HOG obeležja i mnoge njegove varijacije kako u pogledu brzine proračuna tako i u pogledu preciznosti. Sustina se sastoji u tome da SLBP formira histogram na jedan sasvim drugi način i to je jedan od malobrojnih radova koji su objavljeni a ne uzimaju uniformne obrasce kao što je navedeno u tekstu ranije.

Oni su pošli od toga da osnovni algoritam kreiranja histograma LBP decimalnih obrazaca nije dobar jer ne garantuje da semantički slična obeležja moraju upasti u prostorno bliske binove. Na primer 10000111 i 00001111 su slični kodovi sa tim da se drugi razlikuje od prvog za 45° ako binarni obrazac zamislimo u topologiji prstena. Međutim decimalni kodovi imaju jako veliku razliku, 135 naspram 15. Umesto decimalnog kodovanja predložen je pristup zasnovan na sledećem tumačenju: nekoliko neprekidnih bitova jedinica formira luk koji može biti opisan sa svojom dužinom, odnosno brojem jedinica u nizu i njihovom pozicijom na krugu. Pogledati sliku 3 radi ilustracije.

Dalje, nakon formiranja LBP binarnog koda, posmatra se broj lukova, odnosno neprekidnih nizova jedinica. Za uniformne paterne autori su predložili da se uzimaju samo oni obrasci koji imaju jedan niz dok one sa više nizova proglašavamo neuniformnim i njih odbacujemo. Obrazac sa slike 3. bi predstavljao jedan takav neuniformni patern. Sada uniformne paterne koristimo dalje kako bismo „nahranili“ histogram i u krajnjem cilju formirali željeni histogram SLBP obeležja. Histogram se sastoji od dve dimenzije gde jedna predstavlja ugao luka a druga njegovu dužinu. Na samom kraju vrši se „matrica-vektor usklađivanje“ povezivanjem u obliku lanca svake kolone 2D histograma kako bismo dobili 1D vektor koji se prosleđuje klasifikatoru.

Razvoj automatizovanog sistema za pretražju, pronalaženje i klasifikaciju slika iz medicinskih baza podataka veoma je važno pitanje. Primera radi, pokazalo se da je LBP invarijantan na razne artefakte koji se često javljaju u slikama magnetne rezonance (MR) čime se otvorila mogućnost za upotrebu u mnogim naprednim aplikacijama analize MR slika u medicini. Naime, (Computer aided detection/diagnosis) je veoma aktivna.



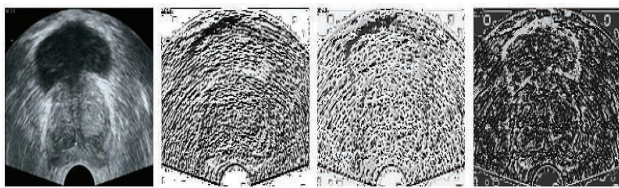
Step A: Calculate principle directions and lengths for each arch.
Step B: Vote for corresponding histogram bins.

Slika 3. Formiranje 2D histograma SLBP obeležja

oblast istraživanja koja obuhvata analizu slika radi što preciznije i jednostavnije dijagnoze. Uspesšan CAD sistem treba da obezbedi što više korisnih informacija kao podršku lekarima i medicinskom osoblju. Ali i danas pored svih naprednih tehnologija to je veoma izazovna misija. Uprkos velikim naporima mnogih istraživačkih grupa nije se mnogo odmaklo u ovoj oblasti prevashodno zbog velike različitosti bolesti kao i zbog velike kompleksnosti problema detekcije. Sama detekcija nije toliko veliki problem jer sve ono što smo naveli do sada može da se primeni na bilo koji oblik, ali u ovakvim posebnim slučajevima od najveće važnosti jeste procenat uspešne detekcije. Razume se da u svim slučajevima medicinske dijagnostike greška je nedopustljiva. Postoji mnogo sistema za detekciju pojedinačnih bolesti ali to nije dovoljno. Većina istraživanja idu na tu stranu da se identifikuju određena srčana oboljenja, kanceri, itd. Kako je invarijantan na neke od osnovnih problema oko intenziteta MR slike kao i određene geometrijske deformacije LBP obeležja postala su jedna od najčešće primenjenih u analizi medicinskih slika.

Automatizovana i robusna analiza MR slike ima značaja u mnogim aplikacijama počevši od postavljanja dijagnoze do samog razumevanja prirode bolesti. Kancer je jedna od najrasprostranjenijih bolesti na svetu i rana dijagnostika je od najveće važnosti kako bi se bolest uklonila na vreme i u mnogome utiče na dalji tretman pacijenta. Posmatrajući rak prostate, čija je detekcija pomoću LBP-a detaljnije opisana pod [6], moguće je odrediti oblik i veličinu prostate kako bismo utvrdili fazu bolesti. Iako stručnjaci mogu ovo zaključiti posmatranjem slike, ovaj tradicionalan metod zahteva više vremena, zamoran je ukoliko u obzir uzmemo da je potrebno pregledati veći broj slika, itd. Najbitnije je to što je dosta subjektivan tako da se dijagnoza istog pacijenta može razlikovati od slučaja do slučaja. Stoga je predstavljen novi model LBP obeležja (Medical Texture LBP) precizan do te mere da uoči kancer čak i u njegovoj najranijoj fazi. Slično se može primeniti na sve druge vrste kancera. Potrebno je napomenuti još samo da ovdje LBP koristimo samo kao transformaciju slike u „domen teksture“. Takvu sliku koristimo kako bismo dalje locirali oblik i videli njegova odstupanja od jedinstvenog modela koji definiše koji je

oblik validan. Najčešće se dalje koristi aktivni model oblika kako bismo „podesili model na sliku“. Takođe sličan princip primenljiv je i na slike ultrazvuka koje su mnogo „povoljnije“ za pacijenta samim tim što se dobijaju u realnom vremenu a i sami uređaji su mnogo jednostavniji i jeftiniji od magnetne rezonance.



Slika 4. varijante transformisanih slika prostate (a) slika prostate (b) LBP slika (c) izdvojeni uniformni LBP (d) rotation invariant LBP

3. ZAKLJUČAK

U prethodnom izlaganju naveli smo samo neke od mnogobrojnih primena LBP-a. Neke koje nismo naveli a zanimljive su za dalje proučavanje jeste klasifikacija osoba na osnovu starosne dobi, klasifikacija materijala na osnovu teksture, i druge. Prepoznavanje izraza lica u budućnosti može igrati voma bitnu ulogu. Naime, dopunjujuću metode automatskog prepoznavanja govora, mimika i pokreti tela mogu u mnogome da poboljšaju komunikaciju sa računarom. Istraživanja su pokazala da govornom komunikacijom obezbeđujemo samo 38% informacija dok 7% odlazi na verbalnu komunikaciju. Čak 55% informacija prilikom komunikacije dobijamo na osnovu izraza lica. Dakle, mimika nam obezbeđuje mnogo više informacija nego izgovorene reči! Stoga možemo očekivati da se baš LBP obeležja nađu u mnogim pametnim sistemima veštačke inteligencije koji će moći da prepoznaju ljudske komande na tako visokom nivou da će interakcija sa mašinom biti toliko prirodna kao da se radi o komunikaciji dva razumna bića. Mnoge varijacije su izostavljene zbog same obimnosti i raznolikosti mnogih aplikacija gde su ova obeležja našla primenu. Neke su već usavršene do te mere da daju veoma pouzdane i precizne rezultate dok neke tek treba da nađu svoju primenu i to u kombinaciji sa drugim algoritmima i metodama savremene kompjuterske vizije. Sve u svemu LBP obeležja ce se još dugo primenjivati i razvijati. Veoma intenzivno se radi na istraživanju u ovoj oblasti i napredak je primetan sudeći po broju izdatih radova u prethodnih par godina na ovu i slične teme vezane za mašinsko učenje i prepoznavanje oblika. Ipak postoji dosta prostora za napredovanje. Sigurno će se u budućnosti naći obeležja koja će nadmašiti sva do sada postojeća.

Neki univerzalni model još uvek se ne nazire ali ipak ide se ka tome da se što više poveća robusnost prepoznavanja. Uvođenjem novih statističkih zavisnosti, npr. zvučnih modela u kombinaciji sa vizuelnim, korišćenjem povratnih informacija iz određenih faza obrade, i uvođenjem u igru raznih drugih elemenata i nauka, moguće je unaprediti postojeće sisteme i dovesti do novih primena ne samo LBP obeležja već i svih drugih.

4. LITERATURA

- [1] X. Wang, T.X. Han, S. Yan, „An HOG-LBP Human Detector with Partial Occlusion Handling“, IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV), Kyoto, 2009.god.
- [2] T. Ojala, M. Pietikainen, T. Maenpaa, „Multiresolution Gray-Scale and Rotation Invariant Texture Classification with Local Binary Patterns“, PAMI, vol.24, no.7, pp.971-987, 2002.
- [3] S. Kundu, N. Das, M. Nasipuri, „Automatic Detection od Ringworm Using Localy Binary Pattern“, 2010.god.
- [4] Timo Ahoen, Abdenour Hadid, Matti Pietikainen, „Face Description with Localy Binary Patterns“, 2006. god.
- [5] Yadong Mu, Shuicheng Yan, T. Huang, „Discriminative Local Binary Patterns for Human Detection in Personal Albums“, National University of Singapore, 2009.god.
- [6] S. Ghose, A. Oliver, R. Marti, X. Lado, „Prostate Segmentation with LBP Guided Active Appearance Models“, Medical image: Image proccesing, France 2011.god.

Kratka biografija:



Miloš Radosavljević rođen je u Sr. Mitrovici 1986. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Komunikacione tehnologije i obrada signala odbranio je 2011.god.

Microwave soil moisture sensor based on phase shift detection of transmission coefficient in band-stop structures

Slobodan Birgermajer, *Student Member, IEEE*, Goran Kitić, *Student Member, IEEE*, and Vesna Crnojević-Bengin, *Member, IEEE*

Abstract — In this paper novel miniature microwave soil moisture sensors based on band-stop structures have been developed, which operate at a fixed single microwave frequency. Sensors were designed in microstrip technology for use in wireless sensor networks for measurement and mapping of soil moisture in arable lands. Sensors detect transmission coefficient phase delay which is a function of the soil permittivity that is in turn in direct relation with soil moisture. Two novel sensors are proposed which operate at 2.54 GHz and 2.75 GHz. Both solutions offer two times wider ranges of the phase delay and from three to almost thirteen times greater sensitivities compared to conventional microstrip sensor solutions.

Key words — transmission coefficient, phase shift method, microstrip, band-stop structures, soil moisture sensor.

I. INTRODUCTION

Soil is a mixture of mineral and organic matter that provide proper nutrition, growth and life of plants. The optimal soil moisture is the main factor that affects plants growth and development.

In general, proposed methods for appropriate soil moisture measuring can be divided into direct and indirect methods, [1].

The direct methods are based on weight and volume measuring of soil sample taken from certain location before and after the drying process. Soil moisture is determined from obtained results. These methods are accurate, precise and relatively low cost but very slow, because of time consuming sample drying process. Also, direct methods are destructive because soil moisture re-measurements are not possible on the same sample and location, [1]. The direct methods do not allow soil moisture mapping with satisfyingly high resolution rate because measuring is limited on relatively small number of samples in concern region.

The indirect methods are estimating soil moisture based

on relation with another measurement variable which value directly depends on soil moisture. Some indirect methods establish their measurements on electrical values like electrical conductivity, electrical resistivity and permittivity of dielectric medium.

Soil permittivity significantly changes with moisture, since the permittivity values of dry soil and water are 2.5 and 81, respectively.

In this paper design of soil moisture sensors is based on phase shift method [2], which is one of indirect methods.

II. PHASE SHIFT METHOD

Phase shift method is based on phase detection of input and output sensor signals and their comparison.

Phase shift depends on velocity and frequency of signal that propagates through sensor. Relation between these parameters could be defined as (1):

$$v = \frac{\omega}{\beta}, \quad (1)$$

where v is signal velocity, ω is angular frequency and β is imaginary part of propagation constant or phase constant.

If phase constant is defined as in [2], signal velocity (1) could be redefined (2) for use in lossy medium:

$$v = \frac{1}{\sqrt{\mu\epsilon} \sqrt{1 + \left(\frac{\sigma}{\omega\epsilon}\right)^2 + 1}}, \quad (2)$$

where μ is magnetic permeability, ϵ is permittivity and σ is electrical conductivity.

Advance of phase shift method is in ability to accomplish all measurements at just one frequency which is called sensor operating frequency.

If operating frequency is taken from microwave frequency range (above 1 GHz), then influence of soil electric conductivity σ on signal velocity v is negligibly low. Accordingly, if typical value of soil electric conductivity is about 5 mS/m and soil permittivity ranges from very dry to very wet from 2.5 to 20, respectively, then at operating frequencies above 1 GHz:

$$\frac{\sigma}{\omega\epsilon} \ll 1, \quad (3)$$

and (2) becomes:

$$v = \frac{1}{\sqrt{\mu\epsilon}}. \quad (4)$$

Slobodan Birgermajer, Faculty of Technical Sciences Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 4, 21000 Novi Sad, Serbia (tel: 381-64-5694055, e-mail: slobodan.birgermajer@gmail.com)

Goran Kitić, Faculty of Technical Sciences Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 4, 21000 Novi Sad, Serbia (tel: 381-69-2608558, e-mail: gkitic@gmail.com)

Vesna Crnojević-Bengin, Faculty of Technical Sciences Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 4, 21000 Novi Sad, Serbia (tel: 381-63-552162, e-mail: bengin@uns.ac.rs)

NAPOMENA:

- Ovaj rad proistekao je iz master rada Slobodana Birgermajera. Mentor je bila dr Vesna Crnojević-Bengin.
- Rad je prethodno publikovan na konferenciji TELFOR, Beograd, novembar 2011.

For approved condition (3), equation (4) represent a base for soil moisture sensor design because it relates sensor soil moisture dependant permittivity with signal velocity on which phase shift relies. Since magnetic permeability for most of mediums is 1, that parameter is not taken into account for further sensor design.

III. SENSOR CONFIGURATION

Microwave soil moisture sensors are designed in microstrip architecture where TEM mode of propagation is approximated by quasi-TEM mode. Means of soil moisture measuring rely on placement of soil sample or material under test (MUT) on sensor in the manner shown in Fig. 1.

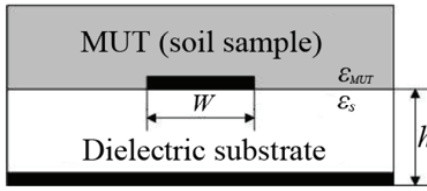


Figure 1. Cross section of sensor configuration

In Fig. 1, ϵ_S and ϵ_{MUT} are dielectric substrate relative permittivity and relative soil sample permittivity, respectively. Also on the same figure h and W represent dielectric substrate height and width of microstrip line, respectively.

In quasi-TEM mode wave propagates both through dielectric substrate and the region above microstrip line. Since that region is used for MUT placement, wave propagates through soil sample. Therefore, the propagation conditions depend on sensor permittivity, which consists of permittivities ϵ_S and ϵ_{MUT} . Those permittivities create inhomogeneous region through which wave propagates. In order to make that region homogeneous an effective dielectric constant ϵ_e (5) is defined as:

$$\epsilon_e = \frac{\epsilon_S + \epsilon_{MUT}}{2} + \frac{\epsilon_S - \epsilon_{MUT}}{2} \left(1 + 12 \frac{h}{W}\right)^{-\frac{1}{2}} \quad \text{za} \left(\frac{W}{h}\right) \geq 1. \quad (5)$$

Relative soil permittivity is changing from 2.5 for very dry soil (moisture content 2%) to 20 for very wet soil (moisture content 20%), [2]. Also, dielectric loss in soil, $\tan\delta$, depends on soil moisture.

Dielectric loss is proportionally changing with relative soil permittivity from 0.006 for permittivity of 2.5 to 0.15 for permittivity of 20, [2].

IV. SENSOR PROPERTIES

A. Phase shift range

Phase shift range (6) is very important property when soil moisture is determined and could be defined like a difference in phase shifts between dry (φ_1) and wet (φ_2) soil sample:

$$\Delta\Phi = |\varphi_1 - \varphi_2|. \quad (6)$$

The greater the phase shift range the better the resolution of measurement.

B. Sensitivity

Sensitivity (7) represents very important factor in characterization and comparison of different sensor configurations, [3]. It is defined as the ratio between phase shift changes provided by the sensor ($\Delta\varphi$) to a relative change of the MUT dielectric properties ($\Delta\epsilon/\epsilon_1$):

$$s = \frac{\left|\frac{\Delta\varphi}{\Delta\epsilon}\right|}{\left|\frac{\Delta\epsilon}{\epsilon_1}\right|} \cdot \frac{1}{360^\circ} = \frac{|\varphi_2 - \varphi_1|}{\epsilon_2 - \epsilon_1} \cdot \frac{1}{360^\circ}. \quad (7)$$

Sensitivity is normalized by maximum of phase shift change, which is equal to 360 degrees.

V. MICROWAVE SOIL MOISTURE SENSORS

Initial structure used for sensor design in this paper was third order band-stop filter with open stubs of length $\lambda_g/4$ (λ_g - guided wavelength).

This sensor structure is designed in a way to give the maximal phase shift on its output (phase of scattering parameter S_{21} i.e. transmission coefficient), to operate and perform continuous measurements at a single fixed frequency (above 1 GHz) and to contribute with increased sensitivity. Increased sensitivity is obtained due to phenomenon of phase transmission coefficient leap at the cut-off frequencies of band-stop range.

Main goal during sensor design was the effort to obtain narrower band-stop range which would propose opportunity to gain a unique sensor operating frequency. In the case of wider band-stop ranges the problem will occur while trying to locate a unique sensor operation frequency for all measurements. This will be presented in the examples below.

In order to obtain structure with narrower band-stop range, initial filter order is kept but dimensions of initial structure are progressively changed. Sonnet's 3D planar electromagnetic software is used in the designing process.

Two novel sensor solutions were obtained with appropriate band-stop range widths while simulating sensor structures without MUT (OnlyAir) and with MUT. In cases when soil sample (MUT) is placed on sensor, simulations are performed for soil permittivity changes from 2.5 to 20, with step of 2.5.

Sensor solutions have been realized on 1.27 mm thick Taconic CeR-10 dielectric substrate with permittivity equal to 9.8, and loss tangent of 0.0025.

Due to microstrip architecture compatibility with standard PCB technology and non-destructive type of measurement, obtained sensor solutions could be implemented as part of nodes in wireless sensor networks (WSN).

WSN are used to monitor behavior of one or more soil parameters. Nodes could be densely arranged in region of interest and soil moisture mapping could be accomplished with satisfactorily high resolution.

A. First sensor solution

Realization of the first sensor solution with dimensions in millimeters is shown in Fig. 2.

If in Fig. 2 open stubs are left out and feed lines and hatched area are kept the new structure obtained in this way will correspond to stepped impedance low pass microstrip filter.

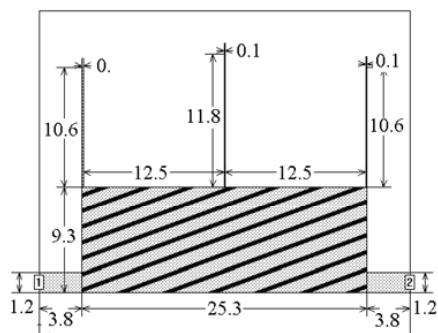


Figure 2. The first sensor solution

Stepped impedance low pass filters have mild slope of transmission coefficient characteristics and therefore their response could be seen as ripple. Open stubs from Fig. 2 cause appearance of band-stop range in transmission coefficient characteristic of stepped impedance low pass filter. This is shown in Fig. 3. Also, hatched area width has predominant affect on band-stop width. For larger widths narrower band-stop ranges could be obtained.

The first sensor solution transmission coefficient characteristics are shown in Fig. 3.

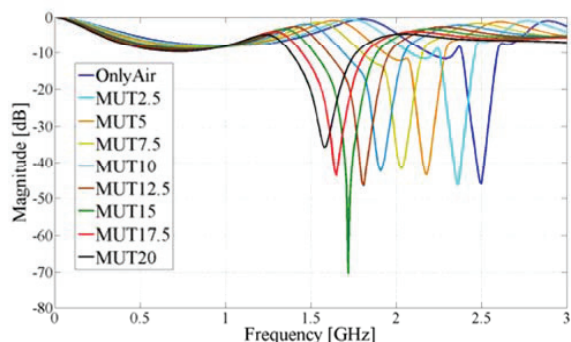


Figure 3. Transmission coefficients of the first sensor solution

Characteristics in Fig. 3 were acquired by simulating the first sensor solution without MUT (OnlyAir) and with MUT for soil permittivity changes in range from 2.5 to 20, with step of 2.5.

During the analysis of proposed sensor solution it was concluded that if band-stop ranges of MUT characteristics and OnlyAir characteristic are overlapping it is not possible to determine a unique operating frequency.

Operating frequency is chosen from points on absolute phase shift characteristics where they have similar forms in the frequency range of interest and they are reaching maximum in degrees. If operating frequency is chosen in previously mentioned manner maximum sensor sensitivity is obtained (7).

Absolute phase shift changes versus frequency are shown in Fig. 4.

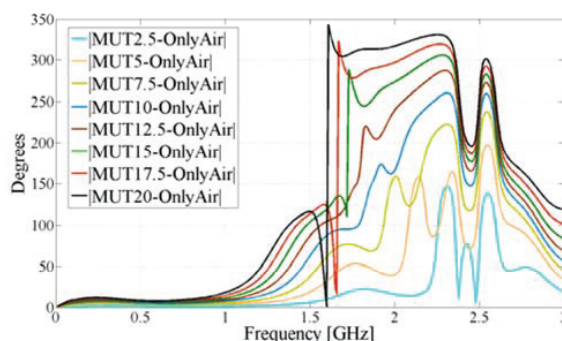


Figure 4. Absolute phase shift changes versus frequency

The frequency range of interest for determination of sensor operating frequency in Fig. 4 is above 2.5 GHz. Enlarged frequency range of interest from Fig. 4 is presented in Fig. 5.

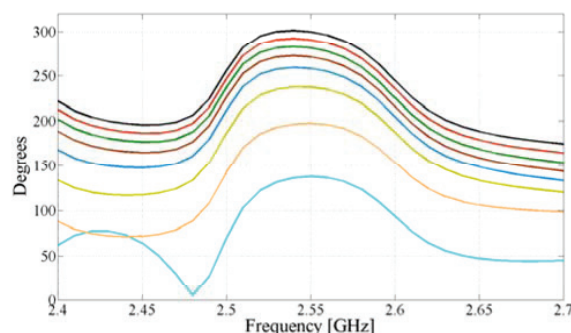


Figure 5. Frequency range of interest from Fig. 4

Since in Fig. 3 band-stop ranges of MUT2.5 and OnlyAir characteristics are overlapping, absolute phase shift characteristic $|MUT2.5 - OnlyAir|$ will not have maximum at the same frequency like other characteristics shown in Fig. 5. Maximum of that characteristic is shifted to the right to frequency of 2.55 GHz while all other characteristics have their maximums at frequency of 2.54 GHz. Therefore the first sensor solution will not have a unique operating frequency for which the maximum sensitivity could be achieved in all cases.

The improvements of the first sensor solution over the conventional microstrip sensor [2], at operating frequency of 2.54 GHz are given in tables 1 and 2. The results are shown for terminal cases of MUT permittivity, 2.5 and 20.

TABLE 1. PHASE SHIFT RANGE OF THE FIRST SENSOR SOLUTION

Microstrip sensor	First sensor solution
92.15°	164.9°

TABLE 2. SENSITIVITY OF THE FIRST SENSOR SOLUTION

	Microstrip sensor	First sensor solution
MUT2.5	0.02	0.252
MUT20	0.015	0.044

The first sensor solution has almost two times higher phase shift range and from three to almost thirteen times higher sensitivity than the conventional microstrip sensor, based on the results from tables 1 and 2. Also, while soil sample permittivity increases sensor sensitivity decreases.

In order to obtain the sensor with a unique operating frequency further dimension changes and simulations were conducted for the first sensor solution.

B. Second sensor solution

Realization of the second sensor solution with dimensions in millimeters is shown in Fig. 6.

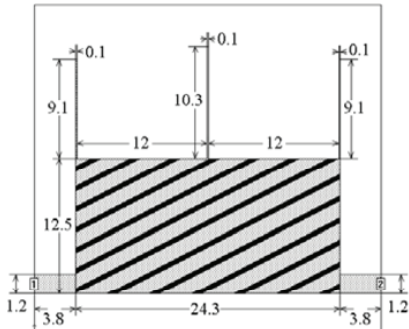


Figure 6. The second sensor solution

When two sensor solutions are compared the significant difference could be seen in width of hatched areas of the structures. Wider hatched area of the second sensor solution causes narrower band-stop range of transmission coefficient characteristics shown in Fig. 7.

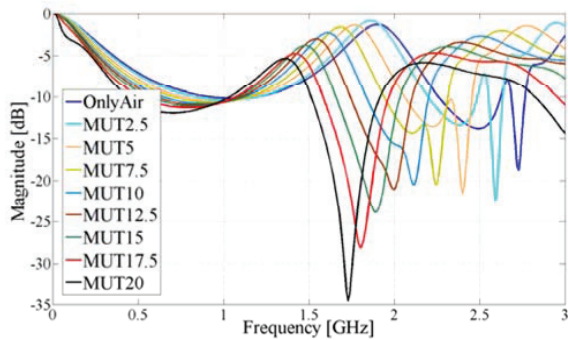


Figure 7. Transmission coefficients of the second sensor solution

It could be seen in Fig. 7 that band-stop ranges of MUT characteristics and OnlyAir characteristic are not overlapping according to which there should be a unique operating frequency.

The frequency range of interest for determination of a unique operating frequency is enlarged from absolute phase shift changes versus frequency characteristics of second sensor solution and shown in Fig. 8.

Fig. 8 shows that characteristics have their maximums at the same frequency of 2.75 GHz. That frequency

represents a unique operating frequency of the second sensor solution.

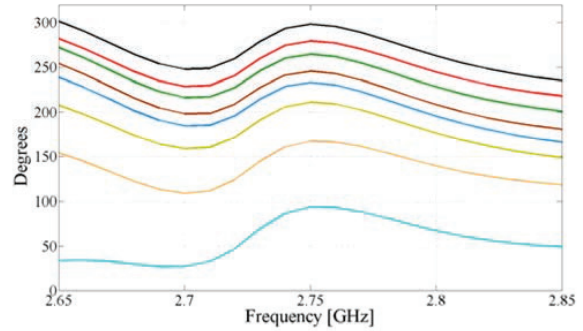


Figure 8. Frequency range of interest of the second sensor solution

The improvements of the second sensor solution over the conventional microstrip sensor at operating frequency of 2.75 GHz are given in tables 3 and 4. The results are shown for terminal cases of MUT permittivity, 2.5 and 20.

TABLE 3. PHASE SHIFT RANGE OF THE SECOND SENSOR SOLUTION

<i>Microstrip sensor</i>	<i>Second sensor solution</i>
98.84°	204.13°

TABLE 4. SENSITIVITY OF THE SECOND SENSOR SOLUTION

	<i>Microstrip sensor</i>	<i>Second sensor solution</i>
<i>MUT</i> 2.5	0.019	0.173
<i>MUT</i> 20	0.016	0.043

The second sensor solution has two times higher phase shift range and from almost three to nine times higher sensitivity than the conventional microstrip sensor, based on the results from tables 3 and 4. Also, while soil sample permittivity increases sensor sensitivity decreases.

VI. CONCLUSION

The design of two novel sensor solutions based on band-stop structures are proposed in this paper. Sensor solutions significantly improve phase shift ranges and sensitivities compared to conventional microstrip sensor.

Mentioned advantages are results of wave phase delays that wave experiences during propagation through the sensor.

PCB technology could be used for inexpensive manufacture of proposed sensors solutions.

REFERENCES

- [1] Rafael Muñoz-Carpena, "Field devices for monitoring soil water content", *University of Florida – IFAS extension*
- [2] Goran Kitić, Vasa Radonić, Nikolina Janković, Vesna Cmojević-Bengin, "Senzor vlažnosti zemljišta baziran na metodi faznog pomeraja", *Eran 2010*, Donji Milanovac, 7.-11. jun. 2010.
- [3] B. García-Baños, F. Cuesta-Soto, A. Griol, J. M. Catalá-Civera, J. Pitareh, "Enhancement of sensitivity of microwave planar sensors with EBG structures", *Sensors Journal, IEEE*, pp. 1518-1522, Dec. 2006.

**REALIZACIJA SOFTVERSKOG REŠENJA ZA UPRAVLJANJE KNX UREĐAJIMA
POSREDSTVOM KNXnet/IP PROTOKOLA****SOFTWARE DEVELOPMENT FOR CONTROL OF KNX DEVICES VIA KNXnet/IP
PROTOCOL**Ivan Malušev, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

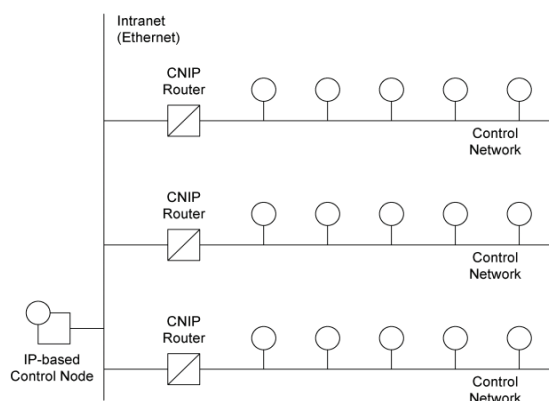
Kratak sadržaj – U radu su prikazani osnovni principi na kojima se zasnivaju KNX i KNXnet/IP protokoli. Formirana je KNX mreža i konfigurisani su KNX uređaji pomoću ETS (Engineering Tool Software). Za upravljanje preko IP mreže, realizovano je i implementirano programsko rešenje u programskom jeziku Java.

Abstract – This paper presents basic principles on which the KNX and the KNXnet/IP protocols are based. KNX network is formed and KNX devices are configured using ETS (Engineering Tool Software). Software solution for control over IP network is realised and implemented in the Java programming language.

Ključne reči: KNX, KNXnet/IP protokol, Kućna automatika, BMS

1. UVOD

Većina modernih zgrada je danas opremljena sa kablovima za umrežavanje kancelarija. Pokušaj da se iskoristi ova IT infrastruktura u svrhu automatizacije objekata predstavlja prirodnu posledicu. Danas je „IT mreža“ efektivno postala sinonim za „IP mrežu“. IP mreža je pogodna i danas se uveliko upotrebljava kao posrednička (*backbone*) mreža u sistemima kućne automatike (*HAS*) i sistemima za upravljanje zgradom (*BMS*). Posrednička mreža u osnovi funkcioniše kao prenosni medijum za protokol upravljačke mreže. Ovaj metod je još poznat kao tuneliranje (*tunneling*) protokola upravljačke mreže preko posredničke mreže (npr. IP) [7].



Slika 1. Sistem sa tunneling ruterima

Uređaji na granicama posredničke mreže, koji grade krajeve tunela između dva ili više segmenata upravljačke mreže, nazivaju se *tunneling* ruterima. Primer sistema sa *tunneling* ruterima je prikazan na slici 1.

2. KNX MREŽA

KNX mreža je tipičan predstavnik upravljačke mreže. Karakteriše je decentralizovani dizajn. Čvorovi u mreži komuniciraju direktno jedni sa drugima. Svaki čvor ima svoj mikrokontroler i radno-upravljačka logika se nalazi u svakom pojedinačnom čvoru. KNX podržava nekoliko fizičkih komunikacionih medija (upredena parica – KNX TP, električni vodovi – KNX PL, radio frekvencija – KNX RF, IP/Ethernet – KNX IP).

KNX je distribuirana mreža koja može da primi do 65536 uređaja u 16-bitni adresni prostor. Po trenutnoj KNX TP1 specifikaciji, logička topologija, odnosno podmrežna struktura omogućava 255 uređaja u jednoj liniji (*Line*). Linije se mogu grupisati pomoću glavne linije (*Main line*) u oblasti (*Area*). Pomoću *backbone* linije 15 oblasti formira sveukupan domen. Kako bi se kreirala *backbone* linija visokih performansi, moraju se koristiti naprednije i moćnije mreže. Zbog svoje široke rasprostranjenosti, najčešće se koristi IP (*Internet Protocol*).

Svakom KNX uređaju (čvoru), osim napajanja, se dodeljuje jedinstvena fizička adresa. Fizička adresa uređaja ga jasno identifikuje i pruža sledeće informacije o topografskoj poziciji uređaja u okviru celog sistema: Oblast.Linija.Čvor (npr. 1.1.2). Prilikom puštanja u rad KNX sistema uređaji se moraju adresirati i programirati. Iz tog razloga, telegrami se šalju korišćenjem jedinstvene fizičke adrese određivanja uređaja kao određene adrese. Tokom normalnog operativnog ciklusa KNX sistema, telegrami se šalju upotrebom grupnih adresa. KNX pravi razliku između dve vrste grupnih adresa: grupne adrese sa glavnom grupom i podgrupom (adresiranje na dva nivoa, npr. 1/1) i grupne adrese sa glavnom grupom, srednjom grupom i podgrupom (adresiranje na tri nivoa, npr. 1/1/2). Adresiranje na tri nivoa omogućava veći stepen preciznosti u poređenju sa adresiranjem na dva nivoa.

KNX uređaji razmenjuju informacije pomoću telegrama. Postoje dve vrste telegrama: telegram sa korisničkim podacima i telegram potvrde. Telegram sa korisničkim podacima se šalje kao odgovor na individualnu akciju, kao što je npr. pritisak na taster prekidača. Postoje takođe i KNX uređaji koji ove telegrame šalju periodično. Uređaj tada šalje telegram koji u sebi sadrži specifičnu grupnu adresu. Struktura telegrama sa korisničkim podacima je prikazana na slici 2.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Velimir Čongradac, docent.

1 byte	2 bytes	2 bytes	1 bit	3 bits	4 bits	1-16 bytes	1 byte
Control field	Source address	Destination address	Destination address flag	Routing counter	User data length	User data	Checksum field

Slika 2. Struktura KNX telegrama sa korisničkim podacima

Svi uređaji (prijemnici) koji pripadaju ovoj grupi istovremeno potvrđuju da su primili telegram vraćajući telegram potvrde, čija je struktura prikazana na slici 3.

D7 NI	D6 N0	D5	D4	D3 B1	D2 B0	D1	D0	
1	1	0	0	1	1	0	0	←ACK
1	1	0	0	0	0	0	0	←BUSY
0	0	0	0	1	1	0	0	←NACK

Slika 3. Struktura KNX telegrama potvrde

Više informacija o komunikaciji između KNX uređaja se može pronaći u [2].

3. KNXnet/IP PROTOKOL

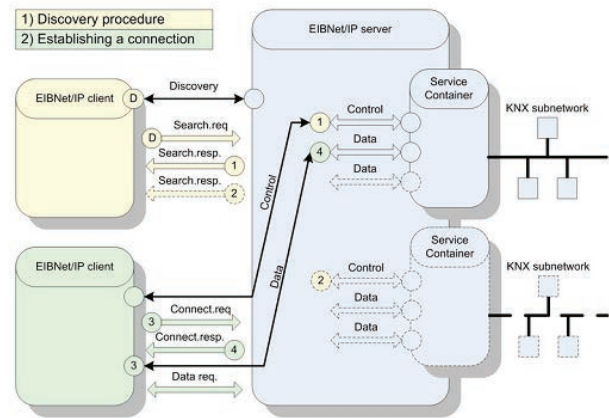
KNXnet/IP protokol opisuje komunikaciju sa KNX mrežom preko IP mreža. Komunikacija se odvija po klijent – server modelu, odnosno naizmeničnim slanjem zahteva ka serveru (KNX/IP ruteru) i čekanju odgovora od servera, s tim što klijentska strana preuzima na sebe održavanje komunikacije. KNXnet/IP sistem se sastoji najmanje od: IP mreže (koja se koristi kao posrednička mreža za prenos informacija koje razmenjuju KNX uređaji), jedne KNX podmreže i KNXnet/IP rutera, koji obezbeđuje vezu između KNX podmreže i IP mreže. Kod složenijih sistema postoji više KNX podmreža i KNXnet/IP rutera i upravljanje se može omogućiti sa bilo kog računara, bilo da je u pitanju PC, notebook, tablet PC ili PDA/smart phone.

KNXnet/IP serveri (ruteri) obavezno implementiraju sledeće IP protokole: ARP, BootP, UDP, ICMP i IGMP, a opciono mogu implementirati RARP i TCP [1].

KNXnet/IP protokol definiše HPAI (*Host Protocol Address Information*) strukturu, koja predstavlja kombinaciju IP adrese i broja porta. HPAI je podatak neophodan za slanje KNXnet/IP telegrama ka drugom uređaju. KNXnet/IP specifikacija koristi termin KNXnet/IP *endpoint* (krajnja tačka) kao logički pogled na HPAI i koristi ga za adresiranje drugog KNXnet/IP uređaja [1].

Svi KNXnet/IP serveri implementiraju pronalaženje (*discovery*). Operacija pronalaženja se sastoji od SEARCH_REQUEST telegrama koji sadrži HPAI klijentovog *discovery endpoint*, poslanog na *multicast* adresu koristeći *discovery endpoint*. Svaki server koji je primio zahtev odgovara sa SEARCH_RESPONSE telegramom i to za svaki od svojih *service container*. Telegram je adresiran na dobijeni klijentov HPAI i treba da sadrži HPAI *control endpoint* (slika 5) [1].

Tipično, nakon pronalaženja KNXnet/IP servera, KNXnet/IP klijent šalje DESCRIPTION_REQUEST na sve *control endpoint* KNXnet/IP servera koje je primio. Server odgovara sa DESCRIPTION_RESPONSE, koji sadrži podržane protokole, mogućnosti, informaciju o stanju i opcionom intuitivnom imenu za tu serverovu KNX konekciju [1].



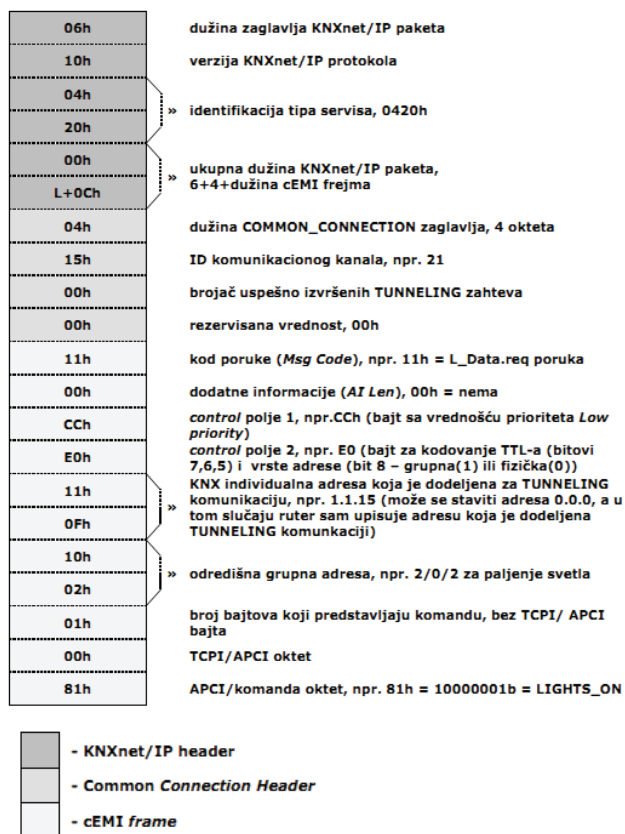
Slika 5. Pronalaženje i uspostavljanje konekcije

Komunikacioni kanal predstavlja konekciju između *data endpoint* klijenta i servera. Uspostavlja ga klijent za servise koji zahtevaju *point-to-point* konekciju kao što su *Tunneling* i *Device Management* servisi. Klijent šalje CONNECT_REQUEST telegram na *control endpoint service container*-a. U tom poslatom telegramu je sadržan klijentov *data endpoint* HPAI. Nakon prijema zahteva za uspostavljanje konekcije, server u svakom slučaju šalje CONNECT_RESPONSE telegram nazad ka klijentu koji je zahtevao uspostavljanje konekcije, dajući pritom status zahteva (ACK/NACK) (slika 5). Ukoliko je zahtev prihvaćen, tada CONNECT_RESPONSE sadrži identifikator (*Communication Channel ID*), kao i HPAI *data endpoint* koje je server pripremio za ovaj komunikacioni kanal [1].

Protokolima koji prenose pakete bez uspostavljanja konekcije (npr. UDP) potrebna je procedura koja će identifikovati prekid komunikacije. Kako bi se otkrila ovakva situacija definisana je procedura za održavanje konekcija (*Heartbeat monitoring*). Potrebno je da klijent redovno, na primer na svakih 60 sekundi, šalje CONNECTIONSTATE_REQUEST telegram, ka serverovom *control endpoint*, koji će momentalno odgovoriti sa CONNECTIONSTATE_RESPONSE telegramom. Ukoliko klijent nije primio *heartbeat* odgovor za određeno vreme (10s) ili ukoliko je status primljenog *heartbeat* odgovora signalizirao bilo kakvu vrstu greške, klijent će ponoviti CONNECTIONSTATE_REQUEST 3 puta, a onda će prekinuti konekciju slanjem DISCONNECT_REQUEST telegrama na serverov *control endpoint*. Ukoliko server ne primi *heartbeat* zahtev u roku od 120 sekundi od momenta poslednjeg ispravno primljenog telegrama, server će tada prekinuti konekciju slanjem DISCONNECT_REQUEST telegrama na klijentov *control endpoint* [1].

Najčešće je klijent taj koji prekida konekciju. Tokom normalnog rada, klijent može poslati DISCONNECT_REQUEST na serverov *control endpoint* kako bi zahtevao prekid *data* komunikacionog kanala. Server takođe može da prekine konekciju u slučaju internih problema ili ukoliko je primio neispravan paket. Naravno, KNXnet/IP uređaj koji je primio DISCONNECT_REQUEST će momentalno poslati DISCONNECT_RESPONSE telegram [1].

Tunneling servis opisuje *point-to-point* razmenu KNX podataka preko IP mreže. KNX telegrami se uvek šalju u okviru TUNNELING_REQUEST telegrama. Ovaj telegram sadrži u sebi KNX telegram u cEMI formatu koji podržavaju svi KNXnet/IP uređaji [1]. Primer TUNNELING_REQUEST telegrama je prikazan na slici 6.



Slika 6. Primer TUNNELING_REQUEST telegrama

Na TUNNELING_REQUEST telegramu se odgovara TUNNELING_ACK telegramima. Ukoliko se na TUNNELING_REQUEST telegram ne odgovori u određenom roku ($t_{\text{tunneling_request_time_out}} = 1\text{s}$) ili je status primljenog TUNNELING_ACK telegrama signalizirao bilo kakvu vrstu greške, pošiljalac još jedanput šalje TUNNELING_REQUEST telegram, a zatim zatvara konekciju slanjem telegrama DISCONNECT_REQUEST na *control endpoint* drugog uređaja [1].

KNXnet/IP rutiranje je definisano kao skup KNXnet/IP rutera koji komuniciraju na *point-to-multipoint* način (*multicast*), gde se KNX podaci prenose od jednog uređaja ka jednom ili više uređaja istovremeno, preko IP mreže. Ruteri ne uspostavljaju komunikacione kanale jedni sa drugima, već šalju UDP/IP *multicast* poruke ka drugim ruterima na istoj IP mreži, koji filtriraju poruke u skladu sa njihovom određišnom ili grupnom adresom i na kraju ih proslede KNX sloju. U zavisnosti od konfiguracije, ruteri mogu da prime više poruka sa LAN mreže, nego što mogu da pošalju na KNX podmrežu. Ovo može dovesti do prekoračenja kapaciteta reda (*queue*) i naknadnog gubitka KNXnet/IP poruke [5]. U ovom slučaju ruter šalje ROUTING_LOST_MESSAGE notifikaciju na KNXnet/IP *Routing Multicast* adresu. Osim ove notifikacije, ruter šalje i

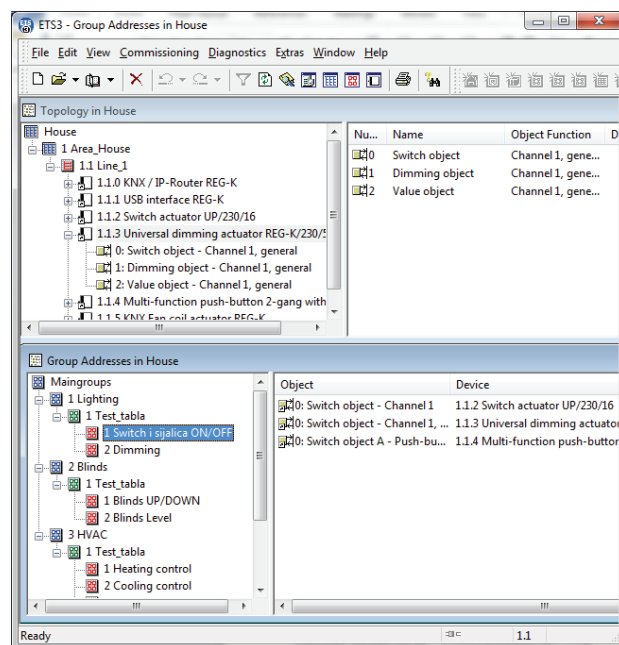
ROUTING_INDICATION zahtev prilikom slanja KNX telegrama preko IP mreže [1].

4. IMPLEMENTACIJA

Kako bi komunikacija s KNX uređajima preko IP mreže bila moguća potrebno je prvo formirati KNX mrežu i konfigurirati KNX uređaje. U tu svrhu je korišćen ETS (Engineering Tool Software). Kako bi se omogućilo spoljno upravljanje i kontrola preko IP mreže, potrebno je da KNX mreža bude formirana tako da svaki izvršni organ u njoj bude logički povezan sa njemu odgovarajućim objektom upravljanja, odnosno da bude povezan sa logičkom adresom preko koje će menjati stanje objekta upravljanja. Programsko rešenje je realizovano u programskom jeziku Java [8] i ono omogućava prenos KNX telegrama preko Ethernet-a i komunikaciju sa KNX/IP ruterom, kao i upravljanje KNX uređajima u proizvoljnoj KNX mreži posredstvom KNXnet/IP protokola. U okviru programskog rešenja je takođe realizovan *fuzzy* regulator za upravljanje KGH sistemom [10]. Za potrebe testiranja komunikacije na raspolaganju su bili sledeći uređaji proizvođača Schneider Electric: *USB Interface, KNXnet/IP Router, Power Supply, Switch Actuator, Dimming Actuator, Fan Coil Actuator* i *2-gang multi-function push-button with room temperature control unit*.

4.1. ETS (Engineering Tool Software)

ETS je integrisani program za projektovanje, planiranje i puštanje u rad KNX sistema. Korišćena verzija programa je ETS3.0f.



Slika 7. Formirana KNX mreža u ETS

Nakon kreiranja baze podataka projekta, uneti su podaci o proizvodu iz baze podataka proizvođača. Zatim su definisane oblasti, linije i dodati su uređaji na svaku liniju. Učitani su aplikativni softveri, dodeljene su fizičke adrese i svim uređajima su podešeni parametri. Zatim su kreirane grupne adrese kojima su dodeljeni odgovarajući komunikacioni objekti (slika 7). Nakon toga je sistem pušten u rad i korišćeni su ETS dijagnostički alati *Bus monitor* i *Group monitor*, koji omogućavaju pregled i

analizu saobraćaja na magistrali, snimanje svih telegrama poslanih na magistralu, upravljanje uređajima preko grupnih adresa itd..

4.2. Softversko rešenje

Realizovano programsko rešenje predstavlja konzolnu aplikaciju čiji je osnovni meni prikazan na slici 8.

```

-----
TEST KNXnet/IP
-----
Komande:
  READSTATUS x/x/x
  ON x/x/x
  OFF x/x/x
  DIMMING x/x/x level
  UP x/x/x
  DOWN x/x/x
  BLINDSLEVEL x/x/x level
  READCURRENTTEMP x/x/x
  READSETPOINTTEMP x/x/x
  SETPOINTADJ x/x/x adj
  OPERATIONMODESTATUS x/x/x
  COMFORTMODE x/x/x
  STANDBYMODE x/x/x
  NIGHTMODE x/x/x
  READFANSTEP x/x/x
  FANSPEEDAUTO x/x/x
  FORCEDFANSTEP x/x/x
  FANOFF x/x/x
  FANSPEED1 x/x/x
  FANSPEED2 x/x/x
  FANSPEED2 x/x/x
-----
  SWITCHTOFUZZY
  SWITCHTOAUTOMATIC
-----
  MENU
  QUIT
-----
>>

```

Slika 8. Realizovana konzolna aplikacija

Kreirane su sledeće klase:

- *KNXTelegram* - predstavlja interfejs sa jednom metodom pod nazivom *send* koji implementiraju klase *Light*, *Blinds*, *FanCoil*, *StatusRequest*
- *Light* - predstavlja klasu koja je namenjena formiranju zahteva za upravljanje osvetljenjem.
- *Blinds* - predstavlja klasu koja je namenjena formiranju zahteva za upravljanje roletnama.
- *FanCoil* - predstavlja klasu koja je namenjena formiranju zahteva za upravljanje Fan Coil jedinicom, odnosno grejanjem i hlađenjem prostorije.
- *StatusRequest* - predstavlja klasu koja je namenjena formiranju zahteva za čitanje statusa uređaja ili senzora.
- *HeartBeatMonitoring* - predstavlja klasu koja služi za održavanje komunikacije sa ruterom.
- *CountingThread* - služi za brojanje proteklog vremena.
- *KNXUDPSender* - predstavlja najbitniju klasu u ovom rešenju. Iz ove klase se pozivaju sve ostale klase, a sadrži i metode za pronalazak i opis rutera, zatim za uspostavljanje, održavanje i zatvaranje konekcije, kao i za promenu i čitanje stanja objekta upravljanja.
- *Fuzzy* - je klasa koja predstavlja realizovani fuzzy regulator za upravljanje KGH sistemom. Fuzzy regulator je realizovan korišćenjem već postojećeg *jFuzzyLogic* paketa [9] napisanog u programskom jeziku Java koji implementira FCL (*Fuzzy Control Language*) specifikaciju (IEC 61131-7). Ovaj paket, između ostalog, omogućava definisanje fazi skupova i IF-THEN pravila. Klasa *Fuzzy* implementira nit koja se pokreće iz klase *KNXUDPSender* i preko nje preuzima sve potrebne podatke iz KNX mreže koji su neophodni za proračunavanje upravljanja. Upravljanje se proračunava na osnovu greške, odnosno razlike između željene i ostvarene temperature, zatim na osnovu tendencije greške i prethodnog moda rada, a upravljanje se vrši otvaranjem i zatvaranjem ventila

za grejanje i hlađenje, kao i odabirom brzine ventilatora.

- *Test* – predstavlja klasu koja preuzima komande od korisnika i prosleđuje ih na dalje procesiranje klasi *KNXUDPSender*.

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu je ukratko objašnjen postupak upravljanja KNX uređajima preko IP mreže. Programsko rešenje je formirano tako da može da podrži proširenje, odnosno ubacivanje novih komandi. Program je napisan kao konzolna aplikacija u svrhu testiranja, a za punu funkcionalnost programa treba razviti odgovarajuću aplikaciju sa grafičkim korisničkim interfejsom ili povezati ovo rešenje sa postojećom Java aplikacijom unutar BMS.

6. LITERATURA

- [1] Evropski standard EN 13321-2:2006, „*Open data communication in building automation, controls and building management – Home and building electronic system – Part 2: KNXnet/IP Communication*“.
- [2] H. Mertz, T. Hansemann, C. Hübner, „*Building Automation, Communication Systems with EIB/KNX, LON and BACnet*“, Springer, Heidelberg, 2009. ISBN 978-3-540-88828-4
- [3] F. Praus, „*A versatile networked embedded platform for KNX/EIB*“, diplomska teza, Wien, 2005.
- [4] S. Wang, „*Intelligent Buildings and Building Automation*“, Spon Press, New York, 2010. ISBN 0-203-89081-7
- [5] S. Cavaliere, G. Cutuli, „*Congestion Analysis in KNXnet/IP*“, University of Catania, Faculty of Engineering, KNX Scientific Conference 2010.
- [6] H. Langels, „*KNX IP – using IP networks as KNX medium*“, Siemens AG, Regensburg, KNX Scientific Conference 2010.
- [7] W. Kastner, G. Neugschwandtner, S. Soucek, H. M. Newman, „*Communication Systems for Building Automation and Control*“, in Proceedings of the IEEE, vol. 93, no. 6, pp. 1178–1203, June 2005.
- [8] Bruce Eckel, „*Thinking in Java, Fourth Edition*“, Prentice Hall, New Jersey, 2006. ISBN 0-13-187248-6
- [9] jFuzzyLogic: Open Source Fuzzy Logic (Java), <http://jfuzzylogic.sourceforge.net/>
- [10] G.Chen, T. T. Pham, „*Introduction to Fuzzy Sets, Fuzzy Logic, and Fuzzy Control Systems*“, CRC Press, Boca Raton, 2001. ISBN 0-8493-1658-8

Kratka biografija:



Ivan Malušev rođen je u Vršcu 1984. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Automatika i upravljanje sistemima odbranio je 2011. god.

KALIBRACIJA METODOLOGIJE ZA POTENCIJALNU UŠTEDU ENERGIJE U BOLNICAMA**CALIBRATION METHODOLOGY FOR THE POTENTIAL ENERGY SAVINGS IN HOSPITALS**

Nataša Oroz, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu opisana je metodologija za potencijalnu uštedu energije u bolnicama, sa svim parametrima od kojih potrošnja energije zavisi. Kalibracija metodologije vrši se upoređivanjem rezultata dobijenih sprovođenjem metodologije sa realnim podacima potrošnje za navedeni objekat. Kao eksperimentalni objekat, koristi se zgrada Urgentnog centra u Novom Sadu.

Abstract – This paper describes a methodology for the potential energy savings in hospitals, with all the parameters of which depend on energy consumption. The calibration methodology is done by comparing the results obtained by the implementation of the methodology with real consumption data for the specified object. As an experimental facility, used building Urgent Center in Novi Sad.

Ključne riječi: Ušteda energije, Metodologija

1. UVOD

Svjedoci smo situacije da se savremeni svijet sve više suočava sa nestašicom osnovnih sirovina i energije. To je i razlog nastanka mnogih poremećaja, pa i kriza, koje se ispoljavaju kako u nacionalnim ekonomijama tako i u svjetskoj ekonomiji. Uštede, racionalnost, efikasnost riječi su koje se najčešće čuju kada se govori o ovim sektorima, a sve sa ciljem da se obezbijedi stabilan, kontinuisan i dugoročno održivi privredni razvoj.

Zadnjih godina potrošnja električne energije ima trend stalnog uvećanja. Uz to, sve je manji raskorak između zimske i ljetne potrošnje.

Mogućnosti za štednju električne energije postoje u svim segmentima društva - realnom sektoru, neprofitnim djelatnostima, domaćinstvima itd. U ovom radu opisana je metodologija za izračunavanje potencijalnih ušteda u potrošnji energije. Subjekat istraživanja jeste objekat Urgentnog centra u Novom Sadu.

2. OPIS METODOLOGIJE

Zahtjevi dobijeni ispitivanjem većeg broja bolnica u različitim zemljama EU, pomogli su da se shvati kako se koriste različiti bolnički prostori i kakve su karakteristike njihovih zgrada. Kao rezultat tog procesa dobijen je popis specifikacija za svaku od tih bolnica.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Velimir Čongradac, docent.

Nakon što su sakupljeni svi traženi ulazi, spojeni su zajedno i generalizovani [1]. Ovaj proces generiše popis opštih zahtjeva za bolnice, uzimajući u obzir sve karakteristične potrebe bolnice. Ti zahtjevi, kao i zakonitosti i pravila, koriste se kao ulazni parametri za stvaranje metodologije.

Na osnovu tih ulaznih parametara, kao rezultat metodologije dobijamo procjenu referentne potrošnje energije za zahtijevani period.

Najprije se vrši izračunavanje potrebne energije za svaku bolničku prostoriju pojedinačno.

Potrošnja energije za čitavu zgradu predstavlja zbir potrošnji energije za svaku prostoriju posebno. Drugim riječima, definišući sobu po sobu dobijamo potrošnju energije za čitavu zgradu.

Metodologija je napravljena kombinacijom stručnih znanja svih partnera, dobavljača uređaja i zahtjeva krajnjih korisnika [2].

2.1 Ulazni parametri metodologije

Proračun potrošnje energije se vrši na osnovu sledećih ulaznih podataka:

- Opšti podaci o bolnici (položaj-geografska širina/dužina, država, grad)
- Podaci o vremenu (temperatura, vlažnost vazduha...) po položaju, po danu / noći ili po satu
- Podaci o izgradnji omotača zgrade (U-vrijednosti materijala, veličina prozora, zidova, vrata, površina prostorije, zapremina, tip prozora, tip zastora)
- Standardi za prostoriju (vrijednost temperature, dozvoljena količina CO₂, procenat vlažnosti)
- Unos broja korisnika i dodatni zahtjevi (broj ležaja u sobi bolesnika, rasporedi korištenja, mjeseci grijanja, temperaturni opseg)
- Položaj i orijentacija prostorije
- Podaci o korištenju i okupiranosti prostorije

Statistički podaci (kao što su dnevne i noćne temperature, geografska širina / dužina, relativna vlažnost i broj sunčanih sati) su realne vrijednosti preuzete sa interneta [2].

Na temelju tih podataka, za svaku vrstu prostorije računaju se srednje vrijednosti za:

- Specifične toplotne gubitke,
- Unutrašnja toplotna opterećenja (eng. *Internal heat load*) (npr. rasvjeta, ljudi, oprema),
- Apsorbovanu solarnu energiju,
- Energiju potrebnu za odvlaživanje vazduha (eng. *dehumidification*) (dobijanje željene unutrašnje vlažnosti u sezoni hlađenja).

Konačno, ove srednje vrijednosti podataka se koriste za izračunavanje najčešće korištenih pokazatelja potrošnje energije:

- Potrošnja energije za grijanje po noći,
- Potrošnja energije za grijanje po danu,
- Potrošnja energije za hlađenje po noći,
- Potrošnja energije za hlađenje po danu.

2.2 Proračun potrošnje energije

Izračunavanje potrebne energije nije isto za sezone grijanja i hlađenja, kao ni za dan i noć; pa se, stoga, koriste četiri različite jednačine.

$$Q_{hd} = \left(HDD_d \cdot P_{spec} \cdot \frac{daylength}{1000} + H - IL - SP \right) \cdot COP_{heat} \quad (1)$$

$$Q_{hn} = \left(HDD_n \cdot P_{spec} \cdot \frac{24-daylength}{1000} + H - IL \right) \cdot COP_{heat} \quad (2)$$

$$Q_{cd} = \left(CDD_d \cdot P_{spec} \cdot \frac{daylength}{1000} + H + IL - SP \right) \cdot COP_{cool} \quad (3)$$

$$Q_{cn} = \left(CDD_n \cdot P_{spec} \cdot \frac{24-daylength}{1000} + H + IL \right) \cdot COP_{cool} \quad (4)$$

Rezultati jednačina su u kWh.

Oznake u jednačinama predstavljaju sledeće vrijednosti:

- Q_{hd} (hd od heatdays) → energija utrošena za grijanje danju;
- Q_{hn} (hn od heatnights) → energija utrošena za grijanje noću;
- Q_{cd} (cd od cooldays) → energija utrošena za hlađenje danju;
- Q_{cn} (cn od coolnights) → energija utrošena za hlađenje noću;
- HDD_d → razlika spoljašnje i setovane temperature u objektu na nivou dana;

$$HDD_d = \sum (heatingDaySetpoint - outdoorDayAverageTemp) \cdot noOfDaysHeating \quad (5)$$

- HDD_n → razlika spoljašnje i setovane temperature u objektu na nivou noći;

$$HDD_n = \sum (heatingNightSetpoint - outdoorNightAverageTemp) \cdot noOfNightsHeating \quad (6)$$

- CDD_d → razlika spoljašnje i setovane temperature u objektu na nivou dana;

$$CDD_d = \sum (outdoorDayAverageTemp - coolingDaySetpoint) \cdot noOfDaysCooling \quad (7)$$

- CDD_n → razlika spoljašnje i setovane temperature u objektu na nivou noći;

$$CDD_n = \sum (outdoorNightAverageTemp - coolingNightSetpoint) \cdot noOfNightsCooling \quad (8)$$

- P_{spec} → specifični toplotni gubitak;

$$P_{spec} = \sum_{materials} (materialArea \cdot U_{value}) \quad (9)$$

gdje U_{value} predstavlja U-vrijednost materijala, odnosno toplotni prenos, koji pokazuje kolika količina toplote prolazi kroz konstruktivni element (po sekundi i kvadratnom metru površine tog konstruktivnog elementa), ukoliko je temperaturna razlika na spoljašnjoj i unutrašnjoj strani tog konstruktivnog elementa 1K.

- H → energija potrebna za odvlaživanje vlažnog zraka (objašnjeno u nastavku);
- IL → unutrašnje opterećenje, emisija toplote od

svjetla i ljudi u sobi (objašnjeno u nastavku);

- SP → solarni toplotni dobici (objašnjeno u nastavku);
- $daylength$ [h] → dužina dana, broj koji se mijenja sa geografskom širinom i danom u godini [2]:

$$dayLength = 24 \cdot \cos^{-1}(1 - m)/180 \quad (10)$$

gdje je

$$m = 1 - \tan(latitude) \cdot \tan(23.439 \cdot \cos(0.072 \cdot dayOfYear)) \quad (11)$$

(Uočavamo da $dayOfYear$ počinje na dan zimskog solsticija, a ne 1. Januara.)

- COP_{heat} → Koeficijent efikasnosti (eng. *Coefficient of performances*) za grijanje (predstavlja odnos emitovane toplotne energije i utrošene električne energije).
Kao sistem za proizvodnju toplote, u pomenutoj zgradi, koristi se toplotna pumpa.
- COP_{cool} → Koeficijent efikasnosti za hlađenje (predstavlja količinu dobijene rashladne energije, u odnosu na potrošenu električnu energiju) [3].
Za proizvodnju rashladne energije koristi se, takođe, toplotna pumpa.

Energija potrebna za odvlaživanje (eng. *dehumidification*): (postizanje željene unutrašnje vlažnosti) u sezoni hlađenja, ocjenjuje se koristeći Humidex – index koji opisuje subjektivni osjećaj kombinovanih efekata toplote i vlage [4].

Humidex se dobija po formuli:

$$Humidex = t + 0.5555 \cdot (6.11 \cdot e^{\frac{5417.755}{273.15 - dewPoint}} - 10) \quad (12)$$

gdje je:

- t → temperatura vazduha,
- $dewPoint$ → temperatura pri kojoj se vodena para kondenzuje u vodu:

$$T_d = \frac{b \cdot \gamma(t, RH)}{a - \gamma(t, RH)} \quad (13)$$

gdje je:

- RH → relativna vlažnost, i

$$\gamma(t, RH) = \frac{a \cdot t}{b + t} + \ln\left(\frac{RH}{100}\right) \quad (14)$$

Rezultat jednačine je u kWh i kasnije se uključuje u cijeli COP sistema.

Unutrašnje opterećenje (eng. *Internal load*): ukupna energija koju ljudi i svjetlost stvaraju unutar prostorije; opterećenje od rasvjete određeno je vrstom i količinom svjetala (broj svjetala u sobi), a ljudska toplota (energija) se određuje kao:

$no. of occupants \cdot no. of Hours Occupied \cdot 100/1000$ [kWh], gdje je 100 [W] toplota koju jedan čovjek stvara za sat vremena, osim za vrijeme treninga kada ta vrijednost dostiže i 200 [W]. [6]

Solarni toplotni dodaci (eng. *Solar heat gain*): energija koja dolazi od insolacije [6]. Zависи od nekoliko parametara: od vrste zastora na prozorima, vrste prozora, geografske širine, mjeseca u godini i orijentacije prozora. Zbog svoje složenosti, umjesto proračuna koriste se tablice sa brojčanim vrijednostima.

Inercija zida i toplotni kapacitet (eng. *Wall inertia and heat capacity*): najvažniji parametar koji se odnosi na

zidove je količina energije koju će prostorija sačuvati za svaki stepen promjene unutrašnje temperature. To svojstvo se zove dnevni toplotni kapacitet - količina toplote sačuvane u prostoriji tokom dana i vraćene u prostor tokom noći. Dakle, fokus je na dijelu energije koji zapravo ostaje unutar zidova na kraju dana. Tokom noći, ta energija se vraća u prostor, smanjuje potrošnju noćnog grijanja i / ili potrošnju za hlađenje prethodnog dana. Varijacije temperature zavise od svih izvora toplote.

$$\Delta T_{swing} = (Q_s - ((T_i - T_o) \cdot P_{spec} \cdot dayLength) / (2 \cdot 1000) + Q_i / 2) / DHC \quad (15)$$

gdje su:

- Q_s → solarni toplotni dodaci,
- T_i → temperature unutar prostorije,
- T_o → spoljašnja temperatura,
- P_{spec} → specifični toplotni gubitak,
- Q_i → unutrašnja emisija toplote,
- DHC → dnevni toplotni kapacitet.

Vrijednosti dnevnog toplotnog kapaciteta variraju u zavisnosti od materijala.

Na primjer, dnevni toplotni kapacitet za betonski zid je 60.7 Wh/Km^2 , 36.7 Wh/Km^2 za zid od opeke i 9.4 Wh/Km^2 za drvene dijelove. Dnevni toplotni kapacitet u velikoj mjeri objedinjuje toplotnu (termičku) masu i inerciju posmatranih soba.

3. IMPLEMENTACIJA METODOLOGIJE I REZULTATI

U ovom poglavlju biće predstavljeni rezultati implementacije metodologije na osnovu podataka dobijenih od tehničkog osoblja Urgentnog centra, i to za mjesece Januar, Mart i Oktobar tekuće godine.

Razlog za izbor baš ova tri mjeseca je želja da se provjeri ispravnost metodologije za vremenske periode sa različitim temperaturnim karakteristikama: Januar – kao zimski mjesec sa niskim temperaturama, Mart - prelazni mjesec zima / proljeće, sa nešto višim temperaturama, te Oktobar, jer sezona grijanja kreće tek od polovine mjeseca.

Korištene su sledeće vrijednosti temperatura (setpoint-i):

- setpoint za grijanje danju: 22°C ;
- setpoint za grijanje noću: 18°C ;
- setpoint za hlađenje danju: 22°C ;
- setpoint za hlađenje noću: 25°C .

Setpoint za vlažnost vazduha je 60%.

Treba napomenuti i to da su iste vrijednosti ovih parametara korištene za sve prostorije zgrade.

Za spoljašnje dnevne i noćne temperature korištene su prosječne mjesečne vrijednosti izračunate na osnovu podataka o stvarnim temperaturama u poslednjih 10 godina. Podaci su preuzeti sa sajta Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije. [7]

3.1 Prikaz rezultata

1) Mjesec Januar:

Količina utrošene energije dobijena sprovođenjem metodologije iznosi: 135,017.33 kWh.

Stvarna potrošnja za taj isti period iznosi: 181,430 kWh.

Razlika ovih vrijednosti, odnosno, u našem slučaju, „greška“ metodologije iznosi 46,412.67 kWh, ili 25.6%.

2) Mjesec Mart:

Količina utrošene energije dobijena sprovođenjem metodologije iznosi: 85,932.81 kWh.

Stvarna potrošnja za taj isti period iznosi: 120,540 kWh.

Razlika ovih vrijednosti, odnosno, u našem slučaju, „greška“ metodologije iznosi 34,607.19 kWh, ili 28.7%.

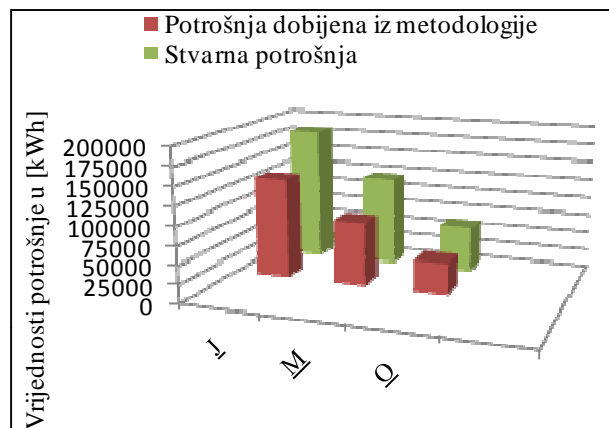
3) Mjesec Oktobar:

Količina utrošene energije dobijena sprovođenjem metodologije iznosi: 41,971.92 kWh.

Stvarna potrošnja za taj isti period iznosi: 61,230 kWh.

Razlika ovih vrijednosti, odnosno, u našem slučaju, „greška“ metodologije iznosi 19,258.08 kWh, ili 31.45%.

Dijagram sa ovim podacima prikazan je na Slici 2.



Slika 1. Upporedni dijagram potrošnje

Sa ovog dijagrama, kao i iz dobijenih vrijednosti za potrošnju možemo zaključiti da su odstupanja u sva tri slučaja dosta slična, u skladu sa vrijednostima veličina.

U procentima se kreću između 24% i 32%, što se i može smatrati dovoljnom tačnošću, s obzirom da su za proračun korišteni neki prosječni podaci o traženim veličinama.

4. ZAKLJUČAK

U ovom radu je predstavljen samo jedan od načina kalibracije metodologije. Iz dobijenih podataka, kao što je već navedeno, može se smatrati da je metodologija dovoljno tačna, s obzirom na korištene vrijednosti. Sledeći koraci kalibracije mogu biti provjera tačnosti podataka o temperaturi i omotaču zgrade, to jest, upoređivanje stvarnih temperatura za mjesece za koje je proračun vršen sa prosječnom vrijednošću koja se koristi u proračunu, i precizniji opis materijala od kojeg je napravljen omotač zgrade, pošto su u proračunu korišteni neki standardni materijali. Na osnovu ovih provjera može se doći do zaključka koliko te razlike utiču na odstupanja rezultata dobijenih metodologijom od stvarne potrošnje.

5. LITERATURA

- [1] Branislav Todorović, „Klimatizacija“, Savez mašinskih i elektrotehničkih inženjera i tehničara Srbije (SMEITS), Beograd, 1998
- [2] <http://www.hospilot.eu>
- [3] Wikipedia – Coefficient of performances, http://en.wikipedia.org/wiki/Coefficient_of_performance

- [4] Wikipedia – Dehumidification, <http://en.wikipedia.org/wiki/Dehumidifier>
- [5] How much heat per hour do humans dissipate?, www.physlink.com/education/askexperts/ae420.cfm
- [6] ASHRAE handbook of fundamentals - “Solar Heat Gain Factors (SHGFs) for selected latitudes of the Northern Hemisphere”
- [7] <http://www.hidmet.gov.rs/>

Kratka biografija:



Nataša Oroz rođena je 17.04.1987. godine u Mostaru. Osnovnu i srednju školu završila je u Nevesinju. Osnovne akademske studije završila je na Fakultetu tehničkih nauka 2010.g. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Automatika i upravljanje sistemima odbranila je 2011. god.

ANALIZA PLANA IZVRŠENJA I OPTIMIZACIJE UPITA NA SISTEMIMA ZA UPRAVLJANJE BAZAMA PODATAKA**AN ANALYSIS OF QUERY EXECUTION PLAN AND QUERY OPTIMIZATION FOR DATABASE MANAGEMENT SYSTEMS**Sofija Hotomski, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U radu je izvršeno ispitivanje arhitekture optimizatora upita i njegovog načina rada i poređenje MySQL DBMS-a i Oracle DBMS-a sa stanovišta performansi i optimizacije. Šema baze podataka je specificirana i implementirana pod SQLDeveloper-om i MySQL Query Browser-om i pomoću ovih alata vršena su ispitivanja plana izvršenja upita za odabrane, karakteristične upite.

Abstract – In this paper we analyze a query optimizer architecture and present how query optimizer works. We compared MySQL DBMS and Oracle DBMS from the standpoint of performance and optimization. A database schema is specified and implemented using SQLDeveloper and MySQL Query Browser. By means of these tools we examined query execution plans of the selected, characteristic queries.

Cljučne reči: Optimizator upita; Plan izvršenja upita; Sistemi za upravljanje bazama podataka.

1. UVOD

Rad sa bazom podataka je u današnje vreme gotovo neizostavan u svakom poslovanju. Jedna od glavnih karakteristika sistema baze podataka jeste brzina odziva na postavljene upite. Korisnici nastoje da ubrzaju rad sistema baze podataka i tako doprinesu boljoj funkcionalnosti. Savremeni sistemi za upravljanje bazama podataka automatski vrše skraćivanje vremena odziva sistema baze podataka, pomoću optimizatora upita. Performanse baze podataka direktno zavise od performansi postavljenog SQL upita. Na loše performanse SQL upita utiče loše indeksiranje, netačne statistike, previše međusobnog blokiranja transakcija i zastoja, operacije koje nisu zasnovane na radu sa skupovima podataka, loša specifikacija upita, loša organizacija baze podataka, česta rekompilacija plana izvršenja, nepravilna upotreba kursora i drugo. Zadatak optimizatora upita je da uoči i prikaže razlog loših performansi, da proceni koji SQL upit, od više ekvivalentnih, omogućava najbolje performanse baze podataka ili da izvrši reorganizaciju upita kako bi se dobio brži odziv. U ovom radu pažnja je usmerena na strukturu optimizatora upita i na ispitivanje njegovog načina rada. Da bi se ispitao način rada optimizatora, potrebno je proučiti osnovna pravila optimizacije i analizirati plan izvršenja upita. Opisano je i kako se sa stanovišta programera može uticati na poboljšanje performansi upita. Istraživanja su upotpunjena praktičnim primerima nad bazom podataka SINAUT Spectrum SCADA sistema, koji se koristi u preduzeću „DMS grupa“.

Cilj ovog rada jeste da prikaže opšta pravila optimizacije upita, kako bi se bolje razumeo način rada optimizacionih

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Ivan Luković, red.prof.

alata koji su ugrađeni u sisteme za upravljanje bazama podataka (DBMS-ove) i kako bi se došlo do ideje na koji način i upotrebom kojih tehnika se može ubrzati odziv sistema baze podataka u uslovima primene konkretnih funkcija u elektroenergetskim sistemima (EES) generalno, a posebno u konkretnim softverskim sistemima za EES koji se implementiraju od strane kompanije DMS group. Nakon proučenih mogućnosti ubrzavanja i primenjenih tehnika optimizacije, očekivani rezultat je značajno ubrzanje sistema baze podataka, koji je u mogućnosti da reaguje na promene u realnom EES-u tako da se on u svakom momentu nalazi u konzistentnom stanju.

Rad se sastoji iz osam poglavlja. Nakon uvoda opisani su delovi šeme baze podataka Dts1 koji su iskorišćeni u ovom istraživanju. Zatim slede teoretske osnove optimizacije upita, jer je optimizacija upita predmet ovog rada i poželjno je da se čitalac upozna sa pretečnom tehnologijom koje se danas koriste u optimizaciji. Nakon ovoga prikazana je arhitektura optimizatora upita, koja se mora proučiti da bi se shvatio način rada optimizatora. Zatim je opisan put koji SQL upit prolazi od od DBMS-a do odgovora i analizirani su sastavni delovi plana izvršenja upita. Potom su prikazane operacije optimizatora zasnovane na ceni, dato je poređenje MySQL Servera i Oracle Servera u pogledu performansi i optimizacije i na kraju su sumirani postignuti rezultati i značaj ovog istraživanja, dalji mogući pravci razvoja rada i ciljna publika kojoj ovaj rad može biti koristan.

2. ŠEMA BAZE PODATAKA DTS1

U ovom poglavlju opisana je struktura dela baze podataka Dts1 koji se koristi za pronalazne zakonitosti koje važe u optimizaciji. Brzina odziva baze podataka je direktno povezana sa načinom na koji je baza podataka implementirana, što podrazumeva tipove podataka koje tabela sadrži, količinu podataka koju sadrži, definisane ograničenja nad podacima, veze između tabela, definisane indekse nad kolonama tabele itd. U ovom poglavlju predstavljena je struktura pojedinih šema relacija iz baze podataka Dts1, kako bi se u daljem radu mogli razumeti rezultati optimizacije koji direktno zavise od načina implementacije šeme baze podataka Dts1. Relevantne šeme relacija su HIST_SESS, HIST_VIOLATION, HIST_VIOLATION_SESS, HIST_MEAS, HIST_LOAD i HIST_EVENT. Sve tabele sadrže podatke o sesijama i scenarijima.

Šema relacije HIST_SESS dodatno sadrži podatak o tipu sesije, odnosno podatak koji govori da li je sesija studentova ili trenerova. Primarni ključ je kombinacija id-a sesije i scenarija. Definisano je ograničenje stranog ključa nad kolonom scen_id, koja referencira kolonu scen_id u tabeli HIST_SCEN.

Tabele HIST_VIOLATION i HIST_VIOLATION_SESS su gotovo identične, sa razlikom što se u HIST_VIOLATION

nalaze sve sesije, a u HIST_VIOLATION_SESS se nalaze podaci o trenutno izvršavanoj sesiji. U ovim tabelama se nalaze podaci o prestupima koji se dešavaju usled određenih događaja ili operatorovih komandi. Primarni ključ ovih tabela je ID sekvence, kao i u tabelama HIST_LOAD, HIST_MEAS i HIST_EVENT. Sve navedene tabele referenciraju tabelu HIST_SESS putem ID-a sesije i scenarija. Šema relacije HIST_LOAD sadrži podatke o potrošačima u određenim geografskim područjima.

U njoj se nalaze podaci o sesiji, scenariju, statusu, geografskom području kojem potrošač pripada, podaci o aktivnoj i reaktivnoj snazi i interval vremena u kojem se meri snaga potrošača. HIST_LOAD referencira tabelu HIST_SESS putem kolona sess_id i scen_id.

HIST_MEAS sadrži podatke o merenjima na mreži u određenoj sesiji za dati scenario u nekom vremenskom intervalu i geografskom području. U tabelama HIST_VIOLATION, HIST_VIOLATION_SESS, HIST_MEAS, HIST_LOAD i HIST_EVENT se mogu naći nula, jedna ili više sesija iz tabele hist_sess, koje pripadaju nekom od scenarija, a svaka sesija iz ovih tabela se odnosi na tačno jednu sesiju iz tabele HIST_SESS.

Nad tabelom HIST_VIOLATION su definisani indeksi: PK_HIST_VIOLATION (indeks nad kolonom primarnog ključa), HIST_VIOLATION_AK (indeks nad kolonama scen_id, sess_id, sec) i HIST_VIOLATION_AK2 (nad kolonama scen_id, sess_id, group_id, sec_to). Nad kolonama scen_id i sess_id tabele HIST_VIOLATION definisan je indeks PK_HIST_SESS. Nad istim kolonama su definisani indeksi tabele HIST_VIOLATION_SESS. Nad kolonom seq_id je definisan indeks PK_HIST_LOAD, a nad kolonama sess_id, scen_id i sec_to je definisan indeks HIST_LOAD_AK.

3. OPTIMIZACIJA UPITA – OSNOVNA PRAVILA

U ovom poglavlju su opisana opšta pravila optimizacije upita, kako bi se shvatila teorijska osnova za povećanje performansi rada sistema za upravljanjem bazama podataka. Moderni DBMS sprovodi optimizaciju na dva nivoa: viši (logički) i niži (fizički). U daljem tekstu oznake R i S su relacije, B1 i B2 sa klauzulom where su uslov selekcije, a and je logičko i. Osnovna pravila optimizacije su:

1. Kombinovanje selekcije – važi pravilo: ($R \text{ where } B1 \text{ where } B2 \equiv R \text{ where } (B1 \text{ and } B2)$),

2. Izvlačenje selekcije ispred spoja ili Dekartovog proizvoda - ukoliko uslov B sadrži samo attribute iz relacije R, tada važi: ($R \text{ join } S \text{ where } B \equiv (R \text{ where } B) \text{ join } S$),

($R \times S \text{ where } B \equiv (R \text{ where } B) \times S$), X – Dekartov proizvod,

3. Izvlačenje selekcije ispred projekcije - neka uslov B sadrži samo projektovane attribute X, tada je: ($R[X] \text{ where } B \equiv (R \text{ where } B)[X]$),

4. Kombinovanje projekcija spoja - ako su X, Y i Z atributi od R, tada važi: ($((R[X, Y, Z])[X, Y])[X] \equiv R[X]$),

5. Izvlačenje projekcije ispred - neka su AR atributi od R, i AS atributi od S, i $AC = AR \cap AS$ (zajednički atributi od R i S). Tada važi:

($R \text{ join } S)[X] \equiv (R[(X \cap AR) \cup AC] \text{ join } S[(X \cap AS) \cup AC])[X]$). Ovim se postiže smanjenje broja n-torki koje ulaze u spoj,

6. Optimizacija skupovnih funkcija - podrazumeva niz pravila koja se mogu iskoristiti za smanjenje broja n-torki koje učestvuju u operacijama.

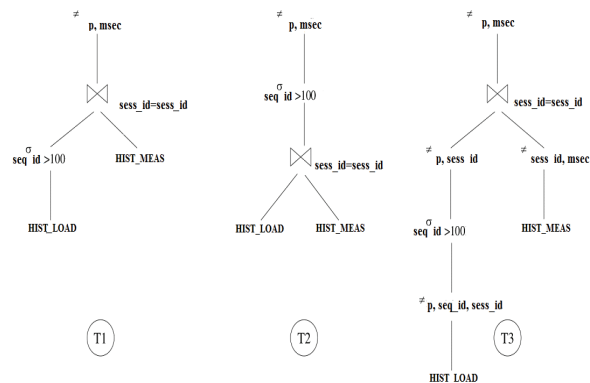
4. ARHITEKTURA OPTIMIZATORA UPITA

Proces optimizacije upita ima dve faze: reorganizacija upita i planiranje. Planer poseduje **Algebarski prostor**, koji određuje redosled izvršavanja operacija koje planer razmatra za svaki upit koji mu se pošalje. Sve serije operacija daju isti rezultat upita, ali se razlikuju u performansama. Predstavljaju se u obliku formula realcione algebre ili u obliku stabla. Primer upita:

```
SELECT HIST_LOAD.p, HIST_MEAS.msec
FROM HIST_LOAD, HIST_MEAS WHERE
HIST_LOAD.sess_id = HIST_MEAS.sess_id AND
HIST_LOAD.seq_id > 100;
```

Upit 1. - upit na osnovu kog se formiraju stabla.

Sa slike 4.1 se vidi da i za ovako jednostavan upit mogu da se formiraju različita stabla upita. Za složenije upite broj stabala može biti enormno veliki, a zadatak DBMS-a jeste da redukuje ovaj broj, odnosno prostor pretrage i zato je pažnja u ovom radu usmerena na algebarski prostor.



Slika 4.1 – Tri stabla upita 1

Pravila koje DBMS sprovodi kako bi se smanjio prostor pretraživanja zovu se restrikcije i pomoću njih se smanjuje prostor za traženje optimalnog upita. **Prva restrikcija** je da se selekcije i projekcije obrađuju u hodu i gotovo nikada ne stvaraju međurelacije, odnosno retkost je da npr. rezultat spajanja bude ulaz u neko novo spajanje. Selekcije se obrađuju kada se relaciji pristupa prvi put, a projekcije se obrađuju kada se generišu rezultati drugih operatora. U stablu T1 se za svaku pronađenu torku u HIST_LOAD koristi heširani indeks kako bi se pronašla korespondentna torka iz HIST_MEAS, odnosno koristi se ugnježdjena petlja (nested loop) uz korišćenje indeksa nad obe relacije (HIST_LOAD i HIST_MEAS). **Druga restrikcija:** Dekartov proizvod se nikada ne formira, osim kada ga upit kao takav zatraži. Relacije se uvek kombinuju kroz spajanja (joins) u upitu. **Treća restrikcija:** Unutrašnji operand svakog spajanja je relacija baze podataka, a nikada međurezultat operacija.

5. PLAN IZVRŠENJA UPITA

Da bi se izvršio upit i njegova optimizacija, upit mora da prođe kroz parser upita, optimizator upita, generator koda i procesor upita. Analiza optimizacije svodi se na analizu plana izvršenja upita koji se formira za svaki SELECT, UPDATE, INSERT i DELETE izraz. Plan izvršenja upita prikazuje redosled tabela koje upit referencira, metod pristupa svakoj tabeli iz upita, metod spajanja tabela nad kojima se vrši operacija spajanja u izrazu, operacije nad

podacima poput operacija filtriranja (*filter*), sortiranja (*sort*), agregiranja podataka (*aggregate*) itd, zatim cenu i kardinalnost svake operacije i skup particija kojima upit pristupa. U nastavku teksta biće predstavljen način na koji se pravi plan izvršenja upita najpre u DBMS-u Oracle, a potom i u MySQL DBMS-u i biće prikazano kako se taj plan može pročitati radi tumačenja operacija koje su se izvršile i donošenja zaključaka o tome koja operacija eventualno troši suviše resursa i slično.

5.1. Plan izvršenja upita u Oracle-u

Plan izvršenja upita u Oracle-u se dobija postavljanjem upita "EXPLAIN PLAN" i čitanjem rezultata iz tabele "PLAN_TABLE", ukoliko se eksplicitno ne specificira tabela u koju će se smestiti rezultat. Oracle kreira tabelu "PLAN_TABLE" prilikom izvršavanja skripte UTLXPLA-N.SQL. Upit "EXPLAIN PLAN" je oblika:

```
EXPLAIN PLAN FOR SQL_Statement
```

Specificiranje posebne tabele X u koju će se smestiti rezultat se vrši na sledeći način:

```
EXPLAIN PLAN into X;
```

Sadržaj tabele "PLAN_TABLE" podrazumeva "SELECT" upit nad ovom tabelom, oblika:

```
SELECT
kolone tabele "plan_table" koje treba prikazati
FROM plan_table start with id = 0
connect by prior id=parent_id;
```

5.2. Plan izvršenja upita u MySQL Server-u

U MySQL Serveru, plan izvršenja upita se dobija izvršavanjem "EXPLAIN" naredbe, koja automatski vraća rezultat u obliku tabele, bez potrebe da se dodatno šalje upit u explain tabelu, kao što je to slučaj u Oracle serveru. Naredba EXPLAIN je oblika:

```
EXPLAIN SELECT /select_options ili:
EXPLAIN table_name .
```

6. OPERACIJE OPTIMIZATORA ZASNOVANOG NA CENI

Za svaki SQL upit koji se izvršava optimizator baziran na ceni izvodi sledeće operacije:

1. Evaluacija izraza i uslova - podrazumeva npr. evaluaciju IN-list iteratora, distribuiranih izraza, operacija sortiranja itd. Primer 6.1 - evaluacija operacija sortiranja:

```
SELECT hv.sess_id, hs.scen_id FROM hist_violation hv, hist_sess hs
WHERE hv.sess_id = hs.sess_id AND hs.se-ss_id in (SELECT he.sess_id
FROM hist_event he
WHERE he.scen_id in (25,26,38) AND he.sess_id > 342);
```

Upit koji zahteva jedinstveno sortiranje zbog korišćenja međurezultata iz ugnježenog izraza za naredni korak operacije

Operation	Object	COST	CPU_COST	TIME
SELECT STATEMENT ()		114	27169862	2
HASH JOIN ()		114	27169862	2
HASH JOIN (SEMI)		35	10449755	1
SORT (UNIQUE)		114	35269020	2
INDEX (FULL SCAN) PK_HIST_SESS		1	18371	1
INDEX (FAST FULL SCAN) HIST_EVENT_AK2		33	7453019	1
INDEX (FAST FULL SCAN) HIST_VIOLATION_AK		78	10753742	1

Plan izvršenja upita koji zahteva jedinstveno sortiranje

2. Transformacija upita – vrste transformacija upita: sa OR operatorima u sjedinjene upite, transformacija podupita i transformacija pogleda. Primer 6.1- transformacija podupita u upit sa spojem koji se brže izvršava:

```
SELECT * FROM HIST_VIOLATION WHERE sess_id IN
(SELECT sess_id FROM HIST_VIOLATION_SESS);
```

Upit u1 - Originalni upit koji se transformiše

```
SELECT * FROM HIST_VIOLATION hv, HIST_VIOLATION_SESS hvs
WHERE hv.sess_id = hvs.sess_id;
```

Upit u2 - Transformisani upit sa spojem

3. Izbor pristupa optimizaciji - optimizator upita odabira da li će da koristi pristup zasnovan na ceni (*cost-based pristup*) ili pristup zasnovan na pravilima (*rule based pristup*),

4. Izbor putanja pristupa – da bi odabrao najbolju putanju pristupa, CBO prvo određuje koje su putanje dostupne, ispitivanjem uslova iz WHERE klauzule. Optimizator formira skup različitih planova izvršenja upita koristeći dostupne putanje i računa cenu svakog plana koristeći statistike za indekse, kolone i tabele kojima upit pristupa i bira plan sa najmanjom cenom. Primer 6.2:

```
SELECT * FROM EVAL_CRITERIA_DEF
WHERE name = 'Medium Voltage';
```

Neka je nad kolonom "name" tabele EVAL_CRITERIA_DEF definisano ograničenje jedinstvenosti ili ograničenje primarnog ključa. Optimizator tada određuje samo jedan kriterijum sa imenom 'Medium Voltage' i upit vraća tačno jedan red, odnosno upit je visoko-selektivan i optimizator najverovatnije pristupa tabeli putem "Index Unique Scan"-a koristeći indeks definisan nad kolonom primarnog ključa ili sa definisanim ograničenjem jedinstvenosti. Ako nad kolonom "name" nije definisano ograničenje primarnog ključa, niti ograničenje jedinstvenosti, optimizator tada koristi statistike kao procenu selektivnosti upita (USER_TAB_COLUMNS.NUM_DISTINCT - određuje broj mogućih vrednosti za svaku kolonu tabele i USER_TABLES.NUM_ROWS - određuje broj redova u tabeli),

5. Izbor redosleda spajanja (*Join order*) - za izraze koji uključuju spajanje više od dve tabele, optimizator pravi izbor koji par će prvi biti spojen, koji će biti rezultujući spoj i slično,

6. Izbor metode spajanja (*Join method*) - ako spajanje vraća više od jednog reda, optimizator razmatra sledeće: spajanje ugnježenim petljama je neefikasno kada spajanje vraća više od 10 000 redova; ako se koristi CBO, tada je heš spajanje najefikasnije kada operacija spajanja vraća kao rezultat veliki broj redova, a ako se koristi RBO, tada je *Merge join* najefikasnija metoda spajanja kada spajanje vraća veliki broj redova.

7. POREĐENJE MySQL SERVERA I ORACLE SERVERA U POGLEDU PERFORMANSI I OPTIMIZACIJE

Poređenje MySQL Servera i Oracle Servera je dato na osnovu: načina optimizacije koju podržavaju, posedovanja mehanizama koji olakšavaju optimizaciju i poboljšanje performansi sistema baze podataka, struktura koje podržavaju optimizaciju upita, logičke i fizičke organizacije baze podataka i raspoloživosti memorije i mogućnosti particionisanja podataka. MySQL optimizator upita vrši samo sintaksnu analizu upita, dok Oracle-ov optimizator koristi statistike podataka i procenu cene upita pomoću CBO-a. Prednost Oracle DBMS-a je u tome što ima ugrađeni mehanizam prikupljanja statistika, analizu podataka i preporuku za rešenja. Oracle Server sadrži kolekciju statistika (sistemске i optimizatorske) o performansama sistema baze podataka, *Automatic Workload Repository*. Nakon svakog AWR *snapshot*-a, pokreće se *Automatic DB Diagnostic Monitor*, koji posmatra i analizira instancu i detektuje probleme. Za savete o rešenju problema služe savetnici (*Advisor*-i). Svi ovi mehanizmi znatno olakšavaju poboljšanje performansi i ubrzavanje rada sistema baze podataka i daju značajnu prednost Oracle

Servera u odnosu na MySQL Server. MySQL Server sadrži razne mehanizme za skladištenje podataka (npr. InnoDB, koji obezbeđuje najbolje performanse sistema baza podataka prilikom procesiranja velike količine podataka ili podataka velikog obima). MySQL Server sadrži još neke mehanizme skladištenja podataka (MyISAM, CSV, ISAM itd.), međutim MySQL Server ne sadrži mehanizme za direktno upravljanje performansama kao Oracle. MySQL Server ne dozvoljava "ručnu optimizaciju", a Oracle Server podržava mehanizam hintova za kontrolu optimizatora upita.

Strukture koje podržavaju optimizaciju upita su indeksi, klasteri, heš strukture i druge. MySQL nema podršku za klasterne, dok Oracle podržava ovaj metod skladištenja podataka.

Na brzinu odziva baze podataka utiče i količina podataka koji se u njoj nalaze. Maksimalni broj kolona jedne tabele u MySQL Serveru iznosi 3398, u Oracle Serveru 1000. Prednost Oracle-a je neograničena veličina podataka u jednom redu. MySQL Server ograničava veličinu podataka u jednom redu tabele na 65534 bajtova. Na performanse baze podataka utiče i fizička organizacija podataka u bazi. Oracle sadrži mehanizam automatske alokacije prostora na disku, a MySQL ne.

MySQL Server 5.0 ne podržava mogućnost particionisanja podataka. MySQL Server 5.1 podržava particionisanje tabele, ali Oracle i dalje ima prednost, jer sadrži više tehnika particionisanja (*List*, *Range* i *Hash* tehnike) i omogućava i particionisanje indeksa, što takođe utiče na performanse sistema baza podataka. Oracle obezbeđuje bolje performanse pomoću tehnika particionisanja tako što ima sposobnost jasnog prepoznavanja i razdvajanja particija i potparticija.

Paralelno izvršavanje DML operacija (SELECT, INSERT, UPDATE i druge) je jedna od veoma bitnih tehnika koje Oracle upotrebljava u optimizaciji.

Iz navedenih konstatacija zaključujemo da je Oracle Server mnogo razvijeniji po pitanju ubrzavanja performansi i optimizacije upita.

MySQL Server je potpuno besplatan, dok Oracle ima Express Edition koji je besplatan, ali sadrži velika ograničenja na mnoge opcije. Još jedna ključna razlika između MySQL Servera i Oracle Servera su tipovi korisnika koji koriste ovaj proizvod. Naime, MySQL Server služi najviše korisnicima websajtova (npr. trenutno najrasprostranjenija društvena mreža Facebook koristi MySQL Server), dok Oracle koriste velike kompanije, koje zahtevaju kompleksnije operacije nad podacima.

8. ZAKLJUČAK

U ovom radu predstavljen je opis arhitekture i načina funkcionisanja optimizatora upita, koji pruža korisnicima bolje razumevanje optimizatora, ubrzavanje rada sistema baze podataka i poboljšavanje njegovih performansi. Takođe je skrenuta pažnja na ulogu programera u optimizaciji, bez obzira na automatizovane mehanizme DBMS-a. Za izradu rada bilo je nepodno proučiti koncepte optimizacije, proučiti arhitekturu i ponašanje optimizatora upita i upotpuniti teorijska razmatranja praktičnim primerima. Ovaj rad nastoji da na sistematičan način pruži pregled ključnih problema na koje se nailazi prilikom optimizacije upita i rešenja koja su u skladu sa optimizatorima upita u Oracle i MySQL sistemima. Očekivani rezultat je bilo što veće ubrzanje sistema baze podataka, koji bi bio u mogućnosti da reaguje na promene u realnom elektroenergetskom sistemu tako da se on u

svakom momentu nalazi u konzistentnom stanju. Međutim, ono što je postignuto jeste da se odziv baze podataka dovede na prihvatljiv nivo, da se ubrzaju pojedini upiti i da se ispita razlog usporavanja, kao i da se otkriju određene zakonitosti koje važe kako bi se ubuduće oni primenili na sličnim problemima. Ispitivanjem načina rada optimizatora i pravila optimizacije, ubrzane su mnoge funkcije baze podataka Dts1. Otkrivene zakonitosti su primenljive i na drugim relacionim bazama podataka, stoga bi ovaj rad mogao biti koristan i za druge korisnike relacionih baza.

Jedan od mogućih daljih pravaca razvoja je izučavanje optimizacije na još nekim DBMS-ovima i poređenje sa optimizatorima koji su izučeni u ovom radu. Pored poređenja u smislu optimizacije i performansi, različiti DBMS-ovi se razlikuju međusobno i po pitanju cene, namene, sigurnosti, sintakse, eksterne programske podrške, tipova podataka koje podržavaju, tipova tabele koje sadrže, zatim po pitanju administracije i načina održavanja, mogućnosti migracije šeme baze podataka, tipova skladišnih struktura, fizičke i logičke organizacije podataka i slično. Poređenje DBMS-ova na osnovu svih ovih kriterijuma je korisno da bi korisnik odlučio koji od njih najviše zadovoljava potrebe i olakšava upotrebu njegove baze podataka. Optimizatori su razvijani vremenom, te se oni dosta razlikuju između različitih verzija DBMS-ova, ali imaju i dosta sličnosti. Korisno bi bilo ispitati koje su to sličnosti, a koje su specifičnosti između različitih verzija jednog DBMS-a, kako bi se utvrdilo koja verzija je najpogodnija za korišćenje u kojim slučajevima i kako bi se uočile prednosti određenog DBMS-a koje se ne menjaju vremenom, a koje su slabosti koje su uklonjene vremenom. U ovom radu nije ispitan tok razvoja optimizatora upita, a to bi mogao biti jedan od daljih pravaca razvoja ove teme.

9. LITERATURA

- [1] Pavle Mogin, Ivan Luković, "Principi projektovanja baza podataka", Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, MP "STYLOS" Novi Sad, 1996.
- [2] Paul Dubois, "MySQL", 3rd edition, Sams, 2005. ISBN 9780672326738
- [3] Nikola Rajaković, Analiza elektroenergetskih sistema I, Elektrotehnički fakultet Akademski misao, Beograd, 2002. ISBN 86-7466-072
- [4] Tom Best, M.J. Billings, "Oracle Database 10g: Administration Workshop I", Edition 3.0, November 2005.
- [5] Oracle 10g dokumentacija
http://download.oracle.com/docs/cd/B10500_01/server.920/a96533/optimops.htm#721
- [6] MySQL 5.0 dokumentacija
<http://dev.mysql.com/doc/refman/5.0/en/optimization.html>

Kratka biografija:



Sofija Hotomski rođena je u Beogradu 1987. god. Fakultet tehničkih nauka upisala je 2006. god. Bečelorski rad iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Računarske nauke i informatika odbranila je 2010. god. Master rad iz iste oblasti odbranila je 2011. god.

WDM, DWDM I DIZAJN WDM MREŽE**WDM, DWDM AND DESIGN OF WDM NETWORK**Nataša Pržulj, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*Oblast – **ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – *Ovaj rad bavi se WDM i DWDM tehnologijom, planiranjem WDM mreže, kao i uticajem određenih parametara na ispravnost funkcionisanja i performanse optičkog sistema za prenos.*

Abstract – *This paper deals with the WDM and DWDM technologies, design of the WDM network, and also deals with influence of certain parameters that are essential for the correct operation of the optical system.*

Ključne reči: *optički sistem prenosa, optičko vlakno, WDM, DWDM, multipleksiranje, demultipleksiranje*

1. UVOD

Povećanje obima telekomunikacionog saobraćaja zahteva proširenje kapaciteta i brzina postojećih telekomunikacionih mreža. Jedan od načina jeste korišćenje multipleksiranja signala po talasnim dužinama. Multipleksiranje po talasnim dužinama (WDM – Wavelength Division Multiplexing) predstavlja tehnologiju koja je omogućila kombinovanje više različitih optičkih signala na različitim talasnim dužinama radi prenosa preko jednog optičkog vlakna.

Prednost DWDM (Dense WDM) tehnologije jeste da obezbeđuje višestruko povećanje kapaciteta prenosa. DWDM koristi mogućnost prenosa više talasnih dužina svetlosti istovremeno jednim optičkim vlaknom. To su talasne dužine iz trećeg optičkog prozora (1530 – 1565 nm), tj. iz oblasti u kojoj je zabeleženo najmanje slabljenje jednomodnog optičkog vlakna.

Planeri mreža moraju da optimizuju električne i optičke parametre da bi osigurali nesmetan rad WDM mreže. Oni obično ne uzimaju u obzir heuristiku (iskustvo) optičkog nivoa. Ovakvi propusti često mogu biti katastrofalni.

2. RAZVOJ SISTEMA ZA OPTIČKI PRENOS

Godine 1870. Džon Tindal (John Tyndall), irski filozof i prirodnjak, sproveo je prvi naučni pokušaj u spoznavanju osobina svetlosti tako što je propuštao svetlosni zrak kroz mlaz vode.

Izum lasera 1960. godine doveo je do razvoja optičkih sistema velikog kapaciteta. Ovim otkrićem, ideja Alberta Ajnštajna poznata još od 1905. godine, da se svetlost sastoji od energetskih paketa tzv. fotona, dobila je praktičnu primenu, ali i istraživači su svoje interesovanje usmerili ka pronalasku načina na koji bi se vidljivo svetlo moglo iskoristiti kao komunikacioni medij, što je rezultiralo pojavom optičkog vlakna.

Putovanje svetlosti kroz staklena vlakna omogućava totalna unutrašnja refleksija. 1970. godine proizvedeno je prvo optičko vlakno sa slabljenjem manjim od 20 dB/km, koji je koristio poluprovodnički laser od galijum-arsenida (GaAs) i koji je radio na talasnoj dužini od 0.8 μm. Sa ovim kablovima bilo je moguće ostvariti prenos od 45 Mb/s i pojačavačkim stanicama na 10 km. Veliki gubici u ranim generacijama optičkog vlakna (1000 dB/km), nastajali su zbog nečistoća unutar stakla, a ne zbog unutrašnjeg ograničenja samog stakla. Posle ovoga počinje intezivan razvoj optičkih komunikacija.

Devedesetih godina prošlog veka razvija se uskopojasni WDM, kod koga se razvija od dva do osam kanala. Ti kanali su smešteni na rastojanjima od oko 400 GHz u prozoru 1550 nm. Posle ovih sistema razvijeni su sistemi gustog WDM (dense WDM-DWDM), sa 16 do 40 kanala i razmakom od 100 do 200 GHz. Pojavljuju se i OADM optički add-drop multiplekseri, kao i korišćenje tzv. L banda, blizu 1625 nm.

3. WDM**3.1. Struktura WDM sistema**

U telekomunikacijama koje se zasnivaju na optičkim vlaknima, WDM je tehnologija koja multipleksira višestruke optičke nosioce signala, kroz jedno optičko vlakno, koristeći različite talasne dužine (boje) laserskog svetla za prenos različitih signala. WDM-om je omogućeno povećanje kapaciteta već postojećih optičkih mreža, a takođe i dvosmernu komunikaciju kroz jedno optičko vlakno.

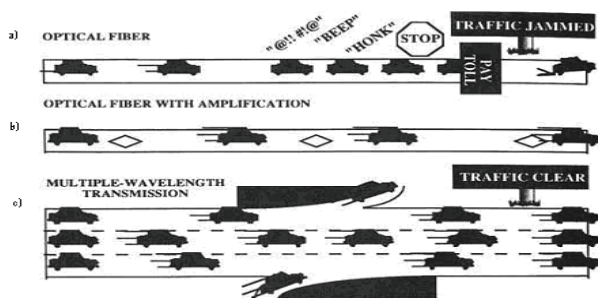
WDM sistem možemo posmatrati kao jednu traku, velike brzine na autoputu, kao na slici 1, u kojoj su automobili paketi optičkih podataka, a autoput je optičko vlakno. Međutim, približno 25 THz-no optičko vlakno može se prilagoditi mnogo većoj širini propusnog opsega, nego saobraćaju po jednoj traci. Pre nego pokušavajući da nagura više vozila u jednu traku, pri rastućim brzinama, WDM iskorištava potpunu upotrebljivost svih traka.

Automobili (paketi optičkih podataka) kreću se različitim trakama autoputa, pri različitim brzinama i njima prenose različite tipove informacija. Naime, da bi se povećao kapacitet sistema, može se slati istovremeno nekoliko nezavisnih, različitih, talasnih dužina niz vlakno, čime bi se u potpunosti iskoristila širina propusnog opsega.

Dakle, namera je bila da se razvije autoput od više traka, gde će svaka traka predstavljati putanju podatka, na različitoj talasnoj dužini. Na ovaj način WDM sistemom je omogućena veća propustljivost optičkog vlakna.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je dr Željko Trpovski, vanr. prof.



Slika 1.

- a) Prenos većeg broj signala kroz jedno optičko vlakno
- b) Prenos većeg broj signala kroz jedno optičko vlakno uz pojačanje
- c) Prenos većeg broj signala kroz jedno optičko vlakno upotrebom WDM-a

3.2. Komponente potrebne za ostvarivanje WDM tehnologije

Osim optičkog kabela, koji treba da ima malo slabljenje i odgovarajuće prenosne karakteristike za WDM veze, komponente potrebne za ostvarivanje WDM tehnologije su sledeće:

- Optički filtri
- Multiplekseri, demultiplekseri
- WDM predajnici
- WDM prijemnici
- Optički pojačavači (EDFA)
- Optički komutatori i usmerivači.

3.3. Optički filtri

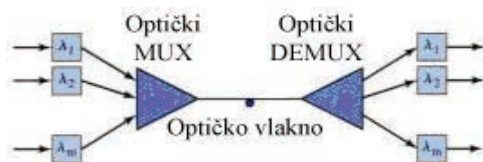
Optički filter je jedna od osnovnih komponenti WDM sistema. Najvažnija osobina filtra jeste njegova prenosna karakteristika jer utiče na funkcionisanje čitavog sistema. Širina propusnog opsega filtra treba da bude usklađena sa međukanalnim razmakom talasnih dužina, da ne bi došlo do preslušavanja (engl. crosstalk). U sistemima koji koriste veći broj filtera, ukupna karakteristika širine propusnog opsega biće određena njihovom kaskadnom raspodelom. Vrste filtera koje se koriste u WDM sistemima:

- Fixed Interference Filter (filter sa stalnim mešanjem)
- Podesivi Fabri-Perot Filter
- Filtri koji deluju na principu Bragg-ove skretne rešetke (Bragg Grating).

3.4. Multiplekseri i demultiplekseri

Multipleksler tj. demultipleksler je ključni deo WDM sistema koji kombinuje ili rastavlja više različitih talasnih dužina tako da se mogu prenositi jednim vlaknom u isto vreme.

Što je više tih talasnih dužina, to je više podataka koji se prenose. WDM predajnik koristi multipleksler za kombinovanje (spajanje) signala u jedan snop, a prijemnik koristi demultipleksler da bi te signale razdvojio na komponente različitih talasnih dužina i usmerio ih ka njihovom odredištu. Na slici 2 prikazan je princip rada multipleksera tj. demultipleksera.



Slika 2. Princip rada multipleksera i demultipleksera

3.5. Izvori, modulatori i detektori optičkog signala

Izvori i detektori optičkih signala predstavljaju značajan deo svakog optičkog prenosnog sistema jer vrše pretvaranje električnog signala u svetlosni i obrnuto.

U optičkim sistemima se koriste dve vrste svetlosnih izvora:

- elektroluminiscentne diode i
- laseri.

Eksterni modulator je analogni uređaj koji ograničava svetlost, pri čemu dopušta da količina propuštene svetlosti varira, od neke maksimalne vrednosti do neke minimalne vrednosti.

Optički detektori pretvaraju optički signal u električni, i predstavljaju veoma bitan ali ograničavajući faktor u optičkom prenosnom sistemu. Detektori rade na principu apsorpcije fotona u p-n spoj. Upadni foton pri udaru o p-n spoj, predaje elektronu, u valentnom nivou, dovoljnu energiju da ga pokrene ka provodnom opsegu, stvarajući pri tome slobodan elektron i šupljinu (elektron-šupljinu).

3.6. Pojačavači signala, regeneratori i optički pojačavači

Posle dovoljno dugog prenosa, slabljenje u vlaknu smanjuje snagu signala na nivo osetljivosti prijemnika. Ako se koriste duži sistemi biće potrebno povećati snagu signala, regeneracijom, pre ponovnog prenosa.

Komercijalni WDM sistemi ponekad koriste regeneratorske stanice sa optičko-elektro-optičkim pretvaranjem (optical-electrical-optical regeneration).

Najčešće se koriste 1R (Reamplification), 2R (Reamplification, Reshaping) i 3R (Reamplification, Reshaping, Retiming) regeneratorske stanice.

Elektronski elementi predstavljaju usko grlo prenosnog puta, što znači da u slučaju povećanja kapaciteta sistema potrebno je promeniti terminalsku opremu i pojačavače. Kao alternativa tome mogu biti optički pojačavači.

Optičkim pojačavačima kod kojih je vlakno dopirana erbijumom (EDFA- Erbium Doped Fiber Amplifier) dobija se pojačanje od 20 do 30 dB, pa u tom slučaju povećanje kapaciteta se ostvaruje samo promenom terminalske opreme. Optički pojačavači omogućuju istovremeno pojačanje većeg broja kanala. Zbog toga se koriste u WDM sistemima.

3.7. Optički komutatori i usmerivači

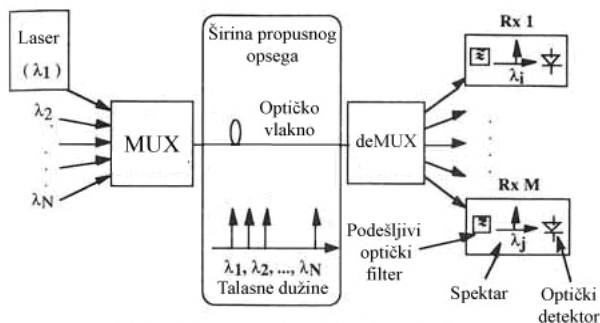
WDM instalacije prenose grupe podataka od izvora do odredišta. Kada podatak stigne na odredište, mora biti pregledan i preusmeren na svoje krajnje odredište, što se obavlja tehnologijama komutacije i usmeravanja (switching & routing). Uređaji koji obavljaju ove operacije zovu se komutatori (switch) i usmerivači (router). Od komutatora se zahteva transparentnost, posebno u oblasti trećeg prozora, visok stepen izolacije kanala (nizak nivo preslušavanja) i mali gubici (insertion loss).

3.8. Funkcionisanje WDM sistema

U WDM sistemu prikazanom na slici 3. svaki laser mora da emituje svetlost različitim talasnim dužinama, nakon čega se sva ta emitovana svetlost zajedno multipleksira kroz jedno optičko vlakno. Nakon prenosa kroz vlakno, kombinovani optički signali na prijemnom kraju moraju biti demultipleksirani, raspodeljujući ukupnu optičku

energiju svakom izlaznom portu. Nakon raspodele, zahteva se da svaki prijemnik selektivno obnovi samo jednu talasnu dužinu koristeći podesiv optički filter. Svaki laser je posebno modulisan na određenu brzinu.

Ukupan kapacitet koji je poslat duž širine propusnog opsega vlakna jeste zbir brzina prenosa pojedinačnih lasera. Kao primer, proširenje kapaciteta sistema je situacija u kojoj deset signala brzine 2.5 Gbita/s mogu biti prenešeni kroz jedno vlakno, davajući pri tome kapacitet sistema od 25 Gbita/s.

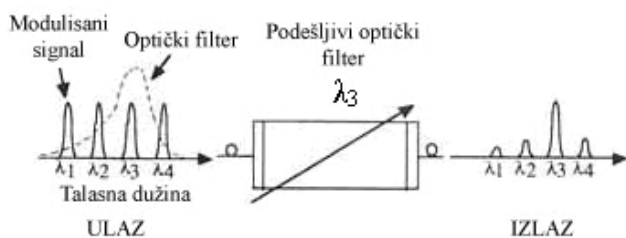


Slika 3. Primer multipleksiranja

Koncept demultipleksiranja talasnih dužina korišćenjem optičkog filtra prikazan je na slici 4. Prikazana su četiri kanala koja su ulazi optičkog filtra, koji nema baš idealnu filtersko prenosnu funkciju.

Najviša tačka filterskog prenosa postavlja se u sredinu iznad željenog kanala, u slučaju λ_3 taj kanal se prenosi, a ostala tri se blokiraju. Zbog, ne baš idealne filtersko prenosne funkcije, nešto malo optičke energije susednih kanala procuri kroz filter, prouzrokujući međukanalno, tj. međutalasno preslušavanje (crosstalk).

Preslušavanje ima efekat snižavanja proporcione razlike odabranog signala. Takva pojava može biti smanjena uvećanim spektralnim razdvajanjem kanala.



Slika 4. Optički WDM kanal demultipleksovan optičkim filtrom

4. DWDM

4.1. Strukura DWDM sistema

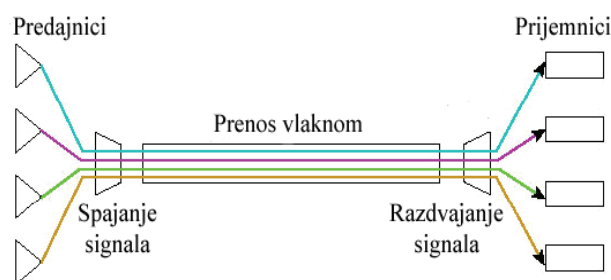
Sredinom devedesetih godina 20. veka pojavili su se DWDM sistemi sa 16 do 40 kanala i razmakom od 100 do 200 GHz.

Do kraja devedesetih DWDM su dostigli 64 do 160 kanala, gusto pakovanih sa razmacima od 50 GHz, čak i 25 GHz. Na slici 5 prikazana je funkcionalna šema DWDM-a za četiri kanala. Svaki optički kanal ima svoju talasnu dužinu.

4.2. Optička vlakna DWDM sistema

Monomodna vlakna eliminišu međutalasnu disperziju i signal je moguće preneti na velika rastojanja sa mnogo

manje izobličenja. Zbog toga se uglavnom monomodna vlakna koriste kod DWDM.



Slika 5. Funkcionalna šema DWDM-a

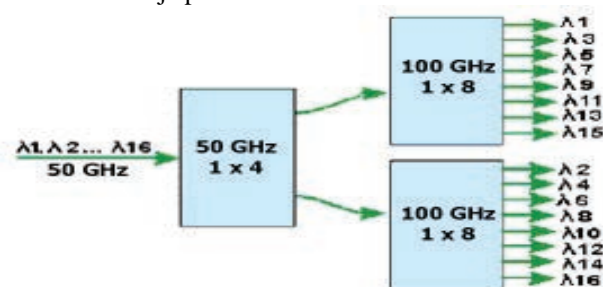
4.3. Multiplekseri i demultiplekseri DWDM sistema

Skora ekspanzija DWDM tehnologije primorala je proizvođače optičkih vlakana da razviju DWDM multipleksere i demultipleksere, koji će moći podržati veći broj optičkih talasnih dužina na malom rastojanju. Projekat izrade zahtevao je uske propusne opsege, da bi se obližnji kanali razdvojili i omogućio stabilan rad pri povećanoj temperaturi.

Poboljšanja u optičkim filterima i uskopojasnim laserima dozvoljavaju DWDM-u kombinaciju većeg broja talasnih dužina, koji su u vidu razdvojenih kanala spojeni u jedan signal multipleksiranjem, i poslati kroz jedno optičko vlakno.

4.4. Interliving tehnologija

Interliving tehnologija ubrzano postaje sve više korišćena, u DWDM sistemima, jer omogućava veoma gusto pakovanje kanala na rastojanja od 50 GHz i manje. Dva odvojena multipleksera ili demultipleksera, koji imaju rastojanje između kanala duplo veće od zahtevanog na izlazu, kombinuju se interlivingom kako bi pokrili ceo opseg talasnih dužina od interesa. Jedan multiplekser (demultiplekser) pokriva parne kanale, a drugi neparne kanale kao što je prikazano na slici 6.



Slika 6. Kombinacijom dva demultipleksera i interlivera postiže se razmak između kanala od 50 GHz sa dva demultipleksera od 100 GHz

4.5. Laserski predajnici DWDM sistema

DFB (Distributed Feedback) laseri najviše odgovaraju primenama u DWDM sistemima jer emituju skoro monohromatsku svetlost, sposobni su za velike brzine, imaju pogodan odnos signal/šum i imaju dobru linearnost. DFB laseri, takodje, imaju centralne talasne dužine u oblasti oko 1310 nm i od 1530 do 1565 nm. Oblast od 1530 do 1565 nm kompatibilna je sa EDFA pojačavačima. DFB laseri su dostupni na precizno određenim talasnim dužinama.

4.6. Optički pojačavači DWDM sistema

Sastavni delovi DWDM sistema su optički pojačavači, koja pružaju mogućnost primanja i pojačavanja optičkih signala, ne pretvarajući ih u električne signale. DWDM sistemi pojačavaju širok opseg talasnih dužina u okolini 1550 nm.

EDFA je raspoloživ u C i L bendovima ali u dosta uskom opsegu (1530-1564 nm), sa minimalnim slabljenjem u opsegu od 1500 nm do 1600 nm.

Pronalazak optičkih pojačavača, širokog opsega, sa ravnomernim pojačanjem (Flat-Gain Wideband Optical Amplifier) značajno su povećali održivost DWDM sistema, povećanjem udaljenosti do koje je moguć prenos. Prvi tipovi pojačavača koji su bazirani na čipu, a koji su uspeli da se izbore sa zahtevom da se pojača veliki broj DWDM kanala bez mešanja su LOA (Linear Optic Amplifier). LOA su veoma pogodni za korišćenje u MAN i pristupnim mrežama.

4.7. Razmak između kanala

DWDM razmak između kanala (DWDM Channel Spacing) upravlja sistemskim performansama. Frekvencije od 25 GHz, 50 GHz i 100 GHz opisuju u ITU standardima razmak između kanala, tj. ITU rešetku reference ITU-T G.694.1.

5. PLANIRANJE-DIZAJN WDM MREŽE

Planeri mreža moraju da optimizuju električne i optičke parametre da bi osigurali nesmetan rad WDM mreže. Da li je mrežna topologija tačka-tačka, prsten ili zvezda, sistem dizajn može da se planira na dva načina, kao optički dizajn ili kao električni dizajn sistema ili viši-sloj dizajn.

Optički nivo (WDM nivo) pojavljuje se kao fizički nivo, čija je funkcija prenos neobrađenih bita (pogotovo kod većih bitskih brzina) sa zanemarljivim gubicima. Konvencionalni planeri mreža, obično ne uzimaju u obzir heuristiku (iskustvo) optičkog nivoa. Ovakvi propusti često mogu imati ozbiljne posledice. Sve dok su bitska brzina i prenosna dužina ispod određenog nivoa ograničenja (primer male mreže), tada često nije potrebno da se razmatraju optički parametri. Međutim, kod porasta bitskih brzina i prenosnih dužina, ovi optički parametri imaju važnu ulogu u mreži. Planeri mreža moraju uzeti u obzir efekte ovih parametara i praviti mreže koje će moći da se prilagode ovim parametrima.

6. ZAKLJUČAK

U radu je prvo dat pregled tehnologija pogodnih za prenos kroz optičku transportnu mrežu.

WDM je važna karakteristika za povećanje kapaciteta sistema. Ona se čini logičnim izborom pri iskorištavanju velikih kapaciteta optičkih vlakana, ali zahteva odabir talasnih dužina izvora, te multipleksiranje u demultipleksiranje na krajevima transmisijskih linkova.

Fundamentalna ograničenja povezana sa nelinearnošću vlakna ograničavaju produkt udaljenost-broj talasnih dužina. Tu su problemi i sa dizajnom pojačavača koja zahtevaju ravnu karakteristiku propusnog pojasa. Uticaj preslušavanja se ne sme zanemariti jer, kako je pokazano, međusobni uticaj kanala izvor je velikih smetnji. Nijedna

tehnologija ne pruža optimalno rešenje za sve primene. Današnji razvoj DWDM-a zahteva kompromise između odabira performansi, cene, fleksibilnosti i pouzdanosti sistema. DWDM će nastaviti da obezbeđuje propusni opseg za veliki protok podataka.

U stvari, kapacitet sistema će rasti kako napreduje tehnologija koja obezbeđuje bliže raspoređivanje kanala, a zbog toga i veliki broj talasnih dužina. Ali DWDM prestaje da bude samo nova tehnologija prenosa podataka, nego postaje osnova sve-optičkog umrežavanja sa obezbeđivanjem talasnih dužina i zaštitom zasnovanoj na topologiji tipa mreže.

Najnoviji sistemi na 40 Gb/s znatno povećavaju mogućnost iskorišćenja propusnog opsega. S druge strane, brzi sistemi podležu intenzivnijem uticaju disperzije i nelinearnih efekata u vlaknu. Zato je neophodna precizna kompenzacija disperzije.

Kompenzacija disperzije mora se obavljati po svakom optičkom kanalu da bi se postigle željene karakteristike sistema. Svi efekti degradacije signala u savremenim DWDM sistemima imaju kompleksne međusobne interakcije i stoga posledice koje se ne mogu zanemariti jer direktno utiču na brzinu prenosa i razdaljinu na koju se signal može preneti.

Performanse brzih sistema će izuzetno zavistiti od vrste vlakna, a modulacioni format signala će igrati presudnu ulogu u postizanju određene spektralne efikasnosti sistema i njegove otpornosti na efekte disperzije i preslušavanja.

7. LITERATURA

- [1] *DWDM fundamentals, components and applications*, Jean-Pierre Laude
- [2] *WDM technologies, Optical Network*, Achyut K. Dutta, Niloy K. Dutta, Masahiko Fujiwara
- [3] B.Mukherjee, *Optical WDM Networks*, Springer, 2006.
- [4] J.Simmons, *Optical Network Design and Planning*, Springer, 2008.
- [5] Ljolje, M., *Oblikovanje optičke transportne mreže s valnim multipleksom za prijenos IP datagrama, diplomski rad*, FER 2001.
- [6] <http://www.optoplex.com/PDF/DWDM-ITU.pdf>
- [7] <http://www.fiber-optics.info>
- [8] <http://www.iec.org/online/tutorials/dwdm>

Kratka biografija:



Nataša Pržulj rođena je u Sarajevu 1986. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Komunikacione tehnologije i obrada signala odbranila je 2011.god.

Generalizacija sistema za automatsko testiranje STB - Starter Kit

Dušan Vujović, Dako Banika, Jan Zloh, Živko Radonjić, Nikola Vranić

Sadržaj — U ovom radu predstavljen je univerzalan sistem za automatsko testiranje STB-a (Set-Top box) u vidu Starter Kita, koji vrši testiranje kompletne funkcionalnosti STB-a. Predloženi sistem se sastoji od skupa testova koji su pravljani tako da budu što univerzalniji, jednostavniji i demonstrativniji i koji se sa veoma jednostavnim izmenama mogu prilagoditi za testiranje različitih vrsta STB-a. Na taj način je skraćeno vreme neophodno za formiranje specifičnih testova uvek od početka. Umesto toga, testovi za novi STB se jednostavno generišu adaptacijom postojećih, što omogućuje brzo i efikasno testiranje STB-a. Da bi testovi bili što prilagodljiviji i generalniji, a u zavisnosti od toga šta testiraju, podeljeni su u grupe. Opis test grupa, kao i opis celokupnog sistema uređaja koji se koristi za testiranje, sa kompletnom sistemskom podrškom, dat je u ovom radu.

Ključne reči — Testiranje STB, Starter Kit

I. UVOD

TESTIRANJE je proces u kome se pronalaze greške uređaja, kako bi se obezbedio visok nivo kvaliteta proizvoda [1], a krajnji korisnici bili zadovoljni. Ispitivanje STB-a je kompleksan proces u kojem se ispituju sve njegove funkcionalnosti, kako hardverske tako i softverske. Može biti ručno i automatsko. Automatski način testiranja je mnogo brži i efikasniji od ručnog. Kod automatskog testiranja, najviše vremena se troši na formiranje testova, što može biti veoma dug i naporan posao, pogotovo ukoliko meni STB-a ima veliki broj stavki čiju funkcionalnost treba ispitati.

Različiti STB-ovi imaju različite menije, koji se razlikuju u pogledu kompleksnosti grafike, veličine slova, rasporeda funkcija itd. Međutim, njihove funkcije imaju sličnu funkcionalnost, a samim tim i način testiranja je dosta sličan. Kod svih tipova STB-ova se mora ispitati grafika, mogućnosti biranja i čuvanja programa, zatim dekodovanje i reprodukcija slike i zvuka različitih formata pri različitim rezolucijama, te rad sa teletekstom,

Ovaj rad je delimično finansiran od Ministarstva prosvete i nauke Republike Srbije, projekat 44009, od 2011. godine.

Dušan Vujović, Autor, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija; (e-mail: dušan.vujovic@rt-rk.com)

Dako Banika, Koautor, RT-RK Computer Based Systems, Novi Sad, Srbija (e-mail: dako.banika@rt-rk.com).

Jan Zloh, Koautor RT-RK Computer Based Systems, Novi Sad, Srbija (e-mail: jan.zloh@rt-rk.com).

Živko Radonjić, Koautor, RT-RK Computer Based Systems, Novi Sad, Srbija (e-mail: zivko.radonjic@rt-rk.com).

Nikola Vranić, Koautor, RT-RK Computer Based Systems, Novi Sad, Srbija (e-mail: nikola.vranic@rt-rk.com).

NAPOMENA:

- Ovaj rad proistekao je iz master rada Dušana Vujovića. Mentor je bio dr Željen Trpovski.
- Rad je prethodno publikovan na konferenciji TELFOR, Beograd, novembar 2011.

prevodima i sl.[2].

U ovom radu predložen je univerzalni sistem za automatsko testiranje STB-a koji nudi već gotove testove, koji se mogu efikasno prilagoditi svim vrstama STB-a. To prilagodavanje je osmišljeno tako da bude što jednostavnije, kako bi se moglo izvršiti u što kraćem vremenskom periodu. Testovi su osmišljeni tako da budu dovoljno jednostavni i demonstrativni, da je iz njih lako zaključiti kako napraviti istu vrstu testova za novi STB ili novu vrstu testova.

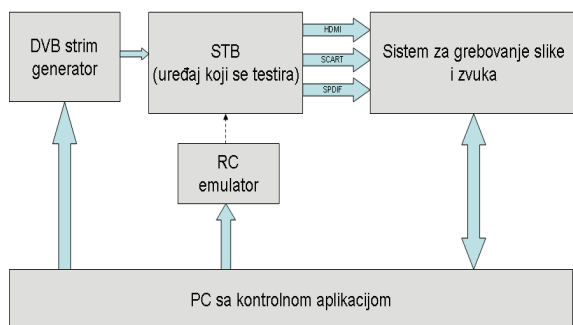
Radi jednostavnosti prilagodavanja testova novom STB-u, svi delovi testova koji se menjaju izdvojeni su iz samih testova u vidu makroa i smešteni u posebne datoteke. Makro je skup komandi nekog testa, koje su specifične za svaki tip STB-a, pa se moraju menjati. Makroi su napravljeni u posebnim datotekama, koje su smeštene unutar konfiguracionog direktorijuma aplikacije koja se koristi prilikom testiranja. Dakle, sve promene koje je potrebno izvršiti, vrše se unutar datoteka u konfiguracionom direktorijumu, dok se sadržaj samih testova ne menja. Na ovaj način se uštedi dosta vremena prilikom formiranja testova, a pri tom se ne gubi na efikasnosti.

Da bi testiranje bilo sveobuhvatno i efikasno potrebno je, pored STB-a i računara, posedovati i odgovarajuću opremu. Ispravan način povezivanja opreme, kao i opis kompletnog procesa testiranja, demonstriran je u ovom radu.

Nastavak rada je podeljen u nekoliko celina. Fizička struktura i sistemski podrška za testiranje opisani su u odeljku II, dok je struktura testova i proces testiranja opisan u odeljku III. U odeljku IV opisan je proces dobijanja rezultata. Na kraju rada u odeljku V nalazi se zaključak.

II. OSNOVNA STRUKTURA STARTER-KIT-A I SISTEMSKA PODRŠKA

Fizička struktura sistema za automatsko testiranje sastavljena je od uređaja koji se testira i dodatne opreme koja je povezana sa STB-om i računarom i služi kao fizička podrška Starter Kitu. Blok šema kompletnog sistema, na kojoj se jasno vidi način povezivanja uređaja i njihova uloga u sistemu, prikazana je na Sl. 1. Kompletan spisak uređaja koji se koriste prilikom testiranja, kao i način njihovog povezivanja, dat je u nastavku.



Sl. 1: Blok šema uređaja koji se koriste u testiranju.

Osnovnu strukturu sistema za testiranje predstavljaju: (i) STB tj. uređaj koji se testira, (ii) DekTec kartica (DVB-Digital Video Broadcasting signal generator) koja služi za puštanje odgovarajućih strimova u svrhu testiranja, ukoliko je to potrebno, (iii) uređaj za snimanje slike i zvuka (NAVIC) [3], (iv) RC (Remote Controller) emulator, daljinski upravljač i (v) sistemska podrška.

Od izuzetne važnosti za testiranje je ispravno povezivanje navedenih uređaja, a za to su neophodni sledeći kablovi: RF kabl, LAN (local area network) kabl, kabl za napajanje, SCART kabl, HDMI kabl, SPDIF kabl sa koaksijalnim izlazom i USB mini kabl.

Prikaz uređaja sa kablovima koji se koriste za njihovo povezivanje u Starter Kit-u dat je na Sl. 2.

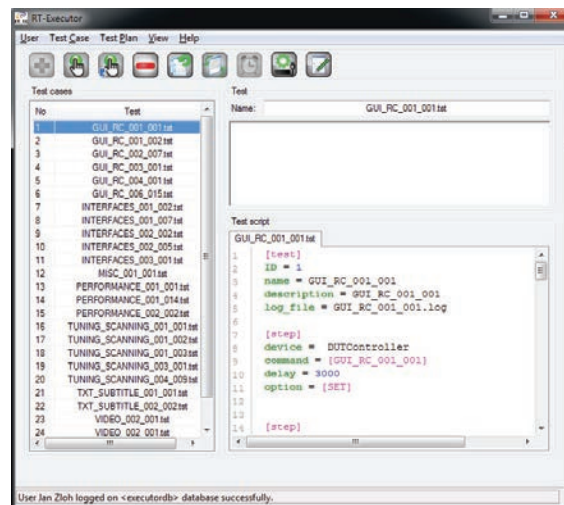


Sl. 2: Uređaji i kablovi koji se koriste u testiranju: (a) NAVIC, (b) STB uređaj, (c) DekTec kartica, (d) RC emulator, (1) kabl za napajanje, (2) HDMI kabl, (3) RF kabl, (4) LAN kabl, (5) SCART kabl, (6) SPDIF kabl, (7) USB mini kabl

Uređaji se povezuju na sledeći način. Prvo se u slobodan slot kompjutera postavi DekTec kartica. Zatim se izlaz kartice poveže sa RF ulazom STB-a pomoću RF kabla. Na taj način je omogućeno puštanje transport strimova. Nakon toga uređaj za snimanje slike i zvuka se povezuje sa računarnom pomoću LAN kabla, a RC se povezuje pomoću USB mini kabla. Potom se odgovarajući izlazi STB-a povezuju sa odgovarajućim ulazima uređaja za snimanje slike i zvuka, pomoću HDMI, SCART odnosno SPDIF koaksijalnog kabla.

Za potrebe testiranja koristi se sistemska podrška, koja podržava izvršavanje automatskih testova (Sl. 3.). Krajnji levi prozor aplikacije prikazuje spisak učitanih testova, koji će biti izvršeni. Sa desne strane se nalaze podaci o označenom testu. U gornjem desnom prozoru se nalazi

ime testa, a u donjem desnom sadržaj testa, sa svim koracima.



Sl. 3 . Sistemska podrška za ispitivanje.

S obzirom da je sistem automatski, preko sistemske podrške se u potpunosti upravlja fizičkim uređajima, kako STB-om koji se testira tako i uređajima koje koristimo prilikom testiranja (generatorom signala, uređajem za snimanje slike i zvuka).

Sistemska podrška obezbeđuje neophodne drajvere: (i) drajver za DekTec karticu, koji podržava ispravno puštanje strimova, (ii) drajver za RC emulator, koji omogućava slanje upravljačkih poruka pomoću IR-a, (iii) drajver za uređaj za grebovanje slike i zvuka i (iiii) drajver za analizu i generisanje rezultata, koji omogućuju korišćenje algoritama poređenja, o kojima će kasnije biti reči.

III. STRUKTURA TESTOVA I TESTIRANJE

Struktura testova izgleda na sledeći način. Na početku svakog testa se nalaze osnovni podaci o testu – ime, identifikacioni broj i kratak opis testa. Najvažniji deo testa su koraci, koji će se redom izvršavati tokom trajanja ispitivanja. Ovi koraci podrazumevaju: opis povezivanja uređaja u sistemu, opis pojedinih aktivnosti koje zavise od funkcije koju testiramo, snimanje podataka i poređenje snimljenih podataka.

Testovi su pravljani tako da ispituju sve funkcionalnosti STB-ova. Neki od njih testiraju grafiku, neki reprodukciju slike i zvuka, neki mogućnost biranja kanala itd. Radi lakše preglednosti, a na osnovu toga koju funkcionalnost testiraju, testovi su podeljeni u nekoliko grupa i podgrupa: (a) GUI-RC grupa za testiranje funkcionalnosti grafike STB-a, ispravnog prikaza glavnog menija, svih podmenija i njihovih stavki, (b) INTERFACES grupa za ispitivanje mogućnosti podrške različitih formata audio i video izlaza (HDMI, SCART i SPDIF) pri različitim rezolucijama, (c) VIDEO grupa proverava da li STB ispravno dekoduje i reprodukuje različite formate videa (npr. MPEG2, MPEG4) pri različitim rezolucijama i različitim modulacionim parametrima, (d) AUDIO grupa za testiranje mogućnosti dekodovanja i kvaliteta reprodukcije različitih tipova audio snimaka, sa različitim

modulacionim parametrima, (e) TUNING-SCANNING grupa za testiranje ispravnosti biranja kanala, (f) TXT-SUBTITLE grupa za testiranje proverava da li ispravno funkcioniše teletekst i testira sve operacije koje STB nudi za rad sa teletekstom, (g) PERFORMANCE grupa za testiranje ispravnosti prikaza liste radio i TV programa, kao i ispravnosti rada svih ponuđenih operacija za rad sa snimljenim programima, (h) MISC grupa za testiranje stvari koje nisu svrstane u prethodne grupe, kao što su frekvencijsko odstupanje, tajmer, roditeljska podešavanja itd, (i) LAN grupa za testiranje funkcionalnosti komunikacija koje STB podržava.

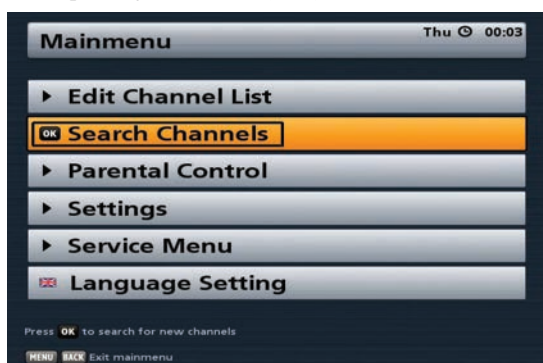
Prilagođavanje testova je dosta kratak posao, posto su formirani tako da budu što univerzalniji. Najvažnije promene koje se vrše prilikom prilagođavanja testova novom STB-u, vrše se u .ini datoteci u kojoj se nalaze makroi putanja. Putanje do određene stavke menija se razlikuju na različitim tipovima STB-ova, iako ta stavka ima istu funkciju. Stoga je neophodno prilagođavanje putanje.

Na primer, da bi se došlo do stavke “Channel Search” na jednom STB-u (*Synaps*), njegovom RC-u treba zadati komandu kojom će otići u glavni meni, a zatim dva puta desno (Sl. 4).



Sl. 4: Putanja do *Channel Searcha* na Synaps STB-u.

Da bi se došlo do iste stavke na drugom STB-u (*Kathrein*), njegovom RC-u treba zadati da ide na glavni meni, a potom jednom dole (Sl. 5).



Sl. 5: Putanja do *Channel Searcha* na Kathrein STB-u.

Dakle, ista je funkcionalnost stavki, ali je putanja do njih različita na različitim STB-ovima. Stoga će makro u prvom slučaju izgledati ovako:

[MACRO1] “MENU 1” “RIGHT 1” “RIGHT 1”,
a u drugom:

[MACRO2] “MENU 1” “DOWN 1”.

Ukoliko je iz nekog razloga promenjen i uređaj za snimanje slike i zvuka neophodno je da se promeni njegova adresa u makrou .ini datoteke konfiguracionog direktorijuma. Mogu se menjati i neke druge stvari, na primer strimovi, ali to neće uticati na rezultate testiranja. Ukoliko je iz nekog razloga promenjen i uređaj za snimanje slike i zvuka neophodno je da se promeni njegova adresa u makrou .ini datoteke konfiguracionog direktorijuma. Mogu se menjati i neke druge stvari, na primer strimovi, ali to neće uticati na rezultate testiranja. Sve ostalo je univerzalno. Sa samo nekoliko gore navedenih promena Starter Kit je prilagođen za testiranje novog tipa STB-a, što je i njegova osnovna prednost. Testiranje se može vršiti na 2 načina. Jedan je da puštanje testova pojedinačno. To se obično radi kada je potrebno posebno ispitati neku određenu funkcionalnost STB-a. Drugi je puštanje svih testova, tj. izvršavanje kompletnog test plana i testiranje svih funkcionalnosti STB-a.

Testiranje se sastoji od tri osnovne faze: prilagođavanje test scenarija STB-u koji testiramo, izvršavanje procesa ispitivanja i generisanje rezultata ispitivanja. Prva faza podrazumeva prilagođavanje test koraka, koji će se izvršiti u toku procesa ispitivanja. Ovi koraci sadrže informacije o DVBT signalu koji DekTec kartica šalje na ulaz uređaja, upravljačkim operacijama koje se izvršavaju nad uređajem i parametrima koji se koriste u algoritmu za procenu sličnosti slike ili zvuka, u zavisnosti od toga koje funkcije se testiraju.

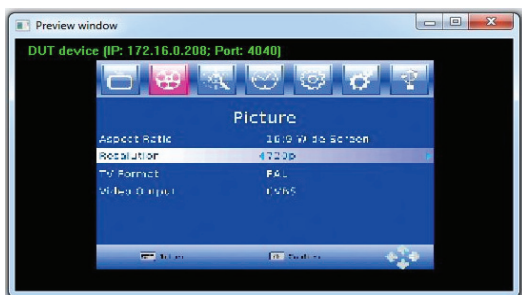
U toku izvršavanja testa uspostavlja se komunikacija sa uređajem, snimaju se slika i zvuk i izvršavaju neki od algoritama poređenja. Nakon izvršenja određenih koraka u test scenariju, u memoriji računara je sačuvano ono što je snimljeno sa uređaja. Nakon toga se taj snimak poredi sa očekivanim snimkom za taj test slučaj. Algoritam zatim vrši procenu sličnosti snimaka, a rezultate čuva u bazi podataka.

Od algoritama za poređenje rezultata koristi se FFT algoritam za poređenje zvuka, i algoritam za poređenje slike koji izračunava odnos signal/šum. Rezultati su skalirani na vrednosti od 1 do 100. Algoritmi dozvoljavaju određena odstupanja koja su određena parametrom, koji korisnik može da podešava u skladu sa ispitivanjem i aplikacijom. Odstupanje u poređenju je uvedeno, jer se obično ispitivanjem proveravaju funkcionalnosti prijemnika, a ukoliko se na prijemnicima razlikuje kontrast ili osvetljenje, takve razlike se zanemaruju.

U toku ispitivanja systemska podrška obezbeđuje grafički prikaz menija STB-a koji testiramo, u jednom prozoru, i predstavlja pomoć korisniku prilikom podešavanja sistema za testiranje i uočavanja eventualnih grešaka u strukturi testa (Sl. 6).

Pored procesa izvršavanja ispitivanja, bitan deo procesa testiranja predstavlja i način i oblik prikazivanja rezultata, kako radi lakše analize, tako i radi čuvanja rezultata. Moguća su tri različita odgovora sistema: (i) *Pass* – označava da je ispitivanje zadovoljilo kriterijume testa, (ii) *Fail* – označava da ispitivanje nije zadovoljilo kriterijume

testa, (iii) *Inconclusive* – označava da se, iz nekog razloga, ne mogu odrediti rezultati izvršenog testa.



Sl. 6: Prozor za praćenje izvršavanja testova.

IV. REZULTATI TESTIRANJA

Rezultati testova mogu se pratiti tokom samog izvršavanja. Posle završetka svakog testa može se videti da li je bio uspešan. Na Sl. 7. prikazan je prozor *History* unutar kojeg se nalazi spisak testova koji su izvršeni. Pored imena svakog izvršenog testa piše da li je bio uspešan (PASS, FAIL ili INCONCLUSIVE) i vreme kada je izvršen. Po završetku izvršavanja svakog testa, prozor se sam apdejtuje, što doprinosi preglednosti rezultata testova.

No.	Test name	Result	Time
4	GUI_PC_003_001.tst	PASS	24.8.2011 18:04:49
5	GUI_PC_004_001.tst	PASS	24.8.2011 18:08:46
6	GUI_PC_006_015.tst	PASS	24.8.2011 18:12:47
7	INTERFACES_001_002.tst	PASS	24.8.2011 18:13:22
8	INTERFACES_001_007.tst	PASS	24.8.2011 18:16:45
9	INTERFACES_002_002.tst	PASS	24.8.2011 18:17:17
10	INTERFACES_002_005.tst	PASS	24.8.2011 18:20:40
11	INTERFACES_003_001.tst	PASS	24.8.2011 18:24:02

Sl. 7: Prikaz uspešnosti izvršavanja testova.

Takođe je moguće pustiti sistem da testira, raditi nešto drugo, a zatim pogledati rezultate kada testiranje bude završeno. Osnovna informacija koju ispitivač dobija na kraju testiranja je potvrda o uspešnosti testiranja, koja se može sačuvati u različitim formatima. Detaljni rezultati testova se nalaze u posebnom direktorijumu. Tu su sačuvani svi zvučni zapisi, slike, kao i detaljni izveštaji o svakom testu pojedinačno. Ovakvi detaljni rezultati ispitivanja obezbeđuju precizno i jednostavno otkrivanje nepravilnosti u radu STB-a. Nakon otkrivanja i ispravki eventualnih nepravilnosti može se ponovo pokrenuti testiranje.

Tokom upotrebe sistema za automatsko testiranje STB-ova, važno je korisnik u potpunosti shvati princip rada STB-a i ima mogućnost da se uputi u sve njegove funkcionalnosti.

V. ZAKLJUČAK

U ovom radu je predložen univerzalni sistem za automatsko testiranje STB-a (Starter Kit), koji uključuje skup hardverskih i softverskih modula neophodnih za testiranje. Starter Kit nudi skup testova funkcionalnosti koji se mogu efikasno prilagoditi bilo kojoj vrsti STB-a. Testovi su dizajnirani tako da se jednostavnim izmenama i u veoma kratkom vremenskom periodu mogu prilagoditi novoj vrsti STB-a.

ZAHVALNICA

Ovaj rad je delimično finansiran od Ministarstva prosvete i nauke Republike Srbije, projekat 44009, od 2011. godine.

LITERATURA

- [1] Jan Zloh, Nikola Teslić, Vukota Peković, „Jedno rešenje programske podrške za automatsko testiranje TV prijemnika“. TELFOR, Beograd, Srbija, 2006.
- [2] W.Keith Edwards, Mark W. Newman, Trevor F. Smith, Jana Sedivy, Shahram Izadi, “An Extensible Set-Top Platform for Home Media Applications”, IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. 1176 51, No. 4, NOVEMBER 2005
- [3] Black Box Testing, RT-RK, www.bbt.rs.
- [4] Dušica Marijan, Vladimir Zlokolica, Nikola Teslić, Vukota Peković, Tarkan Teckan, “Automatic Functional TV Set Failure Detection System”, IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. 56, No. 1, FEBRUARY 2010.

ABSTRACT

This paper proposes a universal system for automatic functional testing of Set-Top boxes (STB) in the form of a Starter Kit solution. The proposed testing system consists of appropriate software and hardware modules necessary to perform complete set of functional tests of the STB. Within the proposed Starter-Kit the „Synaps“ STB is used, for which the functional tests have been specifically developed. However the tests are designed to be as universal, simple and demonstrative as possible in order to be easily adaptable to various types of STB. Moreover, the proposed test framework facilitates relatively simple creation of new types of tests as well, based on the existing ones. For this purpose the tests have been grouped according the functionality to be tested, where special attention has been paid to flexibility and generality of the designed tests. In such manner the time necessary for the construction of specific tests for different STB is significantly reduced. This is mainly due to avoiding making the tests from the beginning each time for different STB under test.

GENERALIZATION OF THE BBT TESTING FRAMEWORK BY STARTER-KIT

Dusan Vujovic, Dako Banika, Jan Zloh, Zivko Radonjic, Nikola Vranic

PRILAGOĐAVANJE, ISPITIVANJE I VERIFIKACIJA OPERATIVNOG SISTEMA ANDROID NA NOVOJ ARHITEKTURI

Svetozar Janjić, *Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad*, svetozar.janjić@rt-rk.com

Petar Jovanović, *RT-RK, Sistemi zasnovani na računarima, Novi Sad*, petar.jovanovic@rt-rk.com

Nikola Kuzmanović, *RT-RK, Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad*, nikola.kuzmanovic@rt-rk.com

Mihajlo Katona, *RT-RK, Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad*, mihajlo.katona@rt-rk.com

Sadržaj – U ovom radu opisan je proces prilagođavanja, ispitivanja i verifikacije operativnog sistema Android na novoj platformi. Sistem nije nezavisan od arhitekture, i cilj ovog rada je da ukaže na te segmente, kao i da ukaže na sve ostale izazovne verifikacije Androida na novoj arhitekturi. Navedeni su svi koraci koji su primenjeni u praktičnoj realizaciji ovog izazovnog zadatka.

1. UVOD

Operativni sistem Android je prevashodno razvijen kao programska platforma za mobilne telefone, da bi kasnije bio prilagođavan i drugim sistemima zasnovanim na računaru, kao što su prenosivi, tablični računari i drugi. Interesovanje za prilagođavanje Androida novim arhitekturama javilo se nakon što je kompanija Google odlučila da otkrije celokupan izvorni programski kod Androida. Postojanost Androida na velikom broju različitih platformi i fizičkih arhitektura podstiče pojedince koji razvijaju aplikacije za Android platformu jer njihove aplikacije, uz manje modifikacije, imaju velike šanse da se nađu na velikom broju različitih uređaja.

Prilagođavanje Androida novim arhitekturama pored arhitekture ARM (Advanced RISC Machine), za koju je prvobitno bio namenjen, ne podrazumeva samo modifikovanje postojećeg jezgra Linuksa i razvijanje rukovaoca neophodnih za fizičke komponente ciljnog uređaja koji je baziran na novoj arhitekturi.

Pored prilagođavanja jezgra treba izvršiti i adaptaciju novih tehnologija koje podržava ciljna platforma kao što su osetljivost na dodir (engl. *multi-touch*), iskorišćenje višeprocorskog okruženja (engl. *multi-core*), prikaz tokova televizijskog signala, multimedijalna sprega visoke definicije (engl. *High-Definition Multimedia Interface*), novih bežičnih tehnologija primera NFC (Near Field Communication) i drugih. Pored novih tehnologija treba zadržati balans između performansi operativnog sistema Android i kvaliteta usluga koje pruža. Poteškoće u razvoju Android uređaja se javljaju i pri usaglašavanju Androidovog operativnog sistema sa SoC (System-on-a-chip) arhitekturama ili nekom drugom tehnologijom jer zajedno moraju da osiguraju kompletnu funkcionalnost. Iz tog razloga proizilazi potreba za brojnim optimizacijama specifičnim za arhitekturu kao što su optimizacija virtualne mašine Dalvik, jezgra Androida, JavaScript prevodioca V8, grafičkih i zvučnih biblioteka itd. Najvažnija osobina prenosivih (engl. *hand-held*) uređaja je vek trajanja i kvalitet baterije. Duži radni vek baterije omogućava korisnicima da duže pregledaju sadržaj na internetu, slušaju muziku, gledaju video klipove i slično.

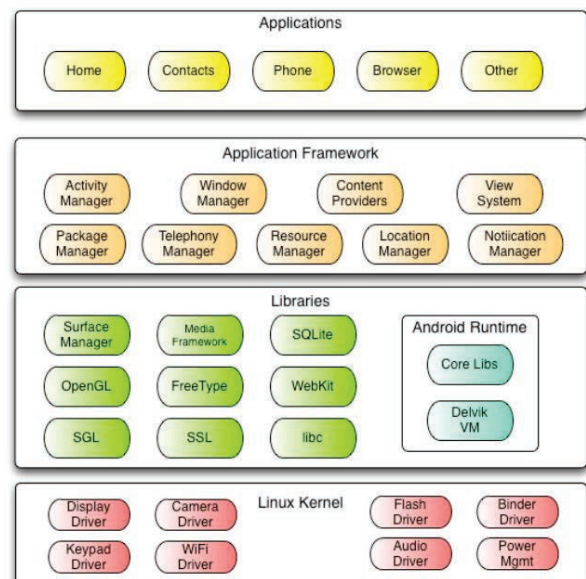
Trajanje baterije time postaje i najvažnija briga kako potrošača tako i proizvođača.

U procesu ispitivanja određuje se ispravnost uređaja koji je napravljen. Verifikacija obezbeđuje da proizvedeni uređaj zadovoljava specifikacije Androida i da radi ispravno. Uređaj uspešno verifikovan po specifikacijama ima garanciju da će biti korišćen od strane korisnika kojima je namenjen.

2. OPIS PLATFORME ANDROID

Programski stek Androida uključuje operativni sistem, posrednički i aplikacioni programski sloj [3]. Operativni sistem Android sastoji se od pet hijerarhijskih slojeva.

Osnovni sloj predstavlja modifikovano jezgro Linuksa, koje predstavlja apstraktni sloj između fizičke arhitekture i ostalih programskih komponenta. Jezgro Androida upravlja procesima i kontroliše upotrebu memorije, poseduje grupu kontrolera neophodnih za rukovanje komponentama fizičke arhitekture.



Sl. 1. Struktura operativnog sistema Android

Iznad jezgra nalazi se sloj koji je zadužen za izvršavanje programa u kojem se izdvaja virtualna mašina Dalvik i skup osnovnih biblioteka koje obezbeđuju najveći deo funkcionalnosti programskog jezika Java. Svaki program u operativnom sistemu Android izvršava se unutar sopstvene instance virtualne mašine Dalvik.

U trećem, odnosno srednjem sloju nalaze se standardne biblioteke Linuksa, koje su u najčešćem slučaju optimizovane za specifičnu arhitekturu. Među njima se izdvaja

NAPOMENA:

a) Ovaj rad proistekao je iz master rada Svetozara Janjića. Mentor je bio dr Miodrag Temerinac.

b) Rad je prethodno publikovan na konferenciji ETRAN, Banja Vrućca, juni 2011.

modifikovana verzija standardne C biblioteke `libc`, prilagođena baziranim uređajima za Linux sa ograničenim resursima.

Četvrti sloj predstavlja okruženje u kojem su definisane sprege za programiranje aplikacija za operativni sistem Android. Ovo okruženje je zasnovano na standardnom okruženju za programiranje aplikacija u programskom jeziku Java. Programeri imaju pristup istim onim informacijama kojima raspolaže i skup Java biblioteka. Dostupne su informacije o lokaciji, moguće je pokrenuti pozadinske procese, podešavati alarme, kao i dodati obaveštenja na standardnoj statusnoj traci Androida.

Na vrhu se, unutar aplikacionog sloja, nalaze Java aplikacije. Uz operativni sistem Android isporučuju se osnovni skup aplikacija, uključujući SMS (engl. *Short Message Service*) klijent program, klijent elektronske pošte, kalendar, mapa, Internet pretraživač, aplikacije koja čuva kontakte i druge.

3. OPIS FIZIČKE PLATFORME

Za prilagođavanje Androida kao ciljna platforma korišćena je multimedijalna platforma bazirana na MIPS (Microprocessor without Interlocked Pipelined Stages) procesoru. U osnovi ove platforme se nalazi MIPS bazirani procesor sa radnim taktom od 500 MHz. Ciljna platforma je namenjena za IPTV (engl. *Internet Protocol television*), kablovsku televiziju i može da služi kao mrežni uređaj za puštanje muzike. Ova platforma podržava HDMI verzije 1.3a, poseduje kompozitni i S-video (engl. *Seperate Video*) video izlaz, dvokanalni analogni i SPDIF (engl. *Sony/Philips Digital Interconnect Format*) digitalni audio izlaz, poseduje dve univerzalne serijske magistrale verzije 2.0 (engl. Universal Serial Bus 2.0), dva Ethernet i jedan serijski prolaz. Pored pomenutih karakteristika treba spomenuti i veličinu RAM memorije, tipa DDR2, koja iznosi 256 MB sa radnim taktom 667 MHz.

Ovakva ciljna platforma sa pomenutim karakteristikama ima dovoljno resursa za pokretanje operativnog sistema Linux, Android ili WinCE 6.0 kao i korisničkih programa na pomenutim operativnim sistemima.

4. PRILAGOĐAVANJE ANDROIDA

Prilagođavanje programskog steka Android, MIPS baziranim platformama, može se podeliti u dva odvojena procesa:

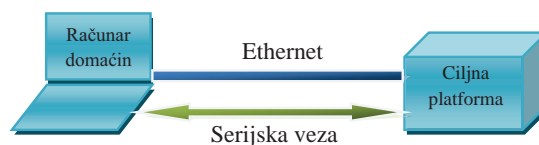
1. Prilagođavanje jezgra Linuxa
2. Prilagođavanje operativnog sistema i drugih viših slojeva programskog steka Androida

A. Prilagođavanje jezgra Linuxa

Za prilagođavanje jezgra Linuxa postavlja se okruženje za unakrsni razvoj (engl. *cross-development environment*) jer odabrana ciljna MIPS platforma na samom početku nema mogućnosti za prevođenje i izvršavanje namenjenog programskog koda.

Postavljeno okruženje se sastoji od dve mašine od kojih je jedna računar domaćin (*i386 mašina sa operativim sistemom Linux*) a druga MIPS bazirana ciljna platforma. Na

računaru domaćinu (engl. *host*) vrši se prevođenje programskog koda za ciljnu platformu (engl. *target*) na koju se prevedeni programski kod prenosi i izvršava.



Sl.2 Dijagram okruženja za unakrsni razvoj

Prvi korak u upostavljanju unakrsnog okruženja je instaliranje unakrsnog paketa alata (engl. *cross-toolchain*) na računaru domaćinu, konkretno mips-4.4.3 toolchain-a.

Sledi preuzimanje izvornog koda jezgra Linuxa verzije 2.6 i njegovo prevođenje pokretanjem programa *make* iz osnovnog direktorijuma. Za prilagođavanje jezgra Linuxa ciljnoj platformi neophodno je podesiti sve parametre koje koristi sistem za prevođenje. Da bi jezgro bilo uspešno prilagođeno ciljnoj platformi dodaje se kod, specifičan za ciljnu arhitekturu, unutar samog jezgra. Kod, koji je dodat, treba da implementira podršku za procesor, rukovanje sistemskim pozivima, funkcije za inicijalizaciju specifične za ciljnu platformu i slično. Inicijalna komunikacija sa ciljnom platformom odvija se preko serijskog prolaza, nakon implementacije rukovaoca ovim prolazom, kasnije se vrši dodavanje i prilagođavanje rukovaoca perifernim uređajima. Nakon osposobljavanja serijskog prolaza možemo dodati rukovaoc Ethernetom, koji omogućava da se postavi mrežni sistem datoteka kao osnovni sistem koji omogućava potpuno radno okruženje Linuxa.

B. Prilagođavanje operativnog sistema i drugih viših slojeva programskog steka Androida

Prvi korak u procesu prilagođavanja je preuzimanje izvornog koda Androida na lokalno skladište. Za preuzimanje koda i upravljanje različitim verzijama neophodno je korišćenje *repo* alata za upravljanje spremljenim kodovima i *git* sistema za rad sa verzijama koda [5].

Nakon što je preuzet izvorni kod Androida, potrebno je dodati konfiguraciju za novu platformu. Specifična konfiguracija za novu platformu dodaje se u prethodno dodati direktorijum koji nosi naziv proizvođača platforme unutar `/vendor` direktorijuma. Datoteka `BoardConfig.mk` definiše ciljnu platformu i njene specifičnosti. Za MIPS baziranu platformu kojoj je prilagođavan Android, specifično je da nema fizičku komponentu za bluetooth kao ni fizičku podršku za prikazivanje 3D sadržaja. Specifičnosti pomenute platforme konfigurišu se u `BoardConfig.mk` datoteci dodeljivanjem vrednosti „false“ promenljivama koje definišu da li platforma podržava pomenutu bežičnu tehnologiju i da li ima fizičku podršku za prikaz 3D sadržaja, dok se ostalim promenljivama dodeljuje vrednost „true“.

Operativni sistem Android se oslanja na korišćenje modifikovane standardne biblioteke programskog jezika C, pod nazivom *bionic*, koja predstavlja optimizovanu verziju standardne C biblioteke za sisteme zasnovane na računaru. Androidova standardna C biblioteka se učitava u svakom procesu pa je iz tog razloga male veličine, dok je zahtev za njenu brzinu posledica ograničene procesorske moći uređaja namenjenih za Android. Prilagođavanje *bionic*-a zahtevalo je

dodavanje specifičnih sistemskih poziva i asemblerskih kodova za MIPS.

Za rukovanje bazama podataka, multimedijom, internet aplikacijama neophodno je dodati potrebne biblioteke u osnovni sistem datoteka. Dodavanje biblioteka ide ustanovljenim redosledom jer određene biblioteke zahtevaju postojanje jedne ili više biblioteka pre dodavanja. Mnoge od dodatih biblioteka zahtevaju prethodnu optimizaciju i prilagođavanje ciljnoj platformi. Nakon dodatih biblioteka dodajemo virtualnu mašinu Dalvik čija optimizacija i prilagođavanje značajno doprinosi poboljšanju performansi celog operativnog sistema Android.

Dalvik je registarski bazirana virtualna mašina [2]. Pretvaranjem Java klasnih datoteka (engl. *Java class file*) korišćenjem *dx* alata, dobija se klasa **.dex* (engl. *Dalvik Executable*) formata. Međukod (engl. *bytecode*) koji izvršava Dalvik je upravo spomenuti *.dex* format. Prilikom prilagođavanja Dalvika neophodno je realizovati, pored postojećeg „prenosivog“ (engl. „*portable*“), „brzi“ (engl. „*fast*“) režim izvršavanja za ciljnu arhitekturu. Prenosivi režim poziva grupu funkcija napisanih u programskom jeziku C. Implementacija brzog režima, za arhitekturu MIPS, dodata je u direktorijum *dalvik/vm/mterp/mips*. Pošto brzi režim poziva asemblerske funkcije, koje zamenjuju analogne funkcije prenosivog režima, u sistemu se ubrzavaju izvršavanja aplikacija i time se povećavaju performanse sistema. Prilikom implementacije brzog režima, jedna po jedna C funkcija koju poziva prenosivi režim, zamenjuje se sa odgovarajućom asemblerskom. Konfiguraciona datoteka, koja je dodata za MIPS arhitekturu, *dalvik/vm/mterp/config-mips*, definiše koja verzija, C ili asemblerska, svake pojedinačne funkcije se koristi.

Među bibliotekama koje obezbeđuju funkcionalnost sistema izdvaja se biblioteka Webkit za brzo i pravilno prikazivanje HTML (engl. *HyperText Markup Language*) stranica. Webkit je deo internet pretraživača Androida, koji zajedno sa prevodiocem za JavaScript obezbeđuje punu funkcionalnost pretraživača. WebKit treba da omogući podršku za HTML5 baze podataka, keširanje podataka i spregu za programiranje raznih Web aplikacija. Performanse pretraživača povećava prevodilac za JavaScript V8, koji JavaScript kod prevodi u mašinski kod ciljne arhitekture. Time aplikacije napisane u JavaScript-u postižu približnu brzinu izvršavanja kao što to imaju izvršne datoteke. U datoteku *external/v8/src*, dodata je datoteka *mips*, u kojoj se nalazi implementacija kod generatora, koji generiše asemblerski kod, poštujući konvencije asemblera za MIPS.

Za iscrtavanje teksta, slika i ostalih grafičkih komponenata Androida i Web pretraživača koristi se 2D grafička biblioteka SKIA. Optimizacija grafičke biblioteke SKIA je podrazumevala prilagođavanje njenih osnovnih funkcija kao što su skaliranje, rotiranje slike i drugih ciljnoj arhitekturi.

Za prikazivanje 3D sadržaja Android koristi OpenGL ES (engl. *Open Graphics Language - Embeded Systems*) biblioteku. Open GL ES treba da koristi 3D ubrzanje fizičke arhitekture ako postoji odgovarajuća fizička komponenta na ciljnoj platformi ili da koristi optimizovanu programsku podršku za prikazivanje 3D sadržaja. Za implementaciju programske podrške na ciljnoj platformi bilo je neophodno prilagođavanje kod generatora (engl. *codeflinger*) ciljnoj MIPS baziranoj platformi.

5. VERIFIKACIJA

U procesu prilagođavanja neophodno je vršiti provere i ispitivanja urađenog da bi ovaj proces što kvalitetnije bio realizovan. Pre samog prilagođavanja Androida ciljnoj platformi moguće je ispitati kompatibilnost platforme sa prilagođavanom verzijom Androida. Program kompatibilnosti (engl. *Android Compatibility Program*) se razvija uporedo sa Androidom i sastavni je deo njegovog izvornog koda. Proizvođači uređaja za Android moraju da ispoštuju minimalan skup zahteva.

Program kompatibilnosti se sastoji od tri celine [4]:

1. izvorni kod Androida
2. CDD - dokument koji definiše kompatibilnost (engl. *Compatibility Definition Document*)
3. CTS - skup testova kompatibilnosti (engl. *Compatibility Test Suite*)

Poštovanjem CDD-a, korišćenjem CTS-a uz promene izvornog koda Androida i promene fizičke arhitekture u kružnom procesu dobijamo kompatibilan uređaj za Android. Uloga CDD-a je da razjasni sve specifične zahteve i da eliminiše bilo kakvu dvosmislenost. CDD nije sveobuhvatan i onima koji ga proučavaju služi kao smernica kako da se koristi i menja izvorni kod Androida, da bi kao rezultat dobili jedan kompatibilan sistem. CTS testni plan je sastavni deo izvornog koda Androida i predstavlja okruženje za automatsko testiranje koje se sastoji od komandi i testova.

Pokretanjem CTS-a, učitava se definisani plan testiranja na ciljnoj platformi. Za svaki pojedinačni test kreira se izvršna aplikacija koja se prenosi na ciljnu platformu gde se potom izvršava dok se rezultati ispitivanja uporedo snimaju. Kada se prethodna procedura ponovi za sve testove, sumirani rezultati testiranja se mogu videti otvaranjem generisane datoteke sa rezultatima u nekom od pretraživača interneta.

U CTS postoje tri tipa testova [4]:

- Unit testovi, koji testiraju osnovnu jedinicu Androida, npr. jednu Java klasu.
- Funkcionalni testovi, koji testiraju kombinacije korišćenja različitih aplikativnih sprega.
- Referentni testovi i aplikacije, kojima se ispituju sve aplikativne sprege i servisi Androida.

CTS skup testova pokriva nekoliko celina među kojima su testovi koji testiraju XML (engl. *Extensible Markup Language*) datoteke u kojima se nalaze informacije o svakoj aplikativnoj sprezi koja je dostupna u Androidu. CTS-om su obuhvaćeni i testovi koji testiraju Dalvik virtualnu mašinu, čija optimizacija ima veliku ulogu konačnoj oceni performansi celog sistema. Osim testova koji ispituju Java klase postoje i testovi za ispitivane funkcionalnosti Java biblioteka. Referentne aplikacije, koje su sastavni deo operativnog sistema Android, ispituje jedna grupa skupa testova kompatibilnosti. Pored ovih testova postoje i testovi koji proveravaju prava pristupa u samom sistemu. CTS testova ima više od 21,000. U procesu prilagođavanja Androida MIPS baziranoj platformi, težilo se da nijedan od pomenutih CTS testova ne izazove destabilizaciju prilagođenog sistema. Prilikom testiranja sistema testovima CTS, takav scenario je i potvrđen. U toku izvršavanja testova prilagođeni sistem je održavao stabilnost.

Nakon prilagođavanja Androida novoj ciljnoj platformi potrebno je verifikovati delove sistema koji su zahtevali promene u procesu prilagođavanja.

Verifikacija prilagođene virtualne mašine Dalvik je neophodna u procesu povećanja performansi celog sistema. Za ispitivanje ovog dela sistema koriste se testovi unutar izvornog koda Dalvika, koji se pokreću u prenosivom i brzom režimu izvršavanja. Cilj prilagođavanja Dalvik VM je bio da se isti broj testova uspešno izvrši u prenosivom i brzom režimu, koji je specifičan za ciljnu arhitekturu, i to je i verifikovano. Pored pomenutih testova, brojne probne aplikacije, koje su pisane u programskom jeziku Java, ispituju performanse sistema. U prilagođenom sistemu uspešno su izvršene aplikacije Caffeine Mark verzije 3.0, Linpack, BenchmarkPi, CPUBenchmark i rezultati ovih aplikacija su potvrdili poboljšanje performansi sistema kada se koristi brzi umesto prenosivog režima izvršavanja Dalvika.

Ispitivanje prevodioca za JavaScript vršeno je sa 4 grupe testova. Testovi „cctest“ ispituju kvalitet implementacije prevodioca V8. JavaScript testovi „mjsunit“ proveravaju funkcionalnost prevodioca, dok „sputnik“ grupa testova proverava usaglašenost sa standardom ECMA-262. Poslednja grupa testova su „mozilla“ testovi. Rezultati testiranja prevodioca V8 dati su u Tabeli 1.

Testna grupa	Broj uspeh	Broj neuspeh
cctest	781	0
mjsunit	718	2
sputnik	1939	1
mozilla	5267	0

Tab. 1. Prikaz rezultata testova usaglašenosti za V8

Pored testova usaglašenosti, prevodilac za JavaScript je verifikovan pomoću 2 grupe testova koji ispituju performanse i to su test brzine V8 i SunSpider, rezultati testiranja se nalaze u Tabeli 2.

Testna grupa	Konačan rezultat
Test V8	162
SunSpider	8928.0ms +/-0.2%

Tab. 2. Prikaz rezultata testova performansi za V8

Za ispitivanje operativnog sistema Android i njegovih delova, osim CTS-a koriste se i probne aplikacije napisane za ovu platformu. Probne aplikacije koje ispituju virtualnu mašinu Dalvik su već pomenute. Osim njih postoje probne aplikacije koje ispituju grafičku biblioteku SKIA, podršku za OpenGL ES, rukovanje memorijom i druge delove sistema. Sledeće aplikacije kao što su 0xbenchmark (meri performanse procesora za ciljnu platformu), AndroidGlobalTime, Checkers, Quake Benchmark (izračunava broj frejmova koji se prikazuju u jednoj sekundi), An3Dbench (ispituje performanse dodate programske podrške za prikazivanje 3D sadržaja), postale su nezaobilazne u proveru performansi i kvaliteta prilagođenog sistema ciljnoj platformi. Sve one su uspešno izvršene na prilagođenom Androidu MIPS baziranoj platformi.

6. ZAKLJUČAK

Programski stek Android je prilagođavan velikom broju različitih platformi i arhitektura, zbog dostupnosti izvornog

koda Androida i dokumentacije koja objašnjava neophodne korake za prilagođavanje. Veliki broj platformi za koje je prilagođavan Android ograničeno koriste mogućnosti i usluge koje on pruža. Isto tako Android nema programsku podršku za sve mogućnosti koje nam pružaju određene platforme i fizičke arhitekture. Za platforme koje imaju fizičku podršku za prikazivanje televizijskog signala funkcionalnost celog sistema bi se povećala dodavanjem programske podrške Androidu. Jedan od narednih izazova bi mogao biti prilagođavanje Androida višeprocorskim arhitekturama u cilju poboljšanja performansi sistema.

Androidov program kompatibilnosti se menja u zavisnosti od verzije što predstavlja problem za proizvođače uređaja. Proizvedeni uređaj koji je kompatibilan za jednu verziju Androida ne mora biti kompatibilan sa prethodnom ili sledećom verzijom. Na različitim platformama pojedine grupe testova kao što su testovi za bluetooth ili WIFI praktično nemaju smisla jer uređaji ne poseduju fizičke komponente tog tipa. Sa druge strane javljaju se problemi sa nepostojanjem adekvatnih rukovaoca da bi se kompatibilnost komponente ispitala.

U narednom periodu sa novim verzijama Androida očekuje se da će iskustvo sa prilagođavanjem prethodnih verzija dovesti do boljeg iskorišćenja potencijala koje imaju fizičke komponente pojedinih platformi.

NAPOMENA

Ovaj rad je delimično finansiran od Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije, projekat 32030 od 2011 godine.

LITERATURA

- [1] Google Android, <http://www.android.com>
- [2] Analysis of Dalvik Virtual Machine and Class Path Library, <http://imsciences.edu.pk/serg/wp-content/uploads/2009/07/Analysis-of-Dalvik-VM.pdf>
- [3] Wikipedia – Android Operating System, [http://en.wikipedia.org/wiki/Android %28operating_system %29](http://en.wikipedia.org/wiki/Android_%28operating_system%29)
- [4] Android Compatibility Program, <http://source.android.com/compatibility/index.html>
- [5] MIPS Android, <http://www.mipsandroid.org/>

Abstract - This paper describes the procedures of porting, testing and verifying Android OS on a new architecture. Android OS is not architecture independent, and the goal of this paper is to pinpoint these segments and to highlight the challenges of Android verification on a new platform. The paper lists all the steps that can be applied to this challenging task.

PORTING, TESTING AND VERIFICATION OF ANDROID PLATFORM ON A NEW ARCHITECTURE

Svetozar Janjić, Petar Jovanović, Nikola Kuzmanović, Mihajlo Katona

Realizacija bežičnog upravljanja svetlosnim efektima sa TV prijemnika

Milan N. Mitrović, Dušan Milosavljević, Vukašin Nuhijević, *Fakultet Tehničkih Nauka, Univerzitet u Novom Sadu*, Dejan Kojić, Nikola Smiljković, *Nacionalni istraživačko-razvojni institut RT-RK*

Sadržaj — U radu su predstavljeni koncept rešenja, rezultati analize i ispitivanja sistema za bežično upravljanje svetlosnim efektima posredstvom televizijskog prijemnika. Predloženo rešenje predstavlja deo sistema za automatizaciju domaćinstva. Realizovano je kao namenski računarski sistem zadužen za kontrolu RGB lampe na kojoj se postavljaju različiti svetlosni efekti i reguliše ambijent korisničkog okruženja. Sistem za upravljanje RGB lampom i uređajima u domaćinstvu integrisan je u TV prijemnik, što omogućava da se za interakciju sa aplikacijom za kontrolu koristi postojeći daljinski upravljač. Na taj način je postignuto da se za kontrolu i praćenje stanja lampe i uređaja koristi jedan centralni uređaj.

Gljučne reči — ambijentalno osvetljenje, kućna automatika, RGB lampas, svetlosni efekti, TV.

I. UVOD

Evidentnim tehničkim napretkom dolazi do razvoja u vidu raznih unapređenja uređaja. Uređaji se proširuju novim funkcionalnostima zbog proširenog spektra mogućnosti i zarad boljeg iskorišćenja. Drugi razlog je konstantna trka među konkurentnim proizvođačima, gde nezavisno svaka od kompanija u svoje uređaje ugrađuje posebne opcije i dodatke i istražuje nove, koji bi povećali kvalitet usluga u odnosu na ostale proizvođače. Ovo se odnosi i na proizvodnju televizijskih prijemnika. Proširuje se i programska podrška TV prijemnika različitim aplikativnim dodacima. Na taj način je postignuto da je moguće sistem za automatizaciju domaćinstva, pa i sistem za upravljanje svetlosnim efektima i ambijentalnim osvetljenjem integrisati u sistem TV prijemnika. To omogućuje da se za kontrolu uređaja koristi TV prijemnik sa bežičnom vezom, a ne zaseban uređaj. Sistem za upravljanje ambijentalnim osvetljenjem obuhvata (1) modul upravljanja pametnim utičnicama preko kojih se reguliše deo osvetljenja, (2) modul upravljanja regularnim osvetljenjem i (3) modul upravljanja ambijentalnim osvetljenjem. U ovom radu opisan je sistem koji se bavi kreiranjem svetlosnih efekata korišćenjem specifičnog ambijentalnog osvetljenja predstavljenog u vidu RGB

Ovaj rad je delimično finansiran od Ministarstva prosvete i nauke Republike Srbije, projekat 32030, od 2011. godine.

Milan N. Mitrović, Dušan Milosavljević, Vukašin Nuhijević, Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija (telefon: 381-21-4801-203, e-mail: milan.mitrovic@rt-rk.com)

Dejan Kojić, Nikola Smiljković, Nacionalni istraživačko-razvojni institut RT-RK, Narodnog Fronta 23a, 21000 Novi Sad, Srbija (telefon: 381-21-4801-214, e-mail: dejan.kojic@rt-rk.com)...

lampe (lampa za prikazivanje svetlosnih efekata u boji) sa bežičnom kontrolom. Jedan od doprinosa koji se ovakvim upravljanjem može dobiti jeste da osvetljenje i životno okruženje bude ugodnije i prijatnije prilagođeno potrebama korisnika. Ovim inteligentnim upravljanjem može se dobiti na minimizaciji potrošnje električne energije, minimizaciji korisničkog angažovanja i stilizaciji u smislu prijatnijeg životnog okruženja.

Kontrolom potrošnje i aktivnosti od strane jedinstvenog sistema za automatizaciju domaćinstva koji bi upravljao pored osnovnog osvetljenja i komplikovanijim obrascima ambijentalnog osvetljenja, korisniku bi se olakšala organizacija i upravljanje. Pod komplikovanijim obrascima ambijentalnog osvetljenja podrazumevaju se predefinisani nizovi akcija u određenim vremenskim trenutcima nad objektima osvetljenja koji utiču na dinamičku promenu ambijentalnog osvetljenja. Ugradnjom programske podrške sistema automatizacije u TV prijemnik, dodatno se pojednostavljuje njegova kontrola. To se postiže tako što se posebne korisničke informacije za personalizaciju ambijenta mogu prikupiti korišćenjem TV prijemnika i već postojećeg daljinskog upravljača koji se koristi za njegovu kontrolu. Ovim se, u slučaju postojanja i drugih uređaja, broj daljinskih upravljača koji se koriste u domaćinstvu smanjuje (na jedan u graničnom idealnom slučaju). Na taj način je moguće minimizovati korisničko angažovanje zarad udobnosti i olakšati organizaciju uređaja pa i organizaciju i kontrolu osvetljenja, što se posebno ističe u ispunjenju uslova za korisnike sa posebnim potrebama i invaliditetom.

Ovakvim osvetljenjem moguće je uticati na pojačanje efekta i doživljaja prikazivanog audio-video sadržaja, što je pokazano u [1] i [2]. Jedan deo pređašnjih radova bavi se uvođenjem LED osvetljenja u smislu određenih šema osvetljenja koje bi redukovale potrošnju [3]. Ostali radovi i istraživanja uglavnom su vezani za upravljanje osnovnim osvetljenjem preko centralnog kontrolerskog uređaja [4]. U tom slučaju je problem kontrole vezan za kontrolu izlazne snage na utičnicama. Kasnije je realizovana i sprega koja je uključivala pametna sijalična grla omogućena za kontrolu [5]. Ovakvi sistemi omogućuju kontrolu rada regularnog, osnovnog osvetljenja u smislu regulisanja intenziteta, dok je u ovom radu prikazan sistem u kome je realizovana komplikovanija sprega i kontrola, slanjem specifičnih poruka sa podacima o funkciji i podacima o komponentama boja koje za funkcionisanje koristi specifični uređaj sa mogućnošću prikazivanja svetla u boji.

NAPOMENA:

a) Ovaj rad proistekao je iz master rada Dušana Milosavljevića. Mentor je bio dr Miodrag Temerinac.

b) Rad je prethodno publikovan na konferenciji TELFOR, Beograd, novembar 2011.

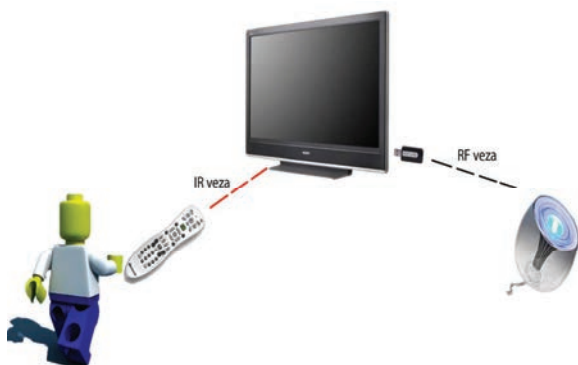
U narednom poglavlju prikazana je analiza i opis strukture sistema za bežično upravljanje svetlosnim efektima sa osvrtom na strukturu fizičke arhitekture i programske podrške. Na kraju su nabrojana potrebna sredstva za obavljanje ispitivanja, opisan je način na koji su ispitivanja izvršena i dati su njihovi rezultati.

II. OPIS I STRUKTURA SISTEMA

Realizacija sistema zasnovana je na implementaciji bežičnog upravljanja svetlosnim efektima posredstvom televizijskog prijemnika. To znači da je realizovan sistem koji vrši kontrolu slanjem poruka bežičnim putem do određenog uređaja, u ovom slučaju *RGB* lampe. *RGB* lampa prikazuje tražene svetlosne efekte u cilju postizanja ambijentalnog osvetljenja u odnosu na primljene zahteve i podatke o boji. Realizovani sistem morao je da ispuni uslov paralelnog rada sa sistemima potrebnim televizijskom prijemniku za obavljanje svojih osnovnih funkcija.

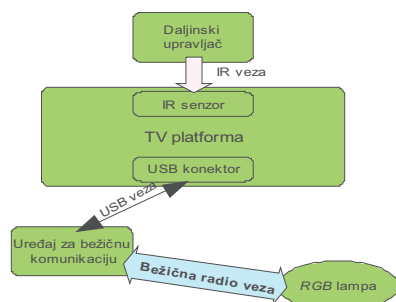
A. Struktura fizičke arhitekture sistema

Sistem, posmatrano sa strane fizičke arhitekture sadrži televizijski prijemnik, uređaj za bežičnu komunikaciju (*USB* primopredajnik) i *RGB* lampu, kao što je prikazano na Sl.1.



Sl.1. Osnovni delovi sistema

Komponente sistema i njihove međusobne veze prikazane su na blok dijagramu fizičke arhitekture sistema koji je ilustrovan na Sl.2.



Sl.2. Blok dijagram fizičke arhitekture sistema

Korišćenje sistema može da započne posle uključivanja odnosno fizičke instalacije uređaja za bežičnu komunikaciju u *USB* utičnicu televizijskog sistema. Korisnik postavlja lampu u odgovarajuću prostoriju na željenu poziciju u cilju da ambijentalno osvetljenje bude u

skladu sa njegovim zahtevima, željom i potrebom. Putem korišćenja standardnog daljinskog upravljača TV prijemnika, korisnik upravlja određenom aplikacijom za grafičku spregu sa korisnikom. Ova aplikacija služi za preuzimanje korisničkog zahteva za kreiranje određenog svetlosnog efekta odnosno ambijenta u prostoriji.

Korisnički zahtev za kreiranje svetlosnog efekta ogleda se u izvršavanju određene funkcionalnosti lampe ili niza funkcija definisanih ovim zahtevom. *RGB* lampa podržava funkcionalnosti uključivanja, isključivanja i promene iz trenutne u traženu boju. Sve funkcionalnosti mogu se iskoristiti u kombinaciji da bi se kreirao svetlosni efekat. Svetlosni efekat specifičnog osvetljenja u najužem smislu predstavljen je bojom koja se prikazuje na *RGB* lampi. U širem smislu on može obuhvatiti niz sekvencijalnih promena koje se dešavaju u kraćem vremenskom intervalu na uređaju koji prikazuje efekat i utiče na ambijent korisnikovog okruženja. To, na primer, može biti postepena promena boje iz trenutne u traženu od strane korisnika preko spektra boja koji se nalazi između te dve boje za vremenski interval koji je takođe definisan od strane korisnika.

Da bi se svetlosni efekat kreirao korisniku su na raspolaganju dva načina slanja zahteva za izvršavanje funkcionalnosti i to (1) direktan poziv određene funkcionalnosti ili (2) automatizovane šeme za upravljanje. Po slanju zahteva za direktan poziv funkcionalnosti, dolazi do izvršenja, a rezultat je određena promena na *RGB* lampi. Automatizovana šema za upravljanje predstavljena je nizom funkcionalnosti koje se sekvencijalno izvršavaju, sa mogućnošću kružnog izvršavanja. Kreira se od strane aplikacije za grafičku korisničku spregu kojom upravlja korisnik definišući funkcionalnosti, njihov redosled i potrebne podatke. Ona se može predstaviti u vidu scenarija koji sadrži akcije. Akcije se izvršavaju jedna za drugom do kraja scenarija ili dok korisnik ne izvrši prekid, pri čemu se za rezultat dobija automatizovana promena svetlosnih efekata.

Sa aspekta programske podrške aplikacija za grafičku spregu sa korisnikom služi da se na najlakši način od korisnika prikupe podaci koji su potrebni za opisivanje stanja *RGB* lampe. Koristeći prikupljene podatke iz korisničkog zahteva za kreiranje svetlosnog efekta formira se poruka koja predstavlja zahtev programske podrške. Ovakve poruke se kroz sistem i preko uređaja za bežičnu komunikaciju, šalju ka *RGB* lampi koja reaguje tako što se uključuje u boju traženu od strane korisnika.

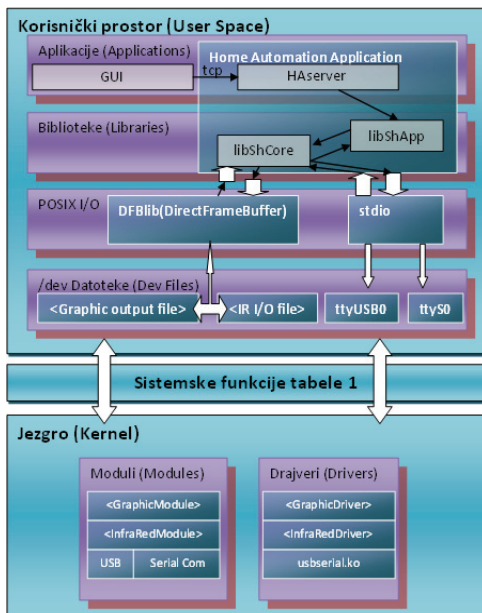
B. Struktura programske podrška sistema

Platforma operativnog sistema koja je iskorišćena je *Linux*, posebno prolagoden sistemima ograničenih resursa i radu u realnom vremenu, odabran zbog jednostavnog i efikasnog načina upravljanja fizičkom arhitekturom. Stoga je programska podrška sistema realizovana u okviru korisničkog prostora *Linux* operativnog sistema, koristeći neophodne apstrakcije iz jezgra operativnog sistema, i oslanja se na programsku podršku realizovanu u [6].

Realizacija rešenja povlači realizaciju određene programske podrške koja se može podeliti u više delova i to na (1) programsku podršku komunikacionih uređaja i

protokola, (2) programsku podršku glavnog kontrolera, kao i (3) programsku podršku za spregu sa korisnikom u vidu konzolne aplikacije (*User Interface - UI*) ili grafičke aplikacije (*Graphical User Interface - GUI*).

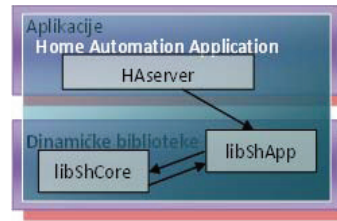
Pod programskom podrškom glavnog kontrolera podrazumeva se logička realizacija i organizacija programskih modula. Funkcije koje glavni kontroler obavlja su u obradi korisničkih podataka dobijenih preko komunikacione sprege od aplikacije za spregu sa korisnikom ili grafičke korisničke aplikacije, čuvanje neophodnih podataka o konfiguraciji sistema u širem smislu koji obuhvata broj i pozicije izvršnih, krajnjih uređaja, kao i slanje preko komunikacione sprege ka krajnjim uređajima. Jednostavnije rečeno, kontroler predstavlja glavnu upravljačku aplikaciju u sistemu, koja poseduje i organizuje upravljačke, procesne i komunikacione mehanizme i funkcije, a smeštena je u okviru korisničkog prostora *Linux* operativnog sistema, što je prikazano na sledećoj slici (SI.3.).



SI.3. Organizacija, struktura i sprege sistema u okviru *Linux* operativnog sistema

Glavnom kontroleru, koji je predstavljen u vidu korisničke aplikacije, pristupa se preko posebnog javnog *API*-ja (aplikacione sprege, *Application Programming Interface*). Postoje dve komunikacione veze glavnog kontrolera, prva se odnosi na vezu i komunikaciju sa uređajima i jezgrom *Linux* operativnog sistema, a druga se odnosi na vezu sa aplikacijom za interakciju sa korisnikom kojom korisnik upravlja sistemom.

Aplikacija glavnog kontrolera sadrži tri gradivne celine. Dve se mogu svrstati u dinamičke biblioteke, dok poslednja obavlja funkciju glavnog poslužioca (*server*). Ona uključuje i koristi funkcije iz tih biblioteka i sadrži konzolnu aplikaciju za vezu sa korisnikom. Organizacija i unutrašnje veze gradivnih modula glavnog kontrolera prikazane su na slici (SI.4.).



SI.4. Organizacija programske podrške glavnog kontrolera

Aplikacija poslužioca *HAserver* koristi javni *API* iz biblioteke *libShApp*, koji je dat u vidu odgovarajućih funkcija. Ova biblioteka šalje poruke sa podacima i kontrolnim informacijama ka bazi, modulima i rukovaocima koji su locirani u biblioteci *libShCore*. Organizacija programske podrške u bibliotekama i aplikacijama predstavlja okruženje (*framework*) rešenja. Gradivni delovi okruženja su: rukovaoci kontrolerima komunikacije; upravljač kontrolerima komunikacije; upravljač modulima; upravljač makroima; upravljač korisničkim komunikacionim sesijama.

Programska podrška komunikacionih uređaja obuhvata realizaciju programske podrške uređaja korišćenih za komunikaciju sa uređajima koji se kontrolišu. Ona obuhvata module u kojima su definisane potrebne obrade podataka za slanje i određeni mrežni protokoli potrebni da se uspostavi pravilna komunikacija preko fizičke komunikacione sprege sa krajnjim kontrolisanim uređajem (u ovom slučaju, *RGB* lampom).

Programska podrška za spregu sa korisnikom sadrži aplikaciju sa komunikacionim funkcijama (komunikaciona aplikacija poslužioca) koje se pozivaju i korisničku aplikaciju bilo u vidu konzolne aplikacije za spregu sa korisnikom ili aplikacije sa grafičkom korisničkom spregom.

III. REZULTATI ISPITIVANJA

Sistem za bežično upravljanje svetlosnim efektima sa televizijskog prijemnika ispitivan je koristeći (1) aplikaciju glavnog kontrolera, (2) konzolnu aplikaciju i *mshell* aplikaciju za ispitivanje, (3) aplikaciju za osluškivanje bežične komunikacije *TI Packet Sniffer* zajedno sa dodatnim uređajem za snimanje bežične komunikacije, (4) bežičnu *RGB* lampu. Cilj ispitivanja je potvrda ispravnog rada sistema za kontrolu *RGB* lampe u celosti i pojedinačnih delova kroz ispitivanje ispravnosti komunikacije sa lampom.

Za zadavanje naredbi korišćena su dva pristupa i to zadavanje naredbi (1) *mshell* konzolnoj aplikaciji i (2) za kontrolu aplikacije poslužioca daljinskim upravljačem. U prvom načinu pri ispitivanju korišćen je *PC* povezan preko *LAN* mrežnog priključka sa *TV* platformom, a u drugom načinu daljinski upravljač televizijskog prijemnika. Na taj način ispitane su sve funkcije konzolnih aplikacija i sve mogućnosti pozivanja funkcija za kontrolu *RGB* lampe. U svim slučajevima izvršena je tražena akcija, što je zaključeno iz promene stanja na lampi u stanje koje je traženo ili unapred specificirano. Pozivima scenarija ispitivana je dinamičnost promena na lampi i mogućnost ponavljanja istih akcija na duži vremenski period. S

obzirom da nije došlo do otkaza sistema, zaključeno je da funkcioniše ispravno.

Nakon navedenog ispitivanja zaključeno je da sistem za bežično upravljanje svetlosnim efektima *RGB* lampe funkcioniše i da je moguća njegova primena.

Za ispitivanje performansi sistema mereno je vreme propagacije kontrolne poruke. Vreme propagacije podataka kroz sistem mereno je 20 puta za funkciju uključivanja lampe. Dobijeni prosečni rezultat je 460 ms. Vrednosti ovih vremenskih perioda u prvih pet merenja dati su narednom tabelom (Tabela 1.).

TABELA 1: REZULTATI MERENJA VREMENA PROPAGACIJE.

Br. merenja	Vreme uključ.
1	463,93 (464 ms)
2	464,02 (464 ms)
3	464,02 (464 ms)
4	464,02 (464 ms)
5	463,93 (464 ms)

Može se zaključiti da je vreme propagacije određeno vremenskim intervalom čekanja od 400 ms koji predstavlja i minimalno vreme potrebno korišćenju *RGB* lampi da odreaguje na dve uzastopne poruke. Ovo vreme odziva je zadovoljavajuće jer je ispod vremena reakcije TV uređaja za koje se smatra da je iritantno po korisnika (duže od 2s) i može se smatrati trenutnom reakcijom (ispod 500ms) prema podacima navedenim u [7]

Veličina aplikacije celokupnog glavnog kontrolera sistema koja uključuje aplikaciju poslužioca (*HAServer*) i dinamičke biblioteke (*SHCore* i *libSHApp*) iznosi 1,6 MB. Veličina test aplikacije bazirane na *mshell* okruženju (*HAtest*) u koju je uključena biblioteka sa klijentskom aplikacijom (*libSHApp*) zajedno sa jezgom kontrolera (*SHCore*) iznosi 1.7 MB. Pregled veličina objektnih datoteka pojedinačnih modula i biblioteka dat je narednom tabelom (Tabela 2).

TABELA 2: PREGLED VELIČINA OBJEKTNIH DATOTEKA.

Vel. <i>SHCore</i>	Vel. <i>libSHApp</i>	Vel. <i>HAServer</i>
996 KB	205 KB	329 KB
Vel. <i>SHCore</i>	Vel. <i>HAtest</i>	
996 KB	756 KB	

Može se zaključiti da je količina zauzete memorije dovoljno mala da ne utiče na brzinu izvršavanja kako te, tako i ostalih TV aplikacija, jer veći deo sistema, uključujući potrebne delove dinamičkih biblioteka, može biti kompletno učitano u radnu memoriju.

IV. ZAKLJUČAK

Moguća unapređenja i proširenja, vezana za ovaj rad, mogu biti u unapređenju scenarija i predefinisanih opcija da što više poboljšaju ambijent u zavisnosti od dobijenih informacija o korisnikovom raspoloženju, ponašanju i akcijama. Može se izvršiti povezivanje sa aplikacijom koja bi na lampi odražavala dominantnu boju u odnosu na opšte događaje na prikazivanom video signalu. Dodatna unapređenja svode se, pored pružanja prijatne atmosfere i

ambijenta, na izvršavanje akcija koje bi označavale da se neki od definisanih događaja desio, npr. promena emitovane boje usled usled pristizanja *e-mail* poruka ili dešavanja događaja na nekom od senzorskih uređaja, ako postoje.

Kroz ovaj rad je takođe pokazano da je moguće napraviti sistem koji bi se koristio za praćenje rada i kontrolisanje različitih samostalnih uređaja koji postoje u domaćinstvu. Ovo omogućava dalji prostor za istraživanje i uključivanje što više različitih uređaja, kako bi se jedan uređaj, u ovom slučaju televizijski prijemnik, koristio pored svoje osnovne namene i kao centralni uređaj za prikupljanje informacija i upravljanje.

LITERATURA

- [1] Van den Broek, H.A. *Automatic living light effect generation, Master's thesis, Technische Universiteit Eindhoven*, Dept. of Mathematics and Computer Science, 2004
- [2] T. Iwanami, A. Kikuchi, T. Kaneko, K. Hirai, N. Yano, T. Nakaguchi, N. Tsumura, Y. Yoshida, and Y. Miyake, 2010, *Relationship Between Ambient Illumination and Psychological Effects for Television Viewing, J. Imaging Sci. Technol. Vol. 55, 010502*. Available: http://jst.ime.org/resource/1/jimte6/v55/i1/p010502_s1?isAuthorized=no
- [3] Chi-Hung Hung, Ying-Wen Bai and Ren-Yi Tsai. Chen, "Digital Control for Home Lighting Systems with ZigBee Communication", in *Proceedings of IEEE ICCE*, Berlin, Germany, 2011.
- [4] B. Mrazovac, M. Z. Bjelica, I. Papp, N. Teslic, "Towards Ubiquitous Smart Outlets for Safety and Energetic Efficiency of Home Electric Appliances", in *Proceedings of IEEE ICCE*, Berlin, Germany, 2011.
- [5] Teodora Novković, Miloš Balać, Dragan Samardžija, Miodrag Temerinac, "Zigbee Home Light Controller implementation and verification on digital TV receiver", in *Proceedings of 18th Telecommunications forum TELFOR 2010*, Belgrade, Serbia.
- [6] M. Z. Bjelica, I. Papp, N. Teslic, J.-M. Coulon, "Set-top box-based home controller", in *Proceedings of 14th International Symposium on Consumer Electronics (ISCE)*, 2010.
- [7] H. Fuchs, N. Farber, "Optimizing channel change time in IPTV applications", in *Proceedings of IEEE Int. Symp. Broadband Multimedia Systems and Broadcasting*, 2008.

ABSTRACT

This paper present a conceptual solution, implementation details, results of performance analysis and tests of system for controlling lighting effects from TV receiver over wireless network. The system represents an extension of a home automation system. It is based on embedded computer system that is integrated into the TV receiver, and enables the use of a single central device for monitoring and controlling household devices such as *RGB* lamps. Lamps are used to provide lighting effects and regulation of user's ambient. For controlling this and other devices user can use a standard remote controller.

WIRELESS AMBIENT LIGHTING CONTROL FROM TV RECEIVER

Milan N. Mitrović, Dušan Milosavljević, Vukašin Nuhijević, Dejan Kojić, Nikola Smiljković

JEDNO REŠENJE SISTEMA ZA PRAĆENJE MOBILNIH OBJEKATA KORIŠĆENJEM GNSS TEHNOLOGIJE**ONE SOLUTION OF THE SYSTEM FOR MONITORING MOBILE OBJECTS USING GNSS TECHNOLOGY**Vuk Popović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U ovom radu predstavljeno je jedno rešenje softvera za akviziciju, arhiviranje i obradu podataka prikupljenih korišćenjem GNSS tehnologije, odnosno uređaja za praćenje vozila. Rad sadrži konceptualnu šemu jednog ovakvog sistema kao i prikaz alata kojima je sistem realizovan.

Abstract – This paper presents one solution of software for acquisition, archiving, and processing data collected using GNSS technology and vehicle tracking devices. Also this paper contains a conceptual scheme of such systems and tools for its realization.

Cljučne reči – Projektovanje softvera, GNSS

1. UVOD

Praćenje vozila putem GNSS sistema, postaje široko rasprostranjena metoda kontrole troškova i zaštite vozila u čitavom svetu. Razvoju ovog načina kontrole vozila i voznog parka, doprineo je i tehnološki napredak u oblasti kako geoinformacionih sistema, tako i komunikacije putem GPRS-a. Sa budućim razvojem komunikacione tehnologije i bežičnog prenosa velike količine podataka pomeraće se i granice iskorišćenja tehnologije praćenja vozila.

Akvizicija ovih parametara naravno zavisi od senzora ugrađenih u vozilo od strane proizvođača ili senzora koje mi naknadno ugradimo. Na kraju svi ovi podaci skladište se u bazu podataka i prema potrebi od njih se kreiraju različiti pregledi i izveštaji koji su doveli do revolucije u domenu kontrole transporta robe i putnika. Korišćenjem ovakvog sistema dolazi se do značajne kontrole troškova transporta koji doprinosi uštedi firme koja ga koristi, i u vrlo kratkom vremenskom periodu se isplaćuje korisnicima.

Trenutno u upotrebi postoji više globalnih navigacionih satelitskih sistema (Global Navigation Satellite System - GNSS) među kojima su najznačajniji GPS, GLONASS, Galileo, Compass, i drugi koji su za sada manje operativni [1]. Ideja upotrebe GNSS-a, odnosno ideja istovremene upotrebe svih raspoloživih satelitskih sistema predstavlja budućnost i cilj razvoja satelitskih sistema.

2. TEHNIČKI OPIS SISTEMA**2.1 Osnove rada GPS sistema**

GPS Prijemnik je uređaj koji proračunava svoju poziciju

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je dr Miro Govedarica, vanr. prof.

na osnovu merenja udaljenosti od tri ili više GPS satelita [2]. Signal takođe nosi informaciju o trenutnom položaju satelita sa kog se emituje. Ako se zna udaljenost prijemnika od satelita i pozicija satelita, poznato je da se prijemnik nalazi negde na sferi određene dimenzije u čijem je centru satelit. Pošto su poznate pozicije tri satelita i udaljenost prijemnika od svakog od njih, postupkom trilateracije se može odrediti pozicija prijemnika.

2.2 Proračun pozicije

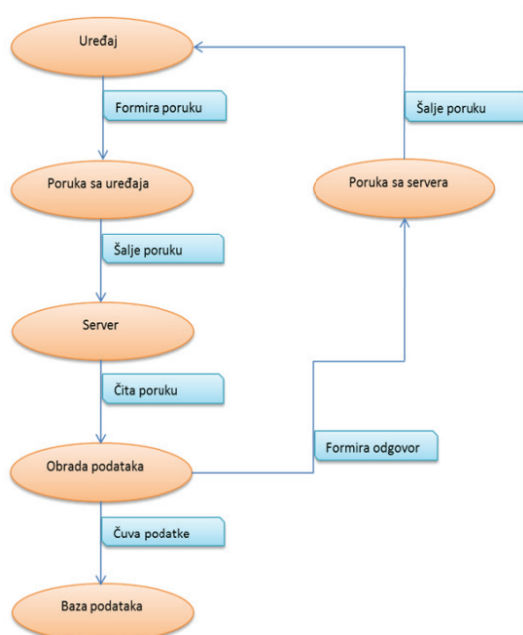
Geografske koordinate prijemnika se proračunavaju bazirano na Svetskom geodetskom sistemu, WGS84 [2]. Za početak, GPS prijemnici sa satelita primaju navigacionu poruku koja u sebi sadrži trenutne pozicije satelita. Koordinate se izvorno računaju kao kartezijanske, ali se konvertuju u elipsoidne.

Za potrebe prikazivanja tačaka na kartama koje su u nekoj projekciji ili upoređivanja podataka sa podacima koji su u drugom koordinatnom sistemu, potrebno je definisati parametre datumske transformacije (ukoliko datum koordinatnog sistema karte nije WGS84), parametre projekcije i model geoida. Prijemnik identifikuje signal sa svakog pojedinog satelita prema njegovoj jedinstvenoj digitalnoj sekvenci, pa meri razmak između vremena kada je signal emitovan i vremena kada je signal primljen.

3. PROJEKTOVANJE SISTEMA ZA AKVIZICIJU PODATAKA

Sistem za praćenje vozila je hijerarhijski sistem sa softverskim i hardverskim komponentama. Hardverski deo sistema čini uređaj koji se ugrađuje u vozilo, a softverski deo čine aplikacija koja vrši akviziciju podataka sa uređaja i baza podataka u koju se podaci arhiviraju.

Komunikacija između uređaja u vozilu i serverske aplikacije odvija se putem GPRS (General Packet Radio Service) protokola, odnosno putem GSM (Global System for Mobile Communications) mreže. Ovakav vid komunikacije izabran je zbog dobre rasprostranjenosti GSM mreže, što je važno u sistemima gde je uređaj mobilan. Uređaj u vozilu poseduje sim karticu mobilnog operatera koja preko GPRS-a komunicira sa portom na kom sluša serverska aplikacija. Serverska aplikacija mora da poseduje dve osnovne mogućnosti. Prva, već opisana u tekstu, je da prima poruke od uređaja u vozilu koje ume da pročita, i druga da sve podatke koje je dobila od uređaja arhivira u bazu podataka. Takođe važno je isprojektovati još jednu malu aplikaciju koja bi emulirala rad samog uređaja.



Slika 1. UML dijagram GPS sistema za praćenje vozila

3.1 Alat za izradu aplikacije

Alat za izradu aplikacije bio je Microsoft Visual Studio 2008, a aplikacioni interfejs koji je korišten je QT [3]. Široko korišćeni aplikacioni interfejs QT, koristi se za izradu aplikacionog softvera sa grafičkim korisničkim interfejsom (Graphic User Interface - GUI), gdje je naglasak upravo na izradi serverskih aplikacija. Treba napomenuti da QT zapravo koristi programski jezik C++, proširen dodatnim funkcijama i paketima za jednostavnije korišćenje različitih protokola za komunikaciju.

Za bazu podataka koja služi za arhiviranje podataka izabrana je PostgreSQL baza, koja je besplatna za korišćenje. Ova baza podataka podržava sve potrebne tipove podataka, operacije nad njima, kao i korišćenje ključeva.

4. REALIZACIJA SOFTVERSKOG REŠENJA

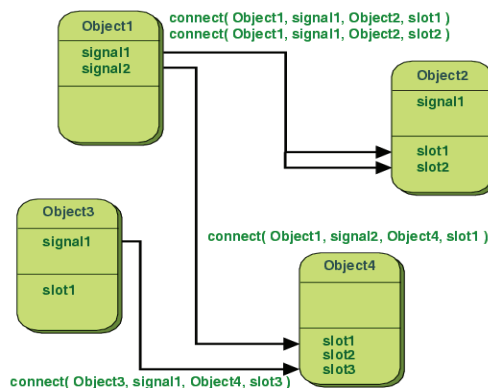
Aplikacioni interfejs u kome je razvijana aplikacija, QT, poseduje mehanizam koji ga razdvaja od sličnih interfejsa, a to je mehanizam signala i slotova [3]. Mehanizam signala i slotova zapravo se koristi za komunikaciju između objekata (Slika 2).

Kada se razvija određeni grafički interfejs ideja je da se promena na nekom objektu notifikuje od strane drugog objekta. QT sadrži mnoštvo predefinisanih signala, ali se uvek ručno može specificirati i dodati novi. Sa druge strane slot je funkcija koja se poziva kao odgovor na određeni signal.

Signali i slotovi mogu da imaju neograničen broj argumenata, gde tip argumenata takođe nije ograničen. Klasa koja nasledi ugrađenu klasu QObject ili neku od njenih podklasa, može da koristi signale i slotove. Signali se emituju od strane objekta kada objekat promeni stanje na način koji može biti od interesa drugim objektima. Korisnik može da poveže neograničen broj signala na samo jedan slot, ili jedan signal na neograničen broj slotova. Spisak signala i slotova korišćenih u serverskoj aplikaciji predstavljen je u sledećoj tabeli:

Tabela 1. Serverska aplikacija

Signal koji se emituje	Slot povezan na signal
deviceCommandSucceeded	evDeviceCommandSucceeded
deviceCommandError	evCommandError
deviceDisconnected	evDeviceDisconnected
deviceLoggedOn	evDeviceLoggedOn
readyRead	PristigliPodaci
disconnected	ClientDisconnected
newConnection	NewConnection
SaljiPoruke	SlanjePoruka
destroyed	PreGasenja OcistiNeaktivne
NewMessageReceived	NewMessageReceived
clientDisconnected	clientDisconnected
NewMessage	NewMessage
error	deviceCommandError



Slika 2. Šematski prikaz principa rada mehanizma signala i slotova

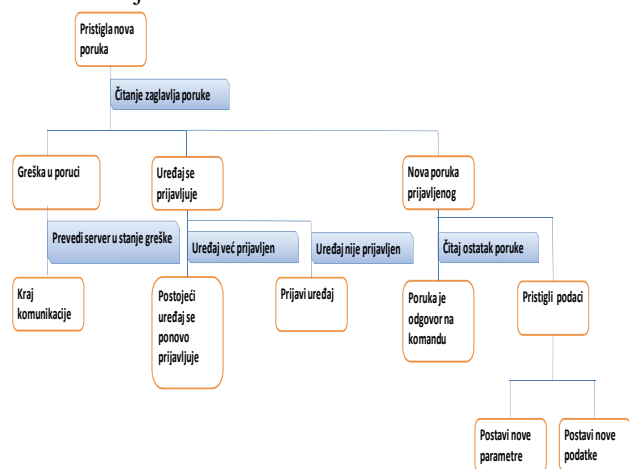
4.1 Primer komunikacije u aplikaciji

Primer komunikacije u aplikaciji biće način na koji pristigla poruka sa uređaja dovodi do procesa aktivacije niza signala i slotova. Pristigla poruka sa uređaja aktivira signal New Message Received, koji se povezuje sa slotom New Message Recieved. Ovaj slot prihvata parametre primljene od signala i obrađuje zaglavlje poruke. Nakon obrade, u zavisnosti od rezultata obrade, nastavlja se dalja aktivacija signala. Ukoliko je u toku obrade poruke utvrđeno da je došlo do greške emituje se signal Error, inače je poruka validna i dalje se obrađuje. Ukoliko se u toku obrade utvrdi da se pristiglom porukom uređaj prijavljuje na server, emituje se signal DeviceLoggedOn. Ako je emitovan signal DeviceLoggedOn, postoje dve mogućnosti prijavljivanja. Jedna je da se uređaj ponovo prijavljuje, a druga da uređaj do sada nije bio prijavljen i da je ovo novi uređaj na našem serveru. Ukoliko se nakon čitanja prvih nekoliko parametara poruke utvrdi da poruka nema greške i da poruka nije poruka prijave, znači da poruka treba dalje da se otpakuje i čita, odnosno da poruka nosi novopristigle podatke o uređaju, i emituje se signal NewMessageReceived.

Emitovanju signala NewMessageReceived sledi čitanje ostatka poruke koje inicira istoimeno slot koji je primio

ovaj signal. U tom slučaju utvrđuje se da li je poruka odgovor na komandu servera ili su to novi podaci koje uređaj šalje o svojoj poziciji zajedno sa drugim parametrima. Ako je u pitanju odgovor na komandu servera, ovaj signal će pozvati slot NewTcpCommand i formirati novu komandu. U slučaju da su pristigli podaci biće aktiviran slot PristigliPodaci, i vršiće se pozivanje procedura za obradu podataka i njihovo skladištenje u bazu podataka.

Funkcija koja se povezuje sa bazom podataka na osnovu prosleđenih parametara kao što su putanja ka bazi, korisničko ime i lozinka za povezivanje ima naziv createConnection(). Promenljiva query, koja je unapred predefinisano tipa QSqlQuery, služi nam za komunikaciju. Uz ovu promenljivu možemo koristiti unapred definisanu funkciju Exec koja direktno izvršava unapred pripremljen upit za bazu podataka. Na taj način direktno poredimo podatke koji već postoje u bazi i novopristigle podatke, što nam je važno da na primer izračunamo vreme od poslednjeg javljanja uređaja, ili rastojanje koje je vozilo prešlo između dva javljanja. Naredni korak je iščitavanje samog sadržaja poruke, odnosno ključnih podataka o lokaciji uređaja i svih onih podataka koje uređaj prosleđuje sa raznih senzora u vozilu. Ako se utvrdi da je poruka prva u nizu, odnosno da se uređaj putem ove poruke prijavio na server, vreme javljanja beležimo kao trenutak konektovanja uređaja i ovo vreme nam je od velikog značaja u daljoj analizi komunikacije. Primera radi na osnovu ovog vremena možemo da zaključimo da li se nivo goriva u vozilu smanjio u toku vožnje ili se radi o neovlašćenom istakanju goriva dok vozilo stoji. Za sva neophodna izračunavanja QT interfejs poseduje ugrađene funkcije koje rade kako sa prebacivanjem iz jedne vremenske zone u drugu [3]. Sve vremenske promenljive su tipa QDateTime. Nakon obrade pristiglih podataka sa uređaja potrebno je formirati i odgovor na primljene poruke i nastaviti komunikaciju. Za ovu namenu napravljena je funkcija NewMessageRecieved() koja uzima parametre poruke i nakon provere identifikatora uređaja i zaključka da uređaj može da se poveže, šalje signal da je pristigla poruka i da je uređaj prijavljen i spreman za komunikaciju.



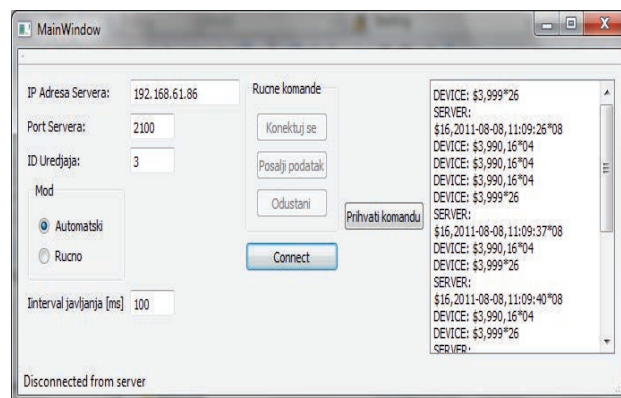
Slika 3. Dijagram procesa prijema poruke na serveru

Odgovor servera sadrži potrebne informacije koje server treba da pruži uređaju, a to su u najjednostavnijem slučaju

odgovor da li je prethodna poruka primljena i vreme slanja poruke sa servera. Nakon što uređaj pošalje odjavnu poruku, server odjavljuje uređaj i obustavlja komunikaciju sa njim.

4.2 Izgled korisničkog interfejsa

Pokretanjem serverske aplikacije otvara se komandni prozor u kom se ispisuje podatak o portu i ip adresi na kojoj server komunicira sa klijentima. Ukoliko ne postoji internet konekcija, odnosno ukoliko server ne može da se poveže sa uređajima ispisaće se poruka o tome. Nakon pokretanja serverske aplikacije možemo pokrenuti i klijentsku aplikaciju, odnosno aplikaciju koja u ovom slučaju menja neki konkretan uređaj u vozilu.



Slika 4. Primer komunikacije klijentske i serverske aplikacije

Poruka koja se prima ili šalje mora biti u sledećem formatu:

„\$1,234,567,89*10“ , (odnosno na slici 4. imamo primer poruke „3,990,16*04“).

Svaki blok poruke odvojen je znakom zarez od prethodnog, a znak zvezda služi da označi početak bloka poruke koji označava identifikator same poruke. Funkcija koja se koristi za čitanje ove poruke poseduje switch strukturu koja na osnovu od promenljive state, prelazi u čitanje različitih delova poruke.

Znak \$ označava početak poruke. Nailazak na ovaj znak, znači da će se promeniti vrednost promenljive state, i da ce se preći na čitanje sledećeg bloka poruke. Prva cifra nakon znaka početka ima svrhu da prikaže identifikacioni broj uređaja. U slučaju da je server taj koji šalje poruku, ova cifra ze izostavlja. Nakon toga ide znak zarez, na osnovu kog naša funkcija koja iščitava poruku zna da će se preći na sledeći blok. Sledeći blok poruke označava tip poruke. Nakon toga sledi blok poruke koji nosi identifikaciju podatka koji sledi, ili koji se zahteva da bude prosleđen. U datom primeru uređaj serveru šalje poruku koja glasi „3,990,16*04“.

Što se organizacije baze podataka tiče, ona naravno zavisi od broja parametara koji se preuzimaju sa uređaja. Povećanjem funkcionalnosti samog uređaja, odnosno njegovim povezivanjem sa računarom u vozilu, ili sa dodatnim sensorima na vratima ili u rezervoaru vozila, dodaju se neophodne tabele i polja u kojima se skladište dobijeni podaci.

5. ZAKLJUČAK

Praćenje mobilnih objekata putem GNSS tehnologije jedna je od najpopularnijih oblasti trenutno kako u automobilske, tako i u računarske industrije. Razvoj tehnologije, doprinosi upotrebi ovog načina kontrole i na druge pokretne objekte, bilo da su oni motorizovani ili da su to sami radnici. Takođe obrada podataka se vrši u realnom vremenu, i svi ovi podaci mogu se arhivirati u baze podataka, odakle se kasnije može vršiti pregledanje i kreiranje raznih izveštaja. Softver koji je bio tema ovog rada, predstavlja neizostavni segment svakog sistema za praćenje vozila. Ono što je prednost ovog softvera u odnosu na druga rešenja, jeste svakako interoperabilnost ove serverske aplikacije, odnosno njena nezavisnost kako od uređaja u vozilu sa kojim komunicira tako i od baze podataka u kojoj arhivira podatke.

U slučaju da u jednom ovakvom baza – server – klijent sistemu, ne postoji krajnja klijentska aplikacija koja radi, kao kod većine ovakvih sistema, preko web pretraživača, sama serverska aplikacija mogla bi da je zameni. Da bi se ova ideja realizovala potrebno je naći način povezivanja ove aplikacije sa nekom od postojećih interaktivnih geografskih mapa, na kojima bi se iscertavao trenutni položaj vozila. Naravno za implementaciju ovih ideja potrebno je aplikaciju pustiti u duži komercijalni rad, detaljno je testirati, i nakon toga napraviti interfejs koji bi odgovorio na zahteve klijenata.

7. LITERATURA

- [1] Geographical Information Systems and Computer Cartography. Prvo izdanje. New Jersey: Prentice Hall; 1997. ISBN 0582044391
- [2] Globalni sistem pozicioniranja. Drugo izdanje. Beograd: Visoka građevinsko geodetska škola; 2002. ISBN 978-86-7488-012-6.
- [3] QT Assistant. Četvrto izdanje. Oslo: Nokia Corporation and its subsidiary; 2010.

Kratka biografija



Vuk Popović rođen je u Kikindi 1987. god. Fakultet tehničkih nauka upisao je 2005.god. Diplomski-master rad iz oblasti Elektrotehnike i računarstva izradio je na Fakultetu tehničkih nauka i njegova odbrana očekuje se do kraja 2011. godine.

**IMPLEMENTACIJA KLIJENTSKOG STORAGE REŠENJA PODESNOG ZA DMS
SOFTVER****IMPLEMENTATION OF CLIENT STORAGE SOLUTION APPLICABLE TO DMS
SOFTWARE**Nemanja Bubnjević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U okviru rada prikazano je unapređenje postojeće funkcionalnosti web aplikacije DMS softvera primenom tehnologija za skladištenje podataka na klijentskoj strani. Proširena je funkcionalnost tako da se omogući rad web aplikacije u odsustvu konekcije sa serverom.

Abstract – This paper describes improvement of existing DMS software web application functionality by using client side storage technologies. Functionality is expanded to enable web application usage without server connection.

Ključne reči: *Web storage, Offline web applications, Offline web*

1. UVOD

DMS (*Distribution Management System*) softver omogućava kontrolu, praćenje i analizu elektrodistributivne mreže. Web aplikacija DMS softvera omogućava pregled mapa elektrodistributivne mreže, elemenata mapa i njihovih karakteristika. Namenjena je za upotrebu na terenu i pruža deo funkcionalnosti DMS softvera. Implementirana je kao *Java web* aplikacija i podeljena je na slojeve prikazane na slici 1.

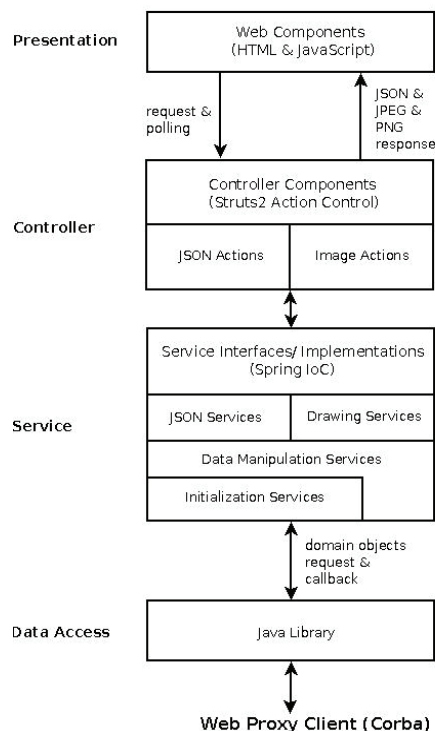
Web komponente su osnova prezentacionog sloja. Razvijene su pomoću *jQuery* biblioteke primenjujući objektno orijentisane principe. Web komponente putem *Ajax* poziva komuniciraju sa serverom, odnosno kontrolerima. Ovi pozivi su mapirani na odgovarajuće akcije u kontrolerima. Odgovori na pozive su u obliku *JSON* objekata ili slika (*img, png* format), zavisno od pozvane akcije.

Servisni sloj se sastoji od servisa koji su podeljeni prema funkcijama koje izvršavaju. *Data manipulations services* i *Initialization services* komuniciraju sa servisima *Java* biblioteke koji su odgovorni za pristup podacima (*Data access* sloj) [1]. *Java* biblioteka predstavlja posrednika između Web aplikacije i *Web proxy* klijenta. *Web proxy* klijent komunicira sa glavnim serverima na kojima se nalazi svi podaci o elektrodistributivnoj mreži. Tim serverima pristupa i desktop aplikacija (DMS softver) koja poseduje mnogo više mogućnosti za rad sa mrežom, dok web aplikacija poseduje podskup mogućih operacija.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Miroslav Hajduković, red.prof.

Na slici 2. prikazan je interfejs web aplikacije. U zaglavlju stranice se nalaze kontrole za promenu jezika aplikacije, odjavu, prikaz imena korisnika i kontrole koje čine deo proširenja aplikacije, *Start recording, Options* i indikatorsko polje za režim rada aplikacije. U panelu sa leve strane nalaze se kontrole za odabir mogućih prikaza aplikacije (geografski ili šematski), režime bojenja, pretragu i listanje transformatorskih stanica. Centralni deo služi za prikaz dijagrama odabranog pogleda.



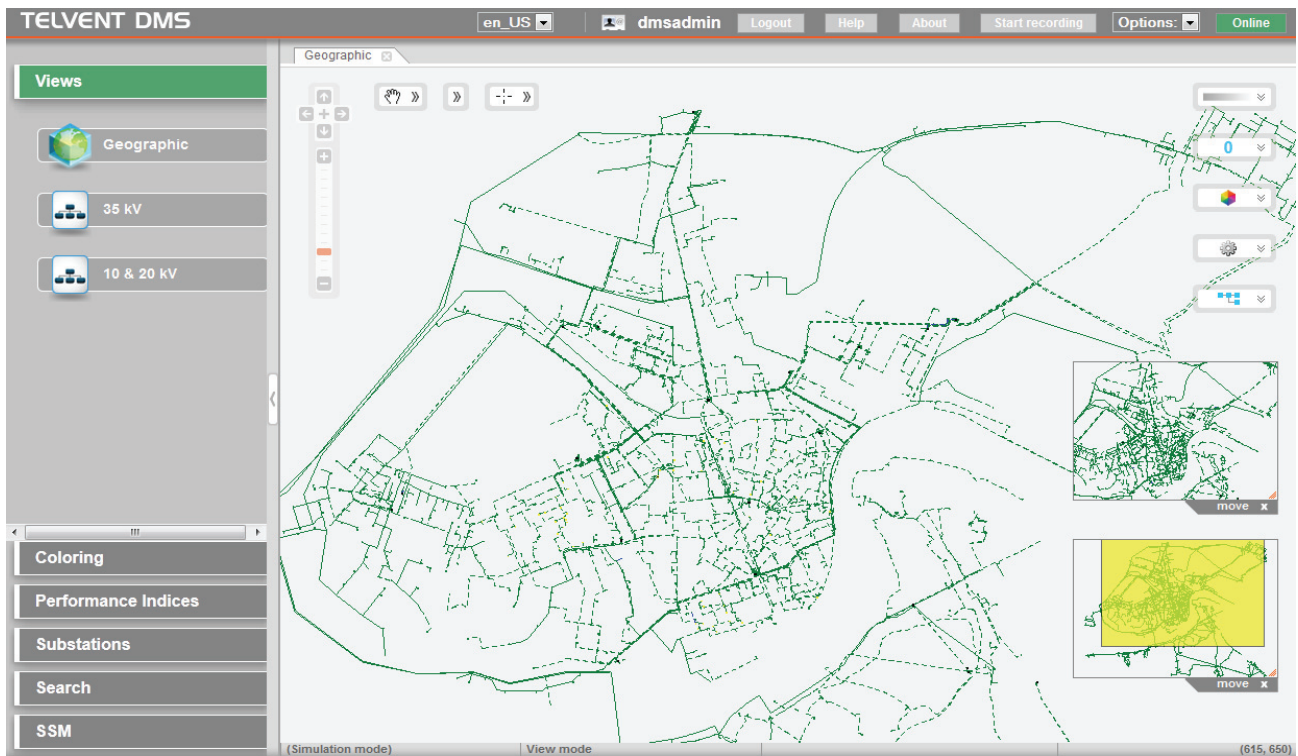
Slika 1. Slojevi aplikacije

1.2. Resursi aplikacije

Resursi koje aplikacija koristi mogu se podeliti na statičke i dinamičke. U statičke resurse spadaju *HTML, CSS* i *JavaScript* fajlovi i slike pomoću kojih je aplikacija napravljena, dok dinamičke resurse aplikacije predstavljaju:

- slike – delovi mape koji se preuzimaju sa servera u toku rada aplikacije,
- podaci – preuzimaju se sa servera smešteni, u *JSON* objekte.

Da bi aplikacija mogla da bude funkcionalna u odsustvu konekcije sa serverom, potrebno je sve resurse, statičke i dinamičke, sladištiti na lokalnom disku i odatle ih preuzeti u odsustvu konekcije.



Slika 2. Interfejs web aplikacije

2. OPIS REŠENJA PROBLEMA

2.1. Režimi rada web aplikacije i dodatne opcije

Za potrebe proširenja aplikacije u zaglavlje glavne stranice dodati su taster za snimanje rada, padajući meni sa potrebnim opcijama i indikatorsko polje za prikaz režima rada. Polja su prikazana na slici 3.



Slika 3. Dodatne opcije i polja aplikacije

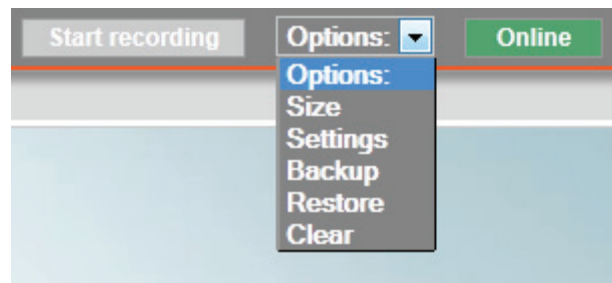
Prilikom rada, web aplikacija može biti u jednom od dva režima: *online* ili *offline*. Režim rada je prikazan u desnom delu zaglavlja aplikacije. Ukoliko postoji veza sa serverom, aplikacija će se nalaziti u *online* režimu rada. U suprotnom se nalazi u *offline* režimu. Režim rada, odnosno postojanje veze sa serverom, se utvrđuje na osnovu atributa *window* objekta pretraživača koji se naziva *navigator.onLine*. Vrednost ovog atributa je *true* ukoliko je pretraživač povezan na mrežu, a *false* ukoliko nije. Moguće je pratiti promene *navigator.onLine* atributa i na osnovu njih menjati režim rada aplikacije.

Kada se aplikacija nalazi u *online* režimu rada, postoji opcija snimanja koja se aktivira pritiskom na taster *Start recording*. Od trenutka aktiviranja snimanja, svi podaci preuzeti sa servera će biti skladišteni na lokalnom disku i biće dostupni u *offline* režimu rada. Na ovaj način korisnik može da snimi relevantne podatke i delove mape, koje će moći da koristi bez konekcije sa serverom.

U okviru dela sa alatkama aplikacije dodat je padajući meni. Na slici 4. su prikazane moguće opcije, a njihov opis je sledeći:

- *Size* – prikazuje količinu sačuvanih podataka u skladištu izraženu u *KB*,
- *Settings* – nudi podešavanja snimanja,

- *Backup* – omogućava pravljenje rezervnih kopija sačuvanih podataka,
- *Restore* – omogućava restauraciju podataka,
- *Clear* – omogućava brisanje sačuvanih podataka iz skladišta.



Slika 4. Dodatne opcije i polja aplikacije

2.2. Skladištenje resursa

Za skladištenje statičkih resursa, u rešenju je upotrebljena *Offline web applications* tehnologija. Ona je deo *HTML5* specifikacije i predstavlja mehanizam za rad web aplikacija u slučajevima kada pretraživač nije povezan na Internet. Princip rada je da pretraživač, dok je povezan na Internet, napravi lokalnu kopiju aplikacije, koja se naziva *application cache*, koju će upotrebiti pri prekidu konekcije sa serverom.

Implementacija ove tehnologije podrazumeva postojanje *applicationCache* objekta pomoću koga se može pratiti status resursa web aplikacije. Status može biti *idle*, *uncached*, *checking*, *downloading*, *updateready* i *obsolete*. Neke od funkcija koje su implementirane u okviru *applicationCache* objekta su *onchecking*, *onupdateready*, *ondownloading* i one omogućavaju praćenje statusa resursa web aplikacije i definisanje akcija na statuse.

Prilikom kreiranja *web* aplikacije koja će biti dostupna i u *offline* modu, potrebno je definisati manifest fajl i uključiti ga u početnu stranicu aplikacije na sledeći način:

```
<!DOCTYPE HTML>
<html manifest="cache.manifest">
<body>...
```

U manifest fajlu se nalazi lista resursa koje pretraživač treba da sačuva na lokalnom disku. Nakon toga, svaki sledeći pristup resursima iz liste biće sa lokalnog diska, a ne sa servera. Podaci će biti preuzeti sa servera samo u slučaju da su menjani, kako bi se u lokalnoj kopiji nalazila najnovija verzija resursa.

Offline web applications interfejs je implementiran u okviru poznatih pretraživača kao što su *Mozilla Firefox* 8, *Google Chrome* 17, *Opera* 11 i *Apple Safari* 5, osim u okviru *Internet Explorer* 9.

Tehnologija upotrebljena za skladištenje statičkih resursa ne može se primeniti na skladištenje dinamičkih resursa. Da bi oni skladištili zahteva se primena još nekih tehnologija koje nisu deo *HTML 5* specifikacije. *W3C* [2] propisuje specifikacije za tehnologije koje omogućavaju trajno smeštanje podataka na lokalnom disku poput:

- *Web storage*,
- *Web SQL database*,
- *IndexedDB*.

U pogledu podržanost tehnologija u okviru pretraživača, najmanje podržane tehnologije su *IndexedDB* i *Web SQL*, koje po svojoj specifikaciji treba da omoguće rad sa većom količinom podataka. *Web storage* je tehnologija podržana u okviru svih popularnih pretraživača, međutim još uvek nije standardizovan skladišni kapacitet, te se on razlikuje kod različitih implementacija, dok su performasne približno jednake. Zbog velike podržanosti *Web storage* je korišćen za skladištenje dinamičkih resursa.

Web storage se može posmatrati kao unapređenje *cookies*, pružajući mnogo veći kapacitet memorije za smeštanje podataka i bolji programski interfejs. Za razliku od *cookies*, kojima se može pristupiti i na klijentskoj i serverskoj strani, *web storage* je dostupan samo klijentima, odnosno podaci se ne šalju pri svakom zahtevu, već samo kada server zahteva upis ili čitanje podataka. Podaci se u *web storage* smeštaju u asocijativni niz, gde ključevi i vrednosti mogu biti samo tipa *string*.

Web storage interfejs je implementiran u okviru poznatih pretraživača kao što su *Mozilla Firefox* 8, *Google Chrome* 17, *Opera* 11, *Apple Safari* 5 i *Internet Explorer* 9.

Jedan tip dinamičkih resursa koji se dobavljaju sa servera predstavljaju slike. Slike se prezimaju u *png* formatu i kao takve se ne mogu sačuvati u *Web storage* skladište. *Web storage* omogućava skladištenje podataka po principu ključ – vrednost i svi podaci moraju biti tipa *string*, pa je iz ovog razloga potrebno slike konvertovati u tip *string* i kao takve sačuvati. Konvertovanje slika izvršeno je na serverskoj strani implementacijom funkcije koja će bajtove slike pretvoriti u *base64 encoded string* i dostaviti ga klijentu. Tako dostavljena slika se može sa prefiksom *data:image/png;base64* postaviti kao *source* atribut *image*

taga i pretraživač će je interpretirati kao *png* sliku sačinjenu od bajtova, što je prikazano na slici 5.

```


```

Slika 5. Načini definisanja *source* taga *image* atributa

Princip rada aplikacije je da se, pri pomeranju pozicije vidljivog dela mape, dobavljaju slike sa servera koje će prikazati željeni deo mape. U slučaju da je pretraživač u *online* režimu rada i uključeno je snimanje (taster *Start recording* u delu sa alatnama), aplikacija će pri dobavljanju svake slike generisati još jedan zahtev za dobavljanje iste te slike, ali koja je konvertovana u *string*. Konvertovana slika će biti sačuvana u skladištu i za generisanje ključa će biti upotrebljeni parametri iz zahteva, kao što su njene koordinate i naziv sloja mape u kom se slika pojavljuje. Parametri, koji ulaze u vrednost ključa, su konfigurabilni i na taj način se u ključ može dodati još neki od parametara iz zahteva.

Web aplikacija, pored slika, sa servera dobavlja i podatke vezane za njeno podešavanje, način prikaza elemenata, jezik prikaza, informacije o elementima mreže, njihove karakteristike i druge. Ovi podaci takođe trebaju da se sačuvaju na lokalnom disku. Oni se dobavljaju putem *Ajax* zahteva i pri uspešnom zahtevu, ukoliko se aplikacija nalazi u *online* režimu rada i uključeno je snimanje, dobijeni podaci će biti sačuvani u skladište. Podaci se primaju sa servera u *JSON* objektu i pre skladištenja potrebno ih je konvertovati u tip *string*, za šta postoji posebna funkcija. Takođe postoji i reverzibilna funkcija za pretvaranje *string*-a u *JSON* objekat.

Parametri koji ulaze u vrednost ključa su, kao i kod slika, konfigurabilni. Međutim kod većine podataka se kao ključ koristi kompletan zahtev iz *URL*-a. Ovo je moguće pošto u zahtev ne ulaze vremenski promenljivi parametri, kao što je na primer, *timestamp*, pa će svaki zahtev za istim podacima biti identičan.

2.3. Detekcija Internet (mrežne) konekcije

Kao što je već pomenuto, postojanje mrežne konekcije utvrđuje se na osnovu atributa *window* objekta pretraživača koji se naziva *navigator.onLine*. U slučaju da se promeni vrednost ovog atributa, *window* objekat će kreirati događaj pod nazivom *online* ili *offline*, zavisno od promene koja se desila. Prema specifikaciji koju propisuje *WHATWG* [3], tačno ponašanje ovog atributa je sledeće: ukoliko pretraživač nije povezan na mrežu atribut *navigator.onLine* će imati vrednost *false*, a u svim drugim slučajevima će imati vrednost *true*. To znači da se može desiti da je pretraživač konektovan na mrežu, ali da nema pristup Internetu, odnosno serveru, a vrednost ovog atributa će biti *true*. Ovo nije najpouzdaniji način da se detektuje prisutnost konekcije sa serverom, ali je poslužio pri unapređenju aplikacije u nadi da će se u budućnosti implementirati korektna funkcionalnost ovog atributa u okviru pretraživača.

Iako postoji specifikacija za ovaj atribut, različiti pretraživači je različito implementiraju.

U okviru pretraživača *Google Chrome* i *Apple Safari* vrednost atributa *navigator.onLine* će biti *false* ukoliko ne mogu da se konektuju na lokalnu mrežu (*LAN*). U okviru pretraživača *Mozilla Firefox*, *Internet Explorer* i *Opera* vrednost atributa *navigator.onLine* će biti *false* ukoliko se pretraživač prebaci u *offline* mod putem opcije *Work Offline* [4].

2.4. Podaci vezani za korisnika

U *online* režimu rada aplikacije, nakon uspešne prijave korisnika, korisničko ime i šifra korisnika biće sačuvani na lokalnom disku. Šifra će biti kriptovana *MD5* algoritmom. Ovi podaci će se koristiti u *offline* režimu rada, kako bi se očuvala funkcionalnost autentifikacije korisnika.

Pošto korisnicima nisu od značaja svi delovi mape, svaki korisnik će snimati različite delove mape. Iz tog razloga se u ključ svih skladištenih podataka dodaje i korisničko ime trenutno prijavljenog korisnika. *Web storage* tehnologija pruža zasebno skladište za svaki domen, ali u okviru jednog domena nije moguće realizovati više zasebnih skladišta, pa je odvajanje podataka za više korisnika urađeno dodavanjem korisničkog imena u ključ sačuvanih podataka.

2.5. Pravljenje rezervne kopije i restauracija podataka

U toku testiranja aplikacije u različitim režimima rada i testiranja skladišnog kapaciteta moglo se zaključiti da skladišni kapacitet koji *Web storage* nudi nije uvek dovoljan za skladištenje podataka za više korisnika. Da bi se skladištili novi podaci, potrebno je neke stare obrisati. Da bi se ovo izbeglo, upotrebljen je *FileSystem* interfejs propisan od strane *W3C* fondacije koji omogućava pristup sistemu direktorijuma. Pomoću njega je moguće podatke iz *Web storage* sačuvati na lokalnom disku u tekstualnom fajlu. Takođe je moguće podatke iz tekstualnog fajla ponovo restaurirati u *Web storage*. Kreiranje i restauracija rezervnih podataka se vrši putem padajućeg menija u zaglavlju glavne strane odabirom opcija, respektivno, *Backup* i *Restore*.

FileSystem interfejs, iako ima mogućnost pružanja većeg skladišnog kapaciteta, ne bi mogao da se upotrebi umesto *Web storage*, jer pretraga velikog broja podataka u okviru tekstualnog fajla i njihovo parsiranje traje mnogo duže nego kod *Web storage*, gde se podaci traže pomoću ključa.

Za sada ovu opciju poseduje samo *Google Chrome* koji podržava *FileSystem API*. Ostali pretraživači podržavaju samo *FileReader API*, specifikaciju takođe propisanu od

strane *W3C* fondacije, koja omogućava samo čitanje fajlova iz fajl sistema.

2.6. Ajax pozivi

Web aplikacija pri dobavljanju podataka komunicira sa serverom putem *Ajax* poziva. U *offline* režimu rada svaki *Ajax* poziv bi javljao grešku, pošto ne bi postajala komunikacija sa serverom. Da bi se izbeglo menjanje funkcija, da podatke dobavljaju sinhrono, bez *Ajax* poziva, pronađeno je rešenje da se simulira odgovor servera. Ukoliko je aplikacija u *offline* režimu rada i napravi se *Ajax* poziv, kada postoje zahtevani podaci u lokalnom skladištu, simulirao bi se uspešan odgovor sa servera. U suprotnom, kada podaci ne postoje, simulira se neuspešan odgovor.

3. ZAKLJUČAK

Rezultati ovog rada predstavljaju mogući način proširenja *web* aplikacije *DMS* softvera za prikaz mapa i elemenata elektrodistributivne mreže primenom tehnologija za skladištenje podataka na klijentskoj strani. Proširenje je omogućilo aplikaciji da delimično održi svoju funkcionalnost i pruži potrebne informacije u slučaju da ne može da se ostvari konekcija sa serverom.

Unapređenje aplikacije pruža nove mogućnosti korisniku, kao i bolju efikasnost pri radu. Sa serverske strane promene se ogledaju u rasterećenosti servera pri pokretanju aplikacije, ali, u toku skladištenja slika na lokalnom disku, server je nešto opterećeniji, jer postaje dvostruki zahtevi za istom slikom.

Dalji razvoj ovog rešenja bi ušao u smeru upotrebe tehnologije za smeštanje dinamičkih podataka, koja će pružiti veći skladišni kapacitet i bolje performanse od *web storage* tehnologije.

4. LITERATURA

- [1] Interna dokumentacija preduzeća *TelventDms*
- [2] *World Wide Web Consortium*, <http://www.w3.org>
- [3] *Web Hypertext Application Technology Working Group*, <http://www.whatwg.org>
- [4] *Mozilla Development Network*, <https://developer.mozilla.org>

Kratka biografija:



Nemanja Bubnjević rođen je u Novom Sadu 1986. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Primenjene računarske nauke i informatika odbranio je 2012.god.

SILVERLIGHT KLIJENT ZA KOMPOZITNI PRIKAZ PODATAKA SA WMS, WFS I OPENSTREETMAP SERVERA**SILVERLIGHT BASED CLIENT FOR COMPOSITE GRAPHICAL REPRESENTATION OF WMS, WFS AND OPENSTREETMAP DATA**Bojan Nikolić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U ovom radu predstavljena je implementacija klijenta za iscertavanje i prikaz geoprostornih podataka dobijenih od strane različitih web servisa. Klijent je realizovan kao web aplikacija korišćenjem Microsoft WCF i Silverlight tehnologije, uz oslonac na .NET 3.5 Framework. Omogućeno je iscertavanje i manipulacija prikazom geoprostornih podataka dobavljenih od WMS, WFS i OpenStreetMap servera, kao i podataka pročitanih iz ESRI shape fajlova.

Abstract – This paper describes implementation of a client application for displaying geospatial data acquired from different web services. Client is implemented as a web application using Microsoft WCF and Silverlight technology, with reliance on .NET 3.5 Framework. Application implements protocol for communication with WMS, WFS and OpenStreetMap services, and it is also capable of reading ESRI shapefiles.

Ključne reči: Geopodaci, WMS, WFS, OpenStreetMap, WCF, Silverlight, Shapefile, Web aplikacija

1. UVOD

U *Distribution Management System* (DMS) softveru se javlja potreba za vizuelnom reprezentacijom geoprostornih podataka preko osnovne geografske mape, koja obezbeđuje neophodan kontekst za prikazane podatke. Jedan od mogućih pristupa je korišćenje *ArcGis* palete proizvoda koja nudi kompletno rešenje. Nedostatak su cena i orijentacija na zatvoreni i teško proširivi sistem. Postoje servisi sa otvorenom specifikacijom koji se mogu iskoristiti za dobijanje nepohodnih geopodataka. *Web Map Service* (WMS) i *Web Feature Service* (WFS) servisi, koje je formirao *OpenGeospatial Consortium*, i *OpenStreetMap* servis koji sadrži slobodne mape i geopodatke raznih lokacija, pružaju mogućnost formiranja složene vizuelne reprezentacije geopodataka. Oslanjanjem na postojeće servise olakšano je kreiranje klijentske aplikacije, jer je veći deo obrade podataka, smeštenih u bazama podataka, obavljen na serverskoj strani. *Web* aplikacije imaju veliki broj prednosti u odnosu na klasične aplikacije i zbog toga se klijent realizuje kao *web* aplikacija. *Web* aplikacijama se pristupa preko mreže, kao što su Internet i intranet. Veoma su popularne zbog široke prisutnosti *web browsera* i njihove mogućnosti korišćenja kao klijenata.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Miroslav Hajduković, red.prof.

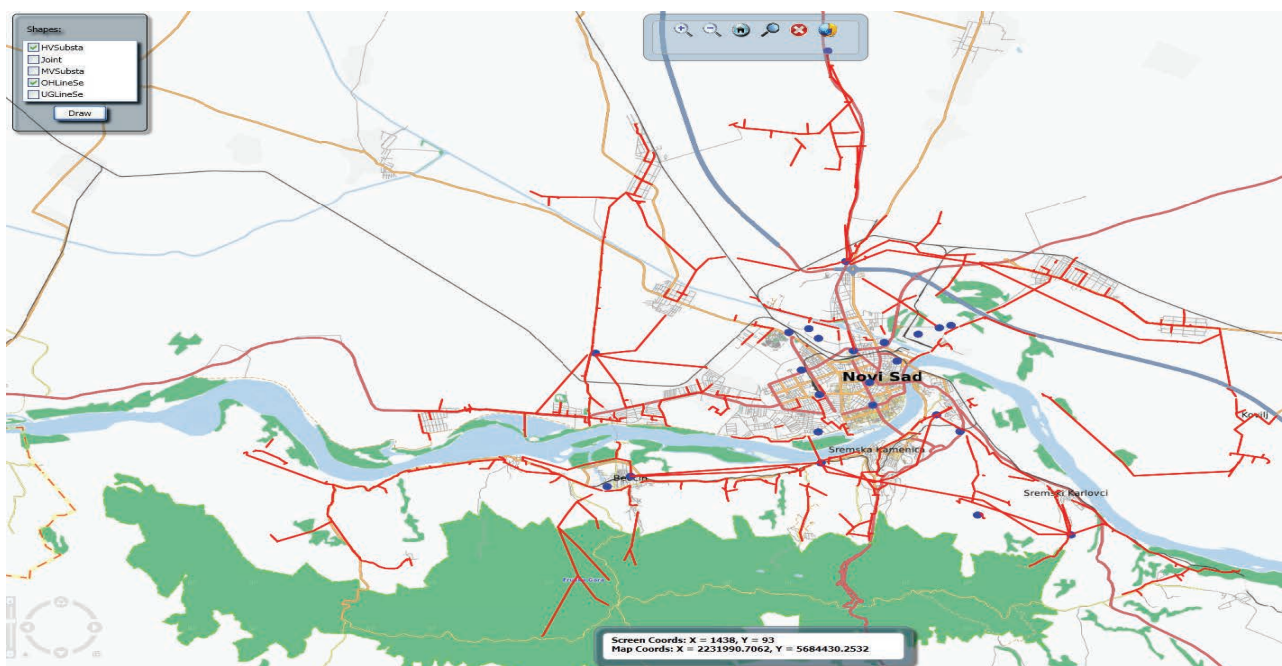
Ključ njihove popularnosti je mogućnost izmena i održavanja aplikacije bez potrebe za distribucijom i instaliranjem softvera na klijentske računare. Klijent komunicira sa servisima posredstvom utvrđenih protokola, čija je specifikacija javno dostupna. Kompozitni prikaz se formira od pojedinačnih lejera, pri čemu svaki lejer predstavlja vizuelnu reprezentaciju podataka dobavljenih sa određenog servisa. WMS i *OpenStreetMap* servisi omogućavaju dobijanje slikovnog formata mape, koja se koristi kao osnova preko koje se dodaju lejeri koji sadrže dodatne grafičke elemente. Grafički elementi se formiraju na osnovu geopodataka dobijenih od WFS servisa i iz ESRI *shape* fajlova. Klijentska aplikacija omogućava kompletan uvid u geoprostorne podatke i jednostavnu manipulaciju formiranim prikazom. Na slici 1. je prikazan interfejs razvijene aplikacije. Aplikacija preko osnovne mape iscertava grafičke elemente koji predstavljaju transformatorske stanice i nadzemnu mrežu električnih vodova srednjeg napona.

2. TEHNOLOGIJE

Postoji veliki broj tehnologija za razvoj *web* aplikacija, a neke od najznačajnijih su ASP, ASP.NET, PHP, DHTML, *Java*, *Flash* i *Silverlight*. *Microsoft .NET framework* predstavlja moćan okvir za razvoj *web* aplikacija, jer sadrži veliku kolekciju resursa za razvoj softvera i podržava nekoliko programskih jezika. Za realizaciju klijenta koji ispunjava postavljene zahteve, korišćena je *Silverlight* tehnologija. Zbog ograničenja *Silverlight* tehnologije, u pogledu korišćenja resursa koji su van domena *Silverlight* aplikacije, formirana je posrednička (*proxy*) serverska aplikacija. Posrednička serverska aplikacija je implementirana u WCF tehnologiji.

2.1 Silverlight

Microsoft Silverlight je aplikativno okruženje za pisanje i pokretanje sadržajno bogatih Internet aplikacija, sa naglaskom na multimediju, animaciju i grafiku [3]. Po karakteristikama i nameni sličan je *Adobe Flash* tehnologiji. Izvršno okruženje za *Silverlight* je dostupno većini *web browser-a* kao *plugin*. Trenutna verzija *Silverlight-a* je 4 koja je objavljena u aprilu 2010. Kompatibilan je sa većinom *web browser-a* koji rade na *Microsoft Windows* i *Mac OS* operativnim sistemima.



Slika 1. Interfejs aplikacije koja pruža potrebnu funkcionalnost

U *Silverlight* aplikacijama, korisnički interfejs se definiše korišćenjem *Extensible Application Markup Language* (XAML) jezika i programira korišćenjem podseta .NET razvojnog okruženja. XAML se može koristiti za kreiranje vektorske grafike i animacija [7]. Komunikacija između *Silverlight*-a i WCF servisa obavlja se na asinhroni način. Na ovaj način je postignuto da poziv jedne metode ne blokira dalje izvršavanje klijentske aplikacije, već aplikacija nastavlja da obavlja koristan posao, dok je poziv metode u toku.

2.2 Windows Communication Foundation

Windows Communication Foundation (WCF) je *Microsoft*-ovo objedinjeno okruženje za izgradnju pouzdanih, sigurnih, transakcionih i interoperabilnih distribuiranih aplikacija [9]. Korišćenjem ovog alata, servis postaje dostupan spoljnim pozivima različitih tehnologija.

WCF distribuirani sistem se gradi kreiranjem tri povezana sklopa:

- *WCF Service assembly* – sadrži klase i interfejsa sa funkcionalnostima koje se otkrivaju spoljnim pozivima. Sadrži WCF ugovore (*contracts*) i njihovu implementaciju.
- *WCF Service host* – modul koji uslužuje *Service assembly*.
- *WCF Client* – aplikacija koja pristupa funkcionalnostima servisa.

2.3. Web Map Service (WMS)

WMS dinamički kreira mape prostorno referenciranih podataka na osnovu geografskih informacija [1]. WMS standard definiše mapu kao prikaz geografskih informacija u obliku digitalne slike pogodna za prikaz na ekranu računara. Mape kreirane WMS servisom su

generalno renderovane u slikovnom formatu kao što je PNG, GIF ili JPEG, dok su ponekad predstavljene kao vektorski bazirani grafički elementi u SVG (*Scalable Vector Graphics*) formatu ili WebCGM (*Web Computer Graphics Metafile*) formatu.

WMS standard definiše tri operacije:

- vraćanje metapodataka servisa,
- vraćanje mape čiji su geografski i dimenzionalni parametri definisani,
- vraćanje informacije o konkretnoj odlici prikazanoj na mapi.

WMS operacije mogu biti pozvane korišćenjem standardnog *web browser*-a, zadavanjem zahteva u formi URL-a (*Uniform Resource Locator*). Sadržaj konkretnog URL-a zavisi od operacije koja se poziva. Kada se zahteva mapa, URL sadrži informacije koje treba prikazati na mapi, koji deo Zemlje će biti mapiran, željeni koordinatni sistem i dimenzije izlazne slike. Kada se kreiraju dve ili više mapa sa istim geografskim parametrima i izlaznim dimenzijama, rezultat je precizna kompozicija slojeva, gde je jedan sloj pokriven narednim slojem i svaka mapa predstavlja jedan sloj. Korišćenje slikovnih formata koji podržavaju transparentiju (kao što su GIF i PNG), omogućava da mape koje su predstavljene nižim slojevima budu vidljive. Podržano je dobavljanje mapa sa različitih servera.

Postoje dva tipa servisa, osnovni (*basic*) i upitni (*queryable*) WMS servis. Osnovni WMS servis podržava osnovne elemente servisa, *GetCapabilities* i *GetMap* operaciju. Upitni WMS servis podržava sve što i osnovni WMS, kao i *GetFeatureInfo* operaciju.

2.4. Web Feature Service (WFS)

WFS standard, kreiran i održavan od strane OGC (*The Open Geospatial Consortium*), definiše interfejs za upućivanje zahteva vezanih za geografske odlike koristeći *web* arhitekturu i pozive koji su platformski nezavisni [2].

Geografske odlike se mogu zamisliti kao programski kod uz mape, dok na primer, OGC WMS (*Web Map Service*) pruža samo rastersku sliku koju krajnji korisnik ne može menjati niti je prostorno analizirati. GML (*Geography Markup Language*), koji je dijalekt XML (*Extensible Markup Language*) formata, predstavlja podrazumevani način za enkodovanje geografskih odlika prilikom njihove razmene u komunikaciji. Specifikacija implementacije WFS standarda definiše interfejs koji omogućavaju pristup podacima i operacije izmene podataka geografskih odlika koristeći HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*) kao distribuiranu računarsku platformu. Preko ovih interfejsa klijent, korisnik ili drugi servis, kombinuje i upravlja geografskim podacima (predstavljaju geografske odlike koje se nalaze na prikazu mape), koji potiču iz različitih izvora, oslanjajući se na operacije koje WFS izvršava nad geografskim odlikama i elementima. Te operacije omogućuju :

- kreiranje nove instance odlike,
- brisanje instance odlike,
- izmenu instance odlike,
- zaključavanje instance odlike,
- izvršavanje upita i dobavljanje odlika na osnovu zadatih prostornih i neprostornih uslova (ograničenja).

Prema tome, kao što OGC WMS omogućava klijentu pravljenje kompozicije više lejera mapa na jednom prikazu, tako i OGC WFS omogućava dobavljanje prostornih podataka u GML formatu koristeći više WFS izvora. WFS servis pruža *INSERT*, *UPDATE*, *DELETE*, *LOCK*, *QUERY* i *DISCOVERY* operacije nad geografskim odlikama korišćenjem HTTP standarda kao platforme.

2.5. Shapefile format

ESRI *shape* fajl je popularan geoprostorni vektorski format podataka, sa primenom u geoinformacionom softveru [5]. Razvijen je i regulisan od strane kompanije ESRI kroz, većim delom, otvorenu specifikaciju koja definiše interoperabilnost na nivou podataka između ESRI softvera i ostalog softvera. *Shape* fajl prostorno opisuje geometrije: tačke, polilinije i poligone. One, na primer, mogu predstavljati bunare, reke i jezera. Svaka od njih može sadržati attribute koji opisuju određene stavke, kao što su ime ili temperatura. *Shape* fajl je vektorski format za skladištenje geometrijskih lokacija i informacija o njima pridruženim atributima [10].

Ovaj format ne sadrži prostor za skladištenje topoloških informacija i predstavlja netopološku strukturu podataka koja ne sadrži eksplicitne topološke veze. Geometrijske primitive, uskladištene u *shape* fajlovima, imaju ograničenu upotrebljivost bez dodatnih atributa koji bi ih bliže opisivali.

Zbog toga postoji tabela zapisa u kojoj se nalaze atributi i njihove vrednosti za svaki primitivni *shape* element iz *shape* fajla. *Shape* fajl je samo logička celina, koja se sastoji od nekoliko fizički zasebnih fajlova. Za skladištenje osnovnih podataka neophodna su tri zasebna fajla, a to su : ".shp", ".shx", ".dbf". Postoji osam dodatnih fajlova koji uglavnom sadrže podatke o indeksima, čime se unapređuju performanse. Obavezni fajlovi:

- *.shp* - *shape* format; sadrži geometrije odlika, tj. njihove vektore

- *.shx* - *shape* indeks format; sadrži pozicioni indeks geometrije odlike kako bi se omogućilo brzo pretraživanje
- *.dbf* - atributski format; sadrži tabelu sa atributima, nazivi atributa su u kolonama, a vrednosti atributa za svaku pojedinu odliku u zasebnim vrstama. Koristi se *dBase IV* format.

2.6 OpenStreetMap servis

OpenStreetMap (OSM) je združeni projekat sa ciljem kreiranja slobodno dostupne mape sveta koju je moguće menjati. Mape su kreirane korišćenjem podataka sa GPS uređaja, vazдушnih snimanja i iz raznih besplatnih izvora. Moguće je preuzeti renderovane slike kao i vektorske podatke [4]. *OpenStreetMap* koristi topološku strukturu podataka. Čvorovi su tačke sa geografskom pozicijom [6]. Pozicija se smešta u obliku para koordinata (geografska dužina i širina) u skladu sa WGS-84 formatom. *OpenStreetMap* API se bazira na idejama koje koristi *RESTful* API. API je serverska komponenta kojoj se upućuju REST zahtevi. REST zahtevi su u obliku HTTP *GET*, *PUT*, *POST* i *DELETE* poruka. Sav dodatni sadržaj u porukama je u obliku XML dokumenata. Odgovor na upite je XML dokument. *Nominatim* servis je alat za pretragu OSM (*OpenStreetMap*) podataka po imenu i/ili adresi kao i za generisanje veštačkih adresa OSM tačaka, što se naziva reverzno geokodiranje. *Nominatim* indeksira imenovane ili brojno označene odlike koje imaju za sebe vezan set OSM podataka i podset drugih neimenovanih odlika (restorana, hotela, ...). Reverzni geokoding generiše adresu na osnovu geografske širine i dužine.

3. IMPLEMENTACIJA

Kompletno rešenje se sastoji od dve komponente: serverske aplikacije i *Silverlight* klijenta namenjenog korisniku. Komunikacija klijenta i serverske aplikacije se uvek obavlja asinhrono. Serverska aplikacija je posrednik u komunikaciji *Silverlight* klijenta i spoljnih *web* servisa. Ona je realizovana kao WCF servis. Osnovni zadatak joj je pružanje usluga klijentima pozivom metoda servisa. Poslovna logika servera je smeštena u klasu koja implementira interfejs servisa. Funkcionalnost servisa obuhvata prosleđivanje zahteva formiranog od strane klijenta ka spoljnim *web* servisima i isporučivanje elemenata iz pročitanih *shape* fajlova. Klijentska aplikacija je formirana sa ciljem da bude generička, čime je omogućen rad sa svakim servisom koji je formiran u skladu sa standardom. Nedostatak ovakvog pristupa je neoptimizovanost klijenta za rad sa konkretnim skupom podataka (skup podataka za koji je poznato šta sadrži), što onemogućava kvalitetniju interpretaciju podataka i rezultata dobijenih od servisa. Ukoliko bi klijent komunicirao sa posebno prilagođenim servisom, korisnik bi bio uskraćen za potencijalne napredne opcije, implementirane od strane tog servisa. Struktura aplikacije je kreirana u skladu sa *Prism* paternom. *Prism* patern podrazumeva kreiranje kompozitnih aplikacija [8]. Kompozitne aplikacije se sastoje od slabo povezanih modula koji se dinamički uključuju u aplikaciju tokom *run time*-a.

Moduli sadrže vizualne komponente i komponente sa poslovnom logikom koje reprezentuju različite delove sistema po vertikali. Vizualne komponente (*views*) su sadržane u zajedničkom *shell*-u u koji se ugrađuje sadržaj čitave aplikacije. *Shell* je prozor najvišeg nivoa u kojem su definisani regioni. Region je imenovana lokacija (uglavnom kontejnerski objekat) u okviru korisničkog interfejsa u kojem moduli mogu definisati *UIElements*, koji predstavljaju pojedine elemente korisničkog interfejsa (dugmad, tekst trake, ...). Za svaki region vezan je *view* određenog modula. Kompozitnost obezbeđuje servise koji povezuju module zajedno. Moduli sadrže *view* iz kojih se kompozicijom dobija kompozitni *view*, odnosno *shell* i predstavlja celokupan korisnički interfejs. Za ostvarivanje komunikacije, kako između samih modula tako i između modula i *shell*-a, koriste se servisi. Ovi servisi su deo CAL-a (*Composite Application Library*), koji se koristi za kreiranje kompozitnih aplikacija. Ulazna tačka svake CAL aplikacije je inicijalizacija *bootstraper* komponente koja je zadužena za pokretanje servisa. Prednosti ovakve strukture su u tome što je moguće jednostavno dodavanje novih modula u sistem, dok se postojeći moduli mogu uklanjati, menjati i testirati potpuno nezavisno i, ako je potrebno, od strane različitih razvojnih grupa. Napredne tehnike *Prism* paterna omogućavaju da se regioni koji zahtevaju veliku obradu podataka učitavaju tek kada je njihov prikaz potreban, time rasterećujući mrežu i klijenta. Klijentska aplikacija formira kompozitni prikaz geoprostornih podataka kompozicijom pojedinačnih lejera, postavljenih jedan preko drugog. Svaki lejer sadrži vizuelnu reprezentaciju podataka dobavljenih iz određenog resursa geoinformacionih podataka. Kombinacijom lejera dobija se kvalitetnija informacija o elementima sa prikaza. Korisnik odabira izvor resursa iz kog će se dobavljati podaci koji će se reprezentovati u grafičkom obliku. Deo interfejsa posvećen je pristupu WMS ili WFS servisu. Na pomoćnom *toolbar*-u nalaze se komande za poziv prikaza dostupnih *shape* fajlova, za rad sa mapom dobavljenom od *OpenStreetMap* servisa, brisanje i pretragu prikazanih *shape* elemenata, i za pozive *Nomitanim* servisa za pretragu lokacija. Korisniku je predstavljena lista dostupnih mapa, ako se komunicira sa WMS servisom, odnosno lista dostupnih odlika, ako se komunicira sa WFS servisom. Moguća je kombinacija podataka sa WMS i WFS servisa, gde je slika dobijena od WMS servisa podloga, tj. donji lejer preko koga se iscrta lejer sa odlikama. WFS odlike i *shape* elemente je moguće iscrtavati i preko *OpenStreetMap* mape. Geopodaci dobavljeni od WFS servisa i iz *shape* fajlova se reprezentuju tačkama, linijama i poligonima, u zavisnosti od njihove prostorne prirode. Prilikom odabira željenih elemenata za prikaz, bira se i boja kojom će se oni iscrtati. Mogu se istovremeno prikazati mapa i odlike, odnosno *shape* elementi, različitih koordinatnih sistema. Koordinatne tačke odlika i *shape* elemenata se transformišu iz svog koordinatnog sistema u sistem koji koristi mapa, koja predstavlja podlogu. Za ovo je zadužena biblioteka *Proj.Net*. Odabirom iscrtane odlike ili *shape* elementa, na pomoćnoj formi se prikazuju njihovi dodatni atributi. Korisnik odabira da li će se kao podloga

koristiti mapa dobavljena sa WMS ili *OpenStreetMap* servisa. Pozivom forme za pretragu lokacije, omogućava se pozicioniranje trenutnog prikaza mape na pronađenu lokaciju (hotel, bolnica, ulica, grad, ...), uz odgovarajući nivo zuma. Realizovana je opcija pronalaženja preseka puteva, tj raskrsnica. Unosom dve lokacije u formu za pretragu, izračunava se presek duži koje definišu pojedine putne pravce. Lokacija se na mapi obeležava lako uočljivim markerom i prikaz mape se centrira na nju.

4. ZAKLJUČAK

Realizovana aplikacija omogućava korisniku brzu i laku manipulaciju geoinformacionim podacima baziranim na WMS, WFS i *OpenStreetMap* standardu. Omogućen je prikaz geografskih mapa kao i iscrtavanje geopodataka na njima, uključujući iscrtavanje *shape* elemenata. Aplikaciji se pristupa preko javne mreže, i u slučaju velikih količina dobavljenih podataka sa *web* servisa, povećan je mrežni saobraćaj. Ispunjavanje zahteva za lakšom izmenjivošću aplikacije i unapređenjem njene funkcionalnosti olakšano je implementiranjem aplikacije pomoću *Prism* paterna. Dalji razvoj bi trebao da ide u pravcu razvijanja tehnike za dobavljanje slike sa WMS servisa u obliku više manjih slika, koje svojom kompozicijom kreiraju kompletnu mapu. Unapređenje je moguće i uklanjanjem postojećih ograničenja, kao što je nemogućnost prikaza WFS odlika ukoliko se njihov spoljni granični okvir ne preseca sa spoljnim graničnim okvirom prikazane mape sa WMS servisa.

5. LITERATURA

- [1] "OpenGIS® Web Map Server Implementation Specification", Open Geospatial Consortium Inc., Mar 2006
- [2] "OpenGIS® Web Feature Service Implementation Specification", Open Geospatial Consortium Inc., Mar 2006
- [3] Wikipedia, Microsoft Silverlight, 2011, Wikipedia
- [4] Wikipedia, OpenStreetMap, 2011, Wikipedia
- [5] Wikipedia, Shapefile, 2011, Wikipedia
- [6] OpenStreetMap.org, OpenStreetMap wiki 2011, OpenStreetMap
- [7] "Microsoft Silverlight", MSDN Library, Dec 2010
- [8] "Microsoft Prism", MSDN Library, Nov 2010
- [9] "Introducing Windows Communication Foundation in .NET Framework 4", Mar 2010
- [10] "ESRI Shapefile Technical Description", ESRI, Jun 2004

Kratka biografija:



Bojan Nikolić rođen je u Novom Sadu 1985. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Računarske nauke i informatika odbranio je 2012.god.

PRENOS I OBRADA DIGITALNOG TV SIGNALA**DIGITAL TV SIGNAL TRANSMISSION AND PROCESSING**Ljubica Turanjanin, Željko Trpovski, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – *Televizija je najmoćniji medij. Postoje tri standarda za prenos DTV signala: DVB-T, DVB-C i DVB-S. Danas se prelazi sa analognog na digitalno emitovanje TV programa (bolji kvalitet slike i zvuka, novi servisi...). U Srbiji je planiran prelazak na DVB-T2 standard do 2015. god. U RTV-u se emituju digitalni programi u SD formatu preko analognih linkova do Venca. Vršiti se A/D konverzija, kodovanje i formiranje transportnog strima, multipleksiranje, podizanje na IF od 70 MHz i slanje link antenama na frekvenciji 11 GHz. Na Vencu signal se spušta ponovo na 70 MHz, zatim podiže na 985 MHz kako bi ga mogao primiti satelitski prijemnik koji vrši demodulaciju i dekodovanje.*

Abstract – *Television is definitely the most powerful mass media. There are three standards for transmitting DTV signal: DVB-T, DVB-C and DVB-S. Each day more countries are transitioning from analog to digital TV broadcasting. Reasons for this are greater quality of picture and sound, new services and others. Serbia hopes to implement DVB-T2 standard by the year 2015. Currently RTV is broadcasting digital program in SD format via analog links. Necessary steps for signal transmission are A/D signal conversion, coding, forming transport stream, multiplexing and IF modulation. Received signal is then demodulated and decoded.*

Ključne reči: *Digitalna televizija, RTV, analogna televizija, HDTV, satelitska televizija, kodovanje*

1. UVOD

Televizija je prozor u svet i čitav jedan vek predstavlja najmoćniji medij, fenomen koji je oblikovao čovečanstvo. U jednom periodu, mnogi su joj predskazivali skori kraj, pretpostavljajući da je Internet nešto što će je u potpunosti zameniti, ali televizija, čini se, upravo uzima ono najbolje od svog modernog, interaktivnog rođaka i postaje jača i bolja nego ikad. To je, ruku na srce, nešto očiglednije u zemljama Zapadne Evrope, u Americi i Japanu. Kod nas su dostupne kablovska (analogna i digitalna), satelitska i digitalna IP televizija.

Digitalni komunikacioni sistem poseduje veću iskorišćenost spektra signala, može da prenese od 4 do 6 puta više informacija po jednom kanalu. Za pokrivanje istog područja jednakim kvalitetom slike za DVB-T sistem potrebna je osam puta manja snaga predajnika.

U ovom radu biće reči o analognoj televiziji i razlozima zbog kojih se danas prelazi na digitalno emitovanje TV i

radio programa. Zatim, biće reči o načinima prenosa digitalnog TV signala (DVB-T, DVB-S, DVB-C, DVB-T2 i DVB-S2) i na samom kraju biće opisan deo sistema za prenos digitalnog TV signala od Radio difuzne ustanove Vojvodine do Iriškog Venca odakle se signal terestrijalno emituje do krajnjih korisnika.

2. TV PLATFORME

Postoje tri načina prenosa TV signala:

- Zemaljska TV – signal se prenosi kroz prostor radio talasima pomoću mreže zemaljskih predajnika.
- Kablovska TV – korišćena je za prenos signala do domova koji su suviše udaljeni od predajnika gde uopšte nema prijema zemaljskog TV signala. Sistem je funkcionisao tako što je konstruisana velika „community“ antena, odakle je signal kablom stizao do svake kuće. Danas, kablovska televizija podrazumeva da kablovski operator do svakog pojedinačnog korisnika koaksijalnim kablom ili optikom sprovede TV signal.
- Satelitska TV – predajne satelitske antene šalju signal na frekvenciji reda GHz, prima ga odgovarajući transponder na satelitu koji vraća signal natrag, ali ga šalje na drugoj frekvenciji, da bi se izbegla interferencija sa uplink signalom.

3. ANALOGNA TELEVIZIJA

Analogna televizija je u SAD-u poznata kao NTSC standard, a u Evropi kao PAL. Video kamera snima neku scenu frekvencijom od 25 (30 u NTSC) slika u sekundi. Kamera pretvara sliku u redove piksela pri čemu se svakom pikselu dodeljuju boja i intenzitet. Redovima piksela dodaju se sinhronizacioni signali (horizontalni i vertikalni), kako bi se oni mogli reprodukovati na televizoru i tako se dobija kompozitni video signal. Kompozitni video signal se prenosi kao AM signal, dok se zvuk prenosi kao FM signal na odgovarajućim kanalima.

4. RAZLOZI ZA PRELAZAK SA ANALOGNOG NA DIGITALNO EMITOVANJE

Ono što se uzima kao najveća zamerka analognoj televiziji jeste rezolucija koja određuje oštrinu slike i količinu detalja koje možemo videti. Rezolucija određuje broj piksela koji se reprodukuju na ekranu. Po Američkom NTSC standardu, analogni TV aparat može prikazati 525 horizontalnih linija svaku tridesetinu sekunde (od tih 525 linija, neke se koriste za sinhronizacione signale, pa se za prikaz slike efektivno koristi 480 linija). U Evropi, gde se primenjuje PAL sistem, analogni TV aparat može prikazati 625 linija svaku dvadesetpetinu sekunde (od 625 linija vidljivo je njih 576).

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Željko Trpovski, vanr.prof.

Digitalno emitovanje ne znači samo oštriju sliku i jasniji zvuk, već paletu od nekoliko korisnih servisa i aplikacija koji nisu bili primenljivi u slučaju analogne televizije:

1. Bolji kvalitet televizijske slike
2. Televizija visoke rezolucije (HDTV)
3. Bolji kvalitet i veća raznovrsnost zvučnih sistema
4. Elektronski programski vodič (EPG) i roditeljska kontrola
5. Lični video rekorder (PVR)
6. Video na zahtev (VoD)
7. Plati pa gledaj (PPV)

5. DIGITALNA TELEVIZIJA

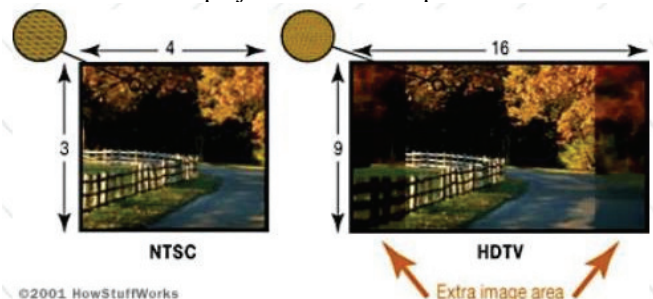
Digitalni kanal je tok digitalnih podataka određene bitske brzine. Jedan takav digitalni kanal može da sadrži više podkanala. Tako se unutar jednog kanala može emitovati jedan program koji zauzima ceo dostupni pojas, ali i više programa koji se nalaze u podkanalima (ovo se naziva *multicasting*).

Digitalna TV slika u razmeri 16:9 može se emitovati u nekoliko formata (zato jedan kanal i može da sadrži više podkanala) [1,2,3]:

- 480i, slika dimenzija 704x480 piksela, 25 (30 u NTSC sistemu) potpunih slika u sekundi u interlaced modu
- 480p, slika dimenzija 704x480 piksela, 50 (60 u NTSC) potpunih slika u sekundi u progressive scan modu
- 720p, slika dimenzija 1280x720 piksela
- 1080i, slika dimenzija 1920x1080 piksela
- 1080p, slika dimenzija 1920x1080 piksela

Formati 480i i 480p nazivaju se i SDTV (*Standard Definition TV*) formatima. U ove formate se prebacuju stare, analogne TV emisije. Format 720p, 1080i i 1080p nazivaju se HDTV (*High Definition TV*) formatima.

Kod analogne televizije odnos širine i visine slike iznosi 4:3, a kod digitalne 16:9 (slika 1). Međutim, razmera koju koristi analogna TV ne može gledaocu pružiti potpuno zadovoljstvo gledanja, jer je ljudski vid najbolji unutar vidnog polja od 30 stepeni, a kod analogne TV razmera 4:3 ulazi u vidno polje od samo 10 stepeni.



Slika 1. Razlika između 4:3 i 16:9 formata

5.1 Razlika između digitalne i HD televizije

Iako se smatra da digitalni signal ima bolji kvalitet od analognog, to nije obavezno i digitalni signal visoke rezolucije. Osnovne razlike između DTV i HDTV su:

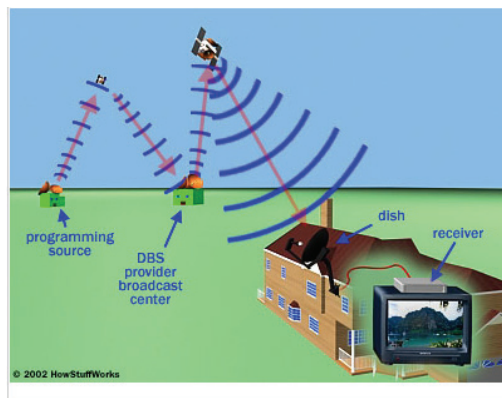
- Odnosu širine i visine – kod standardne televizije ovaj odnos je 4:3 za razliku od HDTV-a kod koga iznosi 16:9.
- Rezoluciji – najniža standardna rezolucija (SDTV) će biti približno jednaka analognoj TV rezoluciji i kreće se do 704x480 piksela. Najveća HDTV rezolucija je 1920x1080 piksela.
- Frekvenciji frejmova – opisuje koliko puta svake sekunde TV aparat formira *kompletnu sliku na svom ekranu*.

6. SATELITSKA TELEVIZIJA

Konceptualno, satelitska TV je dosta slična zemaljskoj TV. To je bežični sistem za distribuciju TV programa direktno do korisnikove kuće. I zemaljska i satelitska TV odašilju programe putem radio talasa. Glavni nedostatak zemaljske TV jeste domet. Radio talasi koji prenose zemaljske TV signale se odašilju u pravoj liniji pa da bismo bili u mogućnosti da ih uhvatimo moramo se nalaziti na liniji optičke vidljivosti predajne antene. Male prepreke ne predstavljaju ozbiljan problem, ali velike prepreke kao što je npr. sama Zemlja reflektovaće poslate radio talase. Satelitska TV rešava problem dometa i distorzije TV signala tako što programe odašilje sa satelita koji kruže u Zemljinoj orbiti. Pošto se sateliti nalaze na velikim visinama, postoji mnogo više korisnika koji su u njihovoj liniji optičke vidljivosti pa samim tim imamo i veću pokrivenost TV programima.

6.1 Satelitski TV sistem

Danas većina korisnika dobija satelitske programe preko DBS (*Direct Broadcast Satellite*) provajdera [4]. Provajder selektuje programe i prenosi ih digitalno do pretplatnika u vidu paketa za koje oni plaćaju odgovarajuće novčane nadoknade, slika 2.



Slika 2. Satelitski TV sistem

Postoji nekoliko glavnih komponenti koje učestvuju u prenošenju satelitskog TV signala (slika 2.):

- izvori programa – TV stanice koje obezbeđuju programe za slanje. DBS provajder ne kreira dati program, već plaća TV kućama prava na prenos njihovih programa putem satelita.
- centar za emitovanje – centralni čvor satelitskog sistema. Tu TV provajder dobija signale od raznih TV stanica, pakuje ih i odašilje do satelita koji kruže u Zemljinoj orbiti.

- satelit – prima signale iz centra za emitovanje i reemituje ih nazad ka Zemlji.
- satelitska antena – hvata signal koji stiže sa satelita (ili više satelita) i prosleđuje ga risiveru koji se nalazi u kući.
- risiver – obrađuje pristigli signal i *prosleđuje ga na standardni televizor.*

6.2 Kompresija, kodovanje i šifrovanje satelitskih kanala

Satelitska televizija koristi poseban tip kompresije video fajlova nazvan MPEG-2 koji omogućava provajderima da smanje 270 Mbit/s strimove na 5 do 10 Mbit/s (zavisno od tipa programa). Danas se više upotrebljava MPEG-4, jer omogućava mnogo efikasniju i bolju kompresiju od MPEG-2.

U centru za emitovanje visoko kvalitetni digitalni video tokovi prolaze kroz MPEG koder koji konvertuje dati program u MPEG-4 video odgovarajuće veličine i formata kako bi ga satelitski risiver u našoj kući mogao primiti. Proces kodovanja se radi zajedno sa kompresijom kako bi se analizirao svaki video frejm i eliminisali redundantni ili nepotrebni podaci i izvršila ekstrapolacija informacija iz ostalih frejmova. Na ovaj način smanjujemo veličinu fajla.

Kada se signal komprimuje i šifrjuje, centar za emitovanje ga odašilje ka jednom od njegovih satelita. Satelit prima signal, pojačava ga i na drugoj frekvenciji šalje nazad na Zemlju gde ga onda korisnici hvataju preko svojih antena.

6.3 Satelitske antene

Kada signal dođe do korisnikove kuće, hvata ga tzv. satelitski tanjir, posebna vrsta antene koja se sastoji od parabolične površine i centralnog iluminatora. Centralni element u iluminator-u jeste LNB (*Low Noise Blockdown converter*) koji pojačava primljeni radio signal i filtrira šum, a zatim tako „očišćen” signal prosleđuje risiveru koji se nalazi u kući. Risiver treba da:

1. dešifrjuje kriptovani signal. Kako bi otključao signal, risiveru je potreban odgovarajući dekođer čip za dati programski paket.
2. digitalni MPEG-2 ili MPEG-4 signal konvertuje u analogni oblik koji standardna televizija može da prepozna ili za televizore novije generacije na izlazu daje HDTV signal.
3. izdvoji pojedinačne kanale iz satelitskog signala. Kada promenimo kanal na risiveru, on šalje samo signal za taj kanal do našeg TV-a. Pošto risiver u datom momentu daje samo jedan kanal, ne možemo u isto vreme da snimamo jedan program a drugi da gledamo. Takođe, ne možemo pratiti dva različita programa na dva TV-a koja su nakačena na isti risiver, dok je u kablovskoj TV to moguće.
4. vodi evidenciju o *pay-per-view* programima

7. KABLOVSKA TELEVIZIJA

Prvi kablovski sistemi bili su ustvari planski postavljene antene s veoma dugim kablovima koji su ih spajali s TV aparatima u kućama korisnika. Pošto signal prilikom prolaska kroz kabl slabi, kablovski provajderi morali su

da postavljaju pojačavače na određenim deonicama trase kako bi povećali snagu signala i omogućili korisnicima da ga vide. 30 godina najveći problem kablovskih TV sistema bila su ograničenja samih pojačavača. Signal na svom putu do korisnika morao je da prođe kroz 30 do 40 pojačavača, a svaki od njih unosi dodatni šum i distorziju. Osim toga, ako se desi da jedan od pojačavača ispadne iz sistema dolazi u potpunosti do gubitka slike.

1976. godine pojavila se nova vrsta kablovskih sistema koji su koristili optičke kablove. Najveća prednost optičkih kablova jeste što kod njih nema slabljenja signala kao kod koaksijalnih kablova, što opet eliminiše potrebu za velikim brojem pojačavača. U prvim optičkim kablovskim sistemima smanjen je broj pojačavača sa 30 do 40 na svega 6. Danas je potreban svega jedan ili dva pojačavača za celu jednu trasu [5]. Smanjenjem broja potrebnih pojačavača značajno se povećao kvalitet signala i pouzdanost sistema.

1989. godine *General Instruments* je pokazao da je moguće konvertovati analogni kablovski signal u digitalni i pomoću MPEG kompresije poslati do 10 programa u standardnom TV kanalu širine 7 ili 8 MHz.

8. POZICIJA SRBIJE NA POLJU DIGITALIZACIJE

Vlada Republike Srbije 02.07.2009. godine usvojila je Strategiju za prelazak sa analognog na digitalno emitovanje radijskog i televizijskog programa [6]. 18.02.2011. godine usvojen je Pravilnik o prelasku sa analognog na digitalno emitovanje televizijskih programa i pristupa multipleksu po kome se kao standard za emitovanje digitalnog TV signala uzima DVB-T2, a kao kompresioni standard MPEG-4 ver. 10 (H.264/AVC).

Pilot projekat trebao bi da počne sa radom do kraja 2012. godine, a u okviru 1. multipleksa treba da se nađu RTS 1 i 2, RTV 1 i 2, TV Avala, Prva TV, B92, Pink i Happy TV. Na prostoru Vojvodine koristiće se 4 predajnika: Avala (radiće na 27. UHF kanalu), Čot (31. UHF kanal), Subotica (47. UHF kanal) i Vršac (54. UHF kanal).

Na slici 3. prikazana je planirana zbirna pokrivenost cele Srbije DVB-T2 signalom:



Slika 3. Pokrivenost Srbije DVB-T2 signalom

9. KONCEPCIJA SISTEMA DIGITALNIH VEZA U RT VOJVODINE

U delu RT Vojvodine koji se naziva Master, vrši se prikupljanje i pakovanje signala od raznih izvora (TV stanica, radio stanica, sa kamera gradskog video nadzora i sl.). Video signalu se pridodaje audio signal (tzv.

embedded audio). Signali se ili u analognom ili u digitalnom obliku prosleđuju u tzv. Terminal gde se vrši njihovo pakovanje, modulacija i slanje do Venca.

Danas se u RTV-u prenosi isključivo digitalni signal. Nakon dodavanja tona video, vrši konverzija signala iz analognog u digitalni oblik i to lineranim odabiranjem u formatu 4:2:2. Na izlazu iz A/D konvertora dobijaju se dva SDI (Serial Digital Interface) signala sa protokom od 270 Mbit/s. Jedan nosi prvi program RTV-a i radio programe na srpskom i mađarskom jeziku, a drugi nosi RTV 2 i radio program na jezicima ostalih manjina, slika 4.

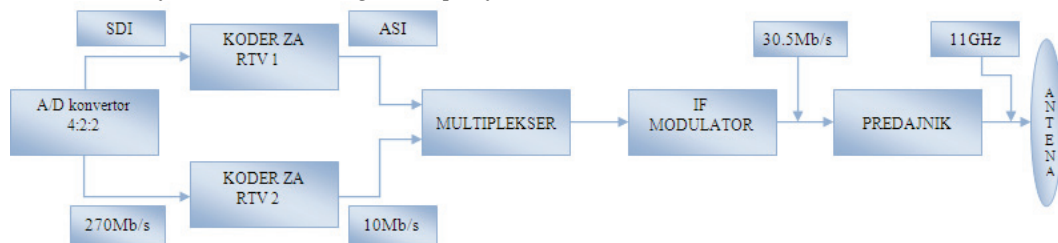
Ovi signali se potom dovode na SDI ulaze kodera. Koderi, radi efikasnijeg prenosa, čuvanja i manipulacije podacima, koriste neku od metoda za kompresiju video (MPEG-2) i audio (MPEG-1 Layer II) signala. Time se obezbeđuje prenos kroz kanale sa manjim propusnim opsegom (4 Mbit/s - 12 Mbit/s u zavisnosti u koje se svrhe koristi - distribucija ili produkcija).

Na izlazu iz kodera dobijaju se dva komprimovana ASI (Asynchronous Serial Interface) signala brzine 10 Mbit/s koji se dalje vode na multiplexer. On pregrupiše transportne strimove koji mu stižu, izmeni eventualno PID-ove (Packet Identifier) i PSI (Program Specific

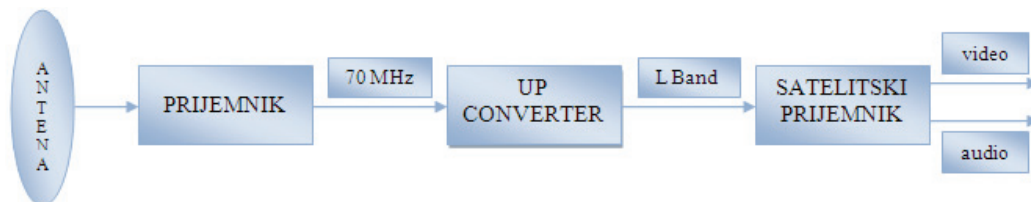
Information) tabele i formira neki novi strim koji predstavlja kombinaciju do 350 SD i 85 HD ulaznih signala. Prvih 5 portova se koriste kao ulazni (RTV 1 se nalazi na portu dva, a RTV 2 na portu tri), dok se ostalih 5 portova koriste kao izlazi (u RTV-u je to port broj devet). Potom se signal vodi na IF modulator gde se vrši QPSK modulacija, a na izlazu dobijamo signal na međufrekvenciji 70 MHz, sa protokom od 30.5 Mbit/s. Takav signal se šalje na predajne antene gde se prvo signal diže na 11 GHz, a potom emituje ka Vencu.

9.1 Prijem digitalnog TV signala

Signal koji nosi TV programe linkom stiže do prijemnih antena na Iriškom Vencu. Prijemnik spušta pristigli signal na međufrekvenciju 70 MHz, a potom se isti dovodi na ulaz Up Converter-a napravljenog po narudžbi u firmi Telmar, slika 5. Ovaj uređaj konvertuje frekvenciju od 70 MHz u 950-2150 MHz (u RTV-u se uzima 985 MHz). Potom se signal vodi do satelitskog prijemnika koji ima ulogu demodulatora i dekodera na čijem izlazu dobijamo odvojene audio i video signale koji se posle terestrijalnim vezama šalju sa predajnika na Vencu ka krajnjim korisnicima.



Slika 4. Primer jedne trase na predajnoj strani



Slika 5. Izgled prijemnog dela trase na Vencu

10. ZAKLJUČAK

U ovom radu opisani su načini prenosa TV signala: zemaljska, kablovska, satelitska i digitalne TV platforme. Analogni prenos TV signala se polako napušta, ali ne može se očekivati brz i kompletan prelaz sa analogne na digitalnu televiziju.

U Srbiji je najavljen prelaz na digitalnu TV do aprila 2012 godine, ali kako trenutno stvari stoje do toga neće doći, već će biti potrebne još najmanje dve godine da se kupe potrebni uređaji, izvrši rekonstrukcija tornjeva sa kojih će se odašiljati digitalni TV signal i sl.

U RT Vojvodine emituju se digitalni signali, ali analognim linkovima i to samo do Venca.

Tu se signal pretvara u analogni i terestrijalno putem radio talasa odašilje do krajnjih korisnika. Tako da do gledalaca ipak stiže analogni signal prvog i drugog programa RTV-a.

Za sada jedini način kako gledaoci u Srbiji mogu direktno da prate digitalne programe jeste preko kablovskih, satelitskih ili IP televizijskih paketa.

11. LITERATURA

- [1] http://www.vektor.net/kablovska/odigitalnojt_v
- [2] <http://www.personalmag.rs/tag/digitalna-televizija/>
- [3] <http://electronics.howstuffworks.com/cable-tv.htm>
- [4] <http://electronics.howstuffworks.com/satellite-tv.htm>
- [5] http://multimedia.benchmark.rs/lcd_plazma_televizori/kablovska-satelitska-i-ip-televizija-u-srbiji-ponuda-i-izbor/
- [6] <http://www.mobilnimagazin.com/tehnologija/digitalizacija-televizije-u-srbiji-36/>

Kratka biografija:

Ljubica Turanjanin rođena je u Trebinju 1987. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Komunikacione tehnologije i obrada signala odbranila je 2012.god.



The Use of Data Mining for Basketball Matches Outcomes Prediction

Dragan Miljković, Ljubiša Gajić, Aleksandar Kovačević, Zora Konjović

Faculty of Technical Sciences, Novi Sad, Republic of Serbia

dramilj@hotmail.com, ljubisa_gajic@yahoo.com, kocha78@uns.ac.rs, ftn_zora@uns.ac.rs

Abstract — Sport result prediction is nowadays very popular among fans around the world, which particularly contributed to the expansion of sports betting. This makes the problem of predicting the results of sporting events, a new and interesting challenge. Consequently systems dealing with this problem are developed every day. This paper presents one such system, which uses data mining techniques in order to predict the outcomes of basketball games in NBA (National Basketball Association) league. The problem of predicting the game result is formalized as a classification problem, where the Naive Bayes method is used. Besides actual result, for each game system calculates the spread, by using multivariate linear regression. The MVC Model 2 pattern based software system is implemented. The system was evaluated on the dataset comprising 778 games from the regular part of the 2009/2010 NBA season and it correctly predicted the winners of about 67% of matches.

I. INTRODUCTION

Sport result prediction is nowadays very popular among fans around the world, which is particularly contributed to the expansion of sports betting. This is particularly evident for the most popular sports such as football and basketball. Many people have developed various systems with the aim of providing the best possible prediction of the winners of sporting events. The main problems with such systems are that users are often swayed by emotions or the systems do not work with the right set of data. One approach to this prediction problem is the use of data mining techniques, which will be demonstrated in this paper. This paper presents a system which predicts the outcomes and calculates the spread of NBA games. Prediction problem is formalized as a problem of classification, while for the calculation of the spread multivariate linear regression is used. Several classification methods were tested and among them, Naive Bayes method is selected because it provided the best results during testing phase. The system was evaluated on the collection of 778 games from 2009/2010 season and system has correctly predicted the winners of about 67% of matches.

NAPOMENA:

- a) Ovaj rad proistekao je iz master rada Ljubiše Gajića. Mentor je bila prof. dr Zora Konjović.
- b) Rad je prethodno publikovan na konferenciji SISY, Subotica, septembar 2010. god.

The rest of the paper is organized in five sections describing related work, the problem and solution method, software implementation, system's evaluation and prediction results, and concluding remarks.

II. RELATED WORK

There are many papers dealing with the topic of predicting the results of sports events, and most of them are related to football. A variety of techniques are used, ranging from data mining to statistical methods. In [1] authors present the approach for predicting the results of football matches called FRES (Football Result Expert System). A combination of Bayes inference and rule-based reasoning is used. Each game is represented as a series of tides (flows). Probabilities of some events, like possible player substitute or change of formation, are calculated on the basis of previous data in each tide and are used to fire certain rules to determine the decisions for the next tide. The system was applied to the FIFA World Cup 2002 matches and it correctly predicted the champion and runner-up, and also 6 of 8 participants in the quarter-finals.

A common approach to this subject matter is also the use of artificial neural networks, which can be seen in [2] and [3]. The idea behind these works is the use of a number of statistical data to train the neural network (multi-layer perceptron in most of the cases). The system presented in [3] is evaluated in the international competition in result predictions - Top Tipper [4] and proved to be satisfactory by comparing it with other competitors. Average percentage of correct predictions for ranged from 54.6% for English Football Premier League to 67.5% of Super Rugby.

Naive Bayes classifiers are used to predict the Cy Young Award winners in American baseball in [5]. In the period since 1967 to 2006 this system successfully predicted over 80% of the prize winners.

A form of Elo rating system [6], modified in such way that to allow "home ground advantage", is used in [7] for generating prediction probabilities. The Minimum Message Length [8] is used as a parameter estimation technique.

In the basketball domain, data mining techniques are mostly used for purposes other than the prediction of match outcomes. Authors in [9] describe a system based on the statistical data and fuzzy evaluation which provides a performance evaluation of players and can also predict their performances in the upcoming matches. A solution for supporting the basketball coaches in making

tactical/technical decisions during matches and also for pre-game and post-game analysis is presented in [10]. The system is based on the use of apriori algorithm and is tested on data from the Italian first division.

Lately a lot of work is done on the subject of processing and extracting relevant information from the video clips of sports matches. Solutions that address this topic are described in [11] and [12].

III. THE PROBLEM AND THE SOLUTION

The problem intended to be solved by the software proposed in this paper is the following one: predicting the outcomes of the NBA matches and calculating the spread for NBA games.

The outcome predicting problem is formalized as a classification problem, where the match outcomes belong to exactly one of the two categories (classes): those in which the host will win and those in which the visiting team will take the victory (unlike some other sports, in basketball there is no draws and teams are forced to play extra time until there a winner is determined).

Spread (which is used only in the sports betting) represents an advantage in the number of points given to one of the teams in order to equalize their chances for victory in the eyes of bookmakers.

Each game is described with record consisting of 141 attributes, which are related to the outcome of the match, and the participating teams. For each team there are 2 groups of attributes.

The first group consists of standard basketball statistics (field goals made and attempted, 3 pointers, free throws, rebounds, blocked shots, fouls, etc). The attributes in the second group are composed of the information about league standings (number of wins and loses, home and away wins, current streak etc). For the first attribute group overall statistics are taken into account, as well as those from home games and those from away matches. Complete statistics attribute set with descriptions can be seen in Table I, while standings attribute set is described in Table II.

For calculation of the spread for NBA games we used multivariate linear regression where the point difference was used as a target variable, while all other attributes were used as explanatory variables.

TABLE I.
STATISTIC ATTRIBUTE SET

Attribute	Description
FGM	Field goal made per game
FGA	Field goal attempted per game
FGP	Field goal percentage per game
3M	3-pointers made per game
3A	3-pointers attempted per game
3P	3-pointers percentage per game
FTM	Free throws made per game
FTA	Free throws attempted per game
FTP	Free throws percentage per game
OR	Offensive rebounds per game
DR	Defensive rebounds per game
TR	Total rebounds per game
AS	Assists per game
TO	Turnovers per game
ST	Steals per game
BL	Blocks per game
F	Fouls per game
P	Points per game

TABLE II.
STANDINGS ATTRIBUTE SET

Attribute	Description
Won	Total number of wins
Lost	Total number of losses
Pct	Percent of wins
Homewon	Number of games won at home
Homelost	Number of games lost at home
Roadwon	Number of games won away
Roadlost	Number of games lost away
Divwon	Number of games won in division
Divlost	Number of games lost in division
Confwon	Number of games won in conference
Conflost	Number of games lost in conference
Streak	Number of consecutive wins/losses
L10won	Number of wins in last 10 games
L10lost	Number of losses in last 10 games

In order to improve the performance of the classification in our system, feature selection and normalization were used. We have carried out experiments with the variety of classification techniques: decision trees, k nearest neighbors, Naive Bayes and support vector machines. The best results were obtained by the Naive Bayes classifier combined with normalization and feature selection.

IV. SOFTWARE IMPLEMENTATION

For development of a classification and regression models that are used in our system, RapidMiner [15] was selected as a tool. Also, RapidMiner's implementation of naive Bayes method and multivariate linear regression are used in application itself in the form of Java libraries.

All data used in this software are stored in MySQL relational database and accessed using JDBC (Java Database Connectivity) drivers. Database schema can be seen in Figure 1.

The complete system for result prediction was implemented in Java programming language using MVC Model 2 pattern [16] based on the synchronous work of three components: the model, visualization layer and controller. Figure 2 shows these components and how they interact together.

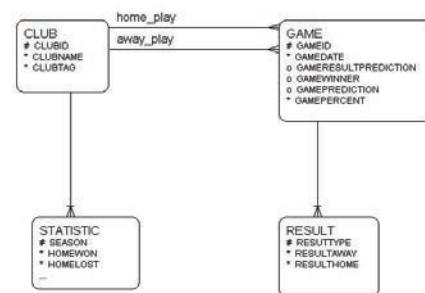


Figure 1. Database schema

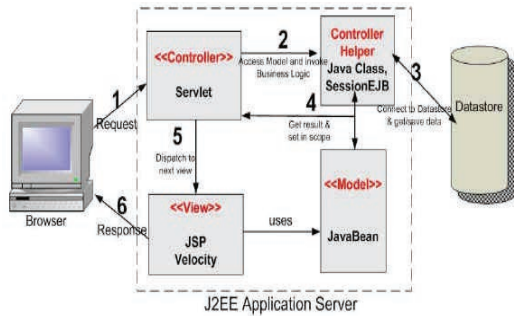


Figure 2. MVC Model 2 pattern

The model component models data and processes. This component interacts with the database and executes operations over data. As model we use Entity JavaBeans components, Java classes mapped to a corresponding table in relational database. For communication with the database there are Controller Helper components, including Session Enterprise JavaBeans classes and DAO (Data Access Object).

The view component (visualization layer) visualizes data provided by the model component. In our software we used JSP (Java Server Pages) with JSTL (Java Server Pages Standard Tag Library), EL (Expression Language) and JavaScript.

The controller manages the visualization layer and the model. All user actions go through this component which makes the decision on which application part will be executed and displayed. The roles of controller in this application do servlets, more specifically Java Servlet classes.

The activity diagram is displayed on Figure 3.

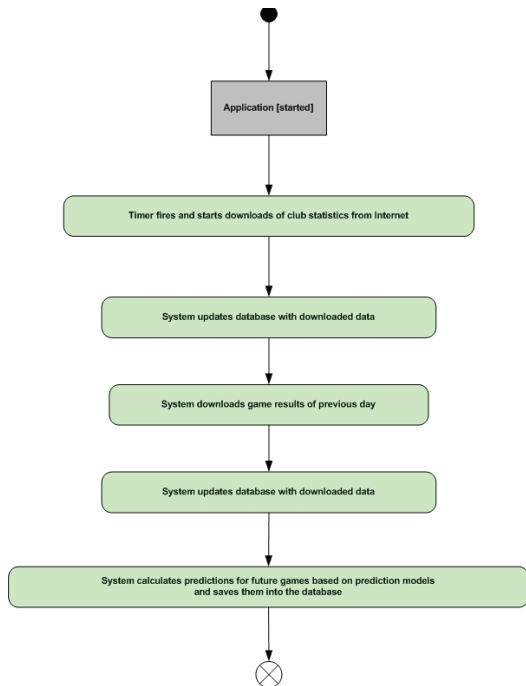


Figure 3. UML Activity diagram

From the Figure 3 one can see that the application operates in the following manner:

- Fresh information about the games that were played previous day, as well as new statistical data for all teams are downloaded.
- Based on these data and prediction models the system calculates the predictions for future games in the form of probabilities (for each team the likelihoods of winning a match are given).

The application allows user to view predictions for the upcoming matches, as well as the results of games already played and previous predictions. Some screenshots can be seen in Figures 4 and 5.



Figure 4. Home page

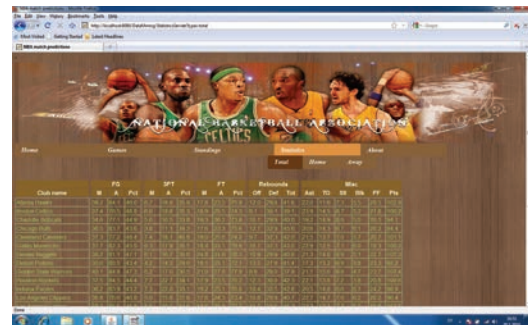


Figure 5. Statistics page

V. EVALUATION AND RESULTS

In order to evaluate our system, we used the statistical data of games that have already been played during a 2009/2010 season. The dataset consists of 778 games. All data were collected from the official NBA website [13] and part of the Yahoo website dedicated to NBA league [14]. One example from the dataset is given in Table III. This example represents the game between Sacramento Kings and Houston Rockets, played at April 12th, 2010 in Sacramento, California.

We evaluated our system using k fold cross-validation. In this validation method the dataset is divided into k subsets and each of them exactly once used as a test set, and in other $k-1$ iterations as a training set. We used 10 fold cross-validation. Accuracy was used as the

performance measure, and it is calculated by the following formula:

$$accuracy = \frac{\text{number of correct predictions}}{\text{total number of predictions}} \quad (1)$$

TABLE III.

TABLE III. DATASET EXAMPLE

Attribute	Sacramento Kings	Houston Rockets
Won	25	42
Lost	55	39
Pct	0.313	0.519
Homewon	18	23
Homelost	22	18
Roadwon	7	18
Roadlost	33	22
Divwon	5	9
Divlost	10	7
Confwon	16	27
Conflost	34	24
Streak	-1	-1
L10won	1	5
L10lost	9	5
FGM	38.3	37.7
FGA	84.1	84.4
FGP	45.6	44.7
3M	5.9	7.9
3A	16.9	22.4
3P	34.9	35.2
FTM	17.4	19.0
FTA	24.0	24.7
FTP	72.6	77.2
OR	11.9	11.8
DR	30.7	30.1
TR	42.6	42.0
AS	20.5	21.8
TO	14.2	13.8
ST	6.9	7.1
BL	4.5	3.9
F	22.3	20.9
P	100.0	102.4
Winning probabilities	42.8	57.2
Actual result	107	117

The system's achieved accuracy was of 67%, which means that it successfully predicted the outcome of more than two-thirds of the games in that period (a total of 778 games). This can be considered a very good result by comparing it with other systems. For example, sports journalists from CBS had the percentage accuracy of 68.3% in the previous season [17]. The overall results in terms of precision and recall are given in Table IV.

TABLE IV. CONFUSION MATRIX

		Predictions		Recall
		Home win	Away win	
Actual results	Home win	354	100	77,97%
	Away win	156	168	51,85%
Precision		86,34%	62,69%	

As for the prediction of spread, the system has successfully provided predictions for 78 of 778 matches (~ 10%), which is the expected result, because it is very

hard to predict the exact difference in which basketball game ends and the goal of this attempt was to provide only approximate information on the possible difference.

VI. CONCLUSION

This paper presents a system for predicting the outcomes of NBA league matches. The application provides predictions about the winner of the match (home or visiting team) and the value of spread for the match. Naive Bayes classification method and multivariate linear regression were used to perform these tasks. The achieved results are satisfactory and in line with expectations.

In a future we plan on experimenting with our system by applying it to other sports domains such as various football competitions, American football, hockey etc. Also, we are planning experiments with some other methods of classification, such as neural networks. .

REFERENCES

- [1] Byongho Min, Jinhyuck Kim, Chonghyoun Choe, Hyeonsang Eon, Robert Ian (Bob) McKay, "A Compound Framework for Sports Prediction: The Case Study of Football", *Knowledge-Based Systems*, vol. 21, issue 7, October 2008, pp. 551-562, Elsevier Science Publishers B. V. Amsterdam, The Netherlands
- [2] Michael Baulch, "Using Machine Learning to Predict the Results of Sporting Matches", Department of Computer Science and Electrical Engineering, University of Queensland
- [3] Alan McCabe, Jarrod Trevathan, "Artificial Intelligence in Sports Prediction", *Proceedings of the Fifth International Conference on Information Technology: New Generations*, 2008, pp. 1194-1197, IEEE Computer Society
- [4] <http://www.toptipper.com>
- [5] Lloyd Smith, Bret Lipscomb, Adam Simkins, "Data Mining in Sports: Predicting Cy Young Award Winners", *Journal of Computing Sciences in Colleges*, vol. 22, issue 4, April 2007, pp. 115-121, Consortium for Computing Sciences in Colleges
- [6] http://en.wikipedia.org/wiki/Elo_rating_system
- [7] Ryan Baird, "Probabilistic Sports Prediction Using Machine Learning Honors Thesis", School of Computer Science and Software Engineering, Monash University, Clayton, Vic.
- [8] <http://www.csse.monash.edu.au/~lloyd/tildeMML/>
- [9] Mourad Atlas, Yan-Qing Zhang, "Fuzzy Neural Agents for Online NBA Scouting", *Proceedings of the 2004 IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence*, pp. 58-63, IEEE Computer Society
- [10] Guiseppe Polese, Massimiliano Troiano, Genoveffa Tortora, "A Data Mining Based System Supporting Tactical Decisions", *SEKE '02: Proceedings of the 14th international conference on Software engineering and knowledge engineering*, 2002, pp. 681-684, ACM
- [11] Sebastian Lühr, Mihai Lazarescu, "A Visual Data Analysis Tool for Sport Player Performance Benchmarking, Comparison and Change Detection", *Proceedings of the 19th IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence*, vol. 01, 2007, pp. 289-296, IEEE Computer Society
- [12] Lawrence Y. Deng, Yi-Jen Liu, "Semantic Analysis and Video Event Mining in Sports Video", *Proceedings of the 22nd International Conference on Advanced Information Networking and Applications - Workshops*, 2008, pp. 1517-1522, IEEE Computer Society
- [13] <http://www.nba.com>
- [14] <http://sports.yahoo.com/nba>
- [15] <http://www.rapid-i.com/>
- [16] Branko Milosavljević, Milan Vidaković, „Java i internet programiranje”, 2007, FTN Izdavaštvo, Novi Sad
- [17] <http://www.cbssports.com/nba/exclusives>

**PRORAČUN KOEFICIJENATA MODELA ZAVISNOSTI SNAGE POTROŠNJE
OD NAPONA NAPAJANJA****LOAD-TO-VOLTAGE DEPENDENCY COEFFICIENTS CALCULATION**Bojan Tešanović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U ovom radu predstavljen je način proračuna koeficijenata modela zavisnosti snage potrošača od napona napajanja. Proračun je rađen nad podacima koji su dobijeni izvođenjem eksperimenata u realnoj distributivnoj mreži. Koeficijenti potrošnje su izračunati za tri osnovna tipa potrošnje: domaćinstva, komercijalni prostori i srednja i mala industrija.

Abstract – This paper presents a method for calculating Load-to-Voltage dependency coefficients. Calculation was performed on real distribution network experiment data measurements. Load Coefficients values were calculated for three basic customer load types: residential, commercial and industrial customer type.

Cljučne riječi: Koeficijenti potrošnje, Redukcija napona, Distribution Management System – DMS, Distribution System Demand Response – DSDR

1. UVOD

Posljednjih decenija se javio niz promjena u organizaciji i funkcionisanju elektroenergetskih sistema. Prva od promjena odnosi se na deregulaciju i restrukturiranje organizacije sistema. Rezultat deregulacije je povećanje konkurencije, samim tim i efikasnosti rada sistema. Druga promjena je bila uvođenje koncepta "pametnih mreža" (tzv. Smart Grid koncepta). Rezultat ove promjene su povećana ulaganja na automatizaciju rada mreže. Otvara se prostor za implementaciju ideja energetskog inženjstva vezane za regulaciju rada sistema - poboljšanja pouzdanosti i efikasnosti rada istog. Treća promjena je rezultat naglog porasta potrošnje električne energije, koji je posljedica opšteg povećanja životnog standarda. Rezultat promjena u ponašanju potrošača električne energije je pojava previsokih vrijednosti vršne potrošnje sistema, samim tim i približavanje proizvodnih i prijenosnih kapaciteta tehničkim granicama rada [1,2].

U konkurentnim uslovima rada, električne kompanije koje se bave distribucijom (i proizvodnjom) električne energije pokušavaju da odlože velike investicije u proizvodne i prijenosne kapacitete, uz što manja ulaganja. Jedna od prvih metoda korišćenih u svrhu redukcije potrošnje električne energije u periodima nestašice energenata je *redukcija napona*.

Tema ovog rada je proračun koeficijenata modela zavisnosti snage potrošnje od napona napajanja. Cilj je da se pokuša kvantifikovati efekat redukcije napona na snagu potrošnje električne energije sistema. Drugim riječima, potrebno je procijeniti efekte primjene redukcije napona na odziv

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je prof. dr Goran Švenda.

potražnje električne energije (DSDR – *Distribution System Demand Response*). Poznavanjem ovih efekata moguće je birati nivo redukcije napona za koju di se dobio traženi odziv potražnje električne energije sistema.

Vrijednosti koeficijenata modela potrošnje su izračunate korišćenjem podataka dobijenim izvođenjem eksperimenata u realnoj distributivnoj mreži.

U drugoj glavi su definisani osnovni pojmovi potrebni za razumijevanje materije iznjete u radu. U trećoj glavi su opisani osnovni tipovi potrošača; navedeni najčešće korišćeni statički modeli potrošnje; opisan postupak proračuna koeficijenata potrošnje. U četvrtoj glavi su dati osnovni detalji izvođenja eksperimenata čiji su podaci korišćeni u radu. U petoj glavi su dati rezultati proračuna koeficijenata potrošnje. Nakon zaključka je referentno navedena korišćena literatura. U prilogu su dati dodatni rezultati dobijeni u toku proračuna koeficijenata potrošnje i podaci vezani za efekte primjene redukcije napona nađeni u literaturi koji bi nepotrebno kvarili kompoziciju rada, a autor smatra da bi pomogli razumijevanju ovog rada.

2. OSNOVNI POJMOVI

U praksi se potrošači opisuju korišćenjem ZIP modela potrošnje. Ovo znači da se konkretnom potrošaču pripisuju osobine potrošača osnovnih tipova potrošača: konstantne impedanse, struje i snage u odgovarajućem omjeru [2,3].

Koeficijenti potrošnje se određuju eksperimentalnim putem ili se intuitivno procjenjuje kojem tipu potrošnje pripadaju.

Koeficijenti potrošnje predstavljaju odnos relativnih promjena snage potrošnje i napona napajanja. Koeficijenti potrošnje za ZIP model potrošača su upravo vrijednosti učešća svakog od osnovnih tipova. Za polinomski tip potrošnje korišćen u ovom radu, koeficijent potrošnje je definisan izrazom:

$$\frac{\Delta p}{\Delta v} = \frac{(P_1 - P_2)/P_0}{(V_1 - V_2)/V_0} = A \quad (2.1)$$

DSDR predstavlja skup mehanizama kojima se distributivne kompanije služe da bi na direktan ili indirektan način upravljale potrošnjom električne energije u sistemu.

Prilikom implementacije redukcije napona mora se voditi računa da se svi potrošači napajaju naponom koji je unutar tehničkih granica. Pored toga, potrebno je voditi računa da nivo redukcije napona bude prilagođen navikama potrošača.

Najveću ulogu u odluci o primjeni redukcije napona od strane distributivnih kompanija ima cost/benefit analiza za koju je neophodno poznavati vrijednosti koeficijenata potrošnje.

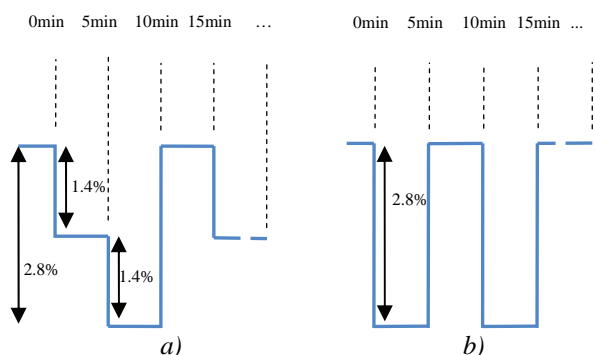
3. TEORETSKA POSTAVKA

Za određivanje odziva potražnje električne energije zbog promjene napona napajanja, potrebno je izvršiti klasifikaciju potrošača prema ponašanju, navikama i djelatnosti kojom se bave. Tri osnovna tipa potrošača definisana prema navedenim

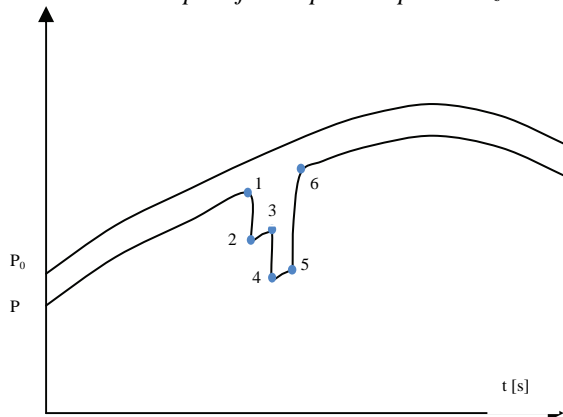
kriterijumima su: domaćinstva, komercijalni prostori i mala i srednja industrija. Smatra se da su reakcije istog tipa potrošača na promjene napona slične, tj. koeficijenti modela potrošnje imaju približne vrijednosti. Ukoliko se vrijednosti koeficijenta modela potrošnje za dva potrošača istog tipa bitno razlikuju, potrebno je ispitati mogućnost dodatne klasifikacije – uvođenja novog (pod)tipa potrošača.

U literaturi se za statičke modele potrošača koriste eksponencijalni i polinomski oblici zavisnosti snage potrošnje od vrijednosti (i učestanosti) napona napajanja. U ovom radu je korišćen linearan model potrošnje. Koeficijenti kvadratnog oblika, potrebni za formiranje nelinearnog modela nisu mogli da se odrede zbog malog broja merenja i male promene vrednosti napona – ispod 5% nominalne vrijednosti [3].

Procedura kojom je izveden eksperiment je podrazumijeva promjenu napona na početku izvoda po šablonima prikazanim na slici 1. Očekivana reakcija potrošnje električne energije na promjenu napona na početku izvoda prema šablonu a) je data na slici 2.



Slika 1 – Šablon promjene napona na početku izvoda



Slika 2 – Očekivana promjena snage potrošnje tokom eksperimenta

Vrijednost linearnog koeficijenta modela potrošnje, dobija se na osnovu sistema dvije jednačine s vrijednostima snage i napona za dva uzastopna očitavanja mjerenja u toku eksperimenta. Jednačine pomenutog sistema odgovaraju parovima tačaka koje su na slici 2 označene sa 1-2, 3-4, 5-6:

$$P_1 = P_0 \cdot (1 + A \cdot \Delta v_1) \quad (3.1a)$$

$$P_2 = P_0 \cdot (1 + A \cdot \Delta v_2) \quad (3.1b)$$

gde je:

$$\Delta v_k = \frac{V_k - V_0}{V_0}$$

Riješenje ovog sistema jednačina je vrijednost linearnog koeficijenta modela potrošnje:

$$A = \frac{P_1 - P_2}{P_2 \cdot \Delta v_1 - P_1 \cdot \Delta v_2} \quad (3.2)$$

Ako se izračunata vrijednost koeficijenta A uvrsti u jednu od jednačina linearnog modela (3.1), dobija se vrijednost potrošnje u razmatranom trenutku, pri nominalnom naponu P_0 .

Eksperimente je potrebno planirati tako da se omogući proračun vrijednosti koeficijenta modela potrošnje za svaki od usvojenih tipova potrošača i to za:

- svaku sezonu;
- svaki tip dana;
- različite momente (periode) dana.

4. EKSPERIMENTALNO ODREĐIVANJE KOEFICIJENATA ZAVISNOSTI U REALNOJ DISTRIBUTIVNOJ MREŽI

Za razliku od postupaka za eksperimentalno određivanje koeficijenta potrošnje koji su nađeni u literaturi, procedura predložena u ovom radu ima sljedeće prednosti:

- eksperimenti ne traju dugo (radi se o par dana u okviru sezone);
- procedura proračuna koeficijenta potrošnje je jednostavna.

Slaba tačka pristupa opisanog u ovom radu je činjenica da se moraju odabrati kvalitetni parovi tačaka koje će se koristiti za proračun vrijednosti koeficijenta. U radu je korišćen filter koji je imao zadatak da izdvoji parove tačaka (sa očitanjima snage i napona) takve da se njima uhvati reakcija sistema na promjenu napona uzrokovana eksperimentom (impulsom). Primjenom filtera se dobije „nedovoljan“ broj vrijednosti koeficijenta za značajniju statističku analizu. U prilogu rada je dat prijedlog složenijeg načina filtriranja koji daje veći broj kvalitetnih tačaka za proračun koeficijenta potrošnje i vjerovatno predstavlja pravac u kome treba tražiti poboljšanje rezultata korišćenog postupka.

Da bi se eksperimentima uhvatilo samo ponašanje potrošača, uticaj ostalih elemenata mreže mora da se potisne. Prije početka izvođenja eksperimenta potrebno je isključiti sve regulatore napona na izvodu, osim regulatora na početku izvoda. Potrebno je isključiti sve kondenzatorske baterije (KB). U prilogu je dat primjer proračuna koeficijenta potrošnje za izvod koji sadrži uključene KB. Izvodi nad kojima su vršeni eksperimenti nisu imali distributivne generatore (DG), ali bi i njihov efekat trebalo potisnuti isključivanjem sa mreže ili korekcijom očitavanja snage potrošnje prema promjeni proizvodnje DG uzrokovanom promjenom napona.

Eksperimenti su vršeni na 9 različitih izvoda, od kojih su po tri napajala potrošačka područja sa potrošnjom u kojoj dominantan udio imaju potrošači tipa domaćinstvo (rezidencijalni tip potrošnje), komercijalni prostori i mala i srednja industrija. Prvi set eksperimenata je obavljen u februaru (sezona zima) na izvodima sa rezidencijalnom i komercijalnom potrošnjom i podrazumijevao je proceduru predstavljenu na slici 1.a. Drugi set eksperimenata je izveden u avgustu (sezona ljeto) i sadržao je obje procedure (slike 3.a i 3.b) i primjenjen je na svih 9 navedenih izvoda. Eksperimenti izvedeni u februaru su trajali 50 minuta, urađena su tri naponska impulsa prema šablonu datom na slici 1a. Eksperimenti izvedeni u avgustu su trajali između dva i tri sata, rađeno je 9 i 12 impulsa prema šablonima datim na slikama 1a i 1b, respektivno.

5. OBRADA REZULTATA EKSPERIMENTATA

Obrada podataka koji su dobijeni mjerenjem snage i napona u toku eksperimenta je podrazumijevala odabir tačaka koje oslikavaju reakciju snage potrošnje na promjenu napona predviđenu eksperimentalnom procedurom. Birali su se parovi tačaka za koje važi:

- znak promjena napona napajanja isti sa znakom promjene snage potrošnje;
- promjena napona napajanja veća od odgovarajuće vrijednosti;
- promjena snage potrošnje veća od odgovarajuće vrijednosti.

Pri odabiru parametara filtera vodilo se računa da se odaberu isključivo tačke koje oslikavaju dejstvo eksperimenta i dobije dovoljno veliki broj tačaka. Korišćenje različitih parametara u filteru donosi i različite rezultate u pogledu broja odabranih tačaka, njihovoj raspodjeli i standardnoj devijaciji. Odabrane vrijednosti parametara filtera su: minimalna vrijednost promjene napona u dva susjedna očitavanja $dV=0.85$ V; i minimalna vrijednost promjene snage $dP=2$ kW.

Od statističke analize skupa izračunatih vrijednosti koeficijenata potrošnje se očekuje da pruži sliku o konačnoj vrijednosti koeficijenta modela za određenu grupu potrošača. Vrijednosti koje se u ovom slučaju računaju su očekivana vrijednosti i odgovarajuća standardna devijacija, pretpostavljajući da se radi o normalnoj raspodjeli.

Za skup vrijednosti koeficijenata modela potrošnje se računaju srednja vrijednost i standardna devijacija prema izrazima (5.1) i (5.2) za svaki skup mjerenja i tip potrošača. Pri tom, smatra se da su slučajne veličine najbolje opisane normalnom raspodelom.

$$\bar{A} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n |A_k| \quad (5.1)$$

$$\sigma_A^2 = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n |A_k - \bar{A}|^2 \quad (5.2)$$

Rezultati proračuna vrijednosti koeficijenata modela potrošnje za sva izvršena mjerenja su dati u tabeli 1. Osim očekivane vrijednosti koeficijenata modela potrošnje i odgovarajuće standardne devijacije, u tabeli 1 su date i vrijednosti odstupanja izračunate od izmjerene vrijednosti snage potrošnje, računane korišćenjem izraza 5.3-6.

$$\Delta\bar{P} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \Delta P_k \quad [\%] \quad (5.3)$$

$$\sigma_{\Delta\bar{P}}^2 = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N |\Delta P_k - \Delta\bar{P}|^2 \quad [\%] \quad (5.4)$$

$$|\Delta\bar{P}| = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N |\Delta P_k| \quad [\%] \quad (5.5)$$

$$\sigma_{|\Delta\bar{P}|}^2 = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \left| |\Delta P_k| - |\Delta\bar{P}| \right|^2 \quad [\%] \quad (5.6)$$

Vrijednosti predstavljene u tabeli 1 su dobijene pretpostavljajući da izračunate vrijednosti koeficijenata potrošnje potiču od normalne Gausove raspodjele (NGR). Rezultati Liliefors testa normalnosti u okviru programskog paketa MATLAB pokazali su da 31 od 39 uzoraka koeficijenata potrošnje koji pripadaju odgovarajućem

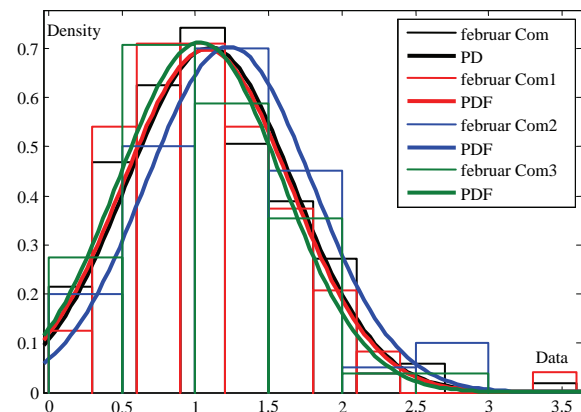
mjernom setu ne odstupaju od normalne raspodjele. Odbijanja pretpostavke o normalnosti izračunatih vrijednosti koeficijenata potrošnje pojedinih mjernih setova su uzrokovane malim brojem izračunatih vrijednosti koeficijenata potrošnje.

Tabela 1 – Rezultati proračuna koeficijenata modela potrošnje

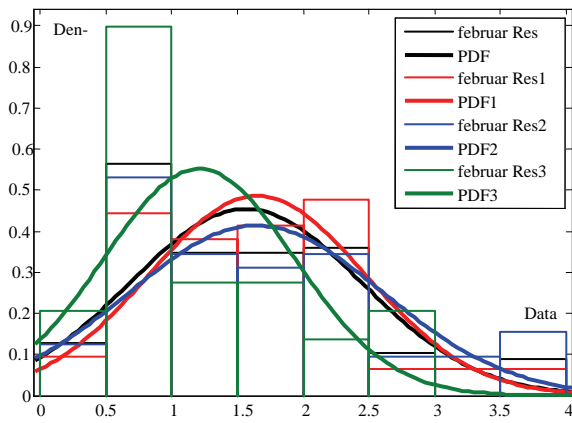
Mjerno mjesto	\bar{A}	$\sigma_{\bar{A}}$	$\Delta\bar{P}$	$\sigma_{\Delta\bar{P}}$	$ \Delta\bar{P} $	$\sigma_{ \Delta\bar{P} }$
Com1 februar	1.08	0.58	-0.07	1.28	0.98	0.83
Com2 februar	1.23	0.57	-0.35	2.37	1.87	1.55
Com3 februar	1.03	0.56	0.08	1.59	1.21	1.02
Com februar	1.10	0.57	-0.08	1.85	1.38	1.23
Res1 februar	1.65	0.82	0.63	3.38	2.60	3.38
Res2 februar	1.64	0.96	0.60	3.88	2.92	3.88
Res3 februar	1.21	0.72	0.53	2.52	1.85	2.52
Res februar	1.56	0.88	0.45	3.36	2.5	3.36
Com1 avgust	0.85	0.47	-0.10	1.14	0.77	0.84
Com2 avgust	0.66	0.38	-0.14	1.14	0.76	0.85
Com avgust	0.77	0.44	-0.14	1.17	0.79	0.86
Res1 avgust	0.94	0.58	-0.35	1.65	1.29	1.11
Res2 avgust	0.87	0.55	-0.24	1.61	1.19	1.09
Res avgust	0.92	0.57	-0.32	1.64	1.26	1.10
Ind1 avgust	1.26	0.82	0.19	2.25	1.64	1.49
Ind2 avgust	1.26	0.85	0.31	3.93	2.09	2.71
Ind3 avgust	1.07	0.82	-0.10	2.79	1.72	2.04
Ind avgust	1.19	0.83	0.12	3.08	1.83	2.14

Na slikama 3-7 su dati histogrami vrijednosti koeficijenata modela potrošnje sa odgovarajućim krivama NGR. Na slikama 3, 5, 6 i 7 se vidi da histogrami vrijednosti koeficijenata modela potrošnje odgovaraju krivama NGR. Na slici 4 se vidi da očekivana vrijednost koeficijenta potrošnje za mjesto Res3 znatno odstupi od očekivanih vrijednosti izračunatih za Res2 i Res1. Ovo je posljedica razlika u strukturi potrošnje pojedinih mjernih mjesta, ali i malog broja izračunatih vrijednosti koeficijenata potrošnje za mjesto Res3.

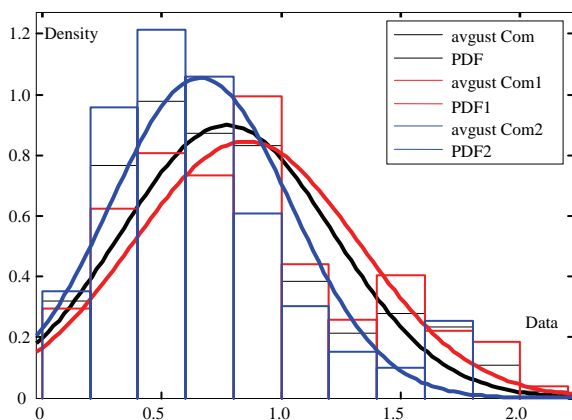
Naime, testovi normalnosti zahtjevaju da se raspolože uzorkom od minimalno 6 do 10 vrijednosti kako bi se mogla donijeti odluka da li posmatrani uzorak potiče iz raspodjele koja je normalna.



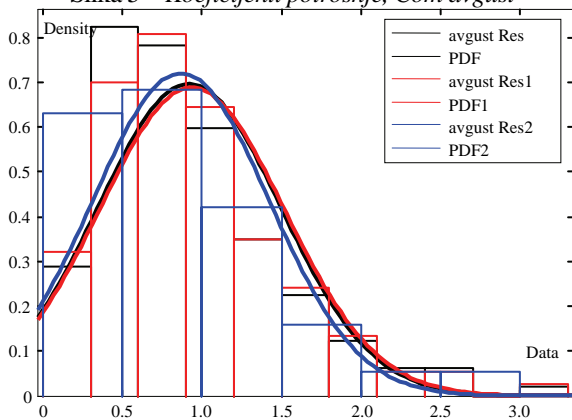
Slika 3 – Koeficijenti potrošnje, Com februar



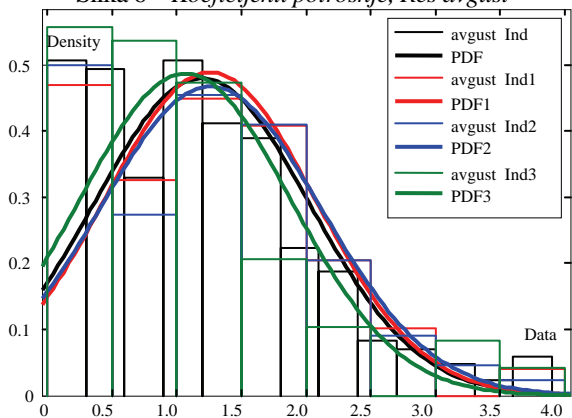
Slika 4 – Koeficijenti potrošnje, Res februar



Slika 5 – Koeficijenti potrošnje, Com avgust



Slika 6 – Koeficijenti potrošnje, Res avgust



Slika 7 – Koeficijenti potrošnje, Ind avgust

6. ZAKLJUČAK

U ovom radu je predstavljen postupak za eksperimentalno određivanje koeficijenata linearnog modela zavisnosti snage potrošnje od napona napajanja. Eksperimenti su izvedeni u realnoj mreži i podrazumijevali su stepenastu promjenu napona na početku izvoda u nivoima od 1.4 i 2.8% nominalnog napona. Očitavanja mjernih instrumenata napona, aktivne i reaktivne snage su vršena svakih 30s i dodavana im je vremenska oznaka trenutka očitavanja.

Vrijednosti koeficijenata potrošnje dobijene za pojedinačne mjerne setove ne odstupaju znatno od izračunate očekivane vrijednosti odgovarajućeg osnovnog tipa potrošnje. Pritom, potvrđeno je da koeficijenti potrošnje imaju sezonski karakter.

Dalji koraci na polju određivanja koeficijenata potrošnje:

1. Uporediti praktično dobijene (izmerene) efekte redukcije napona s vrijednostima koje su dobijene primjenom izračunatih koeficijenata linearnog modela;
2. Nadograditi eksperimente tako da se omogući proračun nelinearnog koeficijenata modela potrošnje;
3. Formirati postupak za realizaciju eksperimenta i matematički metod za proračun vrijednosti koeficijenta linearnog modela potrošnje u zavisnosti od parametara vremena.

7. LITERATURA

1. L.Philipson, H.L.Willis: *Understanding Electric Utilities and De-Regulation*; ABB Electric Systems Technology Institute, Raleigh, North Carolina, USA, 1999.
2. A.Seppala: *Load research and load estimation in electricity distribution*; Dissertation for the degree of Doctor of Technology, Helsinki University of Technology, Finland, 1996.
3. I.R.Navarro: *Dynamic Power System Load*; Lund University, Sweden, 2005.

Kratka biografija:



Bojan Tešanović rođen je u Sarajevu 1988. godine. Završio je gimnaziju „Filip Višnjić“ u Bijeljini. Diplomski-master rad iz oblasti Elektrotehnika i računarstvo – elektroenergetski sistemi na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu je odbranio 2011. godine.

**PROGRAMSKA VIZUELIZACIJA MODELA ELEKTROENERGETSKOG SISTEMA
MODIFIKOVANIM HV ALGORITMOM****PROGRAMMATIC VISUALIZATION OF POWER SYSTEM DATA MODEL WITH
MODIFIED HV DRAWING**Jelena Baluban, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – Cilj rada je formiranje algoritma za programsku vizuelizaciju grafa formiranog od modela elektroenergetskog sistema. Graf je definisan kao binarno ili ternarno stablo. Za vizuelizaciju je korišćen HV algoritam i modifikovani HV algoritam. Algoritam za iscrtavanje je implementiran u Matlab-u.

Abstract – This project describes the implementation of software visualisation of graph formed from a power system model. Graph is defined as a binary or ternary tree. HV drawing and modified HV drawing convention is used for drawing in Matlab.

Ključne reči: vizuelizacija grafa, binarno stablo, ternarno stablo, HV drawing

1. UVOD

Stabla su jedna od najčešće korišćenih struktura u računarskim naukama i mnoge tehnike za vizuelizaciju stabala su predložene. Ove tehnike obično imaju za cilj da nađu raspored koji zadovoljava određene estetske kriterijume. Jedan od ovih kriterijuma zahteva mapiranje svakog čvora u tačku sa celobrojnim koordinatama i svake ivice u jedan pravolinijski segment, postavljanje svakog čvora ispod njegovog roditelja i da se dve ivice ne seku [1]. Ovaj rad bavi se i malo drugačijim kriterijumom, a to je modifikovan HV algoritam za iscrtavanje ternarnog stabla.

2. TEORIJA GRAFOVA

U matematici i računarskim naukama, teorija grafova je nauka o grafovima, matematičkim strukturama korišćenim da modeluju odnose između dva objekta iz određene grupe.

Graf se u ovom kontekstu odnosi na kolekciju temena ili čvorova i kolekciju ivica koje spajaju parove temena. Graf može biti neorijentisan, što znači da ne postoji razlika između dva čvora povezana jednom ivicom, ili orijentisan gde su ivice usmerene od jednog čvora ka drugom.

Grafove koji se proučavaju u teoriji grafova ne treba mešati sa graficima funkcija ili nekom drugom vrstom grafikona. Grafovi su jedni od glavnih predmeta istraživanja u diskretnoj matematici.

2.1 Stabla

Pojam stabla predstavlja jedan od najvažnijih pojmova u teoriji grafova. Stablo je neorijentisan graf u kome su bilo koja dva temena povezana tačno jednom jednostavnom putanjom. Drugim rečima, svaki povezan graf bez konture je stablo.

Definicija 1. Stablo je povezan graf bez konture [2].

Definicija 2. Čvor stepena 1 u grafu se naziva list.

Teorema 1. Svako (netrivijalno) stablo G sa $n > 2$ čvorova ima bar 1 list.

Teorema 2. Sledeći iskazi su ekvivalentni:

1. Stablo je povezan graf bez kontura.
2. Stablo je povezan graf sa n čvorova i $m = n - 1$ grana.
3. Stablo je graf sa n čvorova, $m = n - 1$ grana i bez kontura.
4. Stablo je minimalan povezan graf (udaljavanjem bilo koje grane postaje nepovezan graf).
5. Stablo je maksimalan graf bez kontura (dodavanjem bilo koje grane formira se kontura).
6. Stablo je graf u kome su svaka dva čvora povezana jedinstvenim elementarnim putem.

2.1.1 Korenska stabla

Definicija 3. Stablo u kome je jedan čvor posebno izdvojen naziva se korensko stablo, a taj čvor se naziva koren stabla. [3]

List je čvor bez dece (takvi čvorovi se nazivaju i terminalni, odnosno završni čvorovi); ostali čvorovi su unutrašnji čvorovi (ili interni čvorovi). Koren je interni čvor ako stablo T sadrži bar dva čvora.

Od posebnog interesa su stabla data sledećom definicijom.

Definicija 4. Korensko stablo se naziva m -arno stablo ako svaki interni čvor ima najviše m dece. Potpuno m -arno stablo je stablo u kome svaki interni čvor ima tačno m dece. Za $m = 2$ odgovarajuće m -arno stablo se naziva binarno stablo.

Na slici 1 data su tri m -arna (korenska) stabla. Prvo je ternarno, a drugo je potpuno ternarno stablo. Treće stablo je potpuno binarno.



Slika 1 – Primer m -arnih (korenskih) stabala:
ternarno, potpuno ternarno i binarno

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Aleksandar Erdeljan, vanr. prof.

2.3 HV algoritam za iscrtavanje binarnih stabala

2.3.1 Uslojavanje

Stabla se crtaju da bi mogli da razumemo odnose koji se pojavljuju među podacima tokom rešavanja problema. Nekoliko estetskih pravila su predložena u pokušaju da se definiše lepo oblikovan crtež stabla. Estetska pravila od 1 do 5 opisana u daljem tekstu su predstavljena od strane Wetherell-a i Shannon-a, dok je pravilo 6 predstavljeno od strane Tilford-a. [3]

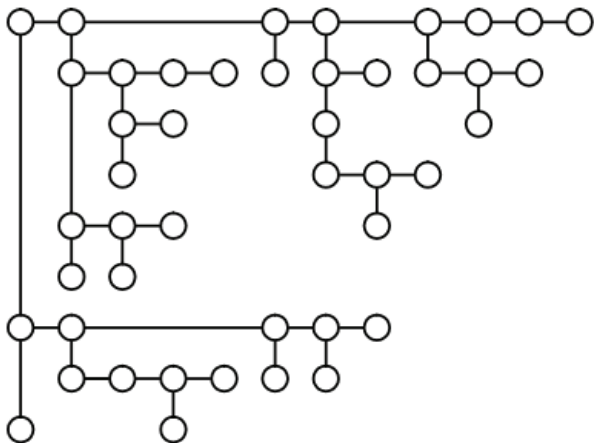
Estetska pravila:

1. Ni jedan čvor ne treba da bude bliže korenu od bilo kog njegovog pretka.
2. Čvorovi na istom nivou stabla treba da leže duž prave linije, a prave linije koje odgovaraju nivoima treba da budu paralelne.
3. Relativni redosled čvorova na bilo kom nivou treba da bude isti kao i u pretrazi stabla po nivoima.
4. Za binarno stablo, levi potomak treba da bude pozicioniran levo od pretka, a desni potomak desno od pretka.
5. Predak treba da bude centriran iznad svojih potomaka.
6. Podstablo datog stabla treba da bude nacrtano na isti način bez obzira gde se javlja u stablu.

Osnovni zadatak u iscrtavanju stabla je dodeliti par koordinata (x,y) svakom čvoru u stablu. Kako fizički crtamo stablo vertikalno, y-koordinate čvorova se lako određuju iz njihovih nivoa. Najteži zadatak je odrediti x-koordinatu čvorova.

2.3.2 HV algoritam

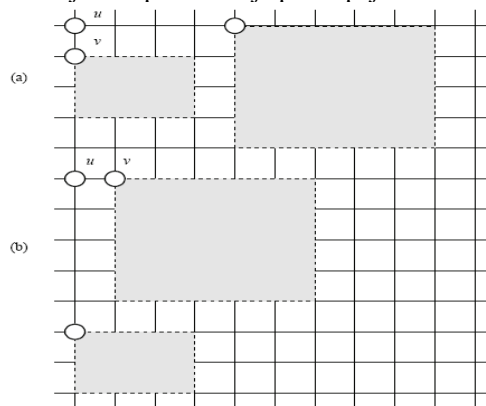
Iscrtavanje korenskog binarnog stabla uz pomoć HV algoritma koristi planarnu mrežu za crtanje u kome su čvorovi stabla predstavljeni kao tačke (sa celobrojnim koordinatama) u ravni, a čvorovi su povezani vertikalnim i horizontalnim linijama koje se ne preklapaju. Svaki čvor se postavlja desno ili ispod pretka, a crteži podstabla čiji je koren čvor sa istim pretkom se ne preklapaju. Na slici 2 vidi se HV crtež binarnog stabla.



Slika 2 – HV crtež binarnog stabla

U koraku iscrtavanja algoritma postoje opcije za iscrtavanje podstabla čvora u kao što je prikazano na slici 3. U *horizontalnoj kombinaciji* potomak čvora u je horizontalno poravnat i desno od u , dok je drugi potomak vertikalno poravnat i odmah ispod u , kao što je prikazano na slici 3a. U *vertikalnoj kombinaciji* potomak od u je vertikalno poravnat i ispod u , dok je drugi potomak

horizontalno poravnat i odmah desno od u , kao što je prikazano na slici 3b. U oba slučaja, potomci su smešteni tako da se njihova podstabla je preklapaju.



Slika 3 – (a) Horizontalna kombinacija, (b) Vertikalna kombinacija

3. REALIZACIJA PROGRAMSKOG REŠENJA ZADATKA

Realizovan je HV algoritam za iscrtavanje binarnih stabala. Sledi opis algoritma:

```
Ulaz: Graf u csv formatu
Ako se posmatrana tačka grana u dve tačke
  Ako je ta tačka bočna tačka
    Granaj na dole
    Provera da li je došlo do preklapanja
    Ako jeste, izvrši horizontalnu ili vertikalnu
    kombinaciju
  Ako nije bočna tačka
    Granaj na desno
    Obeleži tu tačku kao bočnu desnu
    Provera da li je došlo do preklapanja
    Ako jeste, izvrši horizontalnu ili vertikalnu
    kombinaciju
Ako se posmatrana tačka grana u jednu tačku
  Ako je ta tačka bočna desna tačka
    Granaj na desno
    Obeleži tu tačku kao bočnu desnu
    Provera da li je došlo do preklapanja
    Ako jeste, izvrši horizontalnu ili vertikalnu
    kombinaciju
  Ako nije bočna tačka
    Granaj na dole
    Provera da li je došlo do preklapanja
    Ako jeste, izvrši horizontalnu ili vertikalnu
    kombinaciju
Izlaz: Koordinate tačaka grafa
```

Algoritam 1 – HV algoritam za binarna stabla

Algoritam koji je korišćen za iscrtavanje ternarnih stabala je zasnovan na ideji HV algoritma za iscrtavanje binarnih stabala, a modifikovan da odgovara ternarnim stablima.

Da bi se iscrtalo ternarno stablo HV algoritmom uvedene su sledeće modifikacije:

1. Svaka ivica se nalazi ili desno-horizontalno ili levo-horizontalno ili dole-vertikalno u pravolinijskom segmentu od čvora do jednog od njegovih potomaka.
2. Ako neka od desnih bočnih tačaka ima potomke, ti potomci se mogu nalaziti gore-vertikalno, dole-vertikalno ili desno-horizontalno u pravolinijskom segmentu od čvora do jednog od njegovih potomaka.

3. Ako neka od levih bočnih tačaka ima potomke, ti potomci se mogu nalaziti gore-vertikalno, dole-vertikalno ili levo-horizontalno u pravolinijskom segmentu od čvora do jednog od njegovih potomaka.

Modifikacije koje su primenjene na HV algoritam odnose se i na estetska pravila. To znači da u slučaju ovakve vizuelizacije ternarnih stabala prvo i peto pravilo više ne važe.

Sledi opis algoritma:

```

Ulaz: Graf u csv formatu
Ako se posmatrana tačka grana u tri tačke
  Ako je ta tačka bočna tačka
    Granaj na gore
    Provera da li je došlo do preklapanja
    Ako jeste, izvrši horizontalnu ili vertikalnu
    kombinaciju
    Ako nije bočna tačka
      Granaj na levo
      Obeleži tu tačku kao bočnu desnu
      Provera da li je došlo do preklapanja
      Ako jeste, izvrši horizontalnu ili vertikalnu
      kombinaciju
  Ako se posmatrana tačka grana u dve tačke
    Ako je ta tačka bočna tačka
      Granaj na dole
      Provera da li je došlo do preklapanja
      Ako jeste, izvrši horizontalnu ili vertikalnu
      kombinaciju
    Ako nije bočna tačka
      Granaj na desno
      Obeleži tu tačku kao bočnu levu
      Provera da li je došlo do preklapanja
      Ako jeste, izvrši horizontalnu ili vertikalnu
      kombinaciju
  Ako se posmatrana tačka grana u jednu tačku
    Ako je ta tačka bočna desna tačka
      Granaj na desno
      Obeleži tu tačku kao bočnu desnu
      Provera da li je došlo do preklapanja
      Ako jeste, izvrši horizontalnu ili vertikalnu
      kombinaciju
    Ako je ta tačka bočna leva tačka
      Granaj na levo
      Obeleži tu tačku kao bočnu levu
      Provera da li je došlo do preklapanja
      Ako jeste, izvrši horizontalnu ili vertikalnu
      kombinaciju
    Ako nije bočna tačka
      Granaj na dole
      Provera da li je došlo do preklapanja
      Ako jeste, izvrši horizontalnu ili vertikalnu
      kombinaciju
Izlaz: Koordinate tačaka grafa

```

Algoritam 2 – Modifikovani HV algoritam za ternarna stabla

Ako se određena tačka grana u samo jednu tačku, iscrtavanje je trivijalno i grana se na dole. U slučaju bočne tačke, ako se radi o desnoj ili levoj tački, grana se na desno ili levo respektivno. Zatim, ako određena tačka ima dva potomka, grananje se vrši prvo na desno, a zatim na dole. U slučaju bočnih tačaka, prvi potomak se iscrtava dole od pretka, a drugi, u zavisnosti od toga s koje strane se predak nalazi, levo ili desno. I na kraju, u slučaju grananja u tri tačke, prvi potomak se iscrtava na levo,

drugi na desno i treći na dole. Ako je u pitanju bočna tačka, prvi potomak se iscrtava na gore, drugi na dole, a treći, u zavisnosti od toga s koje strane se predak nalazi, levo ili desno.

U svakom prolazu se proverava da li je došlo do preklapanja jedne ili više tačaka. U slučaju preklapanja, pristupa se horizontalnoj ili vertikalnoj kombinaciji. U horizontalnoj kombinaciji, određene tačke će se pomeriti levo ili desno po horizontalnoj osi tako da se preklapanje izbegne. U vertikalnoj kombinaciji, ako dođe do preklapanja, određene tačke će se pomeriti gore ili dole po vertikalnoj osi tako da se preklapanje izbegne. x i y koordinate tačaka se snimaju u posebne .txt fajlove za slučaj da je potrebno dodatno ih obraditi u daljem radu.

Korisnički interfejs izrađen u okviru ovog rada se sastoji iz:

- Komandnog tastera Učitaj txt fajl koji pokreće dijalog za učitavanje .txt fajla koji sadrži graf definisan u csv formatu,
 - Radio dugmića za odabir vrste stabla (binarno ili ternarno),
 - Radio dugmića za odabir tipa kombinacija (horizontalna ili vertikalna),
 - Edit polja za unos koordinata početne tačke,
 - Komandnog tastera Start za iscrtavanje učitano grafa,
 - Komandnog tastera Obriši grafik za brisanje grafika.
- Nakon unosa potrebnih parametara i pritiska na dugme Start, u zavisnosti od toga koju vrstu stabla i koji tip kombinacije je korisnik izabrao, poziva se jedna od sledećih funkcija:

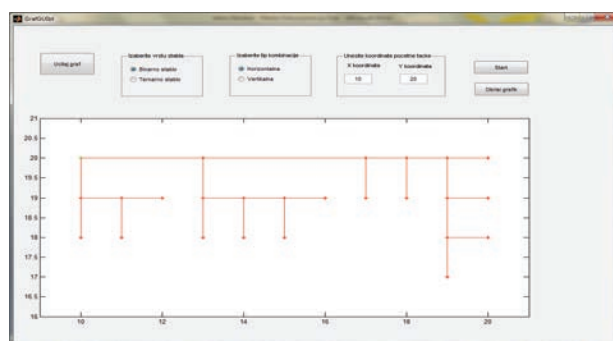
- HV_binarno_horizontalna_kombinacija.m
- HV_binarno_vertikalna_kombinacija.m
- HV_ternarno_horizontalna_kombinacija.m
- HV_ternarno_vertikalna_kombinacija.m.

4. REZULTATI

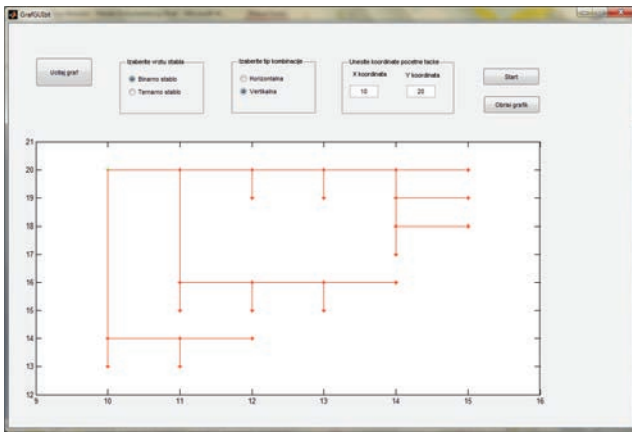
Na sledećim slikama vide se rezultati HV algoritma primenjenog na binarnim stablima i modifikovanog HV algoritma primenjenog na ternarnim stablima. Zelenom bojom obeležen je koren stabla, dok su crvenom bojom obeleženi ostali čvorovi i grane.

4.1 Binarna stabla

Na slici 4 prikazan je primer binarnog stabla sa 25 čvorova vizuelizovan HV algoritmom i koristeći horizontalnu kombinaciju, dok je na slici 5 prikazan isti primer na kom je korišćena vertikalna kombinacija.



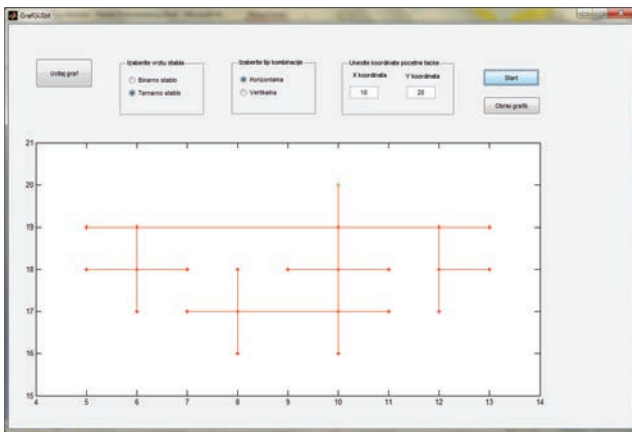
Slika 4 – Vizuelizacija binarnog stabla sa 25 čvorova – horizontalna kombinacija



Slika 5 – Vizuelizacija binarnog stabla sa 25 čvorova – vertikalna kombinacija

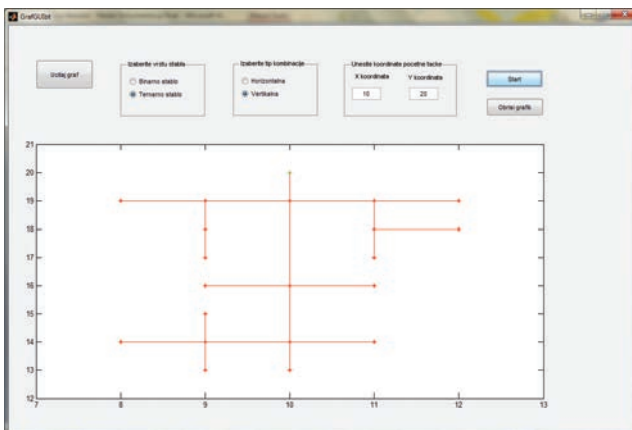
4.2 Ternarna stabla

Na slici 6 prikazan je primer vizualizacije ternarnog stabla sa 23 čvora. Za vizualizaciju je korišćen modifikovani HV algoritam i horizontalna kombinacija.



Slika 6 – Vizuelizacija ternarnog stabla sa 23 čvora – horizontalna kombinacija

Na slici 7 prikazan je primer ternarnog stabla sa 21 čvorom koje je vizualizovanu vertikalnom kombinacijom modifikovanog HV algoritma.



Slika 7 – Vizuelizacija ternarnog stabla sa 21 čvorom – vertikalna kombinacija

Ako se posmatra da li je manja površina crteža kada je binarno stablo iscrtano horizontalnom ili vertikalnom kombinacijom, može se primetiti da se tamo gde je korišćena vertikalna kombinacija dobija manja površina crteža. Kod ternarnih stabala je obrnuta situacija, crteži koji su iscrtani vertikalnom kombinacijom imaju manju površinu.

5. ZAKLJUČAK

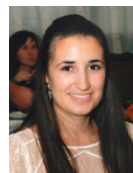
U ovom radu posmatrani su crteži korenskih binarnih i ternarnih stabala. Proučen je i realizovan HV algoritam za iscrtavanje korenskih binarnih stabala i modifikovan je da odgovara ternarnim stablima. Crtež korenskog stabla nacrtan pomoću HV algoritma je crtež planarne mreže u kojoj su čvorovi stabla predstavljeni kao tačke sa celobrojnim koordinatama, a ivice kao horizontalne i vertikalne linije koje se ne preklapaju. U slučaju binarnih stabala, svaki čvor je postavljen odmah desno ili ispod njihovih roditelja i crteži podstabla se ne preklapaju. Modifikacije koje su uvedene da bi ternarno stablo moglo da se vizuelizuje HV algoritmom je da je svaki čvor postavljen odmah desno, levo ili ispod njegovog roditelja. U slučaju bočnih tačaka koje imaju tri potomka, čvor može biti postavljen i iznad svog pretka. Graf se učitava iz .txt fajla u kom je definisan u csv formatu. Omogućen je unos koordinata korena stabla.

Preklapanje tačaka je rešava uz pomoć horizontalne i vertikalne kombinacije. U slučaju horizontalne kombinacije, određeni čvorovi su pomereni levo ili desno po x osi da bi se preklapanje izbeglo. Vertikalna kombinacija pomera čvorove gore ili dole po y osi i na taj način se izbegava preklapanje. Kako različiti HV crteži mogu biti različitog kvaliteta, dalje istraživanje ove teme moglo bi se odnositi na optimizaciju algoritma tako da crtež bude nacrtan na što manjoj površini.

6. LITERATURA

- [1] P. Crescenzi and P. Penna, „Minimum-Area h-v Drawings of Complete Binary Trees (Extended Abstract)”, Dipartimento di Scienze dell'Informazione, Via Salaria 113, 00198 Roma
- [2] Vladimir Baltić, „Teorija grafova”, Fakultet Organizacionih Nauka, Beograd, 2008.
- [3] G. Melanc con and I. Herman, “Circular Drawings of Rooted Trees”, INS-R9817 December 1998.
- [4] Robin J. Wilson, “Introduction to Graph Theory”, Fourth edition, 1996, Longman, ISBN 0-582-24993-7

Kratka biografija:



Jelena Baluban rođena je u Novom Sadu 1987. godine. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Računarstvo i automatika odbranila je 2012. god.

IZRADA ALGORITMA ZA UPRAVLJANJE ŽALUZINAMA ZASNOVANOG NA OPTIMIZACIJI UGLA ZAKRIVLJENOSTI PRIMENOM VEŠTAČKE INTELIGENCIJE**DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM FOR BLINDS CONTROL BASED ON THE OPTIMIZATION OF BLIND TILT ANGLE USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE**

Marija Paspalj, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U okviru rada je realizovan algoritam pomoću koga se upravlja žaluzinama, sa ciljem uštede energije i postizanja komfora u posmatranoj prostoriji. Algoritam je zasnovan na analizi rezultata optimizacije ugla zakrivljenosti žaluzina upotrebom genetskog algoritma i fuzzy logike. Parametri potrebni za proračunavanje uticaja sunčevog zračenja na zagrevanje prostorije i dodatnog veštačkog osvetljenja dobijeni su iz matematičkog modela koji uzima u obzir geografski položaj objekta, vremensku zonu, orijentaciju prozora, dan u godini, kao i trenutno vreme. Simulacije su rađene za različite ulazne parametre kako bi se formirao što opštiji algoritam. Rad obuhvata i detaljnu analizu dobijenih rezultata, kao i njihov grafički prikaz. Na osnovu izvedenih zaključaka izrađen je UML (Unified Modeling Language) dijagram koji opisuje algoritam za određivanje optimalnog ugla zakrivljenosti žaluzina.

Abstract – This paper presents a development of an algorithm for blinds control, in order to achieve energy savings and comfort in the observed room. The algorithm is based on the analysis of results from the optimization of blind tilt angle using genetic algorithm and fuzzy logic. Parameters needed to calculate the solar heat gain and additional artificial light are obtained from a mathematical model that takes into account geographical position of the object, time zone, orientation of windows, day of the year, and current time. Simulations were performed for different input parameters in order to form more general algorithm. This paper includes a detailed analysis of the obtained results and their graphical representation. Based on derived conclusions, there was made an UML diagram that describes algorithm for determining optimal blind tilt angle.

Ključne reči: ugao zakrivljenosti žaluzina, toplotni dobiti, osvetljenost, potrošnja, genetski algoritam, fuzzy logika, UML.

1. UVOD

Sunčeva energija predstavlja obnovljiv i neiscrpan energetski resurs koji u energetici zemlje može imati značajno mesto, i omogućiti značajno smanjenje potrošnje električne energije.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio prof. dr Velimir Čongradac.

Sunčeva energija u suštini predstavlja resurs kojim u određenim količinama raspolaže svaka država, bez uvozne zavisnosti, pri čemu je od značaja i činjenica da je to ekološki gledano čista energija čije energetske tehnologije ne zagađuju životnu sredinu u procesu pretvaranja iz izvornog oblika u oblik pogodan za korišćenje.

Leti, po vedrom danu, kada je Sunce u zenitu, na jedan kvadratni metar horizontalne površine dospeva snaga od približno 1 kW/m^2 [1].

Radi što boljeg iskorišćavanja sunčeve energije, solarna arhitektura podrazumeva da se velike staklene površine postavljaju na južnu stranu fasade, pa se samim tim i objekti projektuju tako da se na južnoj strani nalaze prostorije koje zahtevaju veću osvetljenost i zagrejanost, kao što su dnevna, radna i spavaća soba, dok se kuhinje i kupatila obično smeštaju na severnoj strani objekta.

Sunčevo zračenje je takođe značajno za klimatizaciju prostora. Toplotni dobiti koji potiču od sunčevog zračenja, tokom zimskog perioda mogu da se iskoriste za zagrevanje prostorija, i tako smanje energiju potrebnu za grejanje. Tokom letnjeg perioda, toplotni dobiti od sunčevog zračenja su nepoželjni jer dovode do prekomernog zagrevanja prostorije, pa je samim tim potrebno utrošiti više energije da bi se prostorija rashladila. Zbog toga je tokom letnjeg perioda potrebno primenjivati senčenje.

2. MATEMATIČKI MODEL SISTEMA

Solarna toplotna dobit (eng. Solar Heat Gain, SHG) se odnosi na povećanje toplote nekog objekta, prostorije ili strukture, koje se javlja kao posledica delovanja sunčevih zraka. Zavisí od jačine sunčevih zraka, zatim propusnih, reflektujućih i apsorpcionih karakteristika sredine kroz koju prolaze. Izračunavanje konačne toplotne dobiti kroz prozor prethodi iz matematičkih jednačina i proračuna vezanih za prateće koeficijente propusnosti, faktore pogleda, faktore refleksija i drugih karakteristika sredina i materijala kroz koje prolazi sunčev zrak. Ovo nam je bitno zbog klimatizacije prostorije, odnosno hlađenja i dodatnog grejanja [2].

Matematički model proračuna uticaja svetlosne komponente sunčevog zračenja na osvetljenost prostorije počinje sa definisanjem geometrije i fizičkih karakteristika tog zračenja. Količina prirodne svetlosti koja ulazi u prostoriju zavisi od globalnog zračenja, koje se sastoji od direktnog, difuznog i reflektovanog zračenja. Da bi se izračunalo dodatno veštačko osvetljenje, pored navedenog, potrebno je poznavati i upadni ugao sunčevih

zraka. Modelovanje svetlosne dobiti se vrši posebno za oblačan i vedar dan [3].

3. MODEL PROSTORIJE

Za određivanje osvetljenosti prostorije veoma su bitne njene karakteristike, kao što su orijentacija i dimenzije prostorije, faktori refleksije površina prostorije, koeficijent svetlosne dobiti prozora, položaj prozora, odnosno udaljenost prozora od plafona, poda i zidova. Svi ovi faktori imaju značajan uticaj na promenu osvetljenosti. Visina radne površine takođe je veoma bitna, jer je nama najinteresantnija osvetljenost iste. Posmatrana prostorija je pravilnog četvorougaoanog oblika, sa jednim spoljnim zidom na kome se nalazi zastakljena površina, i nalazi se na geografskim koordinatama koje određuju Beograd. Dimenzije prostorije iznose 6x5x3m. Okolina je predstavljena kao travnata površina, i zanemareni su okolni objekti, zbog pojednostavljenja modela [2].

4. PRORAČUN VEŠTAČKOG OSVETLJENJA PROSTORIJE

Po dobijanju modela za svetlosnu dobit od strane prirodne svetlosti, potrebno je proračunati zahteve za veštačkom rasvetom prostorije. Za željenu vrednost osvetljenosti izabrali smo 500lux, koja je dovoljna za radne površine koje posmatramo.

Odabrane svetiljke "MENLOSFT SR 3X24W HFS DMB WL5 L840" snabdevene su sa po tri fluorescente T5 cevi i visokofrekventnom digitalnom prigušnicom koja se nalazi u predspojnom uređaju snage 5W. Ostale bitne karakteristike rasvete date su u Tabeli 1.[2]

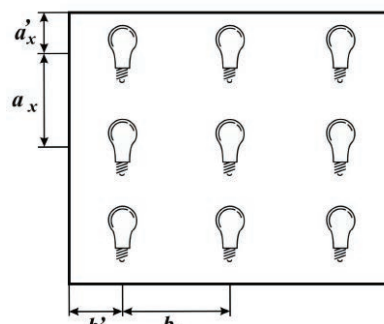
Tabela 1. Karakteristike odabrane sijalice

potreban nivo osvetljenosti [lx]	(En)	500
tip sijalice	fluo cev	T5
snaga sijalice [W]	(Ps)	24
napajanje [V,Hz]		220,50
nazivni svetlosni fluks po jednoj fluo cevi [lm]	(Φo)	1750
broj izvora svetiljki	n_i	3
iskoristivost osvetljenja		0.84
faktor zagađenja i starenja	(f_s)	0.765
dimenzije svetiljke [m]	dužina	0.6
	širina	0.6
	visina	0.17

Za izračunavanje potrebnog svetlosnog fluksa na radnoj površini nepohodno je odrediti korisnu visinu i indeks prostorije.

Za dimenzionisanje veštačke rasvete, potrebno je, na osnovu navedenih karakteristika, izračunati stepen iskorišćenja svetiljke, potreban svetlosni fluks, broj potrebnih svetiljki, stvarnu srednju osvetljenost i ukupnu maksimalnu potrošnju. Proračun rasporeda svetiljki vrši se na osnovu izračunatih vrednosti. Svetiljke je potrebno ravnomerno rasporediti po plafonu, da bi se obezbedila najbolja moguća osvetljenost, a bočni efekti, u vidu senki, sveli na minimum.

Proračun rasporeda svetiljki je jednostavniji jer je prostorija pravougaonog oblika, nego što bi bio ako bi prostorija imala neki nepravilan oblik. Primenom jednostavnih relacija na primeru pomatrane prostorije dobija se sledeći raspored svetiljki, prikazan na Slici 1. [2].



Slika 1. Prikaz rasporeda svetiljki

5. PRORAČUN UREĐAJA ZA GREJANJE/HLADENJE PROSTORIJE

Prilikom simulacije modela u obzir je uzeta prostorija čije karakteristike su opisane u odeljku 3. Pri proračunima se kao prosečna godišnja potrošnja po kvadratu prostorije uzima 90W/m², kojom će se zadovoljiti potrebe grejanja/hlađenja. Na osnovu toga dobija se da je potreban uređaj snage 2700W. Tražen je parapetni fan coil uređaj. Uređaj koji odgovara ovim karakteristikama je uređaj firme DAIKIN, serije FVXS/RXS.[2]

6. GENETSKI ALGORITAM I FUZZY LOGIKA

Genetski algoritam je heuristička metoda optimizacije, odnosno metoda pretrage koja u kombinaciji determinističkog i stohastičkog traženja rešenja i jednostavnih računskih operacija nad nizom bitova, obrađuje populaciju rešenja i evolucijom teži ka optimumu zadate funkcije cilja. Služe za rešavanje teških optimizacionih problema, za koje ne postoji egzaktna matematička metoda rešavanja [4].

Fuzzy logika savladava probleme na koje nailazi konvencionalni matematički aparat pri razvoju i analizi složenih sistema. Uzima u obzir činjenicu da ljudsko rasuđivanje može da koristi koncepte i znanje koji nemaju dobro definisane, oštre granice. Rasplinuta (fuzzy) logika je nadskup konvencionalne (Bulovske) logike koja je proširena tako da podržava koncept parcijalne istinitosti – istinitosne vrednosti između "potpune istine" i "potpune neistine" [5].

6.1. Upravljanje žaluzinama primenom genetskog algoritma

Za određivanje optimalnog ugla zakrivljenosti žaluzina pomoću veštačke inteligencije kao pogodan metod pokazao se i genetski algoritam. Populaciju nad kojom se vrše genetske operacije čine jedinke koje predstavljaju trenutne uglove zakrivljenosti žaluzina. One su kodirane u binarni desetobitni broj. Za svaku jedinku se određuje pogodnost koja je uslovljena spoljašnjom osvetljenošću i termalnim dobicima, a koja se razlikuje za sezone grejanja i hlađenja. Navedene razlike se javljaju usled različitih kriterijuma, jer su tokom grejne sezone pogodniji što veći toplotni dobiti, dok su leti oni nepoželjni. Iz tog razloga je pri visokim spoljašnjim temperaturama optimalno da žaluzine budu zatvorene, što rezultuje većom potrošnjom energije na veštačku rasvetu.

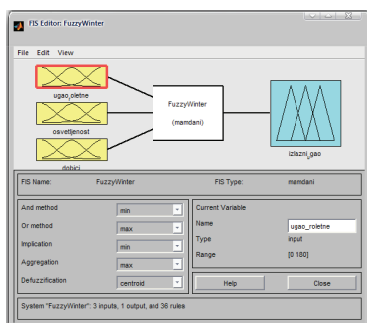
Ovaj kompromis je dozvoljen jer se više energije potroši na hlađenje dodatno zagrejane prostorije.

6.2. Upravljanje žaluzinama primenom fuzzy logike

Još jednu mogućnost za optimizaciju ugla zakrivljenosti žaluzina predstavlja upotreba fuzzy logike. Ovaj pristup se zasniva pre svega na definisanju ulaza koji, u ovom slučaju, obuhvataju trenutni ugao žaluzina, spoljašnju osvetljenost i termalne dobitke. U odnosu na formirane ulaze kreirana je baza pravila na osnovu koje se donosi odluka o najpogodnijem uglu žaluzina pri datim uslovima. Pravila se razlikuju za sezone grejanja i hlađenja iz razloga navedenih u poglavlju 6.1.

Kriterijumi optimalnosti korišćeni u fuzzy kontroleru jesu postizanje željene osvetljenosti uz što bolju iskoristivost prirodnog svetla, kao i ušteda energije na grejanju i hlađenju.

Na Slici 2. je prikazan izgled fuzzy kontrolera za upravljanje uglom zakrivljenosti žaluzina.

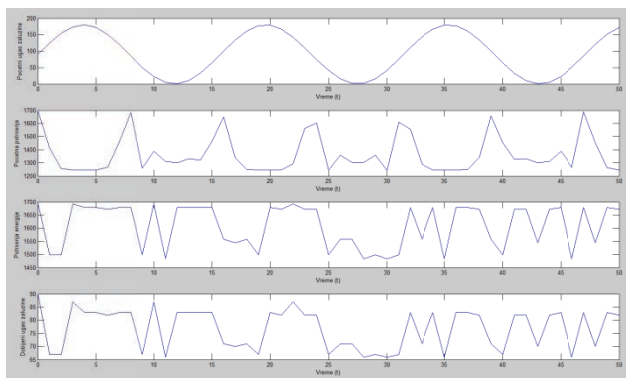


Slika 2. Fuzzy kontroler za upravljanje žaluzinama

6.3. Simulacija i analiza rezultata

U sledećim primerima jasno se vidi promena ugla žaluzina tokom dana. Posmatra se letnji period kada su žaluzine pretežno zatvorene, odnosno otvaraju se samo u jutarnjim časovima.

Na Slici 3. dat je prikaz rezultata rada genetskog algoritma za 20. jul, u 8h, po vedrom danu, i orijentaciji prozora ka jugu.

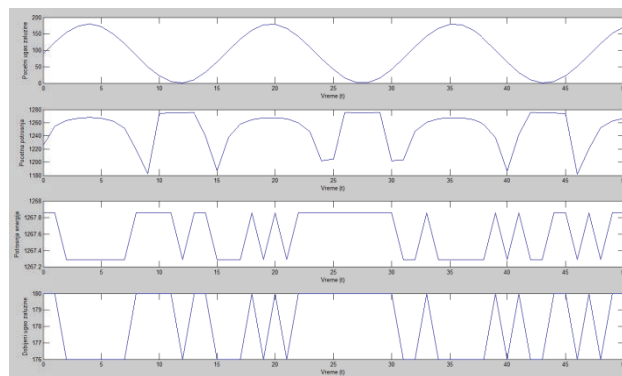


Slika 3. Prikaz rezultata rada genetskog algoritma

Na Slici 4. dat je prikaz rezultata rada genetskog algoritma za 20. jul, u 12h, po vedrom danu, i orijentaciji prozora ka jugu.

Prikazani rezultati rada genetskog algoritma pružaju mogućnost istovremenog poređenja početnog ugla (sinusni signal, grafik 1) i izračunate potrošnje za njega

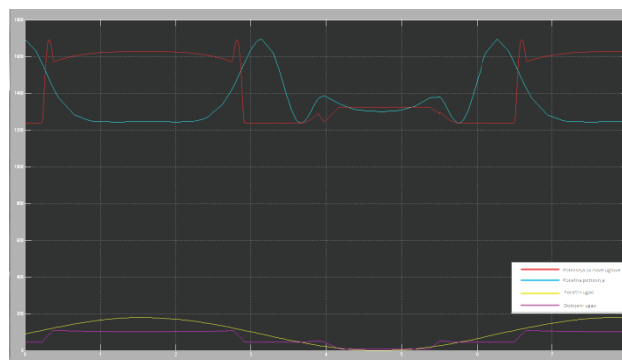
(grafik 2), sa optimizovanim uglom (grafik 4) i njegovom potrošnjom (grafik 3).



Slika 4. Prikaz rezultata rada genetskog algoritma

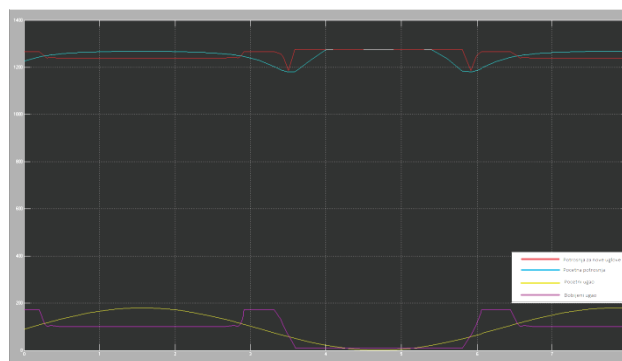
Iz simulacija se vidi da je optimalan ugao za 8h leti 66° , odnosno 176° za 12h, što pokazuje da sa povećanjem spoljašnje temperature, a samim tim i toplotnih dobitaka, genetski algoritam zatvara žaluzine radi postizanja komfora i uštede energije.

Na Slici 5. dat je prikaz rezultata rada fuzzy kontrolera za 20. jul, u 8h, po vedrom danu, i orijentaciji prozora ka jugu.



Slika 5. Prikaz rezultata rada fuzzy kontrolera

Na Slici 6. dat je prikaz rezultata rada fuzzy kontrolera za 20. jul, u 12h, po vedrom danu, i orijentaciji prozora ka jugu.



Slika 6. Prikaz rezultata rada fuzzy kontrolera

Prikazani rezultati rada fuzzy kontrolera pružaju mogućnost istovremenog poređenja početnog ugla (sinusni signal, žuta boja) i izračunate potrošnje za njega (plava boja), sa optimizovanim uglom (ljubičasta boja) i njegovom potrošnjom (crvena boja).

Iz simulacija se vidi da je optimalan ugao za 8h leti 45° , odnosno 15° za 12h, što pokazuje da sa povećanjem spoljašnje temperature, a samim tim i toplotnih dobitaka, fuzzy kontroler podešava ugao zakrivljenosti žaluzina na što manju vrednost sa ciljem smanjenja količine toplote koja ulazi u prostoriju.

Poređenjem ove dve metode dolazimo do zaključka da one daju približno jednaka rešenja za iste ulazne vrednosti. Razlika se ogleda u tome da jedna daje neznatno veću uštedu energije u odnosu na drugu, i da se zatvaranje žaluzina vrši u suprotnim smerovima.

7. UML DIJAGRAM KONTROLERA

UML ili *Unified Modeling Language* je grafički jezik za vizuelizaciju, specifikaciju, konstruisanje i dokumentovanje sistema programske podrške. Potrebno je naglasiti da UML nije programski jezik, to je grafički jezik. On predstavlja kolekciju najboljih uspešnih inženjerskih metoda kojima je, iskustveno dokazano, pojednostavljeno modelovanje velikih i složenih sistema.[6]

7.1. Algoritam za upravljanje žaluzinama

Nakon detaljne analize rezultata dobijenih primenom genetskog algoritma i fuzzy kontrolera, došli smo do podataka bitnih za formiranje algoritma kontrolera koji upravlja žaluzinama. Simulacije su vršene za različite orijentacije prozora, doba dana i vremenske uslove kako bi se dobilo na opštosti algoritma. Jedan od bitnih zaključaka jeste i to da je za njegovu izradu pogodniji fuzzy kontroler.

Prvi uslov koji je potrebno razmotriti jeste spoljašnja temperatura na osnovu koje se određuje da li je potrebno grejati ili hladiti prostor. Nakon toga, uzimaju se u obzir vrednosti izmerene spoljašnje osvetljenosti, izračunatih toplotnih dobitaka i trenutnog položaja žaluzina, na osnovu kojih se donosi odluka o novom uglu zakrivljenosti žaluzina.

8. ZAKLJUČAK

Resursa je sve manje, a troškovi za energiju dostižu sve veće vrednosti. Pravilno korišćenje žaluzina može da unapredi energetska efikasnost i da smanji potrošnju energije za grejanje zimi i za hlađenje leti. Istovremeno raste i naša potreba za većim komforom i niko više ne želi da u kući ili na radnom mestu leti bude izložen nesnosnim temperaturama. Elektronski upravljana zaštita od sunca se razvila u integralni sastavni deo otvorene i moderne arhitekture. Čak i sa energetske tačke gledišta je neizostavno optimalno korišćenje dnevne svetlosti u zgradama. To štedi električnu energiju i uvek je na raspolaganju, zavisno od godišnjeg doba, više ili manje intenzivno. Normalno zastakljene površine bez zaštite propuštaju 88 % sunčeve energije, od čega 80 % prodire direktno u unutrašnjost objekta [7]. Određivanjem optimalnog ugla zakrivljenosti žaluzina smanjuje se propuštanje sunčeve energije i na taj način obezbeđuje komfor unutar prostorije, uz uštedu energije, što je i bio cilj ovog rada.

9. LITERATURA

- [1] Solarna energija, MICROMA
<http://www.microma.co.rs/Solarna.html>
- [2] Danilo Bojović, „Ušteda energije u zgradama primenom algoritma upravljanja roletnama“, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija, 2011. godina.
- [3] Mladen Bošnjaković, „Obnovljivi izvori energije“, Sveučilište u Slavanskom Brodu, Slavonski Brod, Hrvatska, 2010. godina.
- [4] „Genetski algoritmi“, Inteligentni upravljački sistemi
<http://ccd.uns.ac.rs/aus/ius/ius.htm>
- [5] „Fazi sistemi“, Računarska inteligencija
<http://ccd.uns.ac.rs/csi/>
- [6] „UML“, Dragan Marković
<http://www.cet.rs/cetcitaliste/CitalisteTekstovi/791.pdf>
- [7] Sistemi zaštite od Sunca, GORAN GLOBAL TRADE
<http://www.gorangt.com/zastita/index.html>
- [8] Athanassios Tzempelikos, „A Methodology for Detailed Calculation of Illuminance Levels and Dimming Factors in a Room with Motorized Blinds Integrated in an advanced Window”, Department of Building, Civil and Environmental Engineering, Faculty of Engineering and Computer Science, Concordia University, Montreal, Canada, year 2001.
- [9] D.G. Stephenson and G.P. Mitalas, „Solar transmission through windows with venetian blinds”, National research council, Ottawa, Canada, April 1967.
- [10] PhD Alessandro Quintino, Lucia Fontana, Professor, „Fenestration Peak Solar Heat Gain: a Review of the Cloudless Day Condition as Conservative Hypothesis”, Dipartimento di Progettazione e studio dell'architettura, Università degli Studi "Roma Tre", Roma, Italy, year 2005.
- [11] J.H. Hems and J.L. Warner, „Solar Heat Gain Coefficient of Complex Fenestrations with a Venetian Blind for Differing Slat Tilt Angles”, January 1997.

Kratka biografija:



Marija Paspalj rođena je u Sisku, 14.02.1988. godine. Završila je srednju medicinsku školu "7. april" u Novom Sadu 2006. godine i osnovne akademske studije na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, smer Računarstvo i automatika - Automatika i upravljanje sistemima 2010. godine.

OPTIMIZACIJA UGLA ZAKRIVLJENOSTI ŽALUZINA PRIMENOM GENETSKOG ALGORITMA I FUZZY LOGIKE**OPTIMIZATION OF BLIND TILT ANGLE USING GENETIC ALGORITHM AND FUZZY LOGIC**

Marta Prica, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U okviru rada je izvršeno izračunavanje snage Sunčevih zraka koji prolaze kroz prozor, njihov uticaj na zagrevanje i osvetljenje posmatrane prostorije. Proračuni su vršeni pomoću matematičkog modela koji uzima u obzir geografski položaj objekta, vremensku zonu, orijentaciju prozora, dan u godini, kao i trenutno vreme. Na osnovu prethodno navedenih podataka izvršena je optimizacija ugla zakrivljenosti žaluzina kako bi se postigla što bolja osvetljenost prostorije i ušteda električne energije prilikom grejanja ili hlađenja, zavisno od spoljašnje temperature. Optimizacija je vršena upotrebom genetskog algoritma i fuzzy logike, nakon čega je dat grafički prikaz dobijenih rezultata i izvršeno njihovo poređenje. Rad obuhvata i opis prethodno navedenih algoritama, kao i kriterijume optimalnosti na kojima su zasnovani.

Abstract – This paper presents calculation of power of solar rays that pass through the window, their impact on warming up and lighting of the observed room. Calculations were performed using a mathematical model that takes into account geographical position of the object, time zone, orientation of windows, day of the year, and current time. Based on data from above, optimization of blind tilt angle was performed to achieve the best possible brightness of the room and save energy when heating or cooling, depending on the ambient temperature. Optimization was performed using genetic algorithm and fuzzy logic, after which was given a graphical display of results and their comparison. This paper includes a description of algorithms mentioned in previous text and optimality criteria which they are based on.

Cljučne reči: ugao zakrivljenosti žaluzina, toplotni dobitci, osvetljenost, potrošnja, genetski algoritam, fuzzy logika.

1. UVOD

Potreba za energijom se stalno povećava, pa stoga moramo smanjiti potrošnju gde god je moguće. Energija sunčeve radijacije više je nego dovoljna da zadovolji sve veće energetske zahteve u svetu.

U toku jedne godine, sunčeva energija koja dospeva na zemlju 10.000 puta je veća od energije neophodne da zadovolji potrebe celokupne populacije naše planete. Energija sunčeve radijacije dovoljna je da proizvede

prosečno 1,700 kWh električne energije godišnje na svakom kvadratnom metru tla, a što je radijacija veća na nekoj lokaciji, veća je i generisana energija [1].

Sunčeva svetlost je uticala na dizajn građevina od početka arhitektonske istorije. Metode urbanog planiranja zavisno od položaja Sunca su prvo upotrebljavali Grci i Kinezi, koji su orijentisali zgrade prema jugu kako bi osigurali svetlost i toplotu. Ovakva rešenja se i danas primenjuju. Zajedničke odlike pasivne solarne arhitekture su orijentacija u odnosu na Sunce, selektivno senčenje i termički dobitci. Kada se ove odlike prilagode lokalnoj klimi i okolini, mogu se stvoriti dobro osvetljeni prostori koji ostaju u određenom, prijatnom, temperaturnom opsegu.

Sa aspekta klimatizacije prostorija, sunčevo zračenje u letnjem periodu je štetno, zato što dovodi do prekomernog zagrevanja prostorija, tako da je potreban utrošak energije za hlađenje kako bi se eliminisala toplota koja potiče od sunčevog zračenja. U zimskom periodu, Sunčevo zračenje ima pozitivan efekat, jer omogućava da se smanji energija potrebna za zagrevanje prostorije.

2. MATEMATIČKI MODEL SISTEMA

Ukupno sunčevo zračenje naziva se globalnim zračenjem, i sastoji se od direktnog, difuznog i reflektovanog zračenja. Direktno zračenje predstavlja komponentu koja direktno dospeva na površinu Zemlje. Difuzno zračenje izazivaju molekuli gasova i čestice koje se nalaze u atmosferi. Ono iznosi 8-22% od ukupnog zračenja. Intenzitet reflektovanog zračenja je u direktnoj zavisnosti od konfiguracije objekta i tla (Albedo podloga) u okolini indikatorske površine [2].

Matematički model je zasnovan na izračunavanju globalnog zračenja, kako bi se preko njega došlo do vrednosti za spoljašnju osvetljenost i termalne dobitke. Za izračunavanje spoljašnje osvetljenosti je neophodno poznavati geografsku širinu i dužinu na kojoj se nalazi objekat, vremensku zonu, dan u godini, vreme za koje se određuje tačan položaj Sunca, kao i oblačnost. Na osnovu svih navedenih podataka, i tehničkih karakteristika prozora i prostorije, dolazi se do količine prirodne svetlosti koja ulazi u prostoriju, i vrednosti termalnih dobitaka koji dovode do njenog zagrevanja. Od ovih vrednosti zavisi proračun dodatnog veštačkog osvetljenja i potreba za hlađenjem ili dodatnim grejanjem prostora.

3. MODEL PROSTORIJE

Za određivanje osvetljenosti prostorije veoma su bitne njene karakteristike, jer one znatno utiču na promenu osvetljenosti. Faktori bitni za proračun osvetljenosti su

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Velimir Čongradac, prof.

orijentacija i dimenzije prostorije, faktori refleksije površina prostorije, koeficijenti svetlosne dobiti prozora, kao i položaj prozora, odnosno njegova udaljenost od plafona, poda i zidova. Pošto posmatramo osvetljenost radne površine, takođe je bitna i njena visina. Bitno je napomenuti da je prostorija pravilnog četvorougao oblika, dimenzija 6x5x3m, sa jednim spoljnim zidom na kome se nalazi zastakljena površina. Kako bi pojednostavili model, zanemareni su okolni objekti i umesto njih okolina je predstavljena kao travnata površina. Geografske koordinate prostorije odgovaraju Beogradu, Srbija [3].

4. PRORAČUN VEŠTAČKOG OSVETLJENJA PROSTORIJE

Nakon što smo dobili model za svetlosnu dobit od strane prirodne svetlosti, potrebno je proračunati zahteve za veštačkom rasvetom naše prostorije. Pošto posmatramo radne površine, za željenu vrednost osvetljenosti izabrali smo 500lux, koja je dovoljna za ovu namenu.

Za izračunavanje potrebnog svetlosnog fluksa na radnoj površini nepohodno je odrediti korisnu visinu i indeks prostorije.

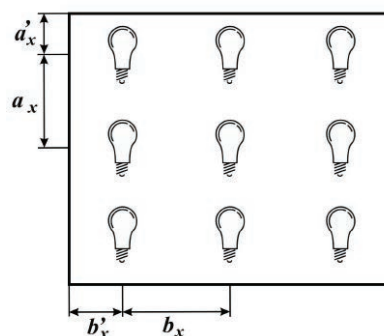
Odabrane svetiljke "MENLOSFT SR 3X24W HFS DMB WL5 L840" snabdevene su sa po tri fluorescente T5 cevi i visokofrekventnom digitalnom prigušnicom koja se nalazi u predspojnom uređaju snage 5W. Ostale bitne karakteristike rasvete date su u Tabeli 1. [3].

Tabela 1. Karakteristike odabrane sijalice

potreban nivo osvetljenosti [lx]	(En)	500
tip sijalice	fluo cev	T5
snaga sijalice [W]	(Ps)	24
napajanje [V,Hz]		220,50
nazivni svetlosni fluks po jednoj fluo cevi [lm]	(Φo)	1750
broj izvora svetiljki	ni	3
iskoristivost osvetljenja		0.84
faktor zagađenja i starenja	(fs)	0.765
dimenzije svetiljke [m]	dužina	0.6
	širina	0.6
	visina	0.17

Da bismo dimenzionisali veštačku rasvetu, potrebno je, na osnovu prethodno navedenih karakteristika, odrediti stepen iskorišćenja svetiljke, potreban svetlosni fluks, broj potrebnih svetiljki, stvarnu srednju osvetljenost i ukupnu maksimalnu potrošnju.

Na osnovu izračunatih vrednosti vrši se proračun rasporeda svetiljki. Svetiljke treba ravnomerno rasporediti po plafonu, kako bi se obezbedila najbolja moguća osvetljenost, a bočni efekti, u vidu senki, sveli na minimum. Imajući u vidu da je prostorija pravilnog četvorougao oblika, sam proračun rasporeda svetiljki je jednostavniji nego kada bi prostorija imala neki nepravilan oblik. Primenom jednostavnih relacija na primeru pomatrane prostorije dobija se sledeći raspored svetiljki, prikazan na Slici 1. [3].



Slika 1. Prikaz rasporeda svetiljki

5. PRORAČUN UREĐAJA ZA GREJANJE/HLADENJE PROSTORIJE

Prilikom simulacije modela u obzir je uzeta prostorija čije karakteristike se nalaze u odeljku 3. Pri proračunima se kao prosečna godišnja potrošnja po kvadratu prostorije uzima 90W/m², kojom će se zadovoljiti potrebe grejanja/hlađenja. Na osnovu toga dobija se da je potreban uređaj snage 2700W. Tražen je parapetni fan coil uređaj. Uređaj koji odgovara ovim karakteristikama je uređaj firme DAIKIN, serije FVXS/RXS.[3]

6. GENETSKI ALGORITMI

Genetski algoritmi (GA) spadaju u grupu stohastičkih optimizacionih metoda koje ne koriste derivacije funkcija. Bazirani su na konceptu prirodne selekcije i evolucije. Predstavljaju proceduru paralelnog pretraživanja pogodnu za primenu u sistemima paralelnog procesiranja podataka. Podjednako su primenljivi u rešavanju kontinualnih i diskretnih optimizacionih problema. Genetski algoritmi poseduju veoma veliki stepen prilagodljivosti čime se olakšava njihova primena u okviru problema strukturne i parametarske identifikacije složenih modela kao što su neuronske mreže i/ili fuzzy sistemi zaključivanja.

6.1. Osnovne komponente genetskih algoritama

Genetski algoritmi svaku tačku parametarskog ili prostora rešenja predstavljaju preko binarnog niza koji se zove hromozom. Svakom hromozomu je pridružena određena "vrednost pogodnosti (prilagodjenost)", tako da se određivanje vrednosti kriterijumske funkcije svodi na procenu njene vrednosti u jednoj tački. Umesto jedne izolovane tačke GA često koriste set (niz, skup) tačaka koji se naziva populacija, i koji evoluira u pravcu što boljeg zadovoljenja kriterijumske funkcije. U svakoj generaciji GA primenom genetskih operatora proizvodi novu populaciju.

Genetski operatori su selekcija, ukrštanje i mutacija. Članovi populacije koji u većoj meri zadovoljavaju kriterijumsku funkciju imaju veću šansu da prežive i da učestvuju u budućim ukrštanjima.

6.2. Upravljanje žaluzinama primenom genetskog algoritma

Pomoću genetskog algoritma moguće je odrediti optimalan ugao zakrivljenosti žaluzina da bi se postigao željeni komfor u prostoriji. U ovom radu je kao jedinka (hromozom) korišćen trenutni ugao žaluzina koji je binarno kodiran na dužinu od 10 bita. Na jedinke se

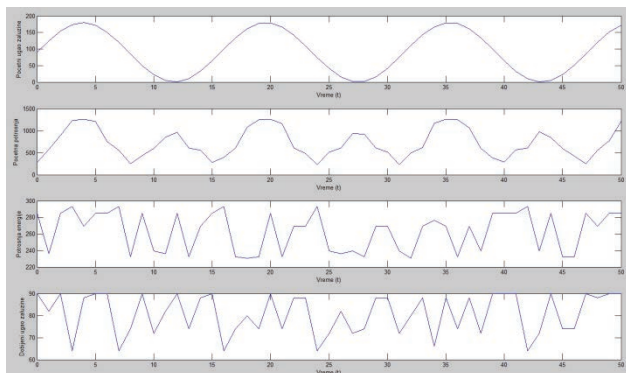
primenjuju operatori ruletske selekcije, ukrštanja u jednoj tački i mutacije.

Za određivanje optimalnog ugla žaluzina značajna je funkcija pogodnosti. U ovom radu, ona zavisi od trenutne spoljašnje osvetljenosti, toplotnih dobitaka, i trenutnog ugla. Jedinka koja ima najbolju pogodnost se direktno prebacuje u narednu generaciju. Funkcija pogodnosti se razlikuje za sezonu grejanja i sezonu hlađenja. Kada nam je potrebno grejanje, veću pogodnost imaju uglovi koji omogućavaju da više svetlosti i toplote uđe u prostoriju. Situacija se menja kada je potrebno hlađenje. Tada veću pogodnost imaju uglovi koji sprečavaju ulazak toplote u prostoriju, jer sprečavaju dodatno zagrevanje, pa je pri visokim temperaturama pogodnije koristiti veštačku rasvetu i potpuno zatvoriti žaluzine.

Za početne uglove, i one dobijene primenom genetskog algoritma, računa se ukupna potrošnja energije potrebna za veštačku rasvetu i grejanje ili hlađenje. Ovo se radi u cilju prikaza uštede energije.

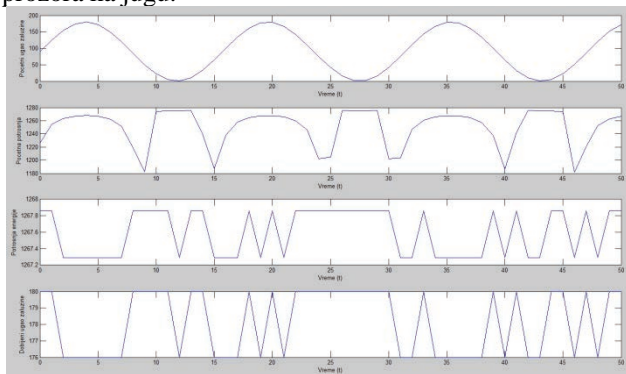
6.3. Simulacija i prikaz rezultata

Na Slici 2. dat je prikaz rezultata rada genetskog algoritma za 15. januar, u 12h, po vedrom danu, i orijentaciji prozora ka jugu.



Slika 2. Prikaz rezultata rada genetskog algoritma

Na Slici 3. dat je prikaz rezultata rada genetskog algoritma za 20. Jul, u 12h, po vedrom danu, i orijentaciji prozora ka jugu.



Slika 3. Prikaz rezultata rada genetskog algoritma

Prikazani rezultati rada genetskog algoritma pružaju mogućnost istovremenog poređenja početnog ugla (sinusni signal, grafik 1) i izračunate potrošnje za njega (grafik 2), sa optimizovanim uglom (grafik 4) i njegovom potrošnjom (grafik 3).

7. FUZZY LOGIKA

Rasplinuta (fuzzy) logika je nadskup konvencionalne (Bulovske) logike koja je proširena tako da podržava koncept parcijalne istinitosti – istinitosne vrednosti između “potpune istine” i “potpune neistine”. Ovaj oblik predstavljanja znanja pogodan je za koncepte koji ne mogu precizno da se definišu, već njihova definicija zavisi od konteksta. Omogućuje da računari rasuđuju na način koji je bliži ljudskom rasuđivanju. Fuzzy logika uzima u obzir činjenicu da ljudsko rasuđivanje može da koristi koncepte i znanje koji nemaju dobro definisane, oštre granice [4].

7.1. Osnovne komponente fuzzy logike

Fuzzy skup je skup sa neodređenom granicom. Element fuzzy skupa može da pripada skupu delimično, sa određenim stepenom i da skup nema tačno određene granice. Fuzzy skup definisan je funkcijom koja mapira objekte u relevantnom domenu na njima odgovarajuće vrednosti pripadnosti skupu. Ova funkcija naziva se funkcija pripadnosti.

Baza pravila sadrži znanje o tome kako najbolje kontrolisati sistem, i to u formi skupa logičkih (if – then) pravila.

Fazifikacija modifikuje signale ulaza tako da mogu biti pravilno protumačeni i upoređeni sa pravilima u bazi pravila.

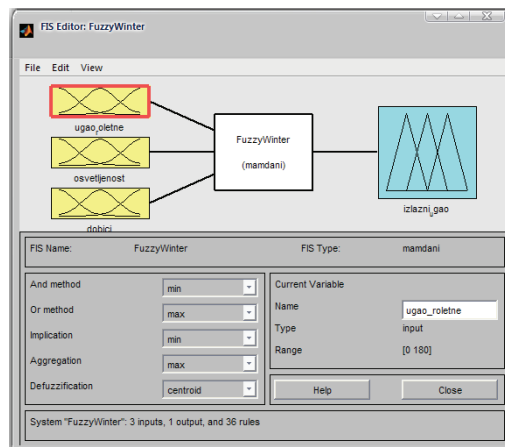
Defazifikacija transformiše zaključak fuzzy kontrolera u takav oblik signala da ovaj može biti signal koji predstavlja ulaz u proces.

Promenljive koje nose informaciju o ponašanju sistema treba da budu ulazi kontrolera [4].

7.2. Upravljanje žaluzinama primenom fuzzy logike

Fuzzy kontroler realizovan u ovom radu ima tri ulazna parametra: trenutni ugao, spoljašnju osvetljenost i termalne dobitke. Izlaz iz kontrolera predstavlja novi ugao, dobijen na osnovu fuzzy pravila. Pravila se razlikuju za sezonu grejanja i hlađenja. U sezoni grejanja izlazni ugao biće takav da omogući da što više svetlosti i toplote uđe u prostoriju, dok će tokom sezone hlađenja biti obrnuto.

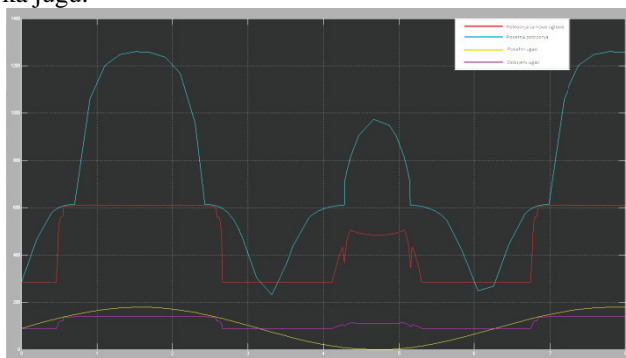
Na Slici 4. prikazan je fuzzy kontroler za upravljanje žaluzinama.



Slika 4. Fuzzy kontroler za upravljanje žaluzinama

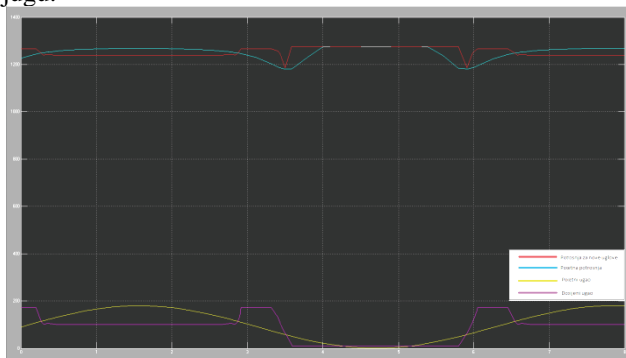
7.3. Simulacija i prikaz rezultata

Na Slici 5. dat je prikaz rezultata rada fuzzy kontrolera za 15. januar, u 12h, po vedrom danu, i orijentaciji prozora ka jugu.



Slika 5. Prikaz rezultata rada fuzzy kontrolera

Na Slici 6. dat je prikaz rezultata rada fuzzy kontrolera za 20. Jul, u 12h, po vedrom danu, i orijentaciji prozora ka jugu.



Slika 6. Prikaz rezultata rada fuzzy kontrolera

Prikazani rezultati rada fuzzy kontrolera pružaju mogućnost istovremenog poređenja početnog ugla (sinusni signal, žuta boja) i izračunate potrošnje za njega (plava boja), sa optimizovanim uglom (ljubičasta boja) i njegovom potrošnjom (crvena boja).

8. ZAKLJUČAK

Veličina staklenih površina na objektima je važan faktor koji utiče na potrošnju električne energije. Moderni sistemi zaštite od sunca i zaštitu od vremenskih prilika u kombinaciji sa inteligentnim sistemima upravljanja mogu značajno da povećaju uštedu energije. Korišćenje dnevne svetlosti po potrebi utiče na prijetnost, povećava učinak na radnom mestu i snižava troškove energije. Najveći potrošači električne energije u poslovnim zgradama su klimatizacija i veštačko svetlo. Iskorišćavanjem dnevnog svetla može se uštedeti 50% do 80% na troškovima osvetljenja, što ima efekta i na vek trajanja svetiljki i snižava troškove održavanja [5]. Uređaji za hlađenje su neophodni za održavanje ugodne temperature u prostorijama, posebno u letnjim mesecima. Da bi se postigla ugodna temperatura bez uređaja za hlađenje, potrebna je upotreba žaluzina koje mogu da pruže kvalitetnu zaštitu.

9. LITERATURA

- [1] Osnovi tehnike klimatizacije <http://www.scribd.com/doc/54437384/Osnove-tehnike-klimatizacije-2>
- [2] Mladen Bošnjaković, „Obnovljivi izvori energije“, Sveučilište u Slavonskom Brodu, Slavonski Brod, Hrvatska, 2010. godina.
- [3] Danilo Bojović, „Ušteda energije u zgradama primenom algoritma upravljanja roletnama“, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija, 2011. godina.
- [4] „Fazi sistemi“, Računarska inteligencija <http://ccd.uns.ac.rs/csi/>
- [5] Ušteda energije, Korišćenje dnevnog svetla, HELLA <http://www.hella.info/you/energiesparen.html>
- [6] „Genetski algoritmi“, Inteligentni upravljački sistemi <http://ccd.uns.ac.rs/aus/ius/ius.htm>
- [7] Athanassios Tzempelikos, „A Methodology for Detailed Calculation of Illuminance Levels and Dimming Factors in a Room with Motorized Blinds Integrated in an advanced Window”, Department of Building, Civil and Environmental Engineering, Faculty of Engineering and Computer Science, Concordia University, Montreal, Canada, year 2001.
- [8] A. De Rosa, V. Ferraro, D. Kaliakatsos, V. Marinelli, „Calculating indoor natural illuminance in overcast sky conditions”, Mechanical Engineering Department, University of Calabria, 87036 Arcavacata di Rende (CS), Italy
- [9] D.G. Stephenson and G.P. Mitalas, „Solar transmission through windows with venetian blinds”, National research council, Ottawa, Canada, April 1967.
- [10] PhD Alessandro Quintino, Lucia Fontana, Professor, „Fenestration Peak Solar Heat Gain: a Review of the Cloudless Day Condition as Conservative Hypothesis”, Dipartimento di Progettazione e studio dell'architettura, Università degli Studi "Roma Tre", Roma, Italy, year 2005.
- [11] J.H. Hems and J.L. Warner, „Solar Heat Gain Coefficient of Complex Fenestrations with a Venetian Blind for Differing Slat Tilt Angles”, January 1997.

Kratka biografija:



Marta Prica, rođena 10.03.1987. godine u Somboru. Završila je gimnaziju "Nikola Tesla" u Apatinu 2006. godine i osnovne akademske studije na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, smer Računarstvo i automatika - Automatika i upravljanje sistemima 2010. godine.

**ANALIZA VREMENSKIH SERIJA PRIMENOM SAMOORGANIZUJUĆIH MAPA
TEMPORAL SEQUENCE PROCESSING USING SELF-ORGANIZED MAPS**Marko Čičak, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U radu je opisana mogućnost primene TKM i RSOM za obradu vremenskih serija. Takođe je opisana integracija ovih neuronskih mreža sa Alfresco sistemom. Mreža je razvijana u okviru Neuroph radnog okruženja.

Abstract – This master thesis presents a possibility of using TKM and RSOM for TSP. Also, an integration with Alfresco system is described. Neural networks are developed upon Neuroph framework.

Ključne reči: SOM, TKM, RSOM, TSP, Neuroph, Kohonen, Java

1. UVOD

Analiza vremenskih serija je oblast koja ima primene u različitim disciplinama, od vremenske prognoze do predviđanja vremenskih serija, prepoznavanja govora i daljinske detekcije. Da bi se konstruisao model za dati proces, podaci se sakupljaju tako što se sekvencijalno mere vrednosti određenih promenljivih u vremenu. Podaci su obično nepotpuni i sadrže određenu dozu šuma [1].

Početkom osamdesetih se pojavljuju prve veštačke neuronske mreže koje su u stanju da efikasno obrađuju vremenske serije. Ključna struktura u arhitekturi ovih mreža je rekurentna veza koja omogućava efikasnu obradu vremenskih serija. Neuronske mreže se mogu podeliti u dve kategorije - sa nadgledanim obučavanjem (mreže sa učiteljem) i bez nadgledanog obučavanja (mreže bez učitelja). Mreže sa nadgledanim obučavanjem se mogu koristiti za prepoznavanje vremenskih serija, dok se mreže bez nadgledanja mogu koristiti u modelovanju vremenskih serija, njihovom preprocesiranju, predviđanju i klasterovanju [2].

Samoorganizujuće mape spadaju u popularnije neuronske mreže sa nenadgledanim obučavanjem. Problem kod klasičnih samoorganizujućih mapa je što podaci uređeni u vremensku seriju na SOM nemaju uticaj. U praksi su, međutim, podaci često predstavljeni upravo u sekvenci, tako da bi uvođenje temporalnog konteksta moglo značajno da utiče na interpretaciju ovakvih podataka [3].

Jedan jednostavan SOM baziran model koji uzima u obzir temporalni kontekst paternu je Temporalna Kohonenova Mapa. U TKM, izlazi neurona su zamenjeni integratorima sa oticanjem koji efektivno filtriraju aktivnosti neurona tokom ulazne sekvence. TKM model je modifikovan u rekurentnu samoorganizujuću mapu radi bolje rezolucije, ali se kasnije pokazalo da je poboljšanje došlo iz konzistentnosti pravila adaptacije.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Đorđe Obradović, docent

U ovom radu, jedan od glavnih zadataka jeste klasterovanje različitih vremenskih serija. Klaster-analiza je postupak kojim se objekti iz datog skupa grupišu na osnovu informacija o njima i njihovom međusobnom odnosu. Tako nastale grupe nazivaju se klasteri. Cilj klaster-analize je da svaki objekat iz jednog klastera bude sličniji svakom objektu iz istog klastera, nego nekom objektu iz bilo kog drugog klastera. Pojam klastera nije precizno definisan. Za isti skup podataka možemo imati različita klasterovanja [4]

SOM, TKM i RSOM algoritami su opisani u drugom poglavlju. U trećem poglavlju su dati primeri korišćenja ovih mreža. Na kraju, u četvrtom poglavlju, su izvedeni određeni zaključci.

2. SAMOORGANIZUJUĆE MAPE**2.1. Klasične samoorganizujuće mape**

U samoorganizujućoj mapi, neuroni su smešteni na čvorovima rešetke koja je obično jedno- ili dvodimenzionalna. [5]. Obučavanje kod SOM se može podeliti u tri faze: takmičarska (kompetitivna) faza, kooperativna faza i faza adaptacije sinapsi odnosno težina [11]. U *takmičarskoj fazi*, na slučajan način biramo uzorak, ulazni vektor $x(t)$ iz ulaznog prostora V_I . Ovaj ulazni vektor upoređujemo sa vektorom težina w_i svakog neurona mape V_M da bismo našli neuron b čiji je vektor težina najbliži ulaznom vektoru $x(t)$, odnosno neuron koji zadovoljava uslov:

$$\|x(t) - w_b(t)\| = \min_{i \in V_M} \|x - w_i(t)\| \quad (1)$$

Ovde je $\|\cdot\|$ mera udaljenosti dva vektora, npr. Euklidska udaljenost. Neuron b se naziva pobjedničkim neuronom (*Best Matching Unit*, BMU), a $x(t)$ predstavlja t -ti izabrani ulazni vektor.

Susedstvo pobjedničkog neurona i može se opisati funkcijom $h_{i,j}(d_{i,j})$, gde je $d_{i,j}$ udaljenost neurona j od pobjedničkog neurona i u prostoru mreže (lateral distance) izračunata po formuli: $d_{i,j}^2 = \|p_i - p_j\|^2$, gde p_i i p_j označavaju poziciju neurona i i j u mreži, a $\|\cdot\|$ je mera udaljenosti dva vektora. Moguć izbor za funkciju susedstva je Gausova funkcija:

$$h_{i,j} = e^{-\frac{d_{i,j}^2}{2\sigma^2}} \quad (2)$$

Algoritam obučavanja SOM zahteva da se širina susedstva vremenom (sa porastom broja iteracija) smanjuje. Ovaj zahtev je moguće zadovoljiti ako usvojimo da se parametar σ smanjuje sa vremenom na sledeći način:

$$\sigma(n) = \sigma_0 e^{-\frac{n}{\tau_1}} \quad (3)$$

U prethodnoj formuli, n predstavlja trenutnu iteraciju, dok je τ_1 vremenska konstanta. Tokom učenja, vrednost funkcije $h_{i,b}$ se približava delta funkciji, tj. σ se polako približava nuli. Konstanta σ_0 je jednaka polovini vrednosti najduže dimenzije matrice.

Inicijalno, vrednosti vektora težina svih neurona su odabrane na slučajan način. Tokom učenja, težine se koriguju tako da se približavaju ulaznom vektoru $x(n)$. Korekcija težina se vrši po formuli:

$$w_i(n+1) = w_i(n) + \gamma(n)h_{i,b}(n)[x - w_i(n)] \quad (4)$$

gde je n korak obučavanja, $i \in V_M$, a $\gamma(n)$ ($0 \leq \gamma(n) \leq 1$) je skalarna vrednost i ona predstavlja koeficijent učenja. Ovaj parametar na početku treba da ima vrednost blisku 0.1, a zatim da se vremenom smanjuje do 0.01 po jednačini (5).

$$\gamma(n) = \gamma_0 e^{-\frac{n}{\tau_2}} \quad (5)$$

Za pogodne vrednosti se mogu uzeti $\gamma_0 = 0.1$, a $\tau_2 = n_{max}$, ukupan broj iteracija.

2.2. Temporalne Kohonenove Mape

Temporalne Kohonenove mape (TKM) se od običnih SOM razlikuju samo u izlazima. Naime, izlaz kod običnih SOM se resetuje nakon svakog ulaznog uzorka, te na izbor BMU (pobedničkog) neurona utiče samo poslednji ulazni uzorak koji je predstavljen mreži. Kod TKM, ovi oštri izlazi se zamenjuju integratorima sa oticanjem koji, kada se aktiviraju, postepeno gube aktivaciju. Model izlaza kod TKM je sličan ponašanju prirodnih neurona, kod kojih električni potencijal na membranama polako opada. Kod TKM ovo opadanje je modelovano sledećom diferencnom jednačinom [1]:

$$V_i(n) = dV_i(n-1) - \frac{1}{2} \|x(n) - w_i(n)\|^2 \quad (6)$$

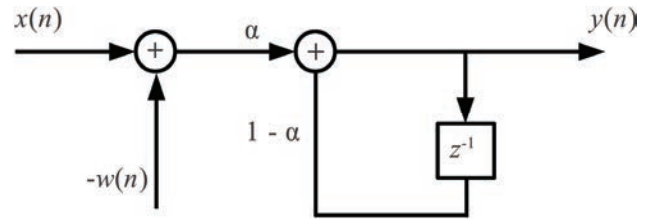
gde se $0 < d < 1$ može smatrati vremenskom konstantom, $V_i(n)$ je pobuđenost (aktivacija) neurona i u koraku obučavanja (iteraciji) n , $w_i(n)$ predstavlja vektor težina neurona u iteraciji n a $x(n)$ je ulazni uzorak koji se mreži saopštava u koraku obučavanja n . Ovde je BMU neuron sa najvećom pobudom. Težine su korigovane prema poslednjem ulaznom uzorku koristeći normalno stohastičko učenje kao kod klasičnih SOM u jednačini (4) [3]. Kako se TKM obučava pravilom obučavanja klasične SOM, njime se optimizuje kvantizacioni kriterijum koji predstavlja sumu kvadrata rastojanja svih ulaznih paterna od odgovarajuće BMU, što je kriterijum različit od onog koji je dat sa ([1], jednačina (8)). Posledica je da se adekvatno može obučiti samo TKM za relativno jednostavne ulazne prostore.

2.3. Rekurentne Samoorganizujuće Mape

Neki nedostaci (npr. mogućnost obučavanja TKM-a samo za jednostavne ulazne prostore) originalnog TKM se mogu nadomestiti tako što se vektor integratora sa oticanjem, umesto na izlaz, postavi na ulaz neurona. Ovako modifikovani TKM nosi naziv Rekurentne Samoorganizujuće Mape (RSOM) [1]. Kod RSOM, integratori sa oticanjem su predstavljeni vektorom razlika, a ne kvadratom njegove norme (odnosno skalarnom veličinom). Premeštanje integratora sa oticanjem sa izlaza na ulaz daje sledeći model:

$$y_i(n) = (1 - \alpha)y_i(n-1) + \alpha[x(n) - w_i(n)] \quad (7)$$

gde je $y_i(n)$ vektor oticanja za neuron i , vektori $x(n)$ i $w_i(n)$ (koji imaju iste dimenzije) predstavljaju ulazni vektor i vektor težina neurona respektivno, a n je korak obučavanja. Jednačinom (7) je predstavljen izlaz svakog neurona u mreži. Koeficijent oticanja $0 < \alpha \leq 1$ odgovara vrednosti $(1 - d)$ kod TKM. [3]. Šematski prikaz RSOM dat je na slici 1.



Slika 1. Šematski prikaz RSOM neurona

Velike vrednosti α odgovaraju kratkotrajnom pamćenju, dok male vrednosti odgovaraju dugotrajnoj memoriji i sporom opadanju aktivacije neurona. Kada α ima ekstremne vrednosti, npr. kada je $\alpha = 1$, RSOM se ponaša kao običan SOM, dok u drugoj krajnosti ($\alpha = 0$) težine svih neurona teže ka srednjoj vrednosti ulaznih podataka. Činjenica da je povratna informacija u RSOM vektor α ne skalarna vrednost, omogućava da se odredi pravac greške, koji može biti iskorišćen u adaptaciji sinapsi (vektor težina) tokom procesa učenja [1]. BMU se sada nalazi preko sledeće formule:

$$y_b = \min_i \{ \|y_i(n)\| \} \quad (8)$$

gde $i \in V_M$. Kada je BMU određen, mreža se trenira sa neznatno modifikovanim Hebovim obučavanjem iz jednačine (4). Modifikacija se sastoji u tome što se vektor razlika $(x(n) - w_i(n))$ zamenjuje sa y_i , što daje:

$$w_i(n+1) = w_i(n) + \gamma(n)h_{i,b}(n)y_i(n) \quad (9)$$

Na ovaj način sinapse neurona se pomeraju ka linearnim kombinacijama sekvenci ulaznih uzoraka "uhvaćenih" u y_i .

Iako su razlike između TKM i RSOM naizgled male, ne treba zaboraviti da je izlaz iz RSOM vektor, a izlaz iz TKM je skalarna vrednost, što predstavlja jednu od suštinskih razlika između ovih tipova mreža.

3. PRIMERI KORIŠĆENJA

3.1. Primer klasterovanja niza boja

U primeru koji sledi, opisan je primer učenja vremenskih sekvenci različitih nizova boja. Mreži će se dovoditi tri različita niza boja:

Niz 1: crvena, žuta, plava

Niz 2: crvena, crvena, crna

Niz 3: zelena, crvena, bela

Boje koje se dovode na ulaz mreže su zašumljene sa 10% šuma. Mreža zatim u 500 iteracija uči ove nizove. Mreža je nakon učenja, kada joj se na ulaz ponovo dovede jedan od prethodna tri niza, u stanju da klasteruje ove tri različite sekvence.

Ulazni vektor je trodimenzionalan, pri čemu svaka dimenzija predstavlja jednu komponentu RGB reprezentacije boja. Pošto je ulazni vektor trodimenzionalan, i vektor sinapsi je trodimenzionalan gde jedna sinapsa predstavlja jednu komponentu RGB.

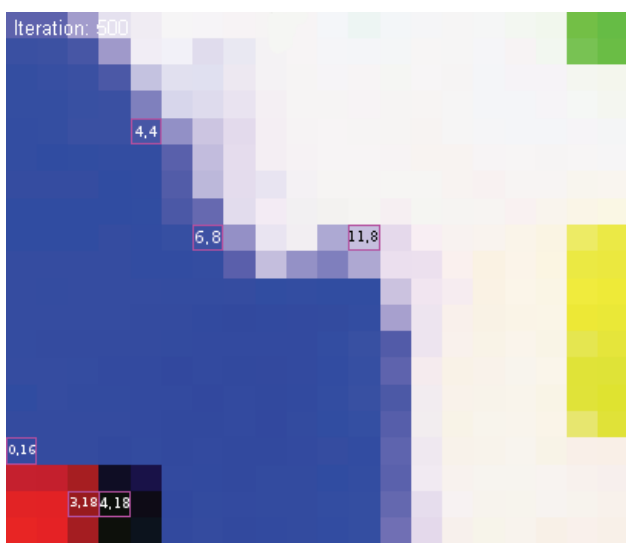
Time je ostvarena vizualizacija vrednosti sve tri sinapse jednog neurona jednom bojom.

Na ulaz se prvo dovodi prva boja iz niza, zatim sledeća i tako redom do kraja sekvence jednog uzorka. Zatim se na slučajan način bira sledeća sekvenca i njen prvi član se dovodi na ulaz mreži i tako redom po algoritmu koji je opisan u prethodnom poglavlju. Da bi mreža razlikovala različite sekvence, tj. da bi znala kada je početak nove sekvence, preporuka je da joj se vrednosti prethodnih aktivacija resetuju na nulu pre početka učenja novog niza. U navedenim primerima, isprobane su varijante sa i bez resetovanja prethodnih aktivacija. Nakon učenja, mrežama će se na ulaz 4 puta dovoditi tri ustanovljena niza (sa 10% šuma) i porediti rezultati tih ulaza. Poželjno je da za iste (slične) sekvence mreža pali iste ili bliske neurone.

Prvo će biti opisani rezultati primene TKM, a zatim i RSOM.

Kada se mreži, nakon učenja, na ulaz dovode različite sekvence boja, aktivirajuće se različiti neuroni. U opisanim primerima, da bi se utvrdilo koji je niz doveden, dovoljno je posmatrati poslednje upaljeni neuron.

Treba primetiti da slični nizovi pale neurone slične po vektoru težina, ali ovi neuroni ne moraju biti blizu u mapi, odnosno razlika vektora težina sličnih nizova je mala, a njihova udaljenost u topologiji mreže može biti proizvoljna, što se vidi na slici 2.



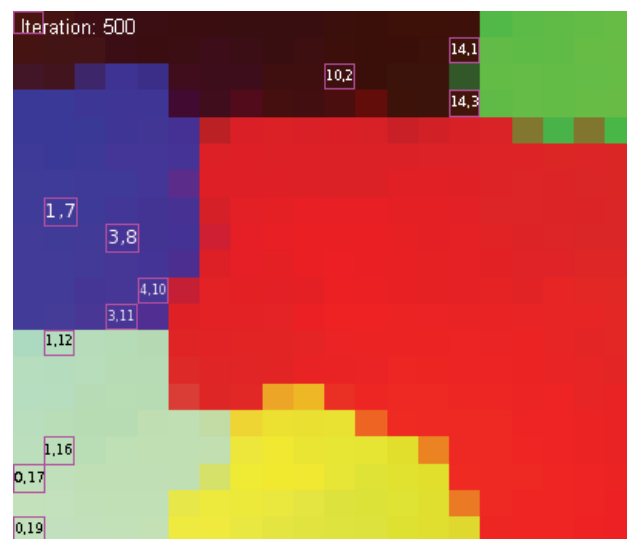
Slika 2. Izgled TKM mape (20x20) nakon dovođenja na ulaz tri različita niza, četiri puta

Mapa TKM sa slike se sastoji od dvodimenzionalne mape sa 20x20 neurona. Svaki neuron predstavlja jedan piksel. Svaka sinapsa kodirana je jednom komponentom RGB boje. Mreži se na ulaz dovode niz 2, niz 1, niz 3 u četiri iteracije. U svakoj iteraciji nizovi se razlikuju najviše 10%. Na slici su označeni BMU neuroni upaljeni nakon poslednjeg člana svakog niza. Nizu 1 odgovara tamno crvena boja, nizu 2 odgovara plava boja, a nizu 3 odgovara svetlo-plava (skoro bela) boja. Takođe vidimo da određeni BMU neuron niza 2 (0, 16) je blizak BMU neuronima niza 1, ali samo po udaljenosti neurona u mapi. Ako uporedimo njihov vektor težina, oni će biti naravno različiti. Primer potvrđuje da poslednje upaljeni neuroni sličnih sekvenci mogu biti proizvoljne udaljenosti

u mreži, ali će njihovi vektori težina biti slični, ili čak jednaki, pa su se tako za niz 3 uvek palili isti neuroni. U prikazanom primeru, tokom obučavanja, nije resetovano sećanje nakon svake sekvence, tj. mreži nije dato da eksplicitno razlikuje nizove. Takođe, nakon obučavanja kada su se mreži na ulaz dovodili različiti nizovi, između ovih nizova nije resetovano sećanje. U primerima se pokazuje da TKM daje jednake rezultate i kada se sećanje tokom obučavanja ostavi i kada se resetuje nakon svakog niza, ali nakon obučavanja, primećeno je da je klasterovanje bolje ukoliko se pre svakog novog niza koji se dovodi na ulaz mreži, resetuju prethodne aktivnosti.

Rekurentna SOM se ponaša drugačije od TKM. Naime, obučavanje RSOM nije praćeno sa toliko dinamike kao obučavanje TKM mreže. U posmatranom primeru je uočeno da RSOM brže konvergira nego TKM. Trenirajući skup se sastoji od 3 niza boja navedena na početku ovog poglavlja. Vremenskoj konstanti α je dodeljena vrednost 0,7. Tokom učenja, mreža je bila podešena tako da razlikuje različite sekvence, odnosno nakon svakog završenog niza boja, vrednosti prethodnih aktivacija su podešene na nulu. Kao i kod TKM, u eksperimentima se pokazalo da anuliranje prethodnih aktivacija nema velikog uticaja na proces obučavanja mreže.

Za merenje udaljenosti između neurona u mreži korišćena je Euklidska udaljenost. Eksperimenti su vršeni i sa *Manhattan* i Čebiševljevom metrikom. Rezultati pokazuju da izbor metrike slabo ili nimalo utiče na uspešno samoorganizovanje mreže. Sledeći primer je sličan kao primer iz TKM. Mreži se na ulaz dovode tri različita niza u četiri iteracije. Na slici 5.4 prikazani su pobjednički neuroni nakon poslednjeg člana svakog niza.



Slika 3. RSOM mapa sa označenim pobjedničkim neuronima na kraju svakog niza

Na slici se uočava da su se pobjednički neuroni raspodelili u tri različite grupe boja, gde svaka grupa boja odgovara jednom nizu iz obučavajućeg skupa. Takođe možemo primetiti da je broj BMU neurona u dve boje 4 a u braon boji 3 (zbog toga što su se dva niza mapirala na isti neuron). Primećuje se da je RSOM osetljiviji na male razlike u sličnim nizovima - isti niz boja, ali malo zašumljenih, u RSOM aktivira različite neurone. Kao i kod TKM, ovde treba posmatrati razliku vektora težina između neurona a ne njihovu udaljenost u mreži. U

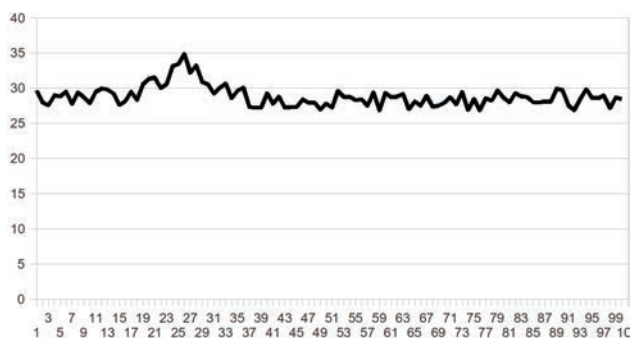
posmatranim primerima, kod RSOM će slični neuroni ipak biti relativno blizu jedni drugih, dok kod TKM dva neurona koja predstavljaju isti niz se mogu nalaziti na potpuno različitim delovima mape, ali njihovi vektori težina ipak ostaju slični.

3.1. Primer klasterovanja brda i dolina u vremenskim serijama

Sledeći primer predstavlja primer klasterovanja različitih vremenskih sekvenci gde tačke sekvence obrazuju ili brdo ili dolinu. Skup podataka je preuzet sa Irvin Univerziteta u Kaliforniji. Podaci su podeljeni u četiri grupe:

- podaci za obučavanje (bez prisustva šuma)
- podaci za testiranje (bez prisustva šuma)
- podaci za obučavanje (sa prisustvom šumom)
- podaci za testiranje (sa prisustvom šumom)

U nastavku je dat grafik podataka sa prisustvom šuma.



Slika 5. Grafik vremenske serije (sa prisustvom šuma) koja sadrži brdo

Svaka sekvenca sadrži 100 odabiraka. U sekvencama se razlikuju odabirci na kojima se pojavljuju brda i doline. Tako, na primer, u jednoj sekvenci brdo može da se pojavljuje između 20. i 37. tačke a u nekoj drugoj sekvenci između 70. i 90. tačke. U sekvencama se takođe razlikuju i vrednosti tačaka (neke sekvence imaju opseg vrednosti između 0 i 1, dok druge mogu imati između 50.000 i 60.000).

Za problem klasterovanja korištene su TKM i RSOM neuronske mreže, svaka sa po 2 neurona. Prethodno je izvršeno skaliranje sekvenci na opseg [0, 1] i to tako da najniža tačka uzima vrednost 0, a najviša 1. Ostale tačke se srazmerno skaliraju na međuvrednosti. Za skaliranje je korištena sledeća formula:

$$s_i = \frac{y_i - y_{\min}}{y_{\max} - y_{\min}} \quad (10)$$

gde je s_i skalirana vrednost tačke y_i , dok su y_{\min} i y_{\max} najmanja i najveća vrednost u sekvenci, respektivno. Mreže su obučavane skupovima predviđenim za obučavanje mreže. Obučavanje mreže je trajalo oko 16 sekundi za obe mreže, na procesoru brzine 2,66 GHz.

Nakon obučavanja, mreži su na ulaz dovođene sekvence predviđene za testiranje mreže.

U svim slučajevima gde se pojavljuje brdo, upaljen je jedan neuron a u slučajevima gde se pojavljuje dolina drugi neuron. Dakle, uspešnost mreže iznosi 100% u obe mreže.

4. ZAKLJUČAK

U radu je predstavljena arhitektura Temporalnih Kohonenovih Mapa i Rekurentnih Samoorganizujućih Mapa, kao i obučavajućih algoritama. Rezultati pokazuju da postoji osnovno opravdanje za korišćenje TKM i RSOM u analizi vremenskih serija.

Važna osobina ovih mreža je sposobnost vizualizacije. TKM i RSOM se mogu koristiti kao alati za vizualizaciju podataka pošto već imaju ugrađenu osobinu SOM da izgrade topološku mapu ulaznih podataka. U slučaju vremenskih serija, dvodimenzionalna mapa bi se mogla koristiti u vizualizaciji promena ulaznih podataka koristeći poziciju pobedničkih neurona kao funkciju vremena. Time bi se pravile aktivacije neurona u toku prepoznavanja vremenske serije. Na ovaj način svaka vremenska serija bi, umesto jednim pobedničkim neuronom, bila predstavljena vremenskim potpisom (sekvencom pobedničkih neurona) u mapi. [1]

Činjenica da se TKM i RSOM obučavaju bez učitelja čine ove mreže posebno zanimljivim. Ovo omogućava pravljenje modela na osnovu velikog skupa podataka sa malo *a priori* znanja o ulaznim podacima. To, pored ostalog, znači i da za klasifikaciju podataka nije potrebno da podaci prethodno budu označeni.

Moguće primene TKM i RSOM su u analizi biomedicinskih signala (klasterovanje EEG signala prilikom ispitivanja epileptičnih aktivnosti u mozgu, EKG signali) ili bilo kakvih drugih signala (npr. prepoznavanje govora) kao i u predviđanju vremenskih serija.

5. LITERATURA

- [1] T. Koskela, M. Varsta, J. Heikkonen, and K. Kaski, "Temporal Sequence Processing using Recurrent SOM," *In Proceedings Of The 2nd International Conference On Knowledge-Based Intelligent Engineering Systems*, vol. 1, pp. 290-297, 1998.
- [2] J. Koutnik, "Inductive modelling of temporal sequences by means of self-organization," in *Proceeding of Internation Workshop on Inductive Modelling (IWIM 2007)*, 2007, pp. 269-277.
- [3] M. Varsta, J. Heikkonen, and J. Lampinen, "Temporal Kohonen Map and the Recurrent Self-Organizing Map: Analytical and Experimental Comparison," *Neural Processing Letters*, vol. 13, no. 3, pp. 237-251, 2001.
- [4] P. N. Tan, M. Steinbach, V. Kumar, and others, *Introduction to data mining*. Pearson Addison Wesley Boston, 2006.
- [5] S. Haykin, *Neural Networks: A Comprehensive Foundation*, 2nd ed. Prentice Hall, 1999.

Kratka biografija:



Marko Čičak rođen je u Novom Sadu 1987. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Primenjene računarske nauke odbranio je 2012.god.

**DINAMIČKE PRERASPODELE MODELA DISTRIBUTIVNIH
ELEKTROENERGETSKIH MREŽA UPOTREBOM RAČUNARSTVA U OBLAKU
DYNAMIC REPARTITIONING OF THE MODELS OF POWER DISTRIBUTION
NETWORKS USING CLOUD COMPUTING**

Vladimir Oluić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U radu je opisana upotreba računarstva u oblaku pri implementaciji preraspodele delova već izdvojenih modela distributivnih elektroenergetskih mreža u kojima je došlo do poremećaja balansiranoosti delova mreže usled dinamičke promene statusa pojedinih elemenata (zatvaranja i otvaranja prekidača). Preraspodela se vrši pomoću dva algoritma: 1) WF algoritma i 2) LMSR algoritma. Izvršeno je poređenje ovih algoritama na realnom primeru modela mreže.

Abstract – This paper describes the usage of Cloud Computing for implementation of a redistribution of the data model partitions of distributive power networks. Initial partitions and their distributions into computing nodes have been made, but redistribution is required due to dynamic changes of states of some elements (closing and opening of switches) which makes disorder in balance of partition sizes. The redistribution is done using two algorithms: 1) WF algorithm and 2) LMSR algorithm. Algorithms were tested on actual power network models.

Ključne reči: računarstvo u oblaku, modeli distributivnih elektroenergetskih mreža, WF algoritam, LMSR algoritam.

1. UVOD

Računarstvo u oblaku (*Cloud computing*) dolazi do izražaja kada razmišljamo o stvarima koje su u IT-u (*Information Technologies*) uvek poželjne i potrebne, a to je način pomoću koga možemo povećavati kapacitete ili dodavati nove sistemske mogućnosti bez potrebe za novim hardverskim investicijama, dodatnim obučavanjem zaposlenih ili dodatnim licencama za korišćenje softvera. Cilj istraživačkog segmenta ovog rada jeste ustanoviti prednosti upotrebe Windows Azure platforme, pri implementaciji preraspodele delova već izdvojenih modela distributivnih elektroenergetskih mreža. Podaci o celokupnim modelima mreža mogu biti smešteni na jedan računar, ali je za takvo rešenje potreban veliki memorijski prostor i snažan (skup) hardver. Upravo iz tog razloga se pribeglo alternativnom rešenju gde se obrada podataka vrši u oblaku. Ovakvim pristupom se povećavaju zahtevi softverskog dela sistema, ali se zato smanjuje cena geografski distribuiranog sistema (jeftinije iznajmljivanje resursa) i potencijalno se povećava brzina rešavanja problema.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Aleksandar Erdeljan, vanr. prof.

Osnovni izazov rada jeste kreiranje sistema koji omogućava dinamičke preraspodele modela elektroenergetskih mreža više različitih gradova. Procesiranje preraspodela modela mreža je nezavisno, paralelizovano i distribuirano u *cloud*-u.

2. OSNOVE RAČUNARSTVA U OBLAKU

Računarstvo u oblaku se može definisati kao model koji omogućava jednostavan mrežni pristup, na zahtev korisnika, deljenom skupu resursa (npr. mrežni resursi, serveri, prostor na hard diskovima, aplikacije i servisi) koji mogu biti brzo omogućeni za upotrebu ili ugašeni, a sa minimalnim intervencijama ili akcijama od strane pružaoca usluga [1]. Dobrobiti koje donosi ovakav model pri distribuiranju aplikacija na njemu se ogledaju u:

1. Smanjenju vremena izvršavanja i odziva - Za aplikacije koje koriste *cloud* najviše za izvršavanje serijske obrade velike količine podataka *cloud* omogućava jednostavno korišćenje npr. 1000 servera za završavanje zadatka u 1000 puta kraćem vremenu nego da se zadatak izvršava na jednom serveru. Za aplikacije koje moraju imati dobro vreme odziva prema korisnicima, vrši se podela na module tako da se svaki CPU intenzivno koristi za završavanje zadatka šalje "radnim" virtualnim mašinama. Ovo pomaže u optimizaciji vremena odziva, te omogućava skaliranje na zahtev kako bi se ostvarili zahtevi korisnika.

2. Minimizaciji infrastrukturnog rizika - IT organizacije mogu koristiti *cloud* kako bi smanjile rizik prisutan pri kupovini fizičkih servera jer postavlja se pitanje hoće li nova aplikacija biti uspešna i koliko je servera potrebno i mogu li se distribuirati jednakom brzinom kojom će rasti radno opterećenje. Pri distribuiranju aplikacije *ucloud*, skalabilnost i rizik kupovine previše ili premalo infrastrukture postaje problem pružaoca *cloud* usluge.

3. Skalabilnosti-Skalabilnost je omogućena putem dinamičkih rezervisanja resursa na preciznoj samouslužnoj bazi, bez potrebe korisnika da brinu o opterećenjima [2]. Razvijanje programske podrške se planira kao da će opsluživati jednog korisnika, a infrastruktura računskog centra i platforme omogućava da se takva aplikacija "klonira" i opslužuje veliki broj korisnika u isto vreme.

2.1 Servisni modeli *Cloud*-a

Može se reći da *cloud* računarstvo obezbeđuje pružanje usluga koje obuhvataju bilo koji od tradicionalnih slojeva od hardvera do aplikacija. U praksi pružaoci *cloud*-a teže ka ponudi usluga koje se mogu grupirati u tri grupe [3]:

1. Software as a Service (SaaS) – Cloud softver kao usluga omogućava klijentima da koriste usluge podešavanja i korišćenja aplikacija koje se nalaze na infrastrukturi pružaoca usluga. To znači da provajder obezbeđuje potreban hardver (serveri, memorije, procesori i sl.), kao i aplikaciju koja je klijentu potrebna. Njoj se može pristupiti preko različitih uređaja i interfejsa, kao što je Web Browser (Internet Explorer, Mozilla Firefox, Opera, itd). Primer ovog modela je svima dobro poznat web-mail, kao što je Yahoo ili Gmail. Jedna instanca softvera se izvršava u cloud-u i pruža uslugu višestrukim krajnjim korisnicima. Kod ovog modela, korisnici nemaju kontrolu nad konfiguracijom hardvera i softvera kojim koriste, osim ponekih podešavanja specifičnih za svakog korisnika ponaosob.

2. Platform as a Service (PaaS)–Cloud platforma kao usluga predstavlja model u kome korisnici koriste aplikacije koje su kupili ili sami razvili, a u cloud-u koriste platformu koja će njihovu aplikaciju podržati. U ovom slučaju, klijenti nemaju kontrolu nad hardverom provajdera, već samo nad svojim softverom koji se nalazi u cloud-u [3].

3. Infrastructure as a Service (IaaS)–Cloud infrastruktura kao usluga je model u kome klijenti ne dobijaju mogućnost kontrole samog hardvera, ali moguće je upravljati operativnim sistemima, prostorom na disku, aplikacijama, i u posebnim slučajevima odabrati neke dodatne opcije provajdera, kao npr. *firewall* (zaštitni zid). Ako spomenute modele stavimo u kontekst aplikacije za preraspodelu delova već izdanih modela distributivnih elektroenergetskih mreža, tada možemo reći da je najprihvatljivije koristiti PaaS model oblaka. Obzirom da se Microsoft Azure platforma uklapa u grupu PaaS [4], ista je upotrebljena za podršku pomenutoj aplikaciji.

3. MODELOVANJE ELEKTROENERGETSKE MREŽE I OPIS PROBLEMA PRERASPODELE

Teorija grafova nalazi veliku primenu u praksi, a između ostalog se koristi i za opisivanje modela električnih mreža. Električni elementi u elektroenergetskoj mreži (transformatori, prekidači itd.) mogu se prikazati kao grane grafa, a mesta njihovog spajanja kao čvorovi. Prilikom modelovanja elektroenergetske mreže korišćene su četiri različite klase podataka. Prva klasa opisuje elemente kao što su prekidači, transformatori, zove se *Grana* i sadrži parametre: *idelementa* (jedinestveni id za svaku granu), *idčvorova* (identifikatore čvorova koje povezuje grana), *tipelementa* (informacija da li je element transformator, prekidač itd.), *status* (informacija da li je element zatvoren ili otvoren). Drugom klasom podataka opisana su mesta spajanja grana (prekidači, transformatori, itd.), ova klasa podataka zove se *Čvor* i sadrži parametre: *idčvora* (jedinestveni identifikator čvora), listu grana koje ih povezuju sa drugim čvorovima, listu susednih čvorova, *idoblasti* (identifikator oblasti kojoj pripadaju). Treća klasa podataka, *Oblast*, predstavlja skup povezanih elemenata, ima sledeće parametre: *idoblasti* (jedinestveni identifikator oblasti), listu grana koje pripadaju datoj oblasti, listu čvorova koji pripadaju datoj oblasti, *idregiona* (identifikator procesa sa kojim se obrađuju podaci koji pripadaju datoj oblasti), *težina* (ukupan broj grana koji pripadaju datoj oblasti).

Četvrta klasa podataka, *Region*, predstavlja skup oblasti i sadrži sledeće parametre: *idregiona* (jedinestveni identifikator regiona), listu oblasti koju sadrži, *težina* (suma težina oblasti koje sadrži), kao i metode koje nam daju informacije o trenutnoj opterećenosti regiona.

U fazi topološke analize izdvajaju se samo napajane oblasti, one koje sadrže u sebi aktivnu granu tipa *supply line*. Napajane oblasti se nazivaju *koreni*. *Koreni* predstavljaju grupe povezanih elemenata koji moraju da se proračunavaju zajedno, a njihove vrednosti nemaju uticaja na elemente drugih *korena*. Na ovaj način se formira od inicijalnog jediničnog grafa, koji se kreira prilikom učitavanja podataka, težinski graf i time se dobija struktura podataka koju koriste algoritmi za preraspodelu. Prilikom izvršavanja algoritmi preraspodele koriste korene kao težinske čvorove a otvorene veze između njih kao grane, gde je težina korena jednaka broju grana koji se nalazi u njoj, a težina grane je jednaka broju otvorenih veza između dva korena.

Koreni se inicijalnom raspodelom raspoređuju u 4 regiona. Cilj raspodele je da izbalansira regione kako bi sume težina korena, koji ga čine, bile srazmerne što bi ujednačilo trajanje procesa obrade. Optimalna vrednost veličine regiona je:

$$R_s = \sum_{i=1}^n \frac{R_t(i)}{n} \quad (1)$$

gde je $R_t(i)$ težina i -tog regiona, a n ukupan broj regiona. Region je izbalansiran ako njegova težina ne prelazi vrednost:

$$R_s * (1 + x) \quad (2)$$

gde je x vrednost iz skupa:

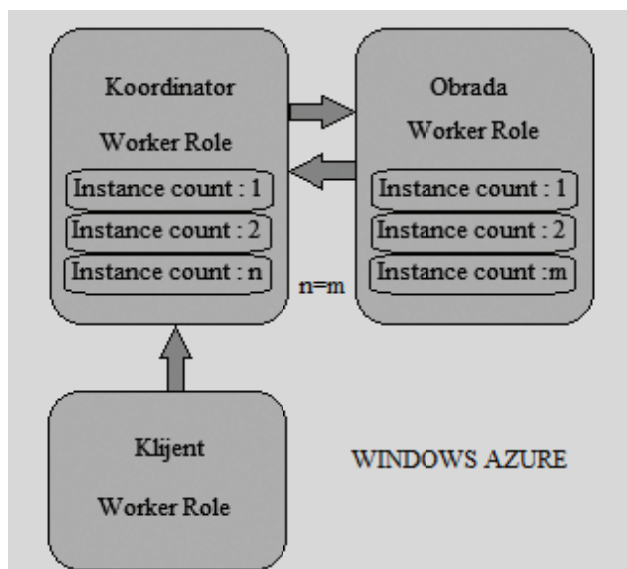
$$x \in \left\{0, \frac{n-1}{n}\right\} \quad (3)$$

Prilikom raspodele nastoji se da se minimizuje broj veza tj. otvorenih elemenata koji se nalaze između korena raspoređenih u različite regione. Struktura mreže se vremenom menja usled dinamičkih promena u sistemu tj. otvaranja i zatvaranja prekidača. Tada može doći do spajanja ili razdvajanja korena. Ako sedesi zatvaranje prekidača koji spaja korene iz različitih regiona, dolazi do prelaska jednog od korena u susedni region. Ova pojava može dovesti do stanja neizbalansiranosti. U tom slučaju potrebno je primeniti *Wavefront Diffusion (WF)* ili *Locally Matched Scratch-Remap (LMSR)* algoritam preraspodele kako bi se sistem vratio u izbalansirano stanje. *WF* algoritam [5] spada u grupu difuzionih algoritama, koreni se pri balansiranju kreću u vidu „talasa“ od preopterećenih regiona ka malo opterećenim regionima odatle i ime algoritma *WaveFront* (wave engl. talas). Izborom regiona donora počinje izvršavanje *WF* algoritma. Region donor je onaj koji u tekućoj iteraciji šalje korene kako bi se uspostavilo njegovo balansirano stanje. Kada se izbalansira trenutni region donor, algoritam bira novi region koji će slati korene. Algoritam nastavlja svoj rad sve dok se ne postigne balansirano stanje svih regiona. Iterativnim postupkom (za svaku iteraciju se bira novi donor i samo on može da šalje korene) postiže se da region donor prilikom slanja korena ima na raspolaganju najveći mogući izbor korena. Prilikom odlučivanja koji se koren šalje prednost imaju koreni koji se ne nalaze u svom početnom regionu (region u kojem su se nalazili pre početka rada algoritma), čime se smanjuje

ukupan broj podataka koji menjaju region (minimizuje se parametar *TotalV*). *LMSR* algoritam [5], za razliku od difuzionih algoritama koji imaju informaciju o tome gde se koji podaci trenutno nalaze, ne poseduje informacije tog tipa nego novo balansirano stanje proračunava iz početka (*fromscratch*). Trenutni raspored čvorova po regionima, tj. informacije o trenutnom stanju u *LMSR* algoritam se integrišu pomoću matrice sličnosti. Metrike koje može da minimizuje ovaj algoritam su: ukupna količina podataka koja se prenosi (*TotalV*) i maksimalna količina podataka koju šalje/prima jedan region (*MaxV*). U ovom radu korišćena je *TotalV* metrika. Minimizacija *TotalV* parametra postiže se pretragom matrice i preslikavanjem *id*-jeva regiona, u tu svrhu implementirana su dva algoritma *Greedy* i *Brute Force*.

4. OPIS PROGRAMSKOG REŠENJA

Programsko rešenje omogućava dinamičke preraspodele modela elektroenergetskih mreža više različitih gradova. Procesiranje preraspodela modela mrežaje nezavisno, paralelizovano i distribuirano u *cloud*-u. Implementacija rešenja je izvršena u programskom jeziku C# u *Microsoft .NET* okruženju a sastoji se iz tri radne uloge: *Klijent*, *Koordinator* i *Obrada* (Slika 1).



Slika 1- Konceptualni prikaz softverskog rešenja

Klijent radna uloga uz pomoć WCF (eng *Windows Communication Foundation*) se konektuje na radnu ulogu *Koordinator* i počinje sa pozivanjem njegovih servisa. Sva komunikacija od *Klijenta* ka *Koordinatoru* u WCF-u se dešava kroz tačku pristupa pod nazivom *Tačka1*. U njoj je definisan ugovor (Contract) sa imenom *IWCFServer* koji određuje metode servisa kojima *Klijent* može pristupati. Pored togaza tačku pristupa definisan je način povezivanja (*binding*) koji specificira tip komunikacionog kanala. U ovoj komunikaciji upotrebljen je komunikacioni kanal tipa *NetTcpBinding* koji obezbeđuje sigurnu, pouzdanu komunikaciju, visokih performansi zasnovanu na TCP protokolu. Treći element koji određuje tačku pristupa na relaciji komunikacije *Klijent -Koordinator* je adresa na kojoj supostavljeni servisi kojima *Klijent* pritupa. Broj instanci radne uloge *Koordinator* i radne uloge *Obrada* jednak je broju

gradovanad čijim elektroenergetskim modelim mreža vršimo preraspodele. Svaka od pojedinačnih instanci, *Koordinator* radne uloge, je zadužena za proračune nad jednim modelom mreže a sadrži informacije gde se svi elementitog modela mrežetrenutno nalaze i koje je njihovo stanje (otvoren ili zatvoren). Takođe svaka od pojedinačnih instanci, *Koordinator* radne uloge, komunicira sa po jednom instancom radne uloge *Obrada* koja obslužuje samo njene zahteve. Ukoliko dođe do promene broja gradova, nad čijim elektroenergetskim modelima mreža vršimo preraspodele, broj instanci *Koordinator* i radne uloge *Obrada* moguće je menjati u konfiguracionim podešavanjima radnih uloga.

Sva komunikacija od *Koordinator* ka radnoj ulozi *Obrada* se vrši uz pomoć WCF-a preko četiri pristupne tačke pod nazivom *Endpoint1*, *Endpoint2*, *Endpoint3*, *Endpoint4*. Za sve četiri pristupne tačke definisan je isti ugovor (*Contract*) sa imenom *IWCFLocalServer* a takođe je isti i tip komunikacionog kanala, *NetTcpBinding*. Adrese pristupnih tačaka se međusobno razlikuju. Kako se struktura mrežavremenom menja usled dinamičkih promena u sistemu, u slučaju zatvaranja prekidača između dva korena, koji se nalaze u različitim regionima, dolazi do prelaska manjeg korena (ima manji broj elemenata) u region većeg pa *Koordinator* mreže, u kojoj je došlo do dinamičkih promena, proračuna da li je region koji je primio koren postao preopterećen. Ako ustanovi da je neki od regiona postao preopterećen on poziva algoritme za preraspodelu koji proračunavaju koji elementi treba da se prebace i gde kako bi se uspostavilo novo balansirano stanje. Zatim inicira proces preraspodele i šalje informacije o preraspodeli odgovarajućoj instanci radne uloge *Obrada* koje obrađuju podatke. Kako smo ranije rekli da se koreni inicijalnom raspodelom raspoređuju u 4 regiona, obezbeđeno je da svaki od regiona, u radnoj ulozi *Obrada*, ima svoju pristupnu tačku preko koje prima informacije (koji podaci se prebacuju i gde) od odgovarajućeg *Koordinator* i započinje proces razmene. Kada proces razmene elemenata počne između regiona unutar radne uloge *Obrada*, odgovarajućem *Koordinatoru* se preko pristupne tačke *Tačka1* šalju informacije o toku obrade i razmene podataka između regiona.

5. REZULTATI TESTIRANJA

Usled nemogućnosti obezbeđivanja licence za Microsoft Azure, u vreme izrade rada, testiranje je izvršeno lokalno na računaru sa *Intel Core2Duo* procesorom na 2.2 GHz i 4 GB RAM memorije, sa *Windows* operativnim sistemom. Programsko rešenje je testirano u tri faze. U prvoj fazi testiranja sistem je konfigurisan tako da vrši preraspodelu mreža dva grada, u drugoj fazi tri, a u trećoj fazi testiranja mreža četiri grada. Kako bi se pojednostavio proces učitavanja podataka prilikom testiranja *WF* i *LMSR* algoritma, za svaki od gradova korišćen je model elektroenergetske mreže grada Milana koja sadrži 425613 elemenata, 206 težinskih čvorova. Tolerancija mreže je ista pri svakom izvršavanju, $x = 0,1$. Kvalitet algoritama je ocenjivan na osnovu sledećih parametara: *Greška* maksimalno dozvoljeno odstupanje od optimalne veličine regiona. *EdgeCut* ukupan broj otvorenih veza između čvorova koji se nalaze

u različitim regionima. *TotalV* ukupna količina podataka koja napušta svoj region i prebacuje se u neki drugi u cilju uspostavljanja balansiranoosti. *Vreme Algoritma* vreme za koje algoritam odluči koji čvorovi napuštaju svoj region i u koji se prebacuju, da bi se postigla balansiranoost. Kako je prilikom testiranja za svaki od gradova učitavan model elektroenergetske mreže grada Milana proračunate su prosečne vrednosti parametara *WF* i *LMSR* algoritma po fazama testiranja prikazane su u tabeli 1.

Tabela 1- Rezultati testiranja

x=0.1	br. faze / br. inst. Koord. / br. inst. Obrade			
Parametri	Alg.	1/2 / 2	2/3 / 3	3/4 / 4
Greška (%)	WF	8.1	8.2	8.2
	LMSR	26.8	29.1	31.2
Edge Cut	WF	701.4	703.1	709.5
	LMSR	702.9	707.0	711.3
TotalV	WF	16027	18221	19328
	LMSR	287601	285015	292906
Vreme Alg.(ms)	WF	105	170	251
	LMSR	1.2	2.3	4.2

Kad su u pitanju parametri *Greška*, *EdgeCut*, *TotalV*, algoritam *WF* daje bolje rezultate. Kako daje manje prosečne vrednosti za *Grešku* može se konstatovati da *WF* ima kvalitetnije partitionisanje, tj. ujednačenije opterećuje virtualne masine koje obrađuju podatke. *EdgeCut* predstavlja broj otvorenih veza između čvorova različitih regiona i kada se neka veza zatvori dolazi do međuprocorske komunikacije i eventualnog nastanka nebalansiranog stanja, te je upravo zato dobro da ovaj parametar bude što manji. *TotalV* je parametar koji direktno utiče na vreme preraspodele, vreme od nastanka nebalansiranog stanja do ponovnog uspostavljanja balansiranoosti. U činjenici da algoritam *WF* daje mnogo bolje rezultate, za *Grešku* i *EdgeCut*, ogleda se njegova glavna prednost u odnosu na *LMSR* algoritam. Jedini parametar u kojem je *LMSR* pokazao apsolutnu dominaciju je *Vreme Algoritma*.

Vreme preraspodele je vreme koje protekne od trenutka pojave nebalansiranog stanja do momenta kad se ponovo uspostavi balansirano stanje, tj. kad se prebace svi podaci koji menjaju svoj region. Kako je testiranjem ustanovljeno da algoritam *WF* daje bolje vrednosti, za sve parametre koji su direktno vezani za vreme preraspodele, pri odlučivanju o preraspodeli korišćeni su rezultati ovog algoritma i dobijeni su rezultati prikazani u tabeli 2. (sve vrednosti su date u milisekundama).

Tabela 2 -Prosečno vreme preraspodele WF algoritmom

br. faze	Vreme Preraspodele
1.	199
2.	219
3.	251

Povećanjem broja instanci povećava se i vreme preraspodele, kao što se može videti u tabeli 2. Razlog je što se pri lokalnom testiranju dele ograničeni računarski resursi na svaku od instanci *Koordinatora* i radne uloge *Obrada*. U slučaju da se pomenuta aplikacija testirala na Windows Azure a ne, kao što jeste na lokalnom test okruženju, performanske *WF* i *LMSR* algoritma bi se znatno poboljšale jer suračunarski resursi u *cloud-u*

neograničeni te konfigurisanjem preuzimamo resurse koji su nam potrebni.

6. ZAKLJUČAK

Činjenica je da sve više ljudi ulazi u filozofiju obavljanja raznih tipova poslova u oblaku. Ne samo što ljudi sve više prihvataju ovaj model poslovanja, već se i sve više novca ulaže u *cloud* usluge, a mnogi istraživači i vizionari mu predviđaju svetlu budućnost. Potencijal je pre svega u povećavanju kapaciteta ili novih mogućnosti bez investiranja u nove infrastrukture, obuku novog osoblja ili kupovinu novih licenciranih programa. Prednosti kao što su skalabilnost aplikacija, dostupnost aplikacija, fleksibilnost u menjanju i prilagođenju aplikacija, kao i stalno praćenje i održavanje infrastrukture, daju dovoljno razloga za dalje ulaganje u razvoj *cloud computing-a*.

Algoritmi su testirani na mreži, koja predstavlja realni model elektroenergetske mreže grada Milana. Na osnovu svih dobijenih rezultata i uporednih analiza predlaže se korišćenje *WF* algoritma. Uprkos nešto slabijem *Vremenu Algoritma*, koje predstavlja samo mali deo ukupnog vremena preraspodele, ovaj algoritam daje mnogo kvalitetnije rezultate kada su u pitanju svi ostali parametri *Greška*, *EdgeCut*, kao i *TotalV* koji imaju najveći uticaj na vreme preraspodele, i samim tim najviše utiču na vreme međuprocorske komunikacije i minimizaciju iste. Zaključujući razmatranje o primeni oblaka u kontekstu aplikacije za preraspodelu modela distributivnih elektroenergetskih mreža, navodimo da postoji velika opravdanost upotrebe istog, jer se vreme preraspodele može podešavati iznajmljivanjem potrebnih resursa, u zavisnosti od potrebe, pa su troškovi korišćenja oblaka manji u poređenju sa korišćenjem vlastite infrastrukture.

7. LITERATURA

- [1] Dimitris N. Chorafas, „*Cloud Computing Strategies*“, Taylor and Francis Group, July 2010.
- [2] Mladen Vou, „*Cloud Computing – Issues, Research and Implementations*“, Department of Computer Science, North Carolina State University, Raleigh, North Carolina, USA, May 2008.
- [3] Chris Hay, Brian H. Prince, „*Azure in Action*“, Manning Publications, October 2010.
- [4] Sriram Krishnan. „*Programming Windows Azure*“, O'Reilly Media, Inc., 1005 Gravenstein Highway North, Sebastopol, May 2010.
- [5] Kirk Schloegel, George Karypis, Vipin Kumar, „*Wavefront Diffusion and LMSR: Algorithms for Dynamic Repartitioning of Adaptive Meshes*“, IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, Vol. 12, May 2001.

Kratka biografija:



Vladimir Oluic je rođen 24.09.1987. u Novom Sadu. Gimnaziju „Svetozar Marković“, Novi Sad, završio je 2006. godine. Iste godine upisao je Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, odsek Elektrotehnika i računarstvo, smer Računarstvo i automatika, usmerenje Automatika i upravljanje sistemima.

**DISTRIBUIRANI PRORAČUNI MATRIČNIH OPERACIJA UPOTREBOM OBLAK
RAČUNARSTVA****DISTRIBUTED CALCULATION OF MATRIX OPERATION USING CLOUD
COMPUTING**Miro Međugorac, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj - U radu je opisana implementacija rešenja za računanje determinante matrice poboljšanom Laplasovom metodom upotrebom „Cloud computing“ rešenja Microsoft Azure. Uz alate Microsoft Visual Studio 2010 i programskog jezika C# implementiran je procesorski zahtevan algoritam za računanje matricnih operacija koje su veoma česte u realnim distribuiranim sistemima, gde se pojavljuju matrice velikih dimenzija, a gde se zahteva proračun u prihvatljivom vremenskom intervalu. Softversko rešenje je testirano u Cloud sistemu sa različitim brojem programskih instanci. Rezultati su zatim upoređeni i prikazani.

Abstract – This paper covers implementation of calculation matrix determinant by improved Laplace expansion using cloud computing produced by Microsoft Azure. Processor demanding algorithm has been implemented using tools like Microsoft Visual Studio 2010 and programming language C#. Matrix operations are very common in today real distributed systems, where big dimensional matrixes occur, and where considerably time for calculation is expected. Software solution is tested in cloud environment with different number of program instances. Results are then compared and presented.

Ključne reči: *distribuirano programiranje, cloud computing, matricne operacije*

1. UVOD

Zadatak koji se danas najčešće postavlja pred računare je rešavanje problema koji zahtevaju konstrukciju matematičkih modela i numeričkih metoda koji omogućavaju rešavanje naučnih i inženjerskih projekata. Ovi modeli često zahtevaju velike računarske resurse za izvršavanje velikog broja operacija. Ta potreba je prouzrokovala izgradnju takve infrastrukture koja ima visoke performanse u rešavanju obimnih eksperimenata u prihvatljivom intervalu vremena. Takve infrastrukture danas poznajemo pod nazivom Grid, i one omogućavaju naučnicima da iskoriste visoke mogućnosti takvog sistema. (Kao što su birokratski problemi, neelastični su nekada za potrebe naučnika itd.) Da bi efikasnije bio rešen gore naveden problem, koji Grid delimično rešava, danas se sve češće upotrebljava *cloud computing*. Zbog toga što je pojava *cloud computing*-a još nova, njegova

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog master rada čiji mentor je bio dr Aleksandar Erdeljan, vanr.prof.

formalna definicija još nije čvrsto ustanovljena. Međutim, *cloud computing* možemo definisati kao visoko skalabilnu računsku paradigmu, u kojoj se skup apstrahovanih, virtualizovanih, dinamički skalabilnih, upravljanih računarskih kapaciteta, skladišnog prostora, različitih platformi i servisa dostavlja krajnjim korisnicima na zahtev (eng. *on demand*) putem interneta. [1]. Na osnovu ove definicije možemo zaključiti da se *cloud computing* razlikuje od servisa na zahtev koji se već duže vreme nalaze na internetu, u 3 najvažnije osobine: 1) Skalabilnost: *cloud* sistem je raspoređen na nekoliko data centara. 2) Jednostavnost: Pre pojave *cloud* sistema, pisanje koda za efikasno i brzo rešavanje računarskih problema ili distribuirano programiranje je komplikovano, najpre činjenicom da se razvijani kod morao pisati specijalno za određeni Grid, komunikacija između niti bilo je potrebno realizovati samostalno itd. 3) Cena: *cloud computing* je najčešće realizovan tako da se plaća koliko se resursi i koriste. Naravno, *cloud* servisi imaju i nekoliko mana. Najpre, *cloud* servisi su najčešće fizički udaljeni, pa su osetljivi na probleme koji mogu nastati u mrežnoj infrastrukturi. Dalje, pošto je isti hardver deljen između više korisnika *clouda*, mogu se javiti problemi deljenja. Takođe, skladištenje podataka na data centrima koji održavaju treća lica mogu predstavljati sigurnosne i pravne probleme.[2]

2. KONCEPT CLOUD COMPUTING SERVISA

Cloud computing zasniva se na konceptu SOA arhitekture (eng. *service oriented architecture*). SOA nije novi koncept, mada pojavom *clouda* dobija sve više pažnje proteklih godina. Primeri prvih mrežno baziranih servisno orijentisanih arhitektura i udaljeno pozivanja funkcija (RPC) su DCOM, i ORB (eng. *Object Request Brokers*) baziranih na CORBA specifikaciji. U SOA okruženju, krajnji korisnik zahteva IT servis (ili integrisani skup servisa) i dobija ga u trenutku poziva ili nakon specificiranog vremena. Pretpostavlja se da će u narednih 10 godina servisno orijentisana rešenja biti glavni pokretač za dostavu informacija i drugih IT asistiranih funkcija.[3] Ključni element SOA okruženja je taj što omogućava razlaganje servisa na komponente. To omogućava veću iskorišćenost (elementi se mogu ponovo iskoristiti u drugim tokovima), održivost (alternativne implementacije su lako ubacuju, postoji podrška za menjanje i nadopunu *runtime* komponenti itd.), skalabilnost (mogućnost povećanja skupa sistemskih komponenti, povećanje kapaciteta pojedine individualne komponente), kompoziciju (laka konstrukcija kompleksnih rešenja upotrebom osnovnih komponenti). Takođe, pouzdanost i dostupnost

komponenti i servisa je takođe bitna osobina, kao i sigurnost, troškovi održavanja itd. U kontekstu razlikujemo različite kategorije komponenata: od različitog tipa hardvera, do specijalizovanog softvera i aplikacija, različitih okruženja itd.

Širok spektar različitih servisa koje nudi *cloud* krajnjim korisnicima može se grubo podeliti u tri grupe: 1) Infrastruktura kao servis (IaaS eng *Infrastructure as a Service*) 2) Platforma kao servis (PaaS eng *Platform as a Service*) i 3) Softver kao servis (SaaS eng *Software as a Service*). IaaS označava dostavljanje IT infrastrukture bazirane na virtuelnim ili fizičkim resursima krajnjim korisnicima. Ovi resursi najčešće obuhvataju resurse radne memorije, procesorske snage, smeštajnih kapaciteta, operativnog sistema itd. Takva usluga se naplaćuje u zavisnosti od toga koliko je vremenski korišćena. Amazon EC2 predstavlja primer IaaS. PaaS rešenja sa druge strane omogućavaju razvojnu platformu na kojoj korisnici mogu kreirati sopstvene aplikacije koje će se izvršavati na *cloudu*. Ovaj servis dodeljuje korisnicima okvir (eng *framework*) i skup funkcija - API (eng *Application program interface*) koji omogućavaju programiranje aplikacija za *cloud*. U nekim slučajevima PaaS servisi se dostavljaju zajedno sa pripadajućom infrastrukturuom na kojoj će se *cloud* aplikacije izvršavati. Vodeću ulogu u ovakvom tipu servisa imaju Google i Microsoft. SaaS rešenja objedinjuju hardver, razvojne platforme i aplikacije u jedan proizvod koji se dostavlja korisniku. Korisnici ne mogu da menjaju servis već samo pristup određenim aplikacijama koje su smeštene na *cloud*. Kao primer SaaS rešenja mogu poslužiti Google Document i Google Calendar. U ovom radu je korišćen PaaS Microsoft Windows Azure.

2.1 Arhitektura *cloud* sistema

Postoji nekoliko definicija za arhitekturu *cloud*-a, a najčešće se koristi četvoroslojna arhitektura [4] koja se sastoji od: 1) *fabric*-a, 2) jedinstvenog resursa, 3) platforme i 4) aplikacija. *Fabric* sloj sadrži hardverske resurse, kao što su računski resursi, smeštajni resursi i mrežni resursi. Jedinstven resurs sloj sadrži resurse koji su apstrahovani, odnosno enkapsulirani (najčešće virtuelizacijom) tako da se oni mogu izložiti gornjim slojevima i krajnjim korisnicima kao integrisani resursi, npr, virtuelni klaster, logički fajl sistem, sistem baze podataka itd. Sloj platforme dodaje kolekciju specijalizovanih alata, *middleware*-a i servisa na sloj jedinstvenog resura da bi se dobila razvojna platforma za aplikacije. Na kraju sloj aplikacije sadrži aplikaciju koja će se izvršavati na *cloud-u*.

Dakle, arhitektura *cloud* sistema uključuje više *cloud* komponenti koji komuniciraju između sebe na osnovu rastresite komunikacije (eng *loose coupling*).

Svaki *cloud* sistem pokreće specijalizovani operativni sistem. Kao što je poznato, operativni sistem omogućava izvršavanje aplikacija, apstrakciju kompleksnosti hardverskih komponenti prilikom izrade aplikacija, omogućavanje interfejsa između korisnika i aplikacija i omogućava mehanizme za dodelu resursa računara. Operativni sistem *clouda* ne može biti odgovoran za alociranje procesorskih i memorijskih resursa hiljade fizički odvojenih servera. Ova odgovornost se mora apstrahovati od OS. Zbog toga se uvodi koncept

virtuelnih mašina VM (eng *virtual machines*). Tako *cloud* operativni sistem koristi VM da bi omogućio odvajanje servisa na više fizičkih servera. Svaki taj server je opet sa druge strane podeljen na više virtuelnih mašina. Na taj način aplikacije različitih korisnika *cloud* sistema ne mogu međusobno interferirati.

Microsoft Azure tehnologija koristi specijalizovani naziv za aplikacije koje se izvršavaju na *cloud* OS – Role. Postoje dve vrste „Rola“: Web Role i Worker Role. U osnovi role su međusobno identične s tim što Web Role koristi IIS (eng. *Internet Information Server*) a Worker Rola ne. Suštinski role predstavljaju podlogu virtuelne mašine gde će aplikacija biti hostovana.[4] U ovom radu su u upotrebi samo Worker Role.

3. TEORIJSKE OSNOVE RAČUNANJA DETERMINANTE MATRICE

3.1 Determinanta matrice i Laplaceov razvoj determinante

Kako bi se uvidela prednost *cloud computinga* u odnosu na izvršavanje proračuna na jednom računaru, izabran je problem rešavanja determinante matrice Laplasovim razvojem na minore. Računanje determinante matrice ima veliku praktičnu primenu u današnjim distribuiranim sistemima automatskog upravljanja, gde se veoma često javljaju potrebe za matičnim proračunima. Determinanta matrice A označava se sa $\det A$ i definiše se sa:

$$\det A = \sum_{p \in S_n} -1^{I(p)} a_{1p(1)} \cdot a_{2p(2)} \cdot \dots \cdot a_{np(n)}$$

gde je S_n permutacija od n elemenata. Determinantu imaju samo kvadratne matrice. Za izračunavanje determinante matrice koristi se Laplasov razvoj determinante. Neka je

$$A = [a_{ij}] \in M_n, n \geq 2$$

gde je M_n matrica reda n . Tada je

$$\det A = \sum_{j=1}^n a_{ij} A_{ij}, \forall i = 1, 2, \dots, n$$

$$\det A = \sum_{i=1}^n a_{ij} A_{ij}, \forall j = 1, 2, \dots, n$$

pri čemu, za sve i, j vredni $A_{ij} = (-1)^{i+j} \Delta_{ij}$, a Δ_{ij} je determinanta matrice $(n-1)$. reda koja nastaje tako što iz matrice A uklonimo i -ti red i j -tu kolonu. Za matricu reda 2 definiše se determinanta kao:

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{vmatrix} = a_{11} \cdot a_{22} - a_{12} \cdot a_{21}.$$

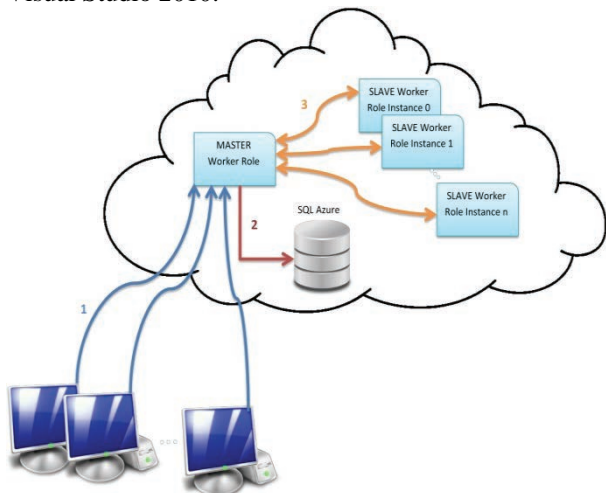
Matrica čija je determinanta jednaka nuli naziva se singularna matrica. Ako je matrica singularna onda ona ili ima sve kolone i redove nule ili su joj redovi (kolone) jednake linearnoj kombinaciji drugih redova (kolona). Iz definicije Laplasovog razvoja determinante jasno je da je broj operacija $n!$ potreban za računanje matrice reda n . Funkcija $f(x)=x!$ ima brži rast od svih polinomialnih i eksponencijalnih funkcija pa je tako na primer za $x=50$ vrednost faktorijel funkcije $3,04 \cdot 10^{64}$. Zbog toga je razumljivo da je za velike matrice ovaj metod neprihvatljiv, pa je zbog toga implementiran poboljšan rekursivni algoritam, koji ima n^3 broj operacija, gde je n red matrice. Algoritam transformiše početnu matricu u gornju trougaonu, pa je kod velikih matrica dolazi do pojave da određeni elementi prevazilaze gornje granice standardnih tipova podataka, te je zbog toga potrebno

koristiti tip *BigInteger* iz *.NET namespace-a System.Numeric*.

4. REALIZACIJA PROGRAMSKOG REŠENJA

4.1. Realizacija kljent server arhitekture

Kako bi se uvidela skalabilnost *cloud*sistema i njegova primena pri *Load Balancing*-u, realizacija rešenja se može konceptualno podeliti na dve logičke celine. Niz klijenata pozivaju metodu za računanje determinante matrice preko WCF servisa (eng *Windows Communication Foundation*) gde se ona nalazi na „oblaku“. (slika 1, strelica 1). Nakon čitanja podataka iz baze (slika 1 strelica 2), MASTER Worker Rola algoritmom *Round Robin* raspoređuje zahteve, tako što poziva metode u svakoj instanci SLAVE Worker Role, koji obrađuju zahteve svakog pojedinačnog klijenta. MASTER Worker Rola takođe asinhrono poziva metode SLAVE Worker Role pomoću WCF. Kada se računanje determinante u SLAVE Worker Rolama završi, rezultati se dostavljaju svakom klijentu ponaosob. Programsko rešenje urađeno je uz pomoć *.NET C#* programskog jezika u razvojnom okruženju Microsoft Visual Studio 2010.



Slika 1. Konceptualni prikaz softverskog rešenja

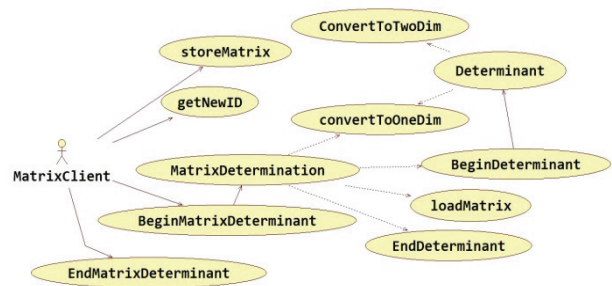
4.2. Dijagram slučajeva korišćenja

Korisnik *MatrixClient* poziva funkcije *getNewID()* koja mu omogućava kreiranje novog ID u bazi u kojoj će biti smešteni vrednosti matrice uz pomoć funkcije *storeMatrix()*. Nakon toga asinhrono poziva funkcije za izračunavanje matrice. (*BeginMatrixDeterminant()* i *EndMatrixDeterminant()*). Funkcija *MatrixDeterminant()* učitava matricu iz baze podataka (*loadMatrix()*) i priprema je za slanje SLAVE Worker Rolama. Nakon toga asinhrono poziva uz pomoć WCF protokola funkciju *BeginDeterminant()* i *EndDeterminant()* i čeka vrednost determinante koja je poslata jednoj od instanci SLAVE Worker Role (slika 2).

4.3. Dijagram klasa

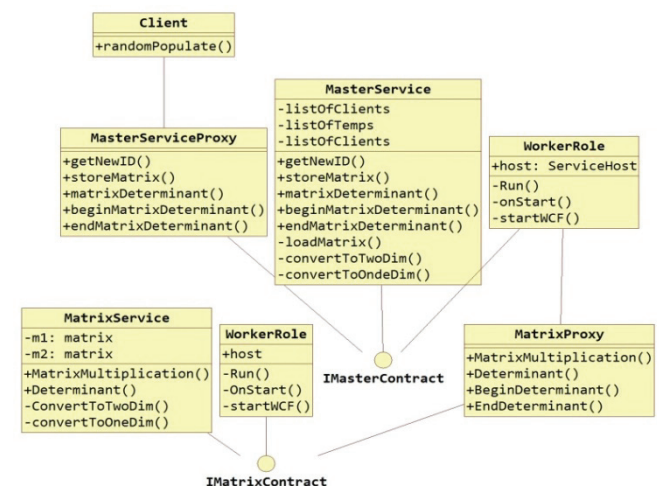
Klijent koji poziva udaljene servise servera MASTER Worker Role to radi uz pomoć WCF protokola. Za implementaciju WCF protokola koristi objekat klase *MasterServiceProxy* koji kreira komunikacioni kanal na osnovu interfejsa *IMasterService*. Samu implementaciju metoda ovog interfejsa implementira *MasterService*.

MASTER Worker Role startuje WCF servis na određenoj adresi i portu.

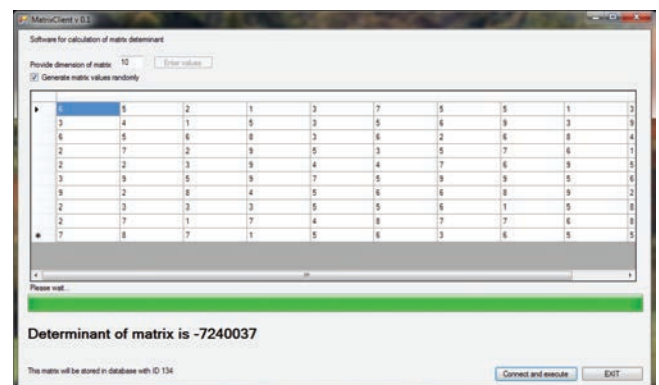


Slika 2. Dijagram slučajeva korišćenja

Sa druge strane, komunikacija između Master i Slave Worker Rola je takođe ostvarena na osnovu WCF protokola, pa je i implementacija principijelno ista kao i komunikacija klijent-MASTER Worker Role. Sada MASTER Worker Rola „glumi“ klijenta, tako što koristi objekat klase *MatrixServiceProxy* koji kreira komunikacioni kanal na osnovu interfejsa *IMatrixService*. Metode *IMatrixService* protokola implementira klasa *MatrixService*. Analogno kao i MASTER Worker Role, SLAVE Worker Role startuje WCF servis, koji u ovom slučaju služi za komunikaciju između MASTER i SLAVE Worker Rola (slika 3).



Slika 3. Dijagram klasa



Slika 4. Korisnički interfejs MatrixClient

4.4. Korisnički interfejs

Klijent koji prima podatke od korisnika napravljen je uz pomoć Windows forme. Nakon odabira dimenzije matrice

korisnik odabira da li će vrednost elemenata matrice unositi ručno ili će oni biti generisano slučajno. Nakon toga pritiskom na *Connect and execute* program započinje komunikaciju sa serverom, šalje vrednosti matrice i čeka odgovor u vidu vrednosti determinante. Za to vreme korisnik je u mogućnosti da sa *progress barom* prati stepen izvršenja. Nakon uspešnog izvršenja program ispisuje vrednost determinante matrice. (slika 4).

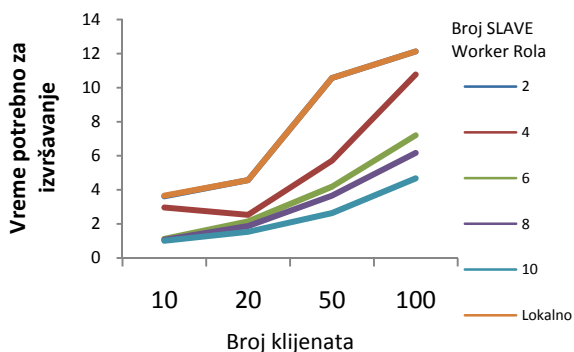
5. TESTIRANJE I PRIKAZ REZULTATA

Kako bi se uvidela prednost skalabilnosti *cloud* sistema, test je koncipiran da uključi više različitih scenarija, koji obuhvataju različite brojeve instanci SLAVE Worker Rola, kao i različite brojeve klijenata. Za potrebe testiranja, uzeto je da svaki klijent šalje kvadratnu matricu dimenzije 1000 za računanje determinante. Takođe, prikazani su rezultati koji su dobijeni bez upotrebe *cloud*-a i *Load Balancing*-a. Vreme koje je potrebno za uspostavljanje konekcije klijenta i servera, operacije sa bazama i vraćanje rezultata nije uzeto u obzir.

Tabela 1. Rezultati merenja u *cloud*-u (vreme je prikazano u sekundama)

Broj klijenata	Broj SLAVE Worker Rola					
	Lokalno	2	4	6	8	10
10	4,28	3,62	2,96	1,12	1,07	1,00
20	8,90	4,57	2,53	2,15	1,87	1,53
50	24,0	10,6	5,71	4,18	3,66	2,63
100	36,8	12,1	10,8	7,20	6,17	4,67

Na osnovu tabele 1 moguće je zaključiti sledeće: 1) Vreme koje je potrebno za obradu svih upita klijenata značajno se smanjuje povećanjem broja instanci SLAVE Worker Roli. 2) Za računanje zahteva malog broja klijenata, uštede u vremenu su beznačajne. *cloud* sistemi pokazuju, dakle, svrsishodniju upotrebu kod većeg broja zahteva koji moraju biti obrađeni istovremeno.



Slika 5. Prikaz potrebnog vremena za računanje determinante u zavisnosti od broja SLAVE Worker Rola

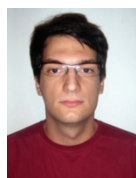
6. ZAKLJUČAK

Današnji računarski resursi postaju sve dostupniji uz pomoć *cloud* arhitekture. Ta arhitekturazbog svoje fleksibilnosti, omogućava da se resursi zauzimaju i oslobađaju dinamički u zavisnosti od toga koliko je zahteva potrebno ispuniti. Kada se broj klijenata poveća, tradicionalna centralizovana rešenja daju često nezadovoljavajuće rezultate u pogledu potrebnog vremena za računanje. U ovom radu pokazano je da povećanjem resursa *cloud*-a, vreme potrebno za obradu svih zahteva klijenata se značajno smanjuje. Na taj način je pokazano da skalabilnost *cloud* platforme predstavlja jednu od glavnih osobina, zbog kojih je *cloud* kao koncept uveden i zbog čega se sve češće koristi u inženjerskim i naučnim projektima.

7. LITERATURA

- [1] Vechhiola, Christian, Suraj Pandey, Rajkumar Buyya, „High-Performance Cloud Computing: A View of Scientific Applications“, *10th International Symposium on Pervasive Systems, Algorithms and Networks*, Taiwan, 2009.
- [2] Foster, Ian, Yong Zhao, Ioan Raicu, Shiyong Lu, „Cloud Computing and Grid Computing 360-Degree Compared“, *Grid Computing Environments Workshop, GCE '08*, Austin, USA, 2008., pp. 1-10
- [3] Grossman, Robert L., „The Case for Cloud Computing“, *IEEE Computer Society*, 2009.
- [4] Hay, Chris, Brian H. Prince, *Azure in action*. Stamford: Manning Publications Co, 2011.
- [5] Mladen, Vouk A. „Cloud Computing – Issues, Research and Implementations“, *Journal of Computing and Information Technology - CIT*, 2008, pp. 235-246.

Kratka biografija:



Miro Medugorac rođen je u Mostaru 1986. godine. Osnovnu školu i gimnaziju završava u Novom Sadu. Od oktobra 2010. godine apsolvent je na Fakultetu tehničkih nauka, odsek Računarstvo i automatika, katedra za automatiku i upravljanje sistemima.

PRIMENA FAZI LOGIKE U KONTROLI KRVNOG PRITISKA TOKOM ANESTEZIJE FUZZY LOGIC CONTROL OF BLOOD PRESSURE DURING ANESTHESIA

Veljko Jovančić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu predstavljen je fazi logički kontroler za kontrolu krvnog pritiska tokom anestezije. U simulaciji pacijent je predstavljen farmakodinamičkim modelom koji uključuje elemente vremenskog kašnjenja. Parametri fazi kontrolera podešeni su tako da zadovolje promenljive parametre sistema. Rezultati simulacije pokazuju koliko izlazna karakteristika prati željenu vrednost krvnog pritiska.

Abstract – This paper presents fuzzy logic controller for the control of Mean Arterial pressure during anesthesia. In the simulation studies, the patient is represented with a pharmacodynamic model that includes time delay elements. The parameters fuzzy logic are tuned in order to meet the changing of system parameters. The simulation results showing, how output characteristics follows the desired blood pressure.

Cljučne reči: Fazi regulacija, anestezija, glavni arterijski pritisak.

1. UVOD

Anestezija (od grč. $\acute{\alpha}\nu$ i $\alpha\iota\sigma\theta\eta\sigma\acute{\iota}\alpha$, “an estos” – figurativno, bez osećaja), (lat. *anesthesia*) je medicinska metoda anestezije, koja uz primenu anestetika i drugih lekova u organizmu dovodi čoveka do “isključenja bola” i „lekovima izazvanog sna“. Primenjuje se u toku operativnih zahvata i drugih metoda dijagnostike i lečenja vrlo složenih stanja vezanih za pojam „intenzivno lečenje“ [1].

Anestezijolog brine o zdravlju pacijenta mnogo pre i posle hirurške intervencije. On procenjuje pacijenta, uslove u kojima se pacijent nalazi i odlučuje o vrsti anestezije koju pacijent treba da dobije.

Takođe, zdravstveno stanje pacijenta utiče na procedure i tehnike tokom operacije. Anestezijolog konsultuje hirurški tim, smanjuje bol pacijentima i doprinosi održavanju vitalnih funkcija pacijenta [2].

Ideja ovog rada je razviti kontrolni sistem koji će regulisati dubinsku anesteziju.

U operacionoj sali dubinska anestezija spada u odgovornost anestezijologa. Ona obuhvata kontrolu važnih promenljivih kao što su krvni pritisak, puls, temperatura, nivo kiseonika u krvi, nivo ugljen-dioksida. U merenju dubinske anestezije većina anestezijologa uzima u obzir glavni arterijski pritisak (MAP) kao najpouzdanije merenje.

NAPOMENA:

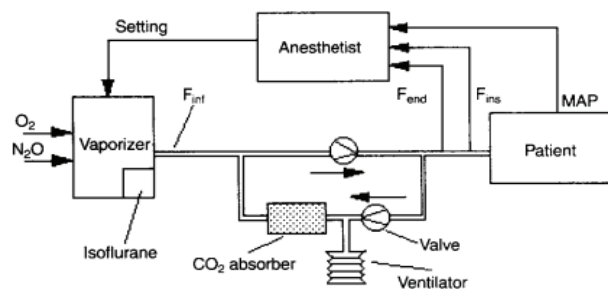
Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji je mentor bio dr Nikola Jorgovanović, doc.

Dakle, veličinu dubinske anestezije određuje MAP. Nivo MAP-a je parametar povezan sa količinom anestezije. Ideja je regulisati MAP na željenoj vrednosti. Željenu vrednost treba održavati i pod uticajem poremećaja.

2. FARMAKO-DINAMIČKI MODEL PACIJENTA

U ovom radu matematički (farmako-dinamički) model pacijenta je upotrebljen za simulaciju i dizajn kontrolera. Biološki proces kao što je anestezija ima nelinearnu i vremenski promenljivu strukturu sa promenljivim parametrima, tako da možemo zaključiti da je modelovanje jako složeno.

Kontrola dubinske anestezije vrši se kombinacijom medikamenata koji se ubrizgavaju intravenski ili se udišu u gasovitom stanju. Većina ovih medikamenata utiču na smanjenje MAP-a. Tokom anestezije najčešće se primenjuje mešavina isoflurana (0-4%) koji je koncentrisan u kiseoniku i/ili azotdioksidu (N_2O).



Slika 1. Model pacijenta sa poluzatvorenim kolom

Model (Slika 1.) uključuje pacijenta i poluzatvoreno kolo koje se koristi za doziranje anestetika [4]. Proračun modela pacijenta počinjemo predstavljajući diferencijalnih jednačina :

$$y_1' + a_1 y_1 = K_1 a_1 u(t - \tau_1) \quad (1)$$

$$y_2' + a_2 y_2 = K_2 a_2 u(t - \tau_2) \quad (2)$$

gde je osetljivost na isofluran predstavljeno parametrima $K_1=3$ i $K_2=7.3$, vremenske konstanta kašnjenja sistema koje proizilaze iz apsorpcije, distribucije i biotransformacije medikamenta sa $\tau_1=23s$, $\tau_2=101s$ i recirkulacija frakcije sa $a_1=0.01$ i $a_2=0.006$.

Veza između priliva isoflurana koji je u ovom slučaju ulazna veličina rezultujućeg MAP (glavni arterijski pritisak) koji je u ovom slučaju izlazna veličina iskorišćena je za modelovanje, kao suma dva uslova I reda. Svaki od uslova je sa vremenskim kašnjenjem.

Ako nam je na ulazu step funkcija $U(s)=1/s$, funkcija prenosa između izlaza $Y(s)$ i ulaza $U(s)$ glasi:

$$Gp(s)=\frac{Y(s)}{U(s)}=K_1\left[1-\frac{s}{s+a_1}\right]e^{-\tau_1s}+K_2\left[1-\frac{s}{s+a_2}\right]e^{-\tau_2s} \quad (3)$$

Nakon Z-modifikovane transformacije dobijamo diskretnu funkciju prenosa:

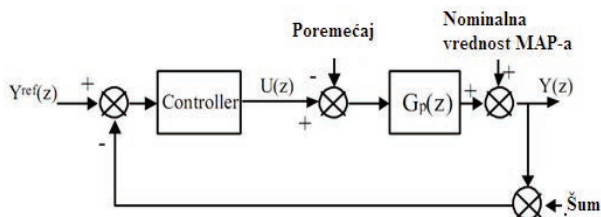
$$Gp(z)=\frac{-0.20282z^{10}+0.10834z^9+0.077855z^8-0.383z^2+0.30585z+0.037436}{z^{13}-1.8466z^{12}+0.85214z^{11}} \quad (4)$$

Diskretna funkcija prenosa predstavlja farmako-dinamički (matematički) model pacijenta uključujući poluzatvoreno kolo koje služi za simulaciju diskretnog sistema.

3. REALIZACIJA FAZI REGULATORA

Fazi logiku je prvi put predstavio Zadeh 1965 [6]. Tokom poslednjih dvadeset godina fazi logika je postala jedna od najatraktivnijih i najplodnijih područja istraživanja za rešavanje inženjerskih problema.

Fazi logika je alternativa konvencionalnim kontrolnim metodama. Primenjuje se u linearnim i nelinearnim sistemima korišćenjem istraživačkih i matematičkih informacija.



Slika 2. Blok šema diskretnog sistema

Slika 2. predstavlja diskretni sistem sa povratnom spregom. U fazi regulatoru treba primeniti određena pravila koje sam anesteziolog primenjuje tokom manualnog podešavanja sistema.

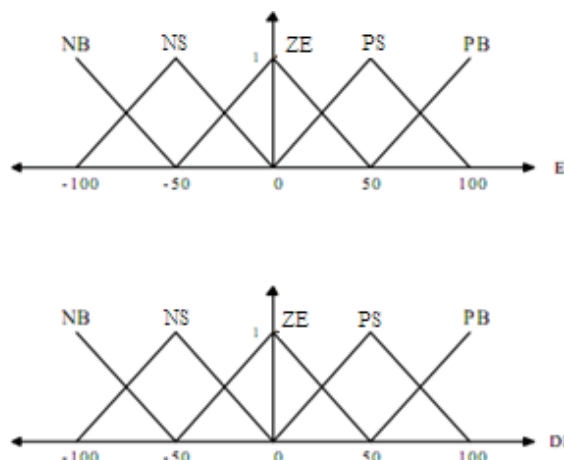
Dakle, kontroler treba da odmeni anesteziologa i učini njegov posao lakšim kako bi se on usredsredio na podešavanjem drugih parametara, od vitalne važnosti za pacijenta. Drugim rečima znanja i iskustva anesteziologa treba da budu upakovani (eng. embedded) u kontroler.

Zahvaljujući toj činjenici koristimo fazi kontroler. Nominalna vrednost MAP-a koja se koristi u simulaciji je 70mmHg. U sistem uključujemo poremećaj da vidimo kakav će biti odziv i koliko je uticaj na izlaznu karakteristiku.

Izlaz kontrolera je limitiran antiwindup integratorom da ne bi došlo do predoziranja pacijenata što bi dovelo do destabilizacije MAP-a a takođe i vitalnih parametara pacijenta. Upotrebom antiwindup integratora doprinosi se ukupnoj stabilnosti sistema.

Gornja i donja granica za isofluran podešena je za optimalno stanje pacijenta je 4% i 0%. Na ulazu zadajemo željenu vrednost MAP-a koju treba da prati izlazna karakteristika. Promenom fazi pravila i parametara modela dolazimo do najbolje moguće izlazne karakteristike.

U ovom radu koristimo Sugeno tip fazi zaključivanja. Prednosti Sugeno metode: računski efikasnija, dobro radi sa linearnim tehnikama, dobro radi sa optimizacionim i adaptivnim tehnikama, pogodnija je za matematičku analizu i dr. Fazi regulator je projektovan tako da izlazna karakteristika u što je moguće većoj meri prati željenu vrednost MAP-a.



Slika 3. Funkcije pripadnosti

Slika 3. predstavlja ulazne funkcije pripadnosti fazi kontrolera.

Prvi ulaz je greška između referentne (željene) vrednosti MAP-a i stvarne vrednosti MAP-a.

Drugi ulaz predstavlja promenu greske tj. razliku između nove i stare vrednosti greške.

Skraćenice NB, NS, ZE, PS, PB se odnose na lingvističke promenljive: Jako Negativno, Malo Negativno, Nula, Malo Pozitivno i Jako Pozitivno (slika 4).

Referentne vrednosti promenljivih koje su korišćene u podešavanju Fazi regulatora dobijene su snimanjem i odabirom podataka tokom operacije pacijenta, pod kontrolom anesteziologa [3].

4. FAZI MODEL DISKRETNOG SISTEMA

Na slici 4. prikazan je diskretni sistem za kontrolu krvnog pritiska tokom anestezije realizovan u Matlab/Simulinku.

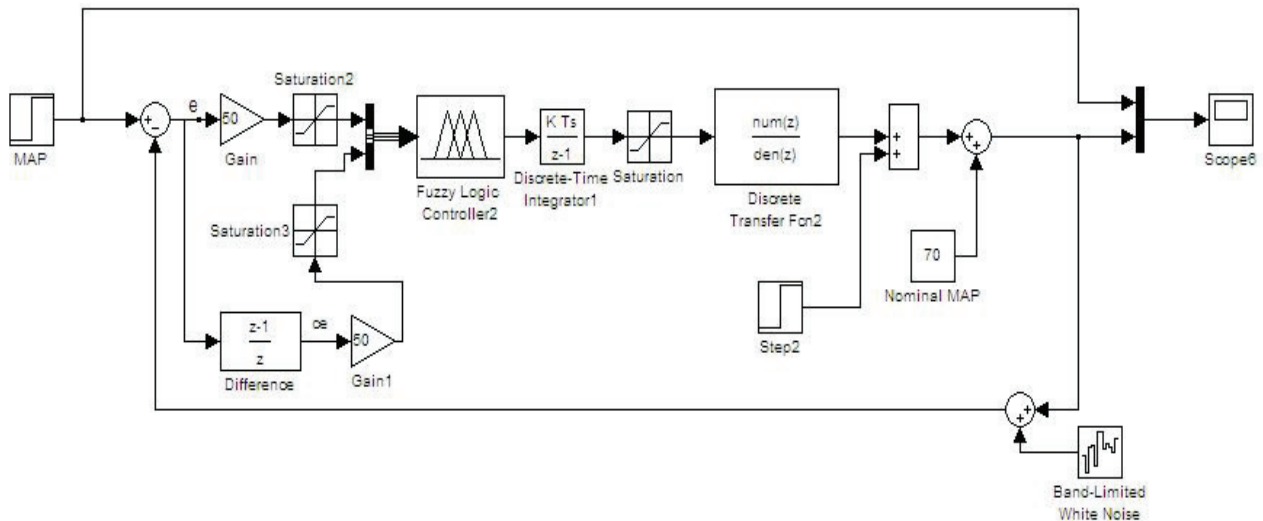
Na ulaz sistema dovodimo step signal koji predstavlja željenu vrednost krvnog pritiska koju želimo da kontrolišemo.

Pojačan i ograničen signal greške dovodi se na prvi ulaz Fazi regulatora. Drugi ulaz fazi regulatora je promena greške koja predstavlja razliku između nove i prethodne vrednosti greške.

$$\Delta e(k)=e(k)-e(k-1) \quad (5)$$

$$\frac{\Delta e(k)}{e(k)}=1-z^{-1} \quad (6)$$

Fazi regulator (Sugeno tip) prihvata ulaze i na osnovu sistema zaključivanja dobijamo izlaz iz fazi regulatora. Signal iz Fazi regulatora se dalje vodi na antiwindup integrator da ne bi došlo do pojave windupa. Signal smo dalje ograničili.



Slika 4. Diskretni sistem sa Fazi regulatorom

Primenom antiwindup integratora i bloka za ograničenje signala za kontrolu isoflurana izbegli smo predoziranje pacijenta i dobili na ukupnoj stabilnosti sistema. Nominalna vrednost krvnog pritiska je 70mmHg. Radi testiranja sistema dodali smo poremećaj i šum da vidimo koliki će uticaj biti na odziv sistema. Na izlaznoj karakteristici (poglavlje 6) se vidi neznatan uticaj poremećaja i šuma koji ne utiče na stabilnost i na performanse sistema.

5. PRIMER POREĐENJE DISKRETNOG SISTEMA SA FAZI REGULATORYM

Kao primer poređenja uzeli smo diskretan sistem sa PID regulatorom, kako bi snimili odziv sistema i samim tim dokazali opravdanost primene Fazi regulatora.

PID kontroler je jedan od prvih industrijskih kontrolera. Njegove prednost je niska cena na tržištu, jednostavan je i lak za podešavanje. Našao je svoju primenu u mnogim industrijskim procesima gde je pokazao svoju efikasnost [5].

Postoje tri osnovna zakona upravljanja :

1. Proporcionalno
2. Integralno
3. Diferencijalno

Kombinovanje tri osnovna zakona upravljanja dobija se PID regulator čije se ponašanje može opisati jednačinom:

$$u(t) = K_p + K_i \int_0^t e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt} = K_p \left(e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + T_d \frac{de(t)}{dt} \right) \quad (7)$$

Funkcija prenosa je tada sledećeg oblika:

$$G_{pid}(s) = \frac{U(s)}{E(s)} = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right) \quad (8)$$

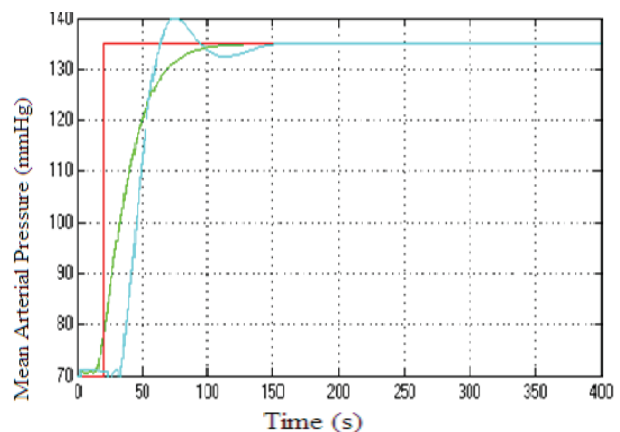
PID regulator ima tri podesiva parametara: pojačanje K_p , integralnu vremensku konstantu T_i i konstantu diferenciranja T_d . Prisustvo proporcionalnog, integralnog i dife-

rencijalnog zakona u ovom regulatoru omogućava dobijanje željenih performansi sistema kao što su: stabilnost, brzina reagovanja, tačnost rada i vreme trajanja prelaznog procesa.

U ovom radu hteli smo da pokažemo primenu PID regulatora u jednom nelinearnom procesu. Diskretan sistem sa PID regulatorom ima identičnu strukturu kao i diskretan sistem sa fazi regulatorom, stim što je fazi regulator zamenjen PID regulatorom. Na ulaz se dovodi step signal koji predstavlja željenu vrednost krvnog pritiska (MAP-a) koju želimo da održavamo.

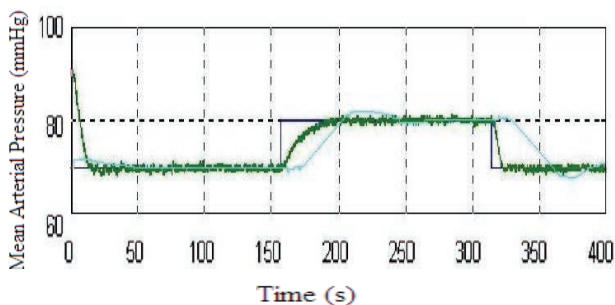
6. REZULTATI SIMULACIJE U MATLABU

Radi testiranja performansi Fazi i PID regulatora primenjenih u diskretnom sistemu na ulaz smo doveli step signal (slika 5). Upoređujući dobijene rezultate simulacije, izlazne karakteristike na zadatu željenu vrednost diskretnog sistema sa Fazi regulatorom i diskretnog sistema sa PID regulatorom možemo primetiti značajno bolje rezultate simulacije primenjujući Fazi regulator. Dakle primena Fazi regulatora je opravdana u ovakvim sistemima, gde PID regulator ne može odgovoriti na zahteve jednog nelinearnog procesa.



Slika 5. Step odziv diskretnog sistema sa Fazi i Pid regulatorom

Radi što boljeg testiranja diskretnog sistema na ulaz smo doveli malo složeniji signal, da bi utvrdili kako će sistem održavati željenu vrednost signala.



Slika 6. Izlazna karakteristika Fazi i PID regulatora

Na slici 6 možemo primetiti da izlazna karakteristika dobijena kao rezultat simulacije diskretnog sistema sa Fazi regulatorom dobro prati ulaznu karakteristiku tj. željenu vrednost krvnog pritiska. Takođe ako posmatramo izlaznu karakteristiku u diskretnom sistemu sa PID regulatorom možemo primetiti da izlazna karakteristika nedovoljno dobro prati ulaznu karakteristiku tj. željenu vrednost krvnog pritiska. Možemo zaključiti da se PID regulator ne može sa potpunom sigurnošću i bezbednošću primeniti u ovakvim sistemima. Primenom diskretnog sistema sa Fazi regulatorom dobijamo bolje rezultate simulacije za različite ulazne signale.

7. ZAKLJUČAK

Fazi logika je našla primenu u biomedicinskom inženjeringu, kada postoji potreba za inteligentnim i naprednim upravljanjem.

Ovaj rad predviđa kontrolu krvnog pritiska (MAP-a) tokom anestezije. Farmako-dinamički model tj. njegova prenosna funkcija predstavlja pacijenta pod uticajem medikamenata uključujući poluzatvoreno kolo (dozer).

Sugeno tip fazi zaključivanja kod Fazi kontrolera primenjen je za kontrolu krvnog pritiska. Performanse sistema su testirane promenom željene vrednosti na ulazu. Rezultati simulacije pokazuju da izlazna karakteristika prati željenu vrednost na ulazu.

Radi testiranja uzeli smo u razmatranje PID kontroler. Rezultati simulacije pokazali su lošije performanse u odnosu na Fazi kontroler. Samim tim je opravdana primena Fazi kontrolera u ovom diskretnom sistemu. Primena ovakvih sistema u značajnoj meri olakšava rad anesteziolozima a samim tim doprinosi bezbednosti i komforu pacijenta u operacionoj sali.

Prikazani diskretni sistem može se primeniti u realnim uslovima uz odgovarajući hardver. Programiranje i simulacija se vrše u "Fuzzy Tech" programskom paketu. Program se direktno spušta na Fazi kontroler uz prethodni monitoring. Dalja istraživanja treba bazirati na dobijanju što realnijeg modela pacijenta i što boljem formiranju fazi pravila.

8. LITERATURA

- [1] <http://en.wikipedia.org/wiki/Anesthesia> 14.06.2011
- [2] Konrad Sledden Stadler "Modeling and Control in a Anaesthesia", 2003
- [3] Marco Paolo Derighetti "Control in Anesthesia", 1999
- [4] R. Meier, J. Nieuwland, A. M. Zbinden and S. S. Hacısalihzade, "Fuzzy Logic Control of blood pressure during Anaesthesia", IEEE Control Systems Magazine, vol.12, no. 9, pp. 12-17, 1992
- [5] SAU, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet Tehničkih Nauka, 2010

Kratka biografija:



Veljko Jovančić rođen je u Kruševcu 1982. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Automatsko upravljanje odbranio je 2011.god.

**FTTH MREŽNA INFRASTRUKTURA – TEHNIČKO REŠENJE ZA IMPLEMENTACIJU
FTTH INFRASTRUCTURE- TECHNICAL SOLUTION FOR THE IMPLEMENTATION**Marko Stankov, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – Tema ovog rada je upoznavanje i implementacija FTTH tehnologije u konkretnom objektu na području Novog Beograda. Posle kratkog uvoda o korišćenim tehnologijama, dat je opis postupka implementacije mreže kao i objašnjenje korišćenih optičkih elemenata.

Abstract – The subject of this paper is introduction and implementation of FTTH technology to the subscribe user at municipality of Novi Beograd. Description of the implementation is given, following a brief overview of technologies used in developing proces.

Ključne reči: FTTB, FTTC, FTTH mrežna infrastruktura, optički kablovi.

1. UVOD

U ovom radu predstavljena je FTTH (Fiber To The Home) mrežna infrastruktura, kao i njena implementacija u objektu B5, blok 29, na području opštine Novi Beograd. Opisana je korišćena oprema i postupak implementacije optičkog FTTH sistema za zadati objekat. Prikazane su različite strukture FTTx sistema, osnove njihovog funkcionisanja i implementacije. Posebna pažnja je posvećena usvojenom tehničkom uputstvu koje predstavlja osnovnu odrednicu za izgradnju FTTH mreže u pomenutom objektu. Ovo tehničko rešenje usledilo je nakon obilaska terena, tehničko- ekonomske analize, raspoložive opreme, kao i predstavljenih osnovnih podataka o objektu. Priloženi su i nacrti šema po kojoj je rađena instalacija mreže. U radu su predstavljena i karakteristična slabljenja splitera u zavisnosti od načina multipleksiranja. Opisan je kriterijum za prenos optičkih signala kada su u pitanju ovakve mreže. Detaljno su opisane vrste kablova koji se sprovode do samog krajnjeg korisnika, kao i koji broj vlakana je moguće dovesti do njega. Predstavljena je i podela optičkih kablova na jednomodna i multimodna optička vlakna. Na osnovu opisane infrastrukture se svakodnevno širom Evrope razvijaju projekti na temu FTTH infrastrukture.

2. OPTIČKI KABLOVI

Poslednjih godina postalo je jasno da su optička vlakna počela da zamenjuju bakarne kablove kada su u pitanju prenosi telekomunikacionih signala. Optički sistemi imaju mogućnost prenosa signala na veliku daljinu, a optičke mreže zauzimaju primat u prenosu ovakvih signala i njene usluge koriste razni sistemi kao što su kablovska

televizija, poslovne zgrade, industrijski kompleksi, internet, i mnogi drugi. Osnovna podela optičkih kablova je na jednomodna i multimodna optička vlakna. Jezgro jednomodnog optičkog vlakna ima prečnik od 8.3 do 10 mikrona, što implicira mnogo manju njegovu vrednost od jezgra multimodnog vlakna. Jednomodno vlakno se koristi u prenosu u kom se vrši talasno multipleksiranje. Multimodno optičko vlakno ima prečnik jezgra od 50 do 100 mikrona. Ovakva vrsta vlakna obezbeđuje široki propusni opseg. Osnovni princip prenosa je da se svetlosni signal raspršuje u više putanja, *modova*. Takođe, postoji i *step-index* vlakno, koje ima različite indekse prelamanja u jezgru i omotaču. U slučaju vlakna sa gradijentnim indeksom prelamanja, indeks zavisi od udaljenosti od centra jezgra. Kada je u pitanju dizajn optičkih kablova, osnovna podela je na kablove sa slobodnim vlaknima u cevčicama i čvrsto punjene kablove. Praksa je pokazala mnoge prednosti tvrdo punjenih kablova u odnosu na slobodna vlakna (mehanička, zaštita od nečistoća, nije potreban zaštitni gel, itd.).

3. RASPOLOŽIVE TEHNOLOGIJE

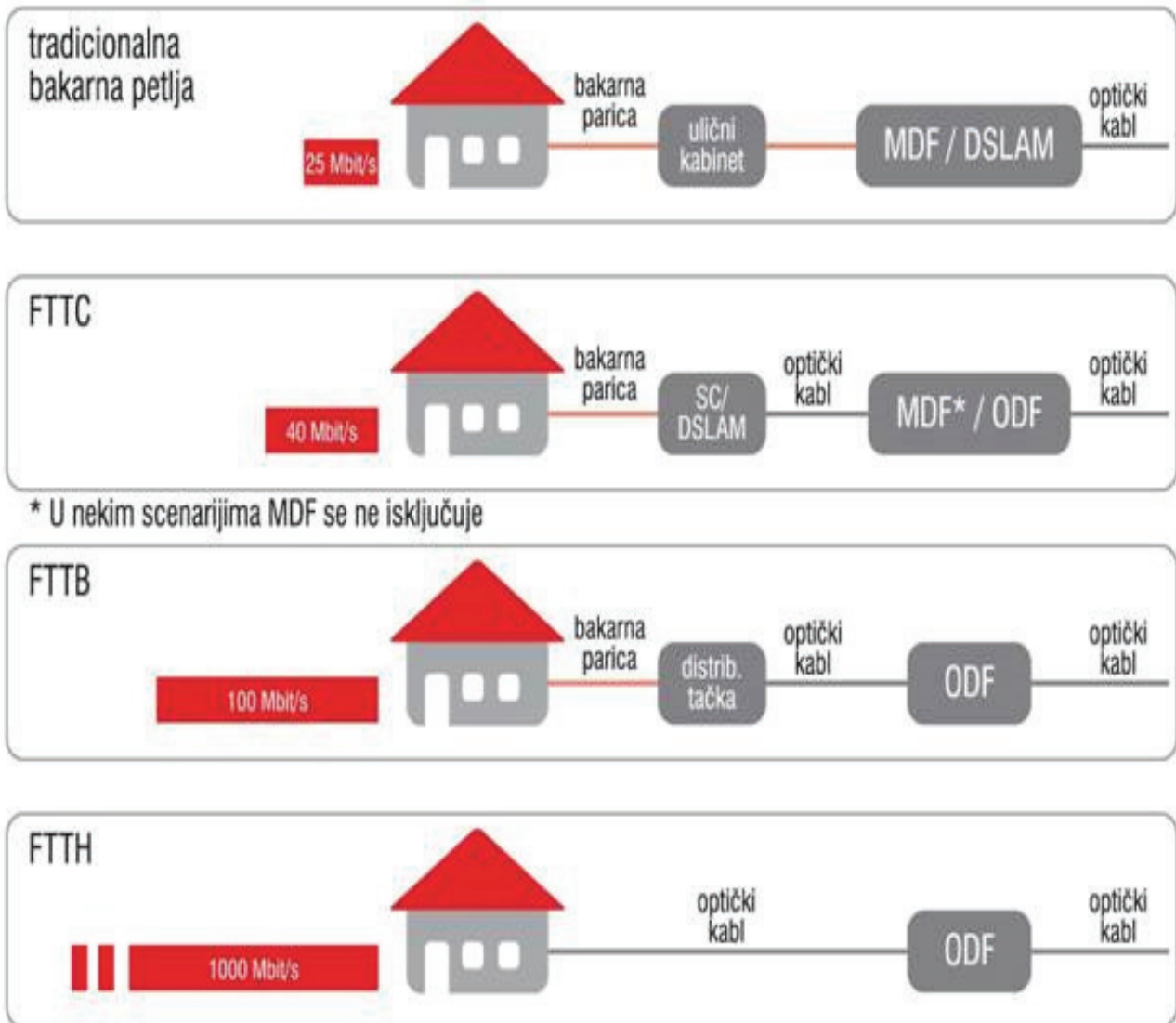
Veze između krajnjih centrala i krajnjih korisnika još uvek su, u većini mreža za pristup na globalnom nivou, realizovane pretežno preko kablova sa simetričnim bakarnim paricama, položenih uglavnom u kablovsku kanalizaciju, ili postavljenih delom i po stubovima. Iako su krajnje centrale u većini slučajeva povezane na okosnicu mreže kablova sa optičkim vlaknima, protok koji je korisnicima na raspolaganju ograničen je, i to, pre svega, dužinom i kvalitetom lokalne bakarne petlje. Masovnije uvođenje naprednih mreža za pristup je od fundamentalnog značaja za većinu pružalaca elektronskih komunikacionih usluga koji planiraju da svojim korisnicima ponude zahtevne usluge sa velikim protokom.

3.1 FTTC, FTTB, FTTH

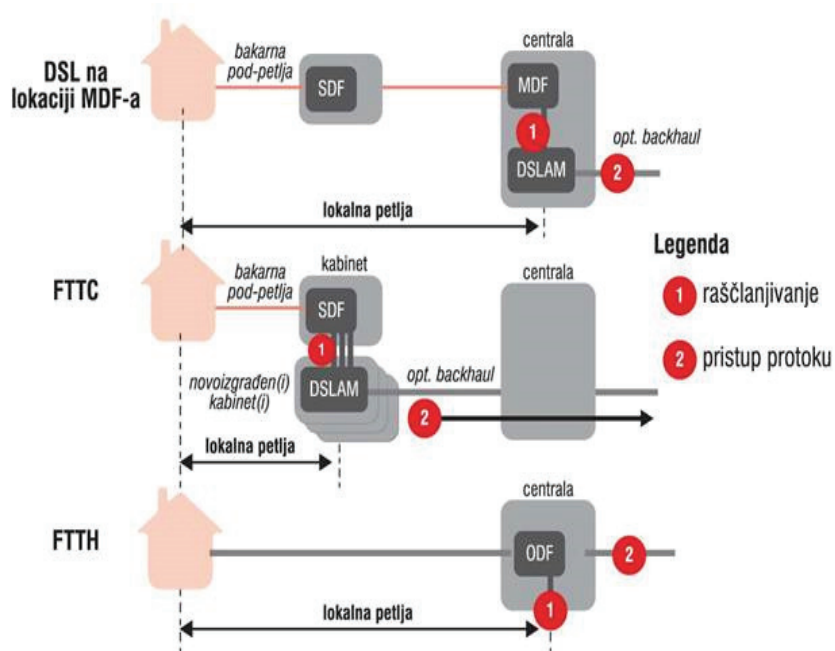
U slučaju optike do kabineta kablovi se polažu od komutacionog čvora do uličnog kabineta. Između kabineta do krajnjeg korisnika se može koristiti VDSL tehnologija. Neophodno je DSLAM instalirati u ulični kabinet u kom se završava bakarna petlja. U gornjem hijerarhijskom sloju mreže potrebno je instalirati Ethernet/Switch u kom bi se procesirao saobraćaj sa više DSLAM-ova (oko 30 po switch-u). Optika uvedena između uličnog kabineta i komutacionog čvora u FTTC scenariju može se smatrati perspektivnim rešenjem, jer se u daljem razvoju mreže za pristup može koristiti i tehnologija pasivnih optičkih mreža (PON). Ograničenjem mogućih konfiguracija, mogu se minimizirati posledice interferencije.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Željko Trpovski, vanr.prof.



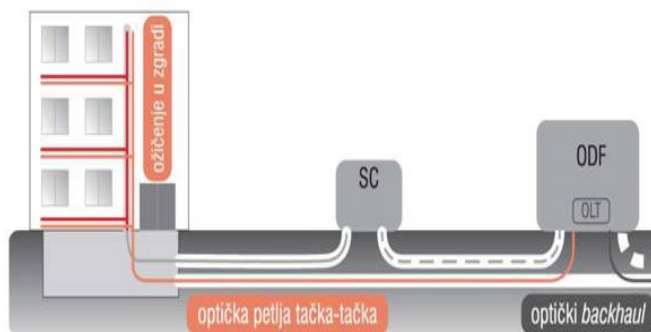
Slika 1. Arhitektura mreže za pristup koja je izgrađena kablovima sa optičkim vlaknima sa tipičnim maksimalnim protocima



Slika 2. Tačke pristupa u lokalnoj petlji realizovanoj korišćenjem različitih tehnologija

U slučaju FTTH (optika do zgrade) kabl se vodi do zgrade, veoma blizu lokacije korisnika. Dalje se mreža može izvesti prema korisnicima kao *point-to-point*, ili *point-to-multipoint*. U ovom rešenju, pristup pretplatničkoj petlji je na jedinici ONU, u kojoj se ostvaruje optoelektronska konverzija, a koja može biti DSLAM, MSAN, Ethernet/Switch, itd. FTTH predstavlja optičko rešenje u lokalnoj petlji u kome se kabl sa optičkim vlaknima dovodi do lokacije krajnjeg korisnika, čime je omogućeno da se korisniku pruže širokopojasne usluge sa protokom od 100 Mbit/s do više Gbit/s po jednom korisniku.

Ne postoji univerzalno rešenje arhitekture podesno za sve, čak ni u ovom scenariju, tako da operatori moraju sami da donesu odluku, a na raspolaganju im je izbor između dva osnovna koncepta: tačka – tačka, ili tačka – više tačaka, koji se generalno označava kao PON rešenje (*Passive Optical Network* – pasivna optička mreža). U P2P scenariju (Slika 3) svakom korisniku se dodeljuje sopstveni pun bidirekcionni propusni opseg sa OLT (Optical Line Terminal Unit). U P2MP konceptu OLT služi kao kontrolna tačka za celu mrežu. Jedno optičko vlakno povezuje OLT sa optičkim deliteljima.



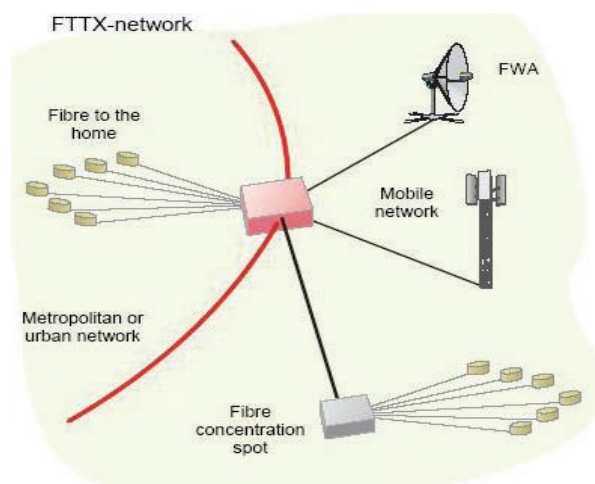
Slika 3. FTTH koncept PTP

3.2 Osnovi FTTH mrežne infrastrukture

Uobičajeno je da je FTTH mreža deo već postojeće pristupne mreže, koja povezuje veliki broj krajnjih korisnika sa centralnom tačkom koja se naziva *pristupni čvor* (*Access Node*). Ovaj deo obezbeđuje servise i aplikacije koji se prenose do krajnjeg korisnika preko optičkih vlakana. Svaki pristupni čvor FTTH mreže je povezan sa velikim brojem optičkih kablova koji su deo velikih gradskih ili područnih mreža, i koje takođe imaju svoje pristupne čvorove. Pristupne mreže se mogu povezivati na fiksne wireless mreže, bazne stanice, korisnike u domaćinstvima, veće zgrade. FTTH se može smatrati kao deo FTTx rejonu, kao što je i prikazano na slici 4.

Bitno je naglasiti da se pasivne optičke mreže (PON) razlikuju od Point to Point Ethernet konfiguracija prvenstveno po broju vlakana u napojnom optičkom kablju (Feeder cable). PON arhitektura se bazira na jednom optičkom drajveru koji opslužuje 64 (ponekad i 128) krajnja korisnika. Pasivni spliteri, koji su smešteni u pristupnom čvoru ili u nekoj od distribucionoj tačaka, obezbeđuju signal ka krajnjem korisniku. P2P Ethernet mreže imaju nešto drugačiju konfiguraciju: svakog krajnjeg korisnika opslužuje po jedan optički port, naravno preko odgovarajućih optičkih kablova. Ukoliko se obe ove konfiguracije žele relizovati preko pasivne

infrastrukture, potrebno je poznavati maksimalan broj vlakana u napojnom kablju.

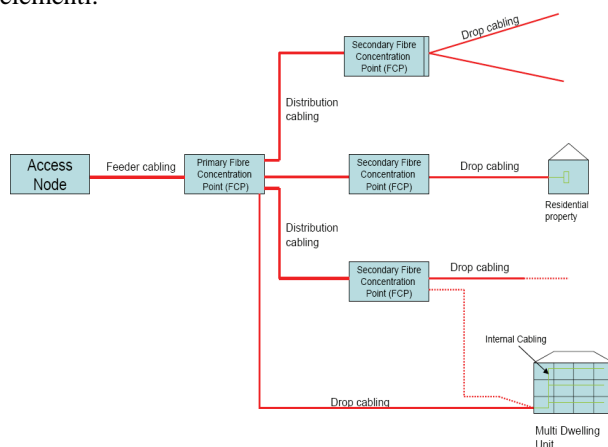


Slika 4. FTTH kao deo FTTx rejonu

Okruženja mrežne infrastrukture se uopšteno mogu podeliti na gradska, ruralna i stambena. Na cenu razvoja infrastrukture najviše utiču FTTH okruženje, veličina FTTH mreže, početne cene elemenata mreže, tekuće cene održavanja mreže, oblast u kojoj je mreža izgrađena, arhitektura, pravila i zakoni koji važe na lokalnom nivou. Troškovi razvoja optičkih vlakana smanjeni su primenom različitih tehnologija implementacije kablova u zemlju. Neke od tih tehnologija su: podzemno polaganje cevi i kablova; mikrocevi i kablovi; direktno pokopavanje kablova; vazdušni kablovi. Za svako okruženje optimalna razvojna rešenja moraju biti usklađena sa efikasnim dizajnom infrastrukture mreže.

3.3. Osnovni elementi FTTH mreže

Osnovni elementi FTTH mreže su (Slika 5): pristupni čvor, napojni kabl, primarne tačke koncentracije napojnih kablova (FCP), distribicioni kablovi, sekundarne tačke koncentracije optičkih kablova, *drop* kablovi, interni kablovi (koji se sprovode do krajnjeg korisnika). Osnovni element je pristupni čvor, koji fizički predstavlja manju prostoriju ili sobu u kojoj su sadržani glavni elementi.



Slika 5. Glavni elementi FTTH mreže

Napojni kablovi se prostiru od zgrade pristupnog čvora do tačke primarne koncentracije kablova. Sastoje se od velikog broja vlakana i mogu pokriti dužinu od nekoliko

kilometara pre terminacije. Napojni kablovi se na kraju terminiraju i povezuju sa distribucionim kablovima. To se radi u primarnoj tački koncentracije. Distribicioni kablovi imaju manji broj vlakana od napojnih, obično od 48 do 192. U sekundarnoj tački koncentracije se završavaju distribicioni kablovi, a počinje *drop* kabliranje. Ona se može nalaziti u zemlji ili vazduhu. Drop kablovi su poslednji u vezi do krajnjeg korisnika, pokrivaju razdaljinu od oko 500m. Na samom kraju, interno kabliranje podrazumeva sprovod kablova do objekata u kojim se nalazi krajnji korisnik.

3.4 Tehničko rešenje za izgradnju u objektu B5, blok 29, opština Novi Beograd

Projektni zadatak se odnosi na izgradnju optičke pristupne telekomunikacione mreže na pomenutom području. Objekat B5 u bloku 29 sastoji se iz dve lamele sa po tri ulaza (vertikale) u svakoj. Obe lamele imaju po šest spratova. Bočni ulazi imaju po tri stana na spratu, a srednji po dva. Ukupan broj rezidencijalnih korisnika je 96 (po 48 u svakoj lameli), dok je prizemlje rezervisano za poslovni prostor. Bazira se na PON P2MP arhitekturi. Usvojeno tehničko rešenje usledilo je na osnovu obilaska terena, tehničko-ekonomске analize i trenutno raspoložive opreme uz poštovanje zahteva da instalacije unutar objekta zadovolje sadašnje i buduće potrebe. Predviđeni elementi za instalaciju su sledeći: ODO (FDH) ormari-optički distributivni ormari koji se montiraju u prizemlju ili podrumu objekta; OSO (FDB) ormari-optički spratni ormari, montiraju se na svakoj etaži. U njima se vrši prelaz sa distribucionih na drop kabliranje; Spliteri-montiraju se u ODO ormarima. Predviđa se deobni odnos 1:32 i 1:64 u zavisnosti od veličine ulaza/objekta; Distributivni optički kablovi-razvode se vertikalno od ODO do OSO ormara; Instalacioni optički kablovi-razvode se od OSO ormara do svakog stana pojedinačno; Završna optička kutija (ZOK)-u njoj se u stanovima završavaju instalacioni kablovi. Osnovni kriterijum za kvalitet prenosa u optičkoj pristupnoj mreži je ukupno slabljenje i potrebno je voditi računa da ukupno slabljenje na linku ne pređe dozvoljene granice. Računa se po formuli:

$$A[\text{dB}] = \alpha \cdot L + \alpha_s \cdot X + \alpha_k \cdot Y + \sum \alpha_{1:n} \cdot Z + M \quad (1)$$

Objekat B5 povezuje se optičkim kablovima OK1 i OK2 na uređaje locirane na ATC Novi Beograd. Koriste se optički kablovi sa monomodnim vlaknima. Optičke kablove OK1 (TOSM 12xIIx0,4x3,5 CMAN G652D) i OK2 (TOSM 12xIIx0,4x3,5 CMAN) treba polagati od galerije u ATC NBG kroz odgovarajuća okna telekomunikacione kanalizacije do prostorija predviđenih za TS (mesto koncentracije) u objektu. Između svake lamele i odgovarajućeg okna predviđena je PVC cev Ø110 u koju je potrebno uvući 2 PE cevi prečnika Ø40. Optičke kablove OK1 i OK2 potrebno je završiti u prostorijama u objektu, na odgovarajućem optičkom distributivnom kabinetu. Veoma je bitno planirati i rezervu kabla.

4. ZAKLJUČAK

U radu je prikazan osnovni koncept Fiber To The Home mrežne infrastrukture kao i primer njene praktične primene u vidu projekta koji je realizovala firma Telekom Srbija. Opisana je korišćena oprema i postupak implementacije optičkog FTTH sistema za zadati objekat. Prikazane su različite strukture FTTx sistema, osnove njihovog funkcionisanja i implementacije. Takođe, predstavljeni su osnovni elementi Fiber To The Home mreže.

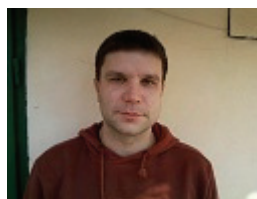
Posebna pažnja je posvećena usvojenom tehničkom uputstvu koje predstavlja osnovnu odrednicu za izgradnju FTTH mreže u objektu B5, u bloku 29 na Novom Beogradu. Ovo tehničko rešenje usledilo je na osnovu obilaska terena, tehničko-ekonomске analize, raspoložive opreme kao i predstavljenih osnovnih podataka o objektu. Priloženi su i nacrti šeme po kojoj je rađena instalacija mreže u datom objektu.

Takođe, predstavljena su i karakteristična slabljenja splitera u zavisnosti od načina multipleksiranja. Kada je u pitanju projektovanje FTTH sistema ključno je razumeti izazove i potencijalne probleme koji mogu nastati prilikom planiranja i same izgradnje. Podaci koji su se koristili u projektovanju mreže na zadatom objektu mogu biti značajni za dalje projektovanje ove vrste mreža u našoj zemlji.

5. LITERATURA

- [1] J. Hecht, „Understanding fiber optics“, 1995.
- [2] Mohd Noor Derehman, „Fiber To The Home (FTTH) architecture: design and optimization“, 2009.

Kratka biografija:



Marko Stankov rođen je u Vrbasu 1985. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Komunikacione tehnologije i odbrana signala odbranio je 2011.god.

PROTOTIP BEŽIČNOG SENZORSKOG ČVORA ZA PRAĆENJE MIKROKLIMATSKIH USLOVA U OBJEKTIMA ZAŠTIĆENOG PROSTORA**A WIRELESS SENSOR NODE PROTOTYPE FOR MONITORING MICROCLIMATIC CONDITIONS IN GREENHOUSES**

Stevica Đukić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – Zaštićeni objekti su objekti velike površine i klimatski uslovi u njima mogu da variraju u više tačaka. Poslednjih godina, Bežične Senzorske Mreže (BSM) koriste se kao merni sistemi u plastenicima za praćenje lokalnih klimatskih parametara. Ovaj rad opisuje praktičnu realizaciju senzorskog čvora, odnosno noda (SN) i jednostavnu eksperimentalnu postavku BSM-e unutar plastenika. Testiranjem performansi SN-a, pouzdanosti komunikacije i preciznosti senzora ispitivane su mogućnosti korišćenja BSM-a za praćenje mikroklimatskih uslova u zaštićenim objektima.

Abstract – Greenhouses have a very extensive surface where the climate conditions can vary at the different points. In the last years, Wireless Sensor Networks (WSN) are becoming an important measuring solution of greenhouses for tracing down the local climate parameters. This paper describes the implementation of the sensor node (SN) and simple experimental setup of WSN in a greenhouse. Testing the performances of sensor node, communication reliability and accuracy of sensors, the possibilities of using WSNs to monitor the microclimate conditions in greenhouses were investigated.

Ključne reči: Bežična senzorska mreža, Senzorski čvor, Mikroklimatski uslovi, Zaštićeni objekti

1. UVOD

Proizvodnja u zaštićenom prostoru predstavlja najintenzivniji oblik gajenja biljaka i ima izuzetan biološki i ekonomski značaj. Na ovaj način osigurava se konzumacija svežeg povrća u jesenjim, zimskim i prolećnim mesecima čime se zatvara godišnji ciklus proizvodnje. Proizvodnja i uzgajanje biljaka u objektima zaštićenog prostora predstavlja najbolji primer uticaja mikroklimatskih uslova na kvalitet i intezitet biljne proizvodnje. Mikroklimatski parametri koji se prate su osvetljenost objekta, temperatura zemljišta i vazduha, vlažnost vazduha i zemljišta i sastav i kvalitet vazduha, gde se prvenstveno misli na koncentraciju ugljendioksida u vazduhu. Stalno praćenje ovih parametara je značajno sa aspekta dobijanja mikroklimatske slike koja pruža informacije o njihovom uticaju na razvoj i kvalitet biljke. U modernim plastenicima i staklenicima potrebno je postaviti više mernih tačaka kako bi imali uvid u

kompletnu mikroklimatsku sliku objekta. Postavljanje senzorske opreme i njeno ožičavanje unutar objekta predstavljalo bi veoma komplikovan i skup proces. Stoga, sve više istraživanja okrenuto je korišćenju bežičnih tehnologija za praćenje mikroklimatskih uslova u objektu. Jedno atraktivno i isplativo rešenje pronađeno je u korišćenju BSM-a za formiranje sistema za merenje. Mali SN-ovi, opremljeni sa radio komunikacijom i sensorima mogu efikasno da rade i pod teškim uslovima, a velika prednost u odnosu na ožičene senzorske elemente ogleda se u njihovoj mobilnosti.

Rinnavando grupa [1] sprovela je istraživanja vezana za korišćenje BSM-a za praćenje mikroklimatskih parametara u zaštićenim objektima za proizvodnju paradajza u južnoj Italiji. Oni su u okviru BSM-e koristili Sensicast uređaje za merenje temperature vazduha, vlažnosti vazduha i temperature zemljišta. Takođe, razvili su i aplikaciju za praćenje mikroklimata zasnovanu na WEB okruženju. Test okruženje predstavlja plastenik veličine 20 x 50 m. Šest Sensicast čvorova postavljeno je u dva reda na rastojanju 12.5 m jedan od drugog. Jedan čvor prikuplja podatke od ostalih SN, koji emituju merenja temperatura i vlažnosti na svaki minut.

Teemu Ahonen, Reino Virrankoski i Mohammed Elmusrati sa Vaasa univerziteta rade na razvoju SN-a za potrebe praćenja mikroklimatskih uslova u plastenicima u gradu Närpiö u Finskoj. Oni su integrisali Sensinode Micro.2400 U100 platformu sa tri senzora koja mere četiri klimatska parametra. Rad čvora testiran je postavljanjem jednostavne BSM-e u plastenik. Tokom jednodnevnog testiranja, sakupljeni su podaci kako bi se ocenila pouzdanost mreže i sposobnost da detektuje razlike u mikroklimi, koji postoje u objektima između gornjih i donjih slojeva. Pokazano je da mreža i SN-ovi mogu da detektuju lokalne razlike u parametrima uzrokovane spoljašnjim uticajima kao što su veća ili manja osunčanost objekta [2].

U ovom radu prikazali smo jedno rešenje SN-a koje predstavlja integraciju Mülle platforme [3], originalno razvijene na Luleå tehničkom univerzitetu (LTU), sa tri komercijalna senzora koja su sposobna za merenje četiri klimatska parametra - temperature vazduha, vlažnosti vazduha, pritiska i osvetljaja. Testiranjem njegovih performansi, pouzdanosti komunikacije i preciznosti senzorskih komponenti, putem jednostavne eksperimentalne postavke BSM-e u objektu, poduzeti su prvi koraci ka ispitivanju mogućnosti korišćenja BSM-a za potrebe praćenja mikroklimatskih uslova u zaštićenim objektima.

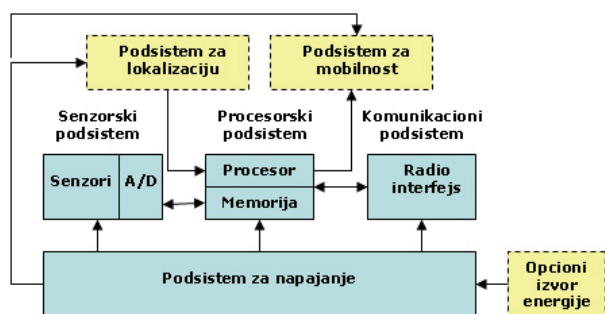
NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Veljko Malbaša, redovni profesor.

2. ARHITEKTURA SENZORSKOG ČVORA

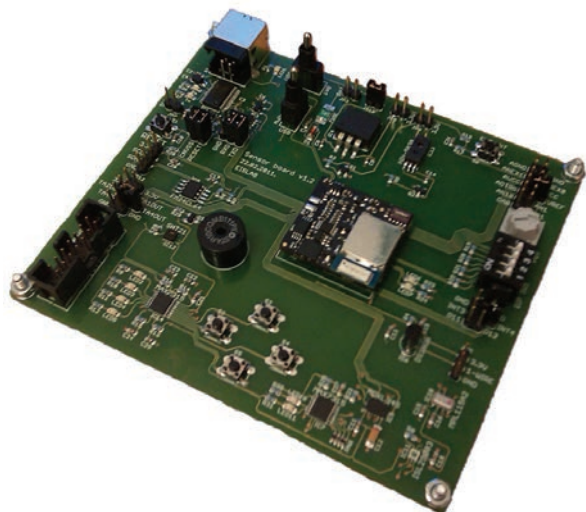
Senzorski čvorovi predstavljaju male multifunkcionalne platforme koje se koriste za prikupljanje podataka o fizičkim fenomenima (temperatura, vlažnost, pritisak, ...) i/ili događajima (detekcija objekata, pokreta, ...) u BSM-a. SN tipično se sastoji od četiri osnovna dela: (1) senzorskog podsistema, (2) procesorskog podsistema, (3) komunikacionog podsistema i (4) modula za napajanje. Arhitektura SN-a prikazana je na slici 1.

U okviru senzorskog podsistema, obavljaju se senzorske funkcije, kao i A/D konverzija signala dobijenih radom senzora. Procesorski podsistem upravlja ostalim komponentama u čvoru i najčešće sadrži mikrokontroler i/ili memorijsku(e) jedinicu(e). Modul za napajanje najčešće je baterijskog tipa ograničenog kapaciteta. U nekim slučajevima moguće je korišćenje opcionog izvora energije, najčešće solarnih ćelija. Komunikacioni podsistem obezbeđuje radio interfejs za potrebe komunikacije SN-ova sa ostalim elementima mreže. U nekim primenama BSM-a, neophodno je poznavanje lokacije SN-a u prostoru ili u odnosu na druge SN-ove i u tom slučaju koristi se podsistem za lokalizaciju. Osnovne karakteristike SN-ova su ograničene rezerve energije, male cene izrade, visoka integracija komponenti i mogućnost autonomnog rada bez održavanja.



Slika 1. Arhitektura senzorskog čvora

Na bazi prethodno usvojene arhitekture SN-a i aplikacije za koju se projektuje, realizovali smo senzorski čvor, čiji je izgled prikazan na slici 2. Detaljniji opis SN-a dat je u nastavku.



Slika 2. Izgled realizovanog senzorskog čvora

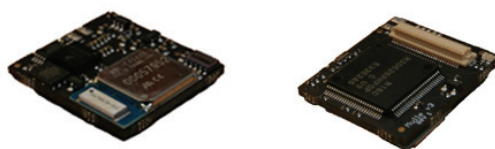
2. 1. Senzorski podsistem

Senzorski podsistem čine tri senzora: (1) MPL115A2 digitalni barometar, (2) ISL29003 senzor za merenje osvetljenosti i (3) SHT21 senzor za merenje temperature i vlažnosti vazduha.

MPL115A2 predstavlja senzor apsolutnog pritiska sa digitalnim izlazom namenjem za primene koje zahtevaju malu potrošnju. Minijaturne dimenzije od 5 x 3 x 1.2 mm i mala potrošnja od svega 5 uA čine ga idealnim za male prenosive uređaje. Širok radni temperaturni opseg od -40°C do +105°C obezbeđuju rad senzora u različitim okruženjima i uslovima. ISL29003 predstavlja integrisani senzor ovetljava sa 16-bitnim A/D konvertorom i I²C multifunkcionalnom kontrolom. U normalnom radu, potrošnja energije je manja od 300 uA, a ambijentalni radni temperaturni opseg u granicama od -40°C do +85°C. SHT21 senzor objedinjuje kapacitivni senzor relativne vlažnosti i *band gap* temperaturni senzor. Pored njih, na čipu se nalaze pojačavač, AD konvertor, OTP memorija i digitalna procesorska jedinica. Radni opseg senzora vlažnosti je u granicama od 0 do 100% RH, a temperaturnog u granicama od -40°C do +125°C.

2. 2. Procesorski podsistem

Procesorski podsistem zasnovan je na minijaturnoj i bežičnoj Mulle platformi koja je opremljena sa mikrokontrolerom Renesas M16C/62P i sa 2MB *flash* memorijom. Takođe, svaka Mulle platforma na sebi ima RTC (*eng. Real Time Clock*), dve diode za testiranje i 60-pinski konektor, koji obezbeđuje interfejs ka spoljnim senzorima, aktuatorima i drugim uređajima. Dostupni interfejs pinovi su: UART, SPI, I²C, analogni i digitalni ulazi i izlazi i pinovi za spoljašne prekide. Njene male dimenzije i mala potrošnja od 4uA u *sleep* modu čine Mulle platformu idealnom za primene u BSM-ma za građenje SN-ova. Na slici 3. prikazana je korišćena 3.1 verzija Mulle platforme.



Slika 3. Mulle platforma ver 3.1

2. 3. Komunikacioni podsistem

Kao komunikacioni podsistem u Mulle platformu ugrađen je WML-C46 AHR *Bluetooth* modul klase 2 i dometa 10m. Ovaj modul, sa svim svojim protokolima, obezbeđuje bežičnu komunikaciju sa različitim uređajima, a jedan od njih je i laptop opremljen *Bluetooth*-om.

2. 4. Podsistem za napajanje

Dizajn SN-a je takav da se on može napajati na dva načina, preko USB-a i preko baterije. USB deo napajanja realizovan je preko USB konektora B tipa. Baterija se priključuje na SN preko 2-pinskog konektora. Selekcija napajanja vrši se preko prekidača S_SUPPLY TL36PO koji ima jedan pol i tri položaja ON-OFF-ON.

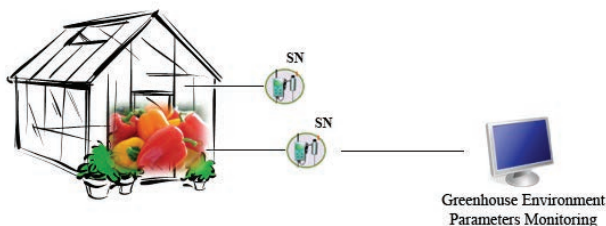
3. EKSPERIMENTALNA POSTAVKA BEŽIČNE SENZORSKE MREŽE U PLASTENIKU

3.1. Plastenik

Da bi se sprovelo ciljano istraživanje vezano za testiranje SN-a i korišćenje BSM-a za praćenje mikroklimatskih parametara unutar zaštićenih objekata koristili smo plastenike u Apatinu namenjene proizvodnji paradajza i cveća. Plastenici su tunel tipa površina 200 m² i 500 m². Osnovu plastenika čini stabilna nosiva konstrukcija izrađena od čeličnih cevi. Kao pokrivni materijal koristi se polietilenska folija (PE). Oprema za zagrevanje plastenika sastoji se od kotlarnice na čvrsto gorivo i okiten cevi kojima se kreće topao vazduh. Plastenici su opremljeni sa sistemom navodnjavanja "kap po kap" i sistemom rasprskivača.

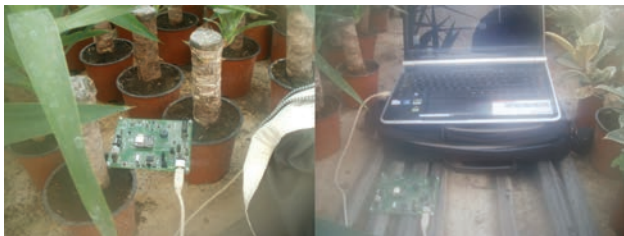
3.2. Raspoređivanje SN-a i arhitektura mreže

U početnoj fazi razvoja BSM-e, a za potrebe ispitivanja performansi SN-a, pouzdanosti komunikacije i preciznosti senzora, korišćena je organizacija mreže sa idejnom postavkom prikazanom na slici 4. Podaci sa SN-a direktno su prosleđivani putem *Bluetooth*-a do aplikacije na laptopu radi njihovog prikazivanja i analize.



Slika 4. Idejna postavka SN-a i BSM-e

Zbog razlike u merenim vrednostima mikroklimatskih parametara unutar plastenika koja zavise od visine na kojoj su senzori postavljeni, merenja su vršena u dve tačke, na tlu i pod krovom objekta. Ideja je bila da se testira BSM-a na sposobnost detektovanja razlika u mikroklimi koje postoje u donjim i gornjim slojevima objekta. Eksperimentalna postavka SN-a i laptopa primenjena je u oba plastenika. Na slici 5. prikazana je njihova stvarna postavka u plasteniku za proizvodnju cveća. Napajanje SN-a izvedeno je preko USB kablja.



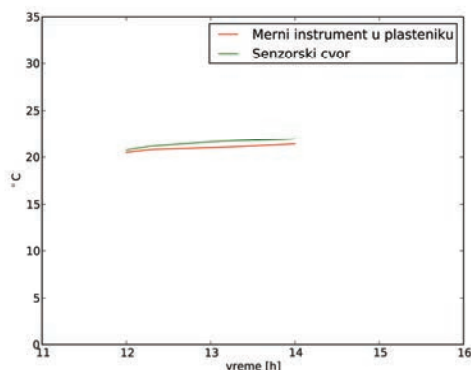
Slika 5. Postavka SN-a i BSM-e u plasteniku za cveće

4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

U prvoj eksperimentalnoj postavci u plasteniku sa cvećem, SN je bio postavljen na tlo sa ciljem da se sakupe podaci o mikroklimatskim uslovima. Tokom dvočasovnog testiranja pri oblačnom danu izvršeno je 5 merenja. Primenjen je model *sleep/awake* stanja SN-a. Na svakih pola sata uređaj bi se "budio" iz *sleep* stanja,

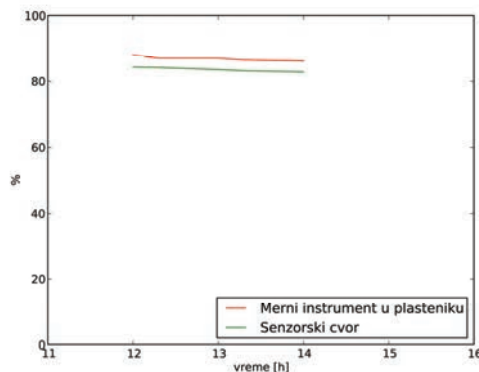
izvršio bi merenje i prosledio podatke na laptop, a potom vratio u *sleep* stanje. Od ukupno 5 prenosa podataka ustanovljeno je da nijedan paket nije izgubljen, čime se za posmatrani period merenja može reći da je komunikacija bila pouzdana. Pored toga što uslovi u plasteniku nisu uticali na komunikaciju SN-a sa laptopom, oni nisu uticali ni na rad Mulle platforme i senzorskih komponenti, a samim tim i celog SN-a.

Paralelno sa vršenim merenjima mikroklimatskih parametara preko SN-a, vršena su i merenja parametara sa mernim instrumentom (MI) prisutnim u plasteniku. Podaci sa ovih instrumenata korišćeni su za ocenu preciznosti senzora i tačnosti izmerenih veličina. Na slici 6. prikazani su dijagrami temperatura merenih preko oba uređaja za period od 12h do 14h. Prema MI-u, temperatura u plasteniku za cveće promenila se za svega 0.9°C u toku dva sata. Za isti period, merenja SN-a pokazala su promenu od 1.2°C. SN je davao vrednosti koje su veće, ali bliske onima koje je merio MI u plasteniku. Ako kao referencu uzmemo podatke sa MI-a, prosečna greška sa kojom je SN merio temperaturu iznosi +0.48°C, dok su minimalna i maksimalna +0.25°C i +0.65°C.



Slika 6. Temperatura očitana sa SN-a i mernog instrumenta

Isti slučaj je bio i sa vlažnosti vazduha. Slika 7. prikazuje dijagrame vlažnosti izmerene preko SN-a i MI-a. Merenjem i upoređivanjem podataka sa oba uređaja utvrđeno je da SN daje vrednosti koje su u proseku manje za 3.31% od vrednosti izmerenih preko MI-a. Bez obzira na malo odstupanje, sa slike se može videti da prikazane krive vlažnosti vazduha imaju isti oblik.



Slika 7. Vlažnost vazduha očitana sa SN-a i mernog instrumenta

Po isteku mernog perioda od 2 sata, ista merna postavka primenjena je izvan plastenika i oko 14h izmereni su svi parametri. Prikupljeni podaci, zajedno sa podacima preuzetih sa vremenske prognoze za Apatin prikazani su u Tabeli 1. Vrednosti za temperaturu i vlažnost vazduha pokazale su relativno iste zakonitosti odstupanja od tačnih vrednosti kao što je to bio slučaj sa merenjima unutar plastenika. Osvetljenost kao parametar nije postojan na vremenskoj prognozi, pa je samim tim i poređenje nemoguće, ali ako se u obzir uzme teorijska vrednost za osvetljenost pri oblačnom danu koja se nalazi u granicama od 100 do 10.000 luxa, možemo zaključiti da se izmerena vrednost nalazi u datim granicama. Tokom merenja senzor je izmerio pritisak od 100.894 kPa i kada se ta vrednost uporedi sa vrednošću vazdušnog pritiska od 100.73 kPa, koja je prikazana na vremenskoj prognozi, vidimo da je senzor pritiska na SN-u veoma precizan.

Tabela 1. Podaci o klimatskim uslovima oko plastenika

	Merjeni parametri			
	Temperatura (°C)	Vlažnost (%)	Osvetljenost (lux)	Pritisak (kPa)
SN	7.62	54.97	3722.65	100.89
MI	7	59	-	100.73

U trećoj eksperimentalnoj postavci u plasteniku za paradajz, pri nešto drugačijim vremenskim uslovima usled sunčanog dana, paralelno sa testiranjem preciznosti senzora, testirane su i mogućnosti SN-a da detektuje razlike u mikroklimi koje postoje u donjim i gornjim slojevima objekta. Merenja su vršena sa SN-om i MI-om u dve tačke objekta, na tlu i pod krovom na visini oko 2m. Izmereni podaci za oba slučaja prikazani su u Tabeli 2.

Tabela 2. Podaci iz plastenika za proizvodnju cveća

	Merne tačke u plasteniku	
	Tlo objekta	Pod krovom objekta
SN		
Temperatura (°C)	24.68	27.26
Vlažnost (%)	78.32	79.81
Osvetljenost (lux)	12761.71	15996.09
Pritisak (kPa)	102.165	102.038
MI		
Temperatura (°C)	24	26.8
Vlažnost (%)	82.8	84

Bez obzira na različite mikroklimatske uslove u plastenicima, razlike u izmerenim vrednostima sa SN-om i mernim instrumentom relativno se poklapaju sa odstupanjima koja su primećena pri istim merenjima u plasteniku za cveće i izvan njega. Identična zakonitost odstupanja vrednosti sa SN-a od vrednosti sa mernog instrumenta ustanovljena je i kod merenja izvršenog u tački postavljenoj ispod krova. Međutim, temperatura u gornjim slojevima je nešto veća od temperature izmerene pri tlu, a sama razlika odgovara navodima iz literature [4] od 3 do 4°C. Takođe, vidljive su male razlike u vrednosti vlažnosti vazduha, ali zato i veće razlike u osvetljenosti,

prvenstveno zbog visine, ali i delimične pokrivenosti SN-a listovima cveća. Same razlike u vrednostima merenih sa SN-om za obe tačke merenja, ali i njihova sličnost sa podacima sa mernog instrumenta idu u prilog preciznosti SN-a i njegovoj sposobnosti da detektuje razlike u mikroklimi koje postoje unutar zaštićenih objekata.

5. ZAKLJUČAK

Integracijom Mulle platforme sa tri komercijalna senzora realizovali smo prototip SN-a za praćenje mikroklimatskih uslova u zaštićenim objektima. Eksperimentalnom postavkom SN-a i laptopa kreirana je mala BSM-a za potrebe testiranja uređaja. U pogledu ispravnog rada SN-a u uslovima koji vladaju u plastenicima, SN nije pokazao nikakve nepavilnosti. Kroz tri eksperimentalne postavke u dva plastenika i izvan njih ocenjivana je preciznost senzora i tačnost izmerenih podataka. Poređenjem sa rezultatima dobijenih sa MI-a u plasteniku i lokalne vremenske prognoze ustanovljena je visoka preciznost temperaturnog senzora i senzora pritiska. Merenjem i upoređivanjem podataka sa oba uređaja utvrđeno je da SN meri u proseku 3.31% manju vlažnost u odnosu na MI. Merenjem u dve tačke unutar plastenika utvrđeno je da SN može da detektuje razlike u mikroklimi koje postoje između gornjih i donjih slojeva. Rezultati sprovedenog testiranja pokazali su da SN i BSM-a mogu u velikoj meri da zadovolje potrebe praćenja mikroklimatskih uslova u zaštićenim objektima. Da bi se u potpunosti potvrdila ova tvrdnja neophodna su dalja testiranja SN-a. Ispitivanje njegove potrošnje i mogućnosti komunikacije sa drugim, istim SN-ovima sledeći su koraci koje treba poduzeti pri ispitivanju mogućnosti korišćenja BSM-a u zaštićenim objektima.

6. LITERATURA

- [1] M. Mancuso, F. Bustaffa, "A Wireless Sensor Network for Monitoring Environmental Variables in a Tomato Greenhouse", *IEEE International Workshop on Factory Communication System*, 2006.
- [2] T. Ahonen, R. Virrankoski, M. Elmusrati, "Greenhouse Monitoring with Wireless Sensor Network", *IEEE International Conference on Mechatronic and Embedded Systems and Applications*, pp. 403-408, 2008.
- [3] Jens Eliasson, "Low-power design methodologies for embedded internet systems", *PhD thesis*, Luleå University of Technology, 2008.
- [4] M. Đević, A. Dimitrijević, S. Blažin, "Klimatski uslovi u objektima zaštićenog prostora i mogućnost njihove kontrole", *Poljoprivredna tehnika*, pp. 79-86, 2005.

Kratka biografija:



Stevica Đukić rođen je u Somboru 1986. godine. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Mikroručunarska elektronika odbranio je 2012. god.

PROŠIRENJE SOFTVERSKOG PAKETA ZA PRODAJU I NAPLATU ELEKTRIČNE ENERGIJE „iPELEN“, MODULOM ZA UPRAVLJANJE KORISNIČKIM UGOVORIMA
AN EXTENSION OF SOFTWARE BILLING SYSTEM FOR ELECTRICITY DELIVERY „iPELEN“, WITH A MODULE FOR MANAGEMENT OF USER'S CONTRACTS

Nikola Bojović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – *Ovaj rad prezentuje postupak proširenja postojeće aplikacije za prodaju i naplatu električne energije modulom za upravljanje korisničkim ugovorima o prodaji električne energije.*

Abstract – *This paper presents the process of extension of the existing application for selling and billing of electricity with module for managing user sales contracts of electricity.*

Ključne reči: *ugovor, održavanje softvera, prodaja, električna energija*

1. UVOD

Ovaj rad prezentuje kompletan postupak uvođenja potpuno nove funkcionalnosti u postojeći softverski paket PELEN za obračun i naplatu električne energije. Informacioni sistem PELEN je razvijen od strane informatičkog društva Energsoft AD i aktivno se koristi od strane Privrednog društva za distribuciju električne energije „Jugoistok“, d.o.o. Niš za potrebe poslovanja. Ovaj rad se odnosi na konkretan korisnički zahtev dobijen od privrednog društva „Jugoistok“, koji je vezan za dopunu softverskog paketa za obračun i naplatu električne energije u vezi zaključenja ugovora o prodaji električne energije. Zahtev je podrazumevao dopunu aplikativnog softvera modulom koji bi pokrio poslove zaključivanja i evidencije ugovora. Postojeća verzija PELEN-a nije sadržala modul koji bi podržao poslove definisane u korisničkom zahtevu. To je zahtevalo analizu problema definisanih u zahtevu, planiranje realizacije problema, izmenu postojeće aplikacije dodavanjem novih funkcionalnosti, izmene postojećeg modela baze podataka sistema, testiranje realizovanog sistema rešenja i njegovo uvođenje u upotrebu.

2. OPIS PROBLEMA

2.1. Održavanje softvera

Životni ciklus razvoja jednog sistema (eng. **System Development Life Cycle**) predstavlja proces kroz koji stručnjaci različitih profila (analitičari, projektanti, inženjeri, programeri) i korisnici informacionog sistema prave informacioni sistem. Odabirom modela životnog

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Ivan Luković, red. prof.

ciklusa softvera definiše se način na koji se upravlja različitim fazama životnog ciklusa. Nezavisno od izabranog modela ili metodologije razvoja, faza održavanja softvera je veoma bitna i po pravilu neizbežna. Svaki softverski proizvod nakon puštanja u upotrebu ulazi i u proces održavanja i evolucije što između ostalog podrazumeva promene softvera kako bi se držao korak sa novim korisničkim zahtevima, promenom poslovnog okruženja, napretkom hardvera itd.

Problem koji je obrađen u ovom radu odnosi se na perfektnu kategoriju održavanja softvera koja podrazumeva dodavanje novih funkcionalnosti u postojeći softverski paket PELEN, na osnovu dobijenog korisničkog zahteva.

2.2. PELEN aplikacija

Informacioni sistem PELEN na visoko integrisan način pokriva funkcije prodaje i naplate električne energije (PELEN – Prodaja ELEktrične ENergije) za sve kategorije potrošača. PELEN podržava troslojnu arhitekturu informacionih sistema koja se sastoji od tri komponente:

- **Klijent** (prezentacioni sloj) – sadrži veb pretraživač (eng. **Web browser**) koji omogućava da se aplikacija pokreće i koristi,
- **Aplikacioni server** (poslovni sloj) – sadrži aplikacionu logiku i
- **Izvori podataka** (baza podataka) – služi za čuvanje podataka.

Klijent aplikaciji pristupa pomoću veb pretraživača unoseći **URL** aplikacije definisanog formata. Pri pokretanju aplikacije potrebno je uneti korisničko ime, lozinku i naziv servera.

Postupak bilo kakvih izmena aplikacije koje podrazumevaju dodavanje novih korisničkih formi u aplikaciju definisan je u okviru razvojnog tima koji radi na održavanju aplikacije. Za te potrebe kreirana je pozadinska aplikacija uz pomoć koje se izvršne verzije novih formi povezuju sa stavkama menija. Takođe, uz pomoć pozadinske aplikacije definišu se i prava pristupa tj. svakoj formi mogu se dodeliti tipovi korisnika koji imaju pravo da je koriste. Za potrebe štampe, na serveru baze podataka kreiran je direktorijum koji služi kao izlaz za fajlove koji se dobijaju pojedinačnom ili masovnom štampom. Taj direktorijum postavljen je kao deljiv mrežni resurs i dodeljena su odgovarajuća prava da bi se mogao koristiti na klijentskim mašinama.

Zahtevi korisnika	Tehnički zahtevi
Unos u informacijski sistem i čuvanje informacija o zaključenim ugovorima (sklapanje ugovora).	Izmjena šeme baze podataka – kreiranje objekata u bazi sa potrebnim ograničenjima koji će omogućiti čuvanje podataka o svim sklopljenim ugovorima. Kreiranje ekranske forme u aplikaciji uz pomoć koje će moći da se unose ugovori u bazu podataka.
Listanje i analiza podataka o zaključenim ugovorima.	Kreiranje ekranske forme koja će omogućiti pregled zaključenih ugovora.
Masovno sklapanje ugovora.	Kreiranje ekranske forme koja će omogućiti sklapanje ugovora sa svim potrošačima iz izabrane celine org. strukture.
Pojedinačno sklapanje ugovora.	Kreiranje ekranske forme koja će omogućiti korisniku da odštampa izabrani ranije sklopljeni ugovor na postojećem obrascu ugovora.
Masovno štampanje ugovora na preštampanom obrascu po čitačkom hodu, uz štampanje pratećeg spiska i kreiranje izveštaja o odštampanim ugovorima po čitačkom hodu.	Kreiranje ekranske forme koja će omogućiti korisniku da odštampa sve sklopljene ugovore iz izabrane celine organizacione strukture. Kreiranje pratećeg spiska uz odštampane ugovore na kojem će biti izlistane osnovne informacije o potrošačima čiji su ugovori štampani.
Kreiranje različitih vrsta izveštaja o zaključenim ugovorima.	Kreiranje ekranske forme koja će omogućiti kreiranje izveštaja o svim sačuvanim ugovorima u zavisnosti od različitih parametara. Kreiranje obrasca izveštaja.

Tabela 3.1. – Korisnički i tehnički zahtevi

2.3. Zahtev za dopunu PELEN aplikacije

Korisnički zahtev za dopunu PELEN aplikacije modulom za upravljanje ugovorima nastao je iz potrebe da se automatizuje i ubrza postupak zaključivanja Ugovora o prodaji električne energije, kao i potrebe da se podaci o sklopljenim ugovorima i njihovim izmenama trajno čuvaju. Ugovor o prodaji električne energije je sudski važeći dokument kojim se kupci obavezuju da prihvataju sve stavke ugovora i da će redovno izmirivati obavezu za električnu energiju. Ugovori su se ranije sklapali i štampali uz pomoć *Microsoft (Office) Word*-a. Službeno lice moralo je ručno da unosi podatke o kupcima sa kojima se sklapao ugovor iako su ti podaci postojali u bazi. Takođe, uneseni podaci su ostajali samo na papiru tj. nisu bili čuvani u bazi podataka. Pošto distribucije imaju na desetine hiljada potrošača, jasno je da je sklapanje ugovora predstavljalo postupak koji odnosi puno vremena licima koji su ga obavljali.

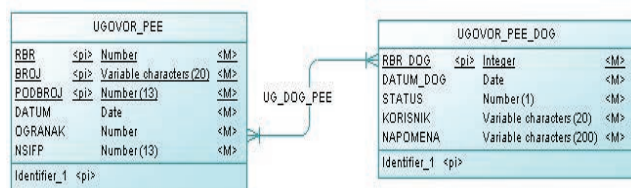
U dobijenom zahtevu tražena je dopuna postojećeg aplikativnog softvera sledećim funkcionalnostima tj. dostavljeni su pojedinačni zahtevi prikazani u tabeli 3.1. Iz zahteva korisnika jasno se vidi da bi njihova realizacija značajno olakšala rad službenih lica zaduženih za ugovore. Sklapanje i štampa ugovora bi se obavljali iz aplikacije, kreiranje izveštaja bi bilo korisno prilikom raznih analiza i rekapitulacija. Pošto se ugovori često sklapaju sa svim potrošačima jedne celine, masovno sklapanje i štampanje ugovora dodatno bi ubrzalo rad sa ugovorima, jer bi se automatizovao proces sklapanja i štampanja ugovora za veliki broj potrošača.

Prema članu 82. Zakona o energetici na bilatelarnom tržištu električne energije kupovina i prodaja električne energije se vrši direktno između učesnika na tržištu električne energije na osnovu ugovora o prodaji električne energije. Ugovorom o prodaji električne energije određuje se naročito količina električne energije, cena i period snabdevanja. Ugovor se zaključuje u pismenoj formi i sadrži elemente propisane čl. 57. st. 1 Zakona o energetici. Obrazac ugovora o prodaji električne energije je nezavisan od kategorije potrošnje i grupa kupaca električne energije.

3. OPIS REŠENJA PROBLEMA

U procesu održavanja PELEN aplikacije korisnički zahtevi su osnovno sredstvo komunikacije između korisnika i razvojnog tima koji radi na održavanju. Kreiranjem korisničkog zahteva korisnik specificira željene izmene aplikacije ili ukazuje na uočene greške koje treba ispraviti. Pre realizacije zahteva važno je izvršiti analizu zahteva tj. predvideti kako će sam zahtev uticati na aplikaciju. Pravilnom analizom trenutnih zahteva može se realizacija budućih zahteva učiniti znatno lakšom.

Kao osnov za realizaciju traženog modula poslužilo je ranije implementirano rešenje za ugovore o preuzimanju mernih uređaja. Realizovani modul analiziran je sa ciljem da se otkriju tehnike i načini realizacije koji bi mogli da se iskoriste za ugovore o prodaji električne energije. Analizom pojedinačnih korisničkih zahteva kreirani su tehnički zahtevi prema PELEN aplikaciji koji su morali biti realizovani kako potrebe korisnika bile zadovoljene. U tabeli 3.1. prikazani su pojedinačni korisnički zahtevi i tehnički zahtevi koji su nastali na osnovu zahteva korisnika.



Slika 3.2. – Konceptualna šema novih tabela u postojećoj šemi baze podataka

Izgled ekranskih formi koje je trebalo realizovati, u određenim aspektima, bio je uslovljen postojećim opštim modelom korisničkog interfejsa PELEN aplikacije. Veličina i izgled ekranskih formi, kao i komponenti forme morale su da budu uklopljene u već definisane šablone PELEN aplikacije. Funkcionalnosti koje je trebalo implementirati zahtevale su i izmene postojeće šeme baze podataka. Dodavanje novih i izmenu postojećih objekata šeme baze podataka bilo je potrebno sprovesti tako da se

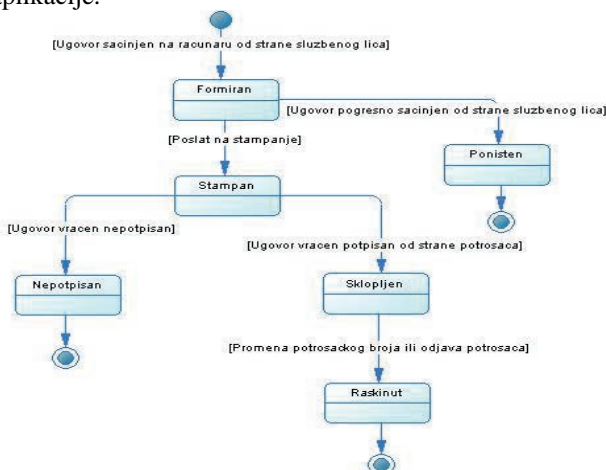
ne naruši konzistentnost baze. Novi objekti koji su dodati u postojeću šemu baze podataka prikazani su na slici 3.2.

3.1. Domen „Status ugovora“

Radi praćenja istorije tj. promene faza kroz koje ugovor prolazi bilo je potrebno definisati odgovarajuće statuse ugovora. Statusi koji su predviđeni u inicijalnoj verziji podsistema su:

1. **„Formiran“** – status koji označava da je ugovor sačinjen na računaru od strane službenog lica.
2. **„Štampan“** – status koji označava da je ugovor odštampan na štampaču od strane službenog lica.
3. **„Sklopljen“** – status koji označava da je ugovor potpisan od strane direktora ogranaka ili kupca. Ovaj status se pojavljuje kada se na licu mesta sklapa ugovor ili se nakon masovnog sklapanja ugovor vrati potpisan od strane kupca.
4. **„Nepotpisan“** – status koji označava da je ugovor vraćen u ogranak nepotpisan od strane kupca.
5. **„Raskinut“** – status koji označava da je ugovor raskinut tj. da više nije važeći (ova situacija se događa kada se dogodi promena kupca za ugovoreni potrošački broj ili se isti taj kupac odjavi).
6. **„Poništen“** – status koji označava da je ugovor poništen (ova situacija se događa kada je ugovor pogrešno sačinjen od strane službenog lica).

Obeležje kojem je pridružen domen „Status ugovora“ je u tipu entiteta „Događaj za ugovor“. Uz svaki status vodi se podatak ko, kada i zbog čega je inicirao promenu na ugovoru. Na osnovu ovih statusa moći će da se vrše različita izveštavanja i rekapitulacije vezane za ugovore. Na slici 3.3. prikazan je dijagram stanja koji prikazuje životni ciklus dokumenta tipa „Ugovor o prodaji električne energije“ u sistemu. Specifikacija dozvoljenih vrednosti ovog domena definisana je u tabeli CG_REF_CODES koja je već postojala u šemi baze podataka, a koja sadrži podatke o svim domenima PELEN aplikacije.



Slika 3.3. – Životni ciklus ugovora

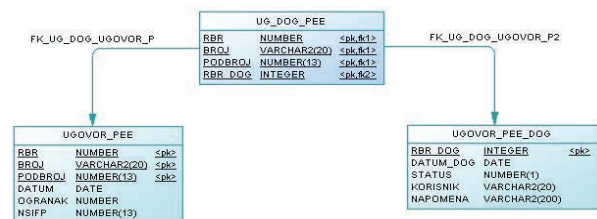
3.2. Tip entiteta „Ugovor“

PELEN aplikacija prepoznaje dve vrste potrošača: potrošače kategorije domaćinstva i potrošače ostalih kategorija (virmanski i ugovorni). Sklapanje ugovora o prodaji električne energije je bilo potrebno omogućiti za

sve kategorije potrošnje ali je u zahtevu dostavljen samo jedan izgled/šablon obrasca. To je zahtevalo da se na istom obrascu prikazuju različite vrste podataka u zavisnosti od kategorije potrošača sa kojim se sklapa ugovor. U tu svrhu kreirani su pogledi u bazi podataka koji selektuju podatke o određenoj kategoriji potrošača kako bi isti podaci mogli da se prikažu na korisničkoj formi i štampaju na obrascu. Za potrošače tipa domaćinstva kreiran je pogled UG_PEE_DOM, a za podatke o virmanskim i ugovornim potrošačima kreiran je pogled UG_PEE_VUG.

Tip entiteta „Ugovor“ je bazni za celokupni podsistem ugovora o prodaji električne energije. Sadrži sve relevantne podatke o ugovoru (podatke sa obrasca i interne podatke) vezane za ogranak elektrodistribucije i potrošača sa kojim se sklapa ugovor. Realizacija ovog tipa entiteta izvedena je uz pomoć tabele UGOVOR_PEE koja se popunjava na osnovu kreiranih pogleda, kako bi se izbeglo narušavanje ograničenja referencijalnog integriteta. Ukoliko se ugovor sklapa sa potrošačem iz kategorije domaćinstva podaci se povlače iz pogleda UG_PEE_DOM. Ako se ugovor sklapa sa potrošačem iz kategorije visoke potrošnje podaci se povlače iz pogleda UG_PEE_VUG. Takođe, u zavisnosti od kategorije potrošača, različiti podaci se popunjavaju u tabelu UGOVOR_PEE i kasnije prikazuju na formi i izveštajima. Tabela UGOVOR_PEE mora čuvati podatke o potrošačima različitih kategorija potrošnje za koje postoje odvojene tabele u šemi baze podataka. Pošto se ugovor mora sklopiti sa postojećim potrošačem, to bi uslovalo da u tabeli UGOVOR_PEE postoje dva ograničenja stranog ključa koja će referencirati primarne ključeve tabele potrošača različitih kategorija. U tom slučaju, prilikom formiranja ugovora, u zavisnosti od kategorije potrošača, jedno od ta dva ograničenja bi bilo narušeno.

3.3. Tip entiteta „Događaj za ugovor“



Slika 3.4. - Implementaciona šema novih tabela dodatih u šemu baze podataka

Ovim tipom entiteta opisuju se svi događaji koji su vezani za jedan ugovor. Na osnovu ovih podataka mogu se istorijski pratiti sve faze kroz koje je prošao određeni ugovor. Istovremeno, omogućeno je formiranje rekapitulacija po pojedinim ugovorima. Ovo je naročito važno kod masovnog sklapanja ugovora, jer će u tom slučaju biti potrebno da se prati broj sklopljenih ugovora. Događaj ne može postojati ukoliko ne postoji ugovor na koji bi se odnosio. Takođe, svaki ugovor mora imati barem jedan događaj. U najprostijem slučaju to je događaj sa statusom 1 (formiran). Prevođenjem u implementacioni model tipova entiteta prikazanih na slici 3.2. dobija se još jedna tabela koja je nastala zbog načina povezivanja ova dva tipa entiteta (slika 3.4.). To je tabela UG_DOG_PEE

koja sadrži informacije o tome koji događaji se odnose na koje ugovore.

3.4. Implementacija

Implementacija programskog rešenja je prvobitno podrazumevala izradu prototipa na testnoj bazi podataka i proširenje testne aplikacije. Izmena šeme baze podataka podrazumevala je kreiranje novih tabela UGOVOR_PEE i UGOVOR_PEE_DOG, kao i kreiranje pogleda UG_PEE_DOM i UG_PEE_VUG. Tabela CG_REF_CODES je proširena podacima o mogućim statusima ugovora, a za potrebe štampanja ugovora kreiran je paket UG_PEE_JI u kojem će se izvršavati sve potrebne obrade podataka. Postojeći meni aplikacije PELEN proširen je novim podmenijem „*Ugovori o prodaji el. energija*“, u okviru kojeg su realizovana četiri modula u vidu korisničkih formi: modul za evidenciju ugovora, modul za masovno sklapanje ugovora, modul za masovnu štampu ugovora i modul za pregled ugovora.

Forma *Evidencija ugovora* realizovana je tako da izgledom podseća na obrazac ugovora o prodaji električne energije, kako bi korisnicima bilo lakše da se snađu prilikom rada na formi. Korisniku je omogućeno da vrši pregled svih ugovora koji se nalaze u bazi nezavisno od njihovih statusa. Takođe, korisnik može da unosi nove ugovore u bazu podataka. Sklapanje novog ugovora vrši se tako što se prvo unese šifra potrošača sa kojim se sklapa ugovor nakon čega se automatski popunjavaju polja na formi koja su poznata za tog potrošača. Polja koja nisu poznata mora uneti korisnik. Provera unešenih podataka vrši se aktiviranjem *PL/SQL* ugrađenih *forms* trigerera. Pored pregleda, sklapanja i štampanja ugovora, ova forma omogućuje i promenu statusa izabranog ugovora.

Forma za masovnu štampu ugovora omogućuje korisniku da za sve potrošače izabrane celine odštampa ugovore koji su sklopljeni, a nisu ranije štampani. U kombinaciji sa masovnim sklapanjem ugovora ova forma znatno olakšava posao u situacijama kada treba sklopiti i štampati ugovore sa velikim brojem potrošača.

Forma za pregled ugovora nudi korisniku mogućnost kreiranja različitih vrsta izveštaja o ugovorima koji se nalaze u bazi podataka. Korisnik ima mogućnost da odabere celinu, vrstu potrošača, period u kojem su ugovori sklopljeni i status ugovora koji će biti u izveštaju.

3.5. Testiranje i uvođenje u upotrebu

Način testiranja izmena PELEN aplikacije utvrđen je politikom firme i podrazumeva prvobitno testiranje novog rešenja na testnoj bazi podataka i testnoj aplikaciji od strane razvojnog tima, a zatim testiranje u realnim uslovima koje sprovode korisnici. Prilikom implementacije pojedinačnih modula sprovedeno je testiranje primenom tehnike crne kutije (eng. *Black Box Testing*), kako bi se proverila funkcionalnost modula i uočile greške. Testiranje štampe ugovora vršilo se na lokalnim štampačima podešavanjem koordinata podataka koji se štampaju i proverom njihove ispravnosti. Alfa testiranje (eng. *Alpha Testing*) sprovedeno na testnoj bazi od strane razvojnog tima nije bilo potpuno merodavno zbog određenih razlika u odnosu na bazu podataka koju koriste klijenti. Zbog toga je druga faza testiranja, beta testiranje (eng. *Beta Testing*), podrazumevala testiranje

rešenja u realnim uslovima. Testiranje u realnim uslovima trajalo je skoro mesec dana i u tom periodu su korisnici ispitali sve funkcionalnosti novog modula. Novo rešenje je prihvaćeno bez velikih primedbi od strane korisnika i ocena razvojnog tima je bila da je novi modul uspešno realizovan i da su početne pretpostavke ostvarene.

4. ZAKLJUČAK

U ovom radu predstavljen je postupak proširenja postojećeg softvertskog paketa iPELEN za obračun i naplatu električne energije modulom za upravljanje ugovorima o prodaji električne energije. Zahtev za proširenje iPELEN-a nastao je iz potrebe da se podaci o sklopljenim ugovorima i potrošačima koji su ih sklopili trajno čuvaju u bazi podataka uz mogućnost pregleda tih podataka kroz ekranske forme i različite vrste izveštaja.

Nedostatak realizovanog modula jeste što podržava rad samo sa jednom vrstom obrasca za sklapanje ugovora. Takođe, iako korisnici prilikom testiranja nisu označili kao problem, aneksiranje ugovora svakako mora biti označeno kao nedostatak realizovanog rešenja. Dalji pravci razvoja bi mogli biti:

- tipizacija ugovora – pod pretpostavkom da će se u budućnosti broj tipova ugovora povećavati i da će kupac moći da bira između različitih ugovora, ili da sklapa više od jednog ugovora, modul bi trebao da pokriva ove mogućnosti i
- evidencija izmene ugovora – problem koji je uočen prilikom testiranja rešenja zahteva da se pojmovi izmene i aneksiranja ugovora jasno definišu i uključe u sledeću verziju modula, zajedno sa pojmom verzije ugovora.

Izmena postojećeg modela podataka izvedena je u *Toad for Oracle 9.0.1.* okruženju na *Oracle 10g* bazi podataka. Implementacija rešenja izvršena je uz pomoć alata *Oracle Forms Builder* i *Oracle Reports Builder*. Testiranje je izvršeno uz pomoć alata *Internet Explorer 7* na *Microsoft Windows XP* operativnom sistemu.

5. LITERATURA

- [1] PELEN korisničko uputstvo, *interni dokument*
- [2] *Oracle Forms Developer 10g: Build Internet Applications course*, *interni dokument*
- [3] Zakon o energetici Republike Srbije („Službeni glasnik Republike Srbije 57/2011“)
<http://www.mre.gov.rs/>
- [4] Održavanje softvera
http://en.wikipedia.org/wiki/Software_maintenance

Kratka biografija:



Nikola Bojović je rođen u Kraljevu 1987. godine. Fakultet tehničkih nauka upisao je 2006. godine. Diplomski-master rad iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Primenjene računarske nauke i informatika odbranio je 2012. godine.

PROJEKAT KONSTRUKCIJE STAMBENE ZGRADE SA ANALIZOM PRORAČUNA ZA UTICAJE OD TRANSVERZALNIH SILA
DESIGN PROJECT OF STRUCTURE OF RESIDENTAL BUILDING AND ANALYSIS OF SHEAR BEAM DESIGN

 Aleksandar Tešić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*
Oblast - GRAĐEVINARSTVO

Sadržaj- U radu je prikazan projekat konstrukcije više-spratne armiranobetonske stambene zgrade S+Pr+4+Pk i uporedna analiza proračuna preseka za granične uticaje transvezalnih sila, prema PBAB i EC2.

Abstract- The project of structure of multistory reinforced concrete residential building basement + ground floor + four stories + attic, and a comparative analysis of design for limit effects of shearing forces by PBAB 87 and EC 2 are presented in the paper.

Ključne reči: armiranobetonska zgrada, skeletni sistem, proračun preseka za granične uticaje transvezalnih sila.

1. UVOD

Projektom zadatkom predviđeno je projektovanje stambene zgrade spratnosti suteran + prizemlje + četiri sprata + potkrovlje. Zgrada je u osnovi, približno pravugaona, definisani su gabariti, rasteri stubova, namena pojedinih površina, lokacija i konstruktivni sistem.

2. OPIS PROJEKTA
2.1. Projektni zadatak i arhitektonsko rešenje

Ukupna visina objekta od kote temelja je 22,90m, a od nulte kote tj. kote prizemlja 19,20 m. Spratna visina suterana je 3,70 m, prizemlja, prvog, drugog, trećeg i četvrtog sprata su 2,94 m, a potkrovlje ima promenljivu spratnu visinu zbog oblika krovne ravni.

Osnova objekta je, približno, širine 10,0m i dužine 24,0m. Objekat se nalazi u Novom Sadu, VIII seizmička zona. Zgrada je u užem gradskom jezgru, tako da horizontalni gabariti i dispoziciju objekta uslovljavaju, odnosno formiraju građevinske linije definisane regulacionim elementima.

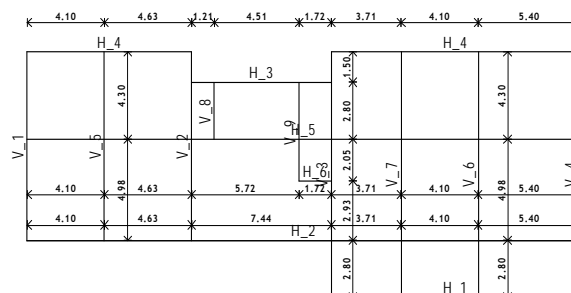
Objekat je stambeni, sa ulaznim holom, stepeništem, liftom, stambenim jedinicama i poslovnim prostorom u prizemlju. U suteranu se nalaze ostave, garaža, kao i potrebne tehničke prostorije.

Na preostalim spratovima projektovane su stambene jedinice. U prizemlju se nalazi jedna stambena jedinica i dva lokala, ulazni hol sa stepeništem i liftom.

Na prvom spratu nalaze se tri stambene jedinice, na drugom, trećem i četvrtom spratu, takođe, se nalaze po tri stambene jedinice, a u potkrovlju su još dva stana.

U zgradi je ukupno 16 stambenih jedinica. Obrada površina je standardna za ovaj tip objekta. Podovi u sobama,

trpezarijama i hodnicima su od klasičnog parketa d=2,2cm, a u kupatilima, wc-ima, ostavama, kuhinjama od keramičkih pločica. Podovi na terasama su od mrazootpornih pločica d=1,0cm. Stepeništa i hodnici obrađuju se keramičkim pločicama i mermerom. Fasadni zidovi su debljine 30cm (25+5) i izvode se od termoizolacionih Ytong blokova d=25cm na koje se lepi demit fasada d=5,0cm. Unutrašnji zidovi su debljina d=10cm i d=25cm takođe izgrađeni od Ytong blokova.



Slika 1. Dispozicija ramova

2.2. Konstruktivni sistem zgrade i analiza opterećenja

Glavni konstruktivni sistem čine vertikalni elementi-stubovi, zidna platna i horizontalni elementi-grede. Rasteri stubova u poprečnom pravcu su različiti i iznose od 3,7-7,44 m, a u podužnom 4,3m, 5,0m i 2,8m, slika 1. Dimenzije poprečnih preseka stubova u suteranu su b/d=50/50cm i b/d=40/40cm po obodu garaže u suteranu, iznad koje je dvorišna terasa, a stubovi se završavaju na koti prizemlja.

Na ostalim etažama dimenzije poprečnih preseka stubova su b/d=40/40cm i b/d=35/35cm. Zidovi za ukrućenje su projektovani da zadovolje uslove propisane Pravilnikom o tehničkim normativima za izgradnju objekata visokogradnje u seizmičkim područjima. Debljine zidova za ukrućenje su 15cm, a dužine su 370cm, 360cm, 430cm i 500cm i postavljeni su u oba ortogonalna pravca. Grede su sledećih dimenzija: u podužnom pravcu b/d=30/65cm, b/d=30/40cm, b/d=30/30cm, a u poprečnom pravcu b/d=30/40cm, b/d=30/30cm.

Međuspratne konstrukcije su projektovane kao sistem kontinualnih krstastoarmiranih ploča debljine d=16cm. Debljina ploče usvojena je prema minimalnoj vrednosti 0,8l/35, gde je l-raspon. Terasa i prepusti se izvode kao pune ploče, iste debljine. Krovna konstrukcija je AB sitnorebrasta tavanica, tipa TM, debljine 20cm, sa promenljivim nagibom.

Stepenište objekta je jednokrako, sa dimenzijama stepenička b/h=29/17cm i širinom stepenišnog kraka od 115cm. Ploča stepenišnog kraka je debljine 18cm, tipa proste grede oslonjene na podvlake u međuspratnim tavanicama.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Zoran Brujić, vanr. prof.

Objekat se fundira na temeljnoj ploči visine 60cm, na koti -3,7m. Tampon sloj je zbijeni šljunak $d = 15\text{cm}$. Na njega se postavlja sloj od mršavog betona, marke betona MB15, debljine 10cm. Preko toga se postavlja hidroizolacija koja je sa gornje strane zaštićena slojem mršavog betona, debljine 5cm na koji se postavlja armatura.

Za sve elemente konstrukcije korišćen je beton marke MB35. Pri dimenzionisanju elemenata, i za glavnu i za podeonu armaturu, usvojena je rebrasta armatura RA400/500.

Opterećenje na konstrukciju proračunato je prema Pravilnicima [1]. Sva opterećenja su svrstana u nekoliko kategorija. Za ovaj objekat, od značaja je da se odrede uticaji od stalnog, povremenog (korisno, sneg, vetar) i seizmičkog opterećenja. Stalno opterećenje čine sopstvena težina elemenata konstrukcije (stubovi, grede, zidna platna, tavanice) i dodatno stalno (zidovi ispune, obloge podova, fasadne obloge). Korisna opterećenja su u funkciji namene prostorije, intenziteta $1,5\text{ kN/m}^2$ (stambeni prostor), $3,0\text{ kN/m}^2$ (poslovni prostor, hodnici, stepeništa, terase), $2,5\text{ kN/m}^2$ (garaža). Opterećenje snegom, uzeto je saglasno lokaciji objekta i iznosi $1,0\text{ kN/m}^2$ osnove krova. Seizmičko opterećenje je određeno statički ekvivalentnom metodom.

2.3. Modeliranje konstrukcije i opterećenja

Za statički i dinamički model usvojen je prostorni model, modeliran u specijalizovanom programskom paketu, za proračun konstrukcija, Tower 6.0, koji je baziran na metodi konačnih elemenata.

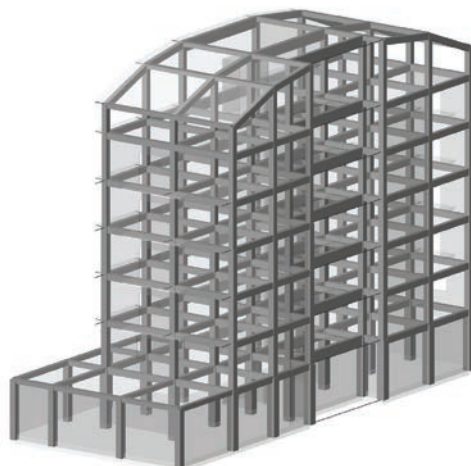
Konstrukcija je modelirana korišćenjem linijskih i površinskih konačnih elemenata. Opterećenja na model su aplicirana saglasno analizi opterećenja, a posebno za svaki slučaj osnovnog opterećenja. Stalno je naneto kao površinsko ili kao linijsko opterećenje, a povremeno kao površinsko. Opterećenje vetrom je naneto, kao linijsko raspodeljeno opterećenje, po stubovima u oba ortogonalna pravca. Seizmičko je naneto u nivou tavanica u oba ortogonalna pravca, a korisno kao površinsko opterećenje, saglasno analizi.

Pri formiranju proračunskog modela korišćena je gusta mreža konačnih elemenata (stranica elementa $0,3\text{m}$). Programski je omogućeno modeliranje interakcije konstrukcije i podloge prema Vinklerovom (Winkler) modelu tla. Tlo je zamenjeno elastičnim oprugama, postavljenim u čvorove konačnih elemenata. Usvojena vrednost koeficijenta posteljice je 20000 kN/m^3 . Model konstrukcije dat je, ilustrativno, na slici 2.

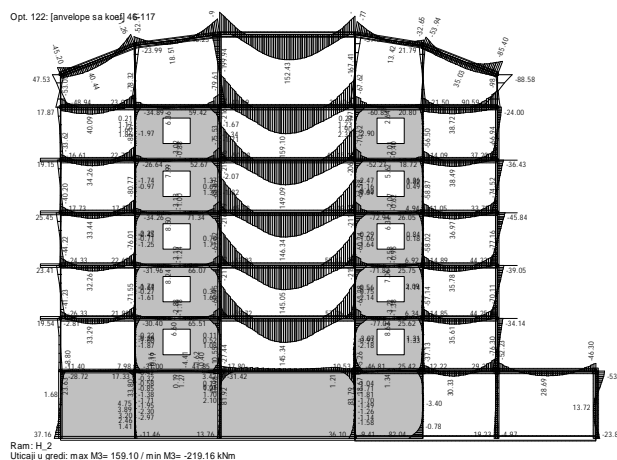
Kao rezultat linearno-elastične analize, sračunate su presečne sile u elementima (moment savijanja, transversalne, normalne sile i momenti torzije), na osnovu kojih je konstrukcija dimenzionisana.

Modalnom analizom su određeni periodi oscilovanja konstrukcije i to translacije u X i Y pravcu sa periodima $T_1=0,7097\text{s}$, $T_2=0,4895\text{s}$ i rotacije u osnovi $T_3=0,3585\text{s}$. Dijagram momenata savijanja, za ram H2, dat je, ilustrativno, na slici 3.

Analiza dejstva horizontalnih opterećenja, kao i modalna analiza, pretpostavlja nedeformabilnost tavanice konstrukcije u svojoj ravni, zbog velike širine tavanice, čime se izjednačavaju pomeranja svih vertikalnih elemenata u nivou tavanica.



Slika 2. 3D Model konstrukcije



Slika 3. Ram u osi H2, anvelope momenata M3

2.4. Dimenzionisanje i armiranje elemenata

Svi elementi su dimenzionisani prema uticajima od merodavnih graničnih kombinacija opterećenja. Za njihovo određivanje iskorišćena je opcija primenjenog softvera.

Na osnovu toga, usvojena je armatura u preseccima, vodeći računa o minimalnim procentima armiranja za svaki element posebno. Grede su dimenzionisane prema graničnim momentima savijanja i transversalnim silama, kao jednostruko armirane, dok su stubovi računati kao koso savijani i obostrano simetrično armirani. U stubovima je sprovedena kontrola aksijalnih naprezanja, usled eksploatacionog opterećenja, koji prema zahtevima za aseizmičko projektovanje mora da zadovolji uslov $N_e/A \leq 0,35b_k$, gde je N_e -aksijalna sila u stubu usled eksploatacionog opterećenja, A -površina poprečnog preseka, b_k -karakteristična čvrstoća betonske prizme. Za armiranobetonska zidna platna, u kritičnim preseccima, usvojena je minimalna količina armature, na osnovu minimalnog procenta armiranja, koji je određen, za vertikalnu armaturu, sa $0,45\%$, a za horizontalnu armaturu sa $0,2\%$. Kontrolisan je nivo aksijalnog naprezanja u zidovima, prema kriterijumu $N_e/A \leq 0,20b_k$. Takođe je kontrolisano horizontalno pomeranje vrha zgrade, napon pritisaka u tlu i sleganja. Krovna ploča je računata kao ortotropna (nosi u jednom pravcu) i shodno tome armirana.

3. ANALIZA PRORAČUNA AB PRESEKA ZA TRANSVERZALNE SILA PREMA PBAB 87 I EC2

3.1. Uvod

Proračunska poprečna armatura je rezultat proračuna grednog elementa na dejstvo glavnih napona zatezanja izazvanih transverzalnim silama. Po celoj dužini, gredni nosači se armiraju zatvorenim uzengijama, načelno prema dijagramu glavnih napona zatezanja. Maksimalne vrednosti glavnih napona zatezanja, po visini preseka, su karakteristične za zategnutu zonu i minimalnu širinu preseka. Osim vertikalnih uzengija, za prijem glavnih napona zatezanja mogu biti upotrebljene i kose uzengije i kosa gvožđa. Eksperimentalnim ispitivanjima je utvrđeno da najmanjom širinom kosih prslina rezultuje primena kosih uzengija, zatim vertikalnih, a da je najveća širina karakteristična za primenu koso povijene podužne armature (kosih gvožđa). Sa druge strane, primena kosih uzengija je vezana sa problemima izvođenja, zbog čega se ne primenjuju često. Povijanjem armature iz donje u gornju zonu, kosim delom nije obezbeđeno i potrebno koso gvožđe, budući da je, redovno, mesto povijanja locirano suviše daleko od oslonca. Kosa gvožđa se mogu projektovati samo u cilju prijema dela glavnog napona zatezanja izazvanog smicanjem. Iz navedenih razloga armiranje vertikalnim uzengijama ostaje dominantno i preporučeno. Postupak obezbeđenja glavnih napona zatezanja od transverzalnih sila rezultuje potrebom za dodatnom količinom podužne armature (pravac vertikalnih uzengija se ne poklapa sa pravcem glavnih napona zatezanja).

3.2 Analiza

Prema PBAB 87, proračun se zasniva na određivanju glavnih napona zatezanja, koji se upoređuje sa računskom čvrstoćom betona na smicanje τ_r . U AB preseku sa prslinom, u zategnutoj zoni, normalni naponi zatezanja su jednaki smičućim, prema izrazu:

$$\sigma_{1,2} = \pm \tau; \text{ i } \tau = \frac{T}{b_{\min} \cdot z} \quad (1)$$

gde je: T - transverzalna sila u preseku, b_{\min} - minimalna širina poprečnog preseka, z - krak unutrašnjih sila.

PBAB definiše granice napona smicanja. Računski napon smicanja τ_n , mora da zadovolji uslov $\tau_n \leq 5\tau_r$. Kada je $\tau_n \leq \tau_r$, nije potrebna računaska armatura za prijem uticaja od transverzalnih sila. Beton se smatra sposobnim da primi glavne napone zatezanja.

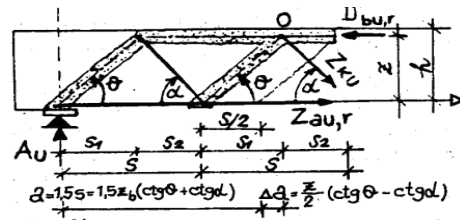
Ako se napon τ_n nalazi u granicama $\tau_r \leq \tau_n \leq 3\tau_r$, tada se potrebna površina poprečne armature određuje na osnovu redukovane transverzalne sile T_{Ru} , prema $T_{Ru} = T_{mu} - T_{bu}$, gde je: T_{mu} - ukupna transverzalna sila, a T_{bu} - sila koja se poverava betonu. Ako je ispunjen uslov $3\tau_r \leq \tau_n \leq 5\tau_r$, beton ne učestvuje u prijemu uticaja od transverzalnih sila. Celokupna transverzalna sila se poverava armaturi.

Potrebnu površinu armature za osiguranje od glavnih napona zatezanja (1), usled dejstva transverzalnih sila, dobija se iz modela rešetke kojim se pun nosač aproksimira, slika 4. Gornji pojas rešetke i dijagonale, pod uglom θ , su pritisnuti, a donji pojas i dijagonale pod uglom α , zategnuti.

Potrebna armatura, na jedinicu dužine nosača, za vertikalnu poprečnu armaturu, se određuje prema:

$$A'_{ak} = \frac{\bar{T}_{Ru}}{\sigma_v \cdot ctg\theta} \quad (2)$$

gde je: \bar{T}_{Ru} - sila smicanja na jedinicu dužine nosača, σ_v - granica razvlačenja armature uzengija, α - ugao nagiba porečne armature, θ - nagib pritisnutih dijagonala.



Slika 4. Proračunski model rešetke prema PBAB 87

Površina armature uzengija $a_u^{(1)}$, može se dobiti direktno:

$$m \cdot a_u^{(1)} = \frac{\tau_{Ru,u} \cdot b \cdot e_u}{\sigma_v \cdot ctg\theta} \quad (3)$$

gde su: m - sečnost uzengija, $a_u^{(1)}$ - površina profila uzengija, b - širina preseka nosača, e_u - rastojanje uzengija, $\tau_{Ru,u}$ - napon smicanja koji se prihvata uzengijama.

Pravilnik BAB propisuje granice nagiba pritisnutih betonskih dijagonala rešetke u rasponu od 25° do 55°. Takođe, ograničava nagib poprečne armature na interval između 45° i 90°.

Dodatna podužna armatura, koja potiče od sile u donjem pojasnom štapu rešetke, određuje se prema izrazu:

$$\Delta A_{a1} = \frac{T_{mu}}{2\sigma_v} \cdot ctg\theta \geq 0 \quad (4)$$

Alternativno, ova armatura se može pokriti translatorskim pomeranjem linije zatežućih sila za vrednost od 75% statičke visine nosača.

Proračun, prema EC2 svodi se na određivanje proračunske sile smicanja usled spoljašnjeg opterećenja V_{Ed} , prema modelu rešetke, koja je identična kao u PBAB-u, slika 4.

EC2 definiše granice nosivosti na smicanje. Proračunska smičuća sila mora da zadovolji uslov $V_{Ed} \leq V_{Rd,max}$, gde je: $V_{Rd,max}$ - maksimalna sila smicanja koju element može da prihvati. Maksimalna nosivost na smicanje ograničena je slomom betona u pritisnutoj dijagonali rešetke i data je sa:

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} b_w z v f_{cd}}{(ctg\theta + tg\theta)} \quad (5)$$

gde je: v - koeficijent kojim se smanjuje čvrstoća betona zbog prslina od smicanja, α_{cw} - koeficijent kojim se uzima u obzir stanje napona u pritisnutom pojasu, z - krak unutrašnjih sila, f_{cd} - proračunska čvrstoća betona pri pritisku, b_w - širina poprečnog preseka. Kada je $V_{Ed} \leq V_{Rd,c}$, nije potrebna nikakva proračunska armatura za smicanje, a $V_{Rd,c}$ je proračunska vrednost nosivosti pri smicanju elementa, bez armature za smicanje.

Potrebna površina poprečne armature, prema EC2, data je odnosom:

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_{Rd,s}}{z f_{ywd} ctg\theta} \quad (6)$$

A_{sw} - površina preseka armature za smicanje, s - rastojanje uzengija, f_{ywd} - proračunska granica razvlačenja armature. Evrokod ograničava nagib pritisnute betonske dijagonale rešetke u granicama između 22° i 45°. Armatura za smicanje može biti u nagibu u granicama između 45° i 90°.

Dodatna podužna armatura određuje se prema izrazu:

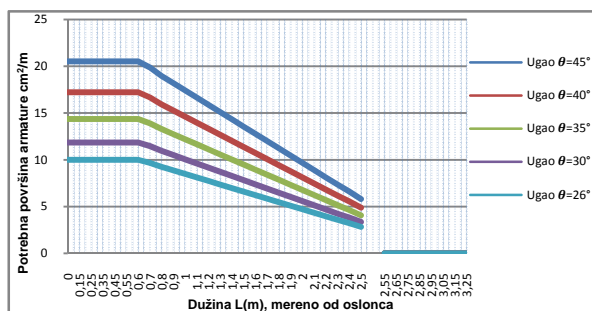
$$\Delta A_{sw} = \frac{0,5 V_{Ed} ctg\theta}{f_{ywd}} \quad (7)$$

Potreba za dodatnom podužnom armaturom može se pokriti pomeranjem linije zatežućih sila, u nepovoljnijem pravcu za vrednost $a_1 = z \cdot (ctg\theta - ctg\alpha)/2$.

PBAB 87 i EC2 propisuju minimalnu armaturu za smicanje na delu nosača gde nije potrebna proračunska poprečna armatura. Prema PBAB-u minimalni procenat armiranja poprečnom armaturom od 0,2% važi samo na dužini osiguranja. EC2 propisuje minimalni procenat armiranja u zavisnosti od karakteristične vrednosti čvrstoće betona pri pritisku f_{ck} i karakteristične vrednosti granice razvlačenja armature f_{yk} i data je sa $\rho_{w,min} = \frac{(0,08\sqrt{f_{ck}})}{f_{yk}}$.

Uporedna analiza potrebne površine armature prema PBAB i EC2 sprovedena je na dva primera. U prvom primeru sračunata je greda pravougaonog poprečnog preseka $b/d = 25/56$ cm, opterećena jednakopodeljenim kontinualnim opterećenjem, a u drugom je greda iz konstrukcije.

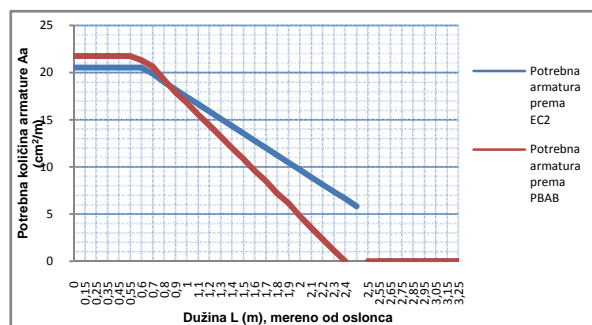
Dobijeni rezultati potrebne površine poprečne armature, prema PBAB, u zavisnosti od ugla θ , dati su na slici 5.



Slika 5. Zavisnost potrebne količine uzengija od ugla θ , prema PBAB

Prema oba normativa, sa povećanjem nagiba pritisnutih dijagonala povećava se i količina potrebne armature.

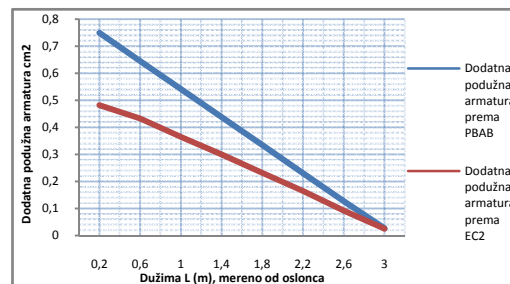
Na slici 6, prikazane su razlike za potrebnu poprečnu armaturu sračunate prema PBAB-u i EC2, za ugao $\theta=45^\circ$.



Slika 6. Potrebna količina uzengija prema PBAB i EC2

Prikazani su dijagrami za pola nosača jer je simetričan. Sa dijagrama se jasno vidi da je na delu od 0,7-2,4m, prema PBAB, dobijeno manje armature nego po EC2. Razlog za to je redukcija transverzalnih sila, jer se deo sile poverava betonu, dok po Evrokodu to nije slučaj. Prema PBAB-u, granica τ_r je na približno istom mestu, na nosaču, kao prema Evrokodu, iz čega se može zaključiti da je nosivost betonskog elementa, gde nije potrebna armatura za smicanje, približno jednaka prema oba normativa.

Na slici 7, prikazana je razlika u dodatnoj podužnoj armaturi dobijenoj pomeranjem linije zatežućih sila, prema PBAB i EC2.



Slika 7. Razlika dodatne podužne armature

Najveća razlika, dobijena je na delu gde je transverzalna sila najveća (kod oslonca). Na sredini nosča, gde je transverzalna sila minimalna, nema razlike u podužnoj armaturi, dobijene na ovaj način.

4. ZAKLJUČAK

Prema analiziranim metodama proračuna, odnosno normativima, PBAB 87 i EC2, upoređivani su dobijeni rezultati. Proračunom poprečne armature dobijeni su rezultati približnih vrednosti, na delu grede gde se nosivost betona na smicanje ne uzima u proračun. Na delu nosača gde se, prema PBAB 87, vrši redukcija transverzalnih sila, potrebna poprečna armatura znatno se razlikuje od potrebne armature dobijene prema EC2, jer se prema EC2, na ovom delu nosača kompletna sila smicanja poverava armaturi.

Vrednosti za pomeranje linija zatežućih sila se znatno razlikuju, pa se i dodatna podužna armatura, dobijena na ovaj način, veoma razlikuje, gde je PBAB konzervativniji propis. Generalno, EC2 je, u odnosu na PBAB, detaljniji i uzima više parametara u obzir, ali se dobijeni rezultati razlikuju u manjoj meri.

5. LITERATURA

- [1] Zbirka Jugoslovenskih pravilnika i standarda za građevinske konstrukcije.
- [2] Grupa autora: *Beton i armirani beton* prema BAB 87, Tomovi 1 i 2, Univerzitetska štampa, Beograd, 2000.
- [3] Ž. Radosavljević, D. Bajić: *Armirani beton 3*, Građevinska knjiga, Beograd, 2007.
- [4] B. Petrović: *Odabrana poglavlja iz zemljotresnog inženjstva*, Građevinska knjiga, Beograd, 1989.
- [5] *Evrokod 2: Proračun betonskih konstrukcija - Deo 1-1: Opšta pravila i pravila za zgrade*, Evropski komitet za standardizaciju, decembar 2004.
- [6] Bill Mosley, John Bungey and Ray Hulse: *Proračun armiranobetonskih elemenata prema Evrokodu 2*.

Kratka biografija:



Aleksandar Tešić rođen je u Loznici 1983. godine. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstvo- konstrukcije odbranio je 2011. godine.

PROJEKAT KONSTRUKCIJE EDUKATIVNOG CENTRA ZA ODRŽIVE MATERIJALE I TEHNOLOGIJE, SA ANALIZOM IZOLACIONIH SVOJSTAVA BIOMASE**STRUCTURAL DESIGN OF EDUCATIONAL CENTER FOR SUSTAINABLE MATERIALS AND TECHNOLOGIES, WITH ANALYSIS OF BIOMASS INSULATION PROPERTIES**Vladimir Šuša, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

Kratak sadržaj – U radu je prikazan projekat konstrukcije „S_Kuće“ od lameliranog lepljenog drveta, pogodan za postavljanje izolacije od balirane slame. Drvo i biomasa, zbog svojih ekoloških i niskoenergetskih svojstava, izabrani su kao materijali za izgradnju Edukativnog centra za održive tehnologije građenja. Smatra se da bi se eventualnom realizacijom ovakvog centra u Vojvodini popularizovala primena balirane slame kao građevinskog materijala zbog dobrih izolacionih svojstava i niske cene koštanja.

Abstract – This paper describes the structural design of „S-House“ with basic structural skeleton system made from glue laminated timber, suitable for installing of straw bales as isolation. Due to their ecological and low-energy properties, glulam and biomass have been chosen for building of Educational centre for sustainable construction technologies. The potential realisation of this type of centre in Vojvodina might enforce the application of straw as a building material due to good insulation properties and economic reasons.

Gljučne reči: Lamelirano lepljeno drvo, skeletni sistem, balirana slama, energetska efikasnost.

1. UVOD

Graditeljstvo, kao bitan činilac društvenog razvoja, može, treba i mora da pomogne u borbi za očuvanje životne sredine. U tom kontekstu, koncept „održivog razvoja“ javlja se kao humana i kreativna zamisao sa težnjom da se zadovolje potrebe današnjeg čoveka i ne ugrožavaju mogućnosti budućih generacija da ostvare svoje potrebe. Razvojem samoodržive arhitekture, pasivnog dizajna, pasivnih niskoenergetskih i PassivHaus kuća građevinska industrija i arhitektura suočavaju se sa savremenim izazovima u odnosu na smanjenje ukupne energije potrebne za proizvodnju, očuvanje i recikliranje objekta.

2. PROJEKAT KONSTRUKCIJE S_KUĆE

Na osnovu arhitektonskog rešenja „S_kuće“, realizovanog u okviru diplomskog master rada na Departmanu za arhitekturu i urbanizam FTN [6], urađen je građevinski projekat konstrukcije od lameliranog lepljenog drveta.

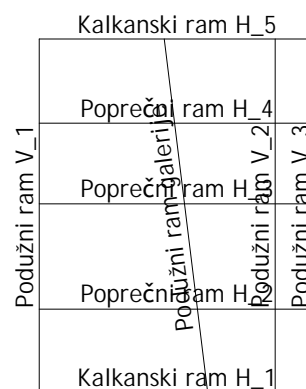
NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bila dr Tatjana Kočetov Mišulić, docent.

2.1. Konstruktivno rešenje i statički sistem

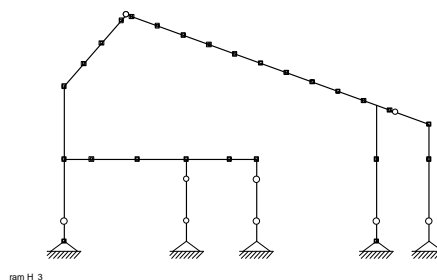
Objekat „S_kuće“ projektovan je kao informativno edukativni centar u Novom Sadu za održive sirove materijale i samoodržive tehnologije u oblasti građevinskih konstrukcija. Predviđena spratnost objekta je P+galerija. Osnova objekta je pravougaonog oblika dimenzija 15.95 x 20.20m.

Na osnovu dispozicije u arhitektonskom rešenju, usvojen je skeletni konstruktivni sistem od lameliranog lepljenog drveta (LLD), kao pogodan za postavljanje izolacije od balirane slame koja zahteva veće debljine. Izabrani sistem sačinjen od pet poprečnih ramova (slika 1),



Slika 1. Dispozicija ramova

koji su međusobno povezanih podužnim elementima (rožnjačama, fasadnim i temeljnim gredama). Primarni i sekundarni elementi konstrukcije su projektovani od LLD, četinari II klase, [1]. Objekat je koncipiran kao jednobrodni, sa nadstrešnicom u aneksu (raspon broda je 13.65m, odnosno nadstrešnice 2.3m). Glavni nosači su statičkog sistema luka na tri zgloba (slika 2), promenljivog preseka, na neujednačenim međusobnim rastojanjima.

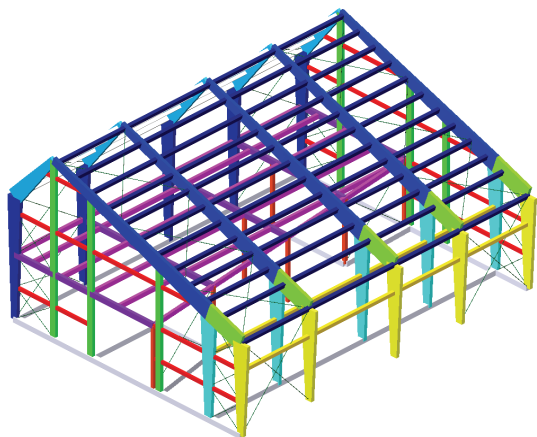


Slika 2. Poprečni ram

Fundiranje je plitko, na temeljima samcima Df=0.8m. Temelji samci su urađeni kao monolitni od betona MB30, armirani rebrastom armaturom RA 400/500, [4], [5].

2.2. Modeliranje konstrukcije

Za potrebe proračuna konstrukcije, napravljen je prostorni model (slika 3) u programskom paketu „Tower“ [13], kojim je sprovedena računaska analiza i dimenzionisanje.



Slika 3. Prostorni model objekta

3. PRORAČUN KONSTRUKCIJE

Statički proračun je urađen Metodom konačnih elemenata po Teoriji prvog reda, tj linearnom analizom koja je, s obzirom na vrstu i veličinu objekta, dovoljno tačna.

3.1. Analiza opterećenja i kombinacije

U radu su analizirana osnovna i dopunska opterećenja:

Stalno opterećenje: sopstvena težina svih elemenata konstrukcije (glavne i sekundarne), kao i dodatno stalno opterećenje koje potiče od nekonstruktivnih elemenata tj. težine krovnog pokrivača sa izolacijom (fibercementne ploče sa termoizolacijom od balirane slame $0,6 \text{ kN/m}^2$).

Opterećenje snegom: s obzirom na nagibe krovne ravni od 20° i 49° , usvojeno je opterećenje od $0,75 \text{ kN/m}^2$ i $0,45 \text{ kN/m}^2$ po osnovi krova.

Opterećenje vetrom: kako je izgled objekta netipičan i nije direktno obrađen u standardima, u analizi su korišćeni koeficijenti pritiska vetra za dva najbližija oblika objekta i kombinovani po principu max nepovoljnog uticaja. Takođe, za analizu uticaja vetra na glavnu i sekundarnu konstrukciju formirana su dva odvojena modela (različit intenzitet i dinamički koeficijent G_z za glavni noseći sistem i za sekundarnu konstrukciju). Ukupno dejstvo vetra na glavnu konstrukciju kreće se u granicama max pritiska od $0,82\text{--}0,52 \text{ kN/m}^2$, do max sišućeg dejstva od $0,74\text{--}0,52 \text{ kN/m}^2$.

Korisno opterećenje galerije: korisno opterećenje za kancelarijske i sanitarne prostore koje prema standardima iznosi 2 kN/m^2 je aplicirano kao površinsko, te uz pomoću softvera konvertovano u linijsko opterećenje grede galerije.

Kombinacije opterećenja: Na dva modela izgenerisano je ukupno 35 kombinacija opterećenja, pri čemu se vodilo računa da se međusobno ne kombinuju slučajevi opterećenja čije istovremeno dejstvo nije realno (npr. međusobne kombinacije opterećenja vetrom). Takođe, broj relevantnih kombinacija je doveden na realan nivo uključivanjem i sopstvene težine u svaku kombinaciju.

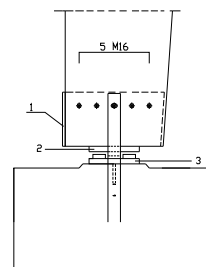
3.2. Proračun elemenata konstrukcije

Primarni i sekundarni elementi konstrukcije su projektovani od LLD, četinari II klase. Na osnovu analize

relevantnih opterećenja i uticaja, usvojena širina glavnih nosača 20 cm , a visina poprečnog preseka je promenljiva i kreće se u granicama od 39 do 102 cm . Fasadne grede su dimenzija $20/20 \text{ cm}$ i $20/25 \text{ cm}$, a rožnjače dimenzija $18/27 \text{ cm}$. Stubovi kalkanskog zida su dimenzija $20/36 \text{ cm}$, i $20/20 \text{ cm}$, grede kalkana su dimenzija $15/18 \text{ cm}$ i $20/30 \text{ cm}$. Stubovi galerije su dimenzija $20/20 \text{ cm}$, podužne grede galerije $18/25 \text{ cm}$ i poprečne grede galerije $20/30 \text{ cm}$.

3.3. Proračun veza

U usvojenom sistemu konstrukcije sve veze između elemenata su predviđene kao zglobove, izuzev veza u uglovima poprečnih ramova koje su modelirane i proračunate kao krute. Realizacija krutih veza rigle i stuba u uglovima ramova je predviđena sa umecima od LLD i zupčastom lepljenom vezom [2], dok su ostale veze predviđene za realizaciju sa elementima od čelika u dimenzijama prema proračunu, sa zavarivanjem i zavrtnjevima M12 i M16 kao spojnim sredstvom (npr. jedan od projektovanih detalja prikazan je na slici 4) [3].



Slika 4. Veza stuba glavnog nosača sa temeljnom stopom

4. ENERGETSKI EFIKASNI OBJEKTI I ORGANSKI GRAĐEVINSKI MATERIJALI

Sistem energetske efikasne gradnje podrazumeva odgovorno i štedljivo postupanje sa sirovinama kojih je sve manje, korišćenje obnovljivih izvora energije, uvođenje novih ekoloških tehnologija. Posebnu pažnju trebalo bi posvetiti: smanjenju gubitka energije i efikasnom korišćenju energije. Energetska efikasnost objekta opisuje se energetske sertifikatom - pasošem, koji podrazumeva proceduru ocene objekta u odnosu na energetske parametre. Energetski pasoš predstavlja sertifikat o energetske efikasnosti zgrade.

4.1. Drvo i proizvodi na bazi drveta

Drvo kao najstariji građevinski materijal i jedini organski konvencionalni materijal za gradnju, zadovoljava sve parametre savremenog energetske efikasnog materijala. Drvo ima odlična građevinsko-fizička svojstva koja doprinose minimalnoj potrošnji energije, odlikuje se odličnom nosivošću i postojanošću s obzirom na malu sopstvenu težinu. Kod nas nema sirovine za čiju proizvodnju je potrebno manje energije. Savremena tehnologija obezbedila je projektantima i konstruktorima raznovrstan izbor proizvoda od i na bazi drveta [9], koji se odlikuju izuzetnim svojstvima, kako mehaničkim i fizičkim, tako toplotnim i zvučnim, kao i mogućnošću raznovrsnog oblikovanja, visokom otpornošću na dejstvo požara i odličnom završnom obradom [10].

4.2. Balirana slama kao građevinski materijal

Biomasa čini 63% potencijala Srbije u obnovljivoj energiji, a od svih vidova biomase, slama sa procenjenom

godišnjom količinom od 10 miliona tona predstavlja najizdašnji izvor. Sušenjem i baliranjem stabljika žitarica može se dobiti građevinski materijal, čime se sprečava paljenje slame, a samim tim i emisija ugljen dioksida u okolinu. Korišćenje balirane slame u građevinarstvu je višestruko povoljno: ona je prirodan ekološki materijal za čiju proizvodnju je potreban minimalni utrošak energije, a veoma dostupan, jeftin i lako obradljiv materijal. Ne sadrži nikakve štetne materije poput nekih modernih materijala, dobro osušena i izolovana od vlage nije podložna truljenju i veoma je trajna, a ugrađena u zid i obrađena malterom ponaša se pri požaru slično kao drvena građa jer ima sprečen dotok kiseonika i izdržava visoko požarno opterećenje. Ispitivanja su pokazala i zavidna mehanička svojstva pri pritisku, kao i pri dejstvu alternativnih opterećenja. Pored balirane, danas se u graditeljstvu koriste i prefabrikovani izolacioni paneli od slame, čime je materijal dobio standardizovan kvalitet.

4.3. Metode građenja baliranom slamom

- **Metoda sa nosećim zidovima od bala** je najstariji vid gradnje slamom nastao u Nebraski, pa se često naziva „Nebraska“ metod. Gradnja ovom metodom se izvodi ređanjem bala slame poput blokova na trakasti temelj i njihovim slaganjem uz probadanje drvenim kolčevima, a bez ikakvih vezivnih materijala (slika 5).



Slika 5. Sistem nosećih zidova od bala slame [8]

- **Metoda skeletnog sistema sa balama kao ispunom** je češće korišćena od prethodne. Sva ispitivanja na vertikalno i horizontalno opterećenje sprovode se za skeletni sistem koji je najčešće drveni ili LLD, ali može biti i metalni ili betonski. Skeletni sistem pruža veću nosivost i stabilnost objektu, i osigurava projektovani položaj za okvire prozora i vrata u odnosu na sistem sa nosećim zidovima Bale u ovom slučaju služe kao ispuna i termoizolacija, a prenose samo opterećenje od sopstvene težine. Ovaj sistem je primenjen za projektovani objekat.

- **Metoda lakog okvirnog sistema sa samonosećom ispunom** je modifikacija klasičnog skeletnog sistema sa razlikom u samom drvenom skeletu – u rasponima i rasterima koji su manji i rezultuju upotrebom drvene građe sitnijeg preseka.

- **Prefabrikovani panelni načini gradnje** baliranom slamom predstavlja savremenu metodu građenja, razvijenu iz metode „lakog nosećeg okvira sa ispunom od balirane slame“. Temelji koji se primenjuju u ovim slučajevima su temelji samci ili izdignuti temelji betonskih stubova, trakasti temelji i/ili izlivena betonska ploča. Mogu se javiti u dva vida: sa panelima od kompresovane slame koji imaju nosiva svojstva (slika 6),

i kao izolacioni materijal ugrađen u zidne okvire panela, sa različitim načinima završne obrade (slika 7).



Slika 6. Primer postavljanja prefabrikovanog panela od komprimovane slame, [8]



Slika 7. Primer završne obrade prefabrikovanog panela od komprimovane slame, [8]

5. ANALIZA IZOLACIONIH SVOJSTAVA BALIRANE SLAME

5.1. Koeficijent toplotne provodljivosti balirane slame

Toplotna provodljivost veoma zavisi od gustine balirane slame, orijentacije vlakana, kao i vrste slame. Koeficijent toplotne provodljivosti λ balirane slame kreće se od 0,035-0,090 W/mK. Pri ispitivanjima toplotnih svojstava bala pšenične i ječmene slame debljine 48 cm došlo se do zaključka da se koeficijent toplotne provodljivosti λ kreće u granicama od 0,041-0,048 W/mK za pšeničnu slamu i 0,035-0,053 W/mK za ječmenu slamu, a u zavisnosti od gustine tj. zbijenosti slame [12].

5.2. Uporedna analiza klasičnih izolacionih slojeva i izolacije od balirane slame

Koeficijenti toplotne provodljivosti standardnih sintetičkih izolacionih materijala, kao što su:

Poliuretan $\lambda=0,03$ W/mK

Ekspandirani polistiren (stiropor) $\lambda=0,04$ W/mK,

su veoma približni, iz čega se vidi da su izolaciona svojstva ekološke balirane slame sasvim dobra [11].

Iz Tabele 1 vidi se da je balirana slama odličan izolacioni materijal i u zimskom i u letnjem periodu. U zimskom periodu potrebno je da koeficijent toplotne provodljivosti (λ) bude što manji, a u letnjem periodu temperaturni broj (a) da bude što niži. Temperaturnim brojem (a) opisuje se

brzina širenja temperaturne promene po materijalu u konstrukciji.

Tabela 1. *Upporedni parametri izolacionih materijala [8]*

Materijal	Toplotna provodljivost λ (W/mK)	Gustina ρ (kg/m ³)	Specifična toplota c (J/kgK)	Temperat. broj $a = \frac{\lambda}{c \cdot \rho}$ ($10^{-4} \times m^2/h$)
Poliuretana	0.03	30	1404	25.64
Staklena i kamena vuna	0.04	35	840	48.97
Ekspandirani polistiren	0.04	20	1404	51.28
Celuloza	0.04	55	1944	13.46
Drvena vlakna	0.06	270	1944	4.11
Balirana slama	0.041	135	2000	5.46

U cilju analize, računski su upoređeni koeficijenti prolaska toplote kod klasičnog zida od drveta sa izolacijom od kamene vune i zida od balirane slame obostrano prekrivenog malterom različite debljine. Koeficijent prolaska toplote (U) klasičnog zida od drveta (ukupne debljine 26.75cm) iznosi $U=0,21W/m^2K$, dok isti koeficijent kod zida od balirane slame (debljine 50cm) obostrano prekrivenog slojem krečnog maltera (debljine 5cm) iznosi $U=0,079W/m^2K$. a kod zida od balirane slame (debljine 20cm) obostrano prekrivenog slojem krečnog maltera (debljine 5cm) on iznosi $U=0,19W/m^2K$. Na nivou ukupne debljine zida (približno 30cm) uporedive su vrednosti klasičnog i tanjeg zida od balirane slame, pri čemu su i vrednosti koeficijenta prolaska toplote približni, a sa druge strane zadovoljavaju propisane vrednosti prema našoj građevinskoj regulativi: U_{max} za porodične kuće i zgrade malog obima iznose $U=0,35W/m^2K$ za spoljašnje zidove, $U=0,30W/m^2K$ za krovove, $U=0,5W/m^2K$ za podove na tlu. Prema Passivhaus standardu dopuštena vrednost koeficijenta prolaska toplote za zidove, krovove i podove iznosi $U=0.15 W/m^2K$, što zajedno upućuje na činjenicu da je balirana slama odličan toplotni izolator.

5.3. Analiza uticaja debljine izolacije na neto korisnu površinu objekta

Nasuprot navedenim prednostima balirane slame, kao problem se javlja debljina zidova od ovog materijala. S obzirom da su dimenzije bala 32-50 x 50 x 50-120 cm, debljina zidova značajno povećava zapremina objekta tj. smanjuje kvadratura korisnog prostora. Ovaj problem je donekle moguće rešiti postavljanjem bala ispune na kant pri skeletnom sistemu gradnje, čime se debljina zidova smanjuje na 32cm, što se iz analize izolacionih svojstava ispostavlja kao dovoljno. Ipak, u slučaju gradnje masivnim sistemom ovakvo rešenje nije pouzdano zbog manje stabilnosti zida pre postavljanja maltera. Uključivanjem države u rešavanje ovog problema (subvencijama ili smanjenjem poreza) moguće je gubitak korisnog prostora na neki način nadomesti i time ohrabriti i podstaknuti (obevezati?) investitore na ovakav način gradnje i na upotrebu slame u smislu korišćenja najraširenijeg vida biomase u Srbiji.

6. ZAKLJUČAK

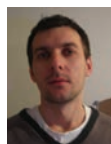
Proizvodi na bazi drveta, čija savremena tehnologija proizvodnje povećava trajnost i otpornost na spoljašnje uticaje, mogu se uspešno kombinovati sa organskim prirodnim izolatorima od biomase, kao što je, recimo, balirana slama.

U razvijenim zemljama proizvodi na bazi drveta i biomase se sve više koriste, u čemu prednjače Finska i Austrija, dok naša zemlja značajno zaostaje za razvijenim svetom u korišćenju drveta i slame u građevinarstvu. Osim toga, Vojvodina kao područje bogato biomasom predstavlja potpuno neiskorišćen potencijal jer se, sem minimalne upotrebe trske, slama uopšte ne primenjuje kao građevinski materijal. Uvođenjem odgovarajuće građevinske regulative i razbijanjem predrasuda vezanih za baliranu slamu na ovim prostorima, kao što je to već učinjeno u okruženju [7], stižu se osnovni uslovi za korišćenje balirane slame u energetski efikasnom građevinarstvu budućnosti.

7. LITERATURA

- [1] M. Gojković: „*Drvene konstrukcije*“, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, 1989.
- [2] M. Gojković, B. Stevanović, M. Komnenović, S. Kuzmanović, D. Stojić: „*Drvene konstrukcije – rešeni primeri iz teorije i prakse*“, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, 2007.
- [3] B. Zarić, D. Buđevac, B. Stipanić: „*Čelične konstrukcije u građevinarstvu*“, 7. izdanje, Građevinska knjiga, Beograd, 2004.
- [4] Grupa autora: „*Beton i armirani beton prema PBAB87*“, knjiga 1, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, 2000.
- [5] J. Sklena, N. Vujadinović: „*Proračun temelja*“, DOO Principal Metromarketing, Novi Sad, 1998.
- [6] V. Bošković: „*S-KUĆA Informativno-edukativni centar za održive sirove materijale i samoodržive tehnologije u oblasti građevinskih konstrukcija*“, Diplomski master rad, FTN Novi Sad, Departman za arhitekturu i urbanizam, 2010.
- [7] M. Lazić: „*Upotreba slame kao tradicionalnog materijala u graditeljstvu budućnosti*“, Sveučilište u Zagrebu, Građevinski Fakultet, 2009.
- [8] <http://www.strawbale.com/>
- [9] <http://www.finnforest.com/>
- [10] <http://www.dataholz.com/>
- [11] <http://people.bath.ac.uk/abspw/straw%20bale%20test%20report.pdf>
- [12] http://www.ecobuildnetwork.org/images/stories/Straw_Bale_Test_Downloads/Load-Bearing_SB_Const.pdf
- [13] Radimpex: *Softverski paket „Tower 6“* za statičku i dinamičku analizu konstrukcija i dimenzionisanje betonskih, čeličnih i drvenih elemenata, Beograd, 2009.

Kratka biografija:



Vladimir Šuša rođen je u Zadru 1982. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, iz oblasti Građevinarstva – Drvene konstrukcije, odbranio je 2011.god.

TEHNOLOGIJA I ORGANIZACIJA GRAĐENJA MONTAŽNE HALE I ANALIZA TRANSPORTA MONTAŽNIH ELEMENATA**TECHNOLOGY AND ORGANIZATION OF CONSTRUCTION PREFABRICATED HALL AND ANALYSIS OF TRANSPORT OF PREFABRICATED ELEMENTS**

Nebojša Šarac, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – U radu je prikazano planiranje izgradnje montažne hale sa posebnim akcentom na organizaciju transporta montažnih betonskih elemenata. Ceo plan transporta je predstavljen tabelarno, i graficima koji su formirani na osnovu postojećih tabela.

Abstract – The paper describes the planning the construction of assembly hall with the special accent on concrete assembly elements' transport organization. The whole transportation plan is presented with tables, followed by appropriate charts.

Ključne reči: transport montažnih betonskih elemenata, montaža glavnog nosača

1. UVOD

Organizacija građenja, kao sastavni deo aktivnosti na izvođenju objekta, zauzima značajno mesto u realizaciji projekta i ona se ogleda u pravilnom organizovanju aktivnosti resursa i njihovim upravljanjem u cilju ostvarenja predviđene dinamike i smanjenju rizika. U zavisnosti od kompleksnosti projekta ili tehnologije građenja, organizaciju građenja je moguće razložiti na nekoliko faza, a radi efikasnije realizacije, svaku od njih detaljnije razraditi.

Ovim radom će biti prezentovana detaljna analiza transporta za sve montažne elemente armirano betonske proizvodne hale u Šimanovcima, firme Isomat, kao i uticaj transporta na dinamiku montaže objekta. Takođe, biće obrađeni tehnički uslovi opisa građenja objekta, gde spadaju: lokacija na kojoj se objekat nalazi, karakteristike zemljišta, karakteristike klime, uslovi snabdevanja materijalom i energijom, prilazi i snabdevanja gradilišta random snagom. Zatim opis konstrukcije objekta sa svim potrebnim opisima i karakteristikama i opis načina tehnologije izvođenja svih mogućih radova sa prikazanim mašinama koje su korišćene pri izradi objekta. Pored toga će se obraditi i dinamički planovi izgradnje objekta, posebno gantogram i mrežni plan, zatim potrebne količine radne snage po danima, koje su potrebne za izvođenje objekta u obliku histograma. Kompletan rad je praćen crtežima za što bolji uvid.

2. OPIS OBJEKTA

Skladište je u osnovi pravougaonog oblika sa dimenzijama 35.00m x 108.00m i ograničen je sa osama

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Milan Trivunić, redovni profesor.

„1A – 1F“ i „6 – 24“. Glavna konstrukcija je sačinjena od skeletnog sistema montažne konstrukcije armiranog betona koja se sastavlja od montažnih čašica, stubova, temeljnih greda, glavnih krovnih nosača i montažne ivične grede. Krovna ravan je ukružena sa krovnim čeličnim spregom. Temeljenje je projektovano na plitkim temeljima – temeljima samcima pravougaone osnove.

Raster konstrukcije je 35.00m x 6.00m. krovna ravan je na koti cca. +10.5m. Krov je dvovodan, dvostranog nagiba od 3%. Skladište je projektovano tako da je omogućeno proširenje za još jedan brod raspona 35.00m bez potrebe udvajanja stubova u osi „1G“.

3. TEHNOLOGIJA IZGRADNJE OBJEKTA

Izgradnja objekta predstavlja kompleksan proces rada. Kao takav zahteva ozbiljan pristup u rešavanju svih njegovih segmenata. To podrazumeva postojanje kvalitetnog projekta i stručno i kvalitetno izvođenje radova u skladu sa projektom. Izvođač je dužan da se maksimalno pridržava važećih pravilnika i standarda.

3.1. Zemljani radovi

Zemljani radovi obuhvataju: skidanje humusa, iskop temelja za objekte i ugradnju šljunka ispod temelja.

3.2 Betonski elementi

Betonski elementi koji se izrađuju na licu mesta su: temelji samci i pod hale. Na osnovu predmera radova koji je dat u glavnom projektu utvrđuju se potrebne količine materijala za izradu elemenata.

Oplata temelja mora biti precizno izvedena kako bi imale projektovane dimenzije i kako bi njihove površine bile glatke i čiste. Oplata se radi od dasaka debljine 2.5 i 5.0 cm i skrojena se dovozi na gradilište, gde se smešta na predviđene deponije. Transport do mesta ugradnje se vrši ručno i traktorom sa prikolicom. Montaža se vrši ručno. Pre upotrebe oplata se premazuje sa uljem.

Armatura se dovozi na gradilište u gotovom armaturnim sklopovima kamionom i smešta na predviđenu deponiju. Do mesta ugradnje se transportuje ručno i traktorom. Ugradnja se vrši ručno.

Betoniranje temeljnih stopa i poda hale se vrši direktno iz auto mešalice kojom se beton dovozi na gradilište direktno iz fabrike betona.

Demontaža oplata se vrši ručno uz pomoć alata. Nakon skidanja oplatu treba očistiti, podmazati i deponovati na predviđeno mesto.

Nega betona podrazumeva prekrivanje platnom od jute koji se kvasi i vodom održava sedam dana.

4. PLAN TRANSPORTA MONTAŽNIH ELEMENATA

Radi detaljne analize vremena i izrade plana transporta montažnih elemenata neophodno je izvršiti istraživanje uslova puta koji treba da pređe drumsko transportno sredstvo, od fabrike betona, pa sve do mesta ugradnje montažnog elementa.

Ključna stavka u celokupnoj izradi plana transporta je vreme transporta, kojem će se posvetiti i najveća pažnja u predstojećoj analizi, jer ona ima bitan uticaj na izradu mrežnog plana a samim tim i na ceo tok montaže.

4.1. Analiza puta za transportovanje montažnih elemenata

Za potrebe ovog rada biće analizirane dve rute kojima će se vršiti transport montažnih elemenata. Ispitit će se sledeće stavke:

- Deonice koje treba transportno sredstvo da pređe na putu do krajnje destinacije,
- Dužine deonica izražene u km,
- Dozvoljene brzine na pojedinim deonicama, na osnovu postojećih zakona o saobraćaju,
- Posebni uslovi pod kojima vozilo može da stupi u saobraćaj,
- Eventualni zastoji i ograničenja na putu.

4.2. Proračun vremena transporta montažnih elemenata

Pre samog početka proračuna treba naglasiti uslove koji moraju biti ispunjeni za neometan prevoz montažnih elemenata:

- Da čvrstoća betona elementa bude najmanje 70% projektovane;
- Da elementi budu pripremljeni za prevoz;
- Konstrukcije od lakih betona budu zaštićene od vlaženja;
- Da transportna sredstva budu prilagođena dimenzijama elemenata i dužini transporta;
- Da prevoz bude organizovan do zone rada dizalice koja će ga montirati;
- Da bude simetrično opterećeno transportno vozilo;
- Da elementi prilikom transporta budu adekvatno obezbeđeni da se ne oštete, a i da ne ugrožavaju stabilnost vozila.

Metoda montaže koja će se ovde koristiti je **diferencna montaža**, što znači da se elementi ugrađuju u ukupnom broju komada po svojoj vrsti. Redosled montaže je sledeći:

- Sve temeljne čaše;
- Svi stubovi;
- Sve temeljne grede;
- Svi glavni nosači;
- Svi krajnji nosači;
- Sve ivične grede.

I sam proračun vremena transporta će biti urađen za svaku vrstu elementa respektivno, kako bi bilo pogodnije da se predstavi u mrežnom planu.

Prvo će biti proračunato vreme prevoza, jer je ono isto za sve elemente, pa tek onda pristupamo proračunu vremena utovara, istovara i monataže elemenata.

4.3 Proračun vremena prevoza

Parametri koji su nam potrebni za proračun su:

- Brzina natovarenog vozila po deonicama;

- Brzina praznog vozila po deonicama;
- Vreme provedeno na pojedinoj deonici natovarenog vozila;
- Vreme provedeno na pojedinoj deonici praznog vozila.

Gubici vremena će biti zanemareni u proračunu.

Tabela 1. Proračun vremena prevoza

Ruta A: Novi Sad - Šimanovci						
RB	Deonice	Lj [km]	Vnv [km/h]	Vpv [km/h]	Tjn [h]	Tjp [h]
1	Put za Sajlovo	3.4	40	50	0.085	0.068
2	Kornelija Stankovića	0.032	20	30	0.002	0.001
3	Partizanska	2.2	30	50	0.073	0.044
4	Pravac	3.9	60	80	0.065	0.048
5	Auto put E75	40.6	80	100	0.507	0.406
6	Vinogradska	5.9	40	50	0.147	0.118
7	Vinogradska	0.6	40	50	0.015	0.012
8	Kralja Petra I Karađorđevića	1.3	40	50	0.032	0.026
9	Karađorđeva	1	40	50	0.025	0.02
10	Kamenjarova	3.6	40	50	0.09	0.072
11	Cara Dušana	1.3	40	50	0.032	0.026
12	Karađorđeva	4.6	50	50	0.092	0.092
13	Vojačka	0.85	40	50	0.021	0.017
14	Partizanska	1.5	40	50	0.037	0.03
15	Prhovačka	3.5	40	50	0.087	0.07

Vpu[km/h]	Vpr [km/h]	Vsr [km/h]	L [km]	tp [h]
42.67	54	48.33	74.28	1.537

Legenda:

Lj – dužina pojedine deonice

Vnv – Brzina natovarenog vozila na određenoj deonici

Vpv – Brzina praznog vozila na određenoj deonici

Tjn – vreme puta natovarenog vozila na određenoj deonici

Tjp – vreme puta praznog vozila na određenoj deonici

Vpu – srednja brzina punog vozila

Vpr – srednja brzina praznog vozila

Vsr – srednja brzina kretanja (bez nepredviđenih zastoja)

L – ukupna dužina transporta

tp – vreme prevoza

Vreme prevoza tp je veličina koju ćemo koristiti u proračunu.

4.4. Proračun vremena utovara, istovara i montaže elemenata

Prilikom proračuna vremena utovara, istovara i monataže elemenata (montaža sa vozila), korišteni su građevinski normativi i standardi. Za naš slučaj karakteristične su sledeće norme: GN-900-108 i GN-415-400. Odnose se na utovar i montažu prefabrikovanih elemenata po fazama:

- Zakačinjanje elementa;
- Manipulacija samohodne dizalice;

- Otkaćinjanje elementa;
- Utovar ili montaža

Vreme svakog procesa zavisi od težine elementa, visine montaže i korištenog sredstva. Odnos vremena i norma časa data je preko obrasca:

Vreme u minutama / 60 = vreme u norma časovima
Odatle sledi:

60 minuta vremena = 100 minuta u norma časovima

Vremena montaže svakog montažnog elementa objekta uzet je iz preduzeća „Novotehna“, jer su oni bili glavni izvođači tog objekta. Vreme montaže počinje da se računa od momenta kad je transportno sredstvo dovedeno pod dizalicu na tačno projektovano mesto. Montaža elementa obuhvata sledeće operacije:

- Priprema elementa;
- Zakaćinjanje elementa;
- Manipulacija samohodne dizalice;
- Postavljanje elementa u svoja ležišta;
- Konačno vezivanje elementa (suva ili mokra veza).

Dobijeni podaci prikazani su u sledećoj tabeli.

Element	Vreme montaže [min]	Vreme montaže [NĚ]
Temeljne čaše	35	0.58
Stubovi	45	0.75
Temeljne grede	30	0.5
Glavni nosači	60	0.91
Krajnji nosači	40	0.67
Ivične grede	30	0.5

5. GLAVNI NOSAČI

Karakteristike elemenata:

Element	Težina [t]	Dužina L [m]	Komada
GN	26	35	14

Karakteristike transportnog sredstva:

Za prevoz glavnog nosača nećemo koristiti ni jedan od prethodno korišćenih kamiona, jer ni jedan od njih ne poseduje dovoljnu nosivost i gabarite kako bi se ovaj nosač preneo. Iz tog razloga se uvodi još jedan kamion, koji ćemo nazvati **kamion tipa D**.

Kamion tipa D ima uz sebe poseban dodatak, odnosno prikolicu za transport linijskih elemenata.

Za potrebe ovog projekta usvojeno je da se koristi **dva kamiona tipa D**.

Proračun vremena utovara glavnog nosača:

1	2	3	4
Element	Težina [t]	Zakaćinjanje	Otkaćinjanje
GN	26	0.008	0.008
5	6	7	8 = 7x2x60min
Manipulacija dizalice	Vertikalno dizanje	Ukupno [NĚ]	Vreme [min]
0.03	0.006	0.0512	80.496

Usvojeno vreme utovara glavnog nosača je **tu = 80 min**.

Tura	Kamion	Element	Komada	Težina tovara [t]
1	D	GN	1	26
2	D	GN	1	26
Σtu[min]	tp[min]	Σti[min]	t[h]	Ukupno elemenata
80	159	60	5.191	2
80	159	60	5.191	

Vreme istovara sa montažom glavnog nosača je **ti = 60 min**.

Formiranje dnevnih tura:

Dan I – VII

Broj dana neophodan za montažu glavnih nosača je **7**.

Formiranje radne snage:

	Utovar	Prevoz	Istovar sa montažom	Ukupno radnika
RII	1	1		2
MIV			1	1
MV			1	1
MVII			2	2

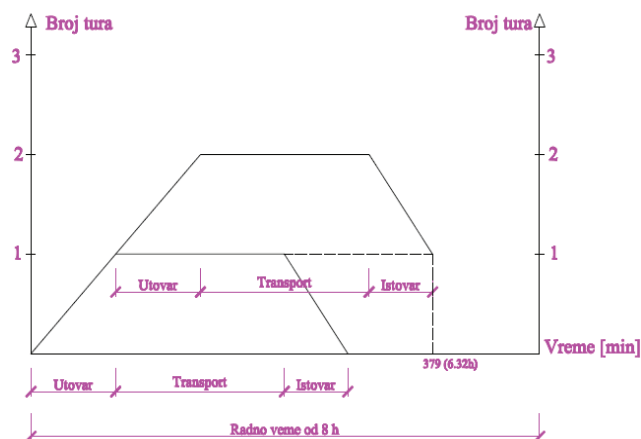
6. GRAFIČKI PRIKAZ DNEVNIH TURA PO VRSTI ELEMENATA

Planiranje i dinamika transporta montažnih elemenata hale je tabelarno prikazano. Međutim ono što se ne vidi u tabelama je moment kada koji kamion kreće iz pogona, gde se susreću i da li te dnevne ture mogu realno da se uklope u osmočasovni radni dan, koliko je usvojeno prilikom analize u MS Projectu.

Grafičkim prikazima ćemo pokazati da je vođeno računa o tome da se sve uklopi u osmočasovno radno vreme, osim par izuzetaka, gde je malo produženo iz praktičnih razloga.

U dijagramima, crvenom bojom će biti prikazan kamion tipa A, plavom bojom kamion tipa B i zelenom bojom kamion tipa C. Na posebnom dijagramu biće prikazan glavni nosač i to crnom bojom.

Grafički prikaz dnevnih tura glavnog nosača prikazan na slici 1.



Slika 1. Grafički prikaz dnevnih tura

7. DINAMIČKI PLANOVI GRAĐENJA

7.1 Planiranje građevinske proizvodnje

Planiranje proizvodnje predstavlja osnovu kvalitetne organizacije rada. Time se omogućava dobar uvid u buduće događaje kako bi se mogle preduzeti mere za njihovo efikasno savladavanje. Pod planiranjem građevinske proizvodnje se podrazumeva planiranje svih poslova vezanih za izgradnju građevinskog objekta, počev od izdavanja projektnog zadatka, izrade projekta, preko radova na izvođenju objekta pa sve do njegove konačne predaje naručiocu.

Pojam planiranja obuhvata još i određivanje osnovnih faktora građevinske proizvodnje, a to su:

- radna snaga;
- predmeti rada;
- sredstva rada;
- troškovi projektovanja i izgradnje objekta itd.

Ovde se pod radnom snagom obuhvata celokupna ljudska radna snaga koja je angažovana na izgradnji objekta, od tehničke službe na gradilištu (uprava gradilišta), preko administrativne i ekonomske službe pa do radnih brigada sačinjenih od zanatlija različitih kvalifikacija (tesari, armirači, betonirci, monterii...)

Pod predmetima rada podrazumeva se materijal za izgradnju objekta.

Sredstva rada podrazumevaju mehanizaciju za rad na gradilištu i transport, dok sve navedeno ulazi u troškove projektovanja i izgradnje objekta – cena rada radnika, troškovi materijala i alata, troškovi rada mehanizacije itd.

7.2 Dinamički planovi građenja

Izrada dinamičkog plana izgradnje objekta podrazumeva izradu modela procesa izvođenja radova na izgradnji objekta kao i vremensku analizu postavljenih modela.

Ovde se planiranje (model procesa) radova vrši korištenjem metoda ciklograma (ortogonalnih grafičkih planova), metoda gantograma – Gantovih karti (paralelnih dinamičkih planova) i metoda mrežnog planiranja.

Pošto je sam proces izgradnje objekta složen sa nizom tehnoloških međuzavisnosti, tehničkih i lokacionih ograničenja, a uzimajući u obzir organizacione zahteve, javlja se potreba da se izrada dinamičkog plana izgradnje sprovede u više koraka, odnosno modela, čime su predstavljeni pojedini delovi procesa kao i čitav proces.

Modeliranje je predstavljeno kroz:

- ciklogram radova na izradi temelja hale;
- ciklogram montaže konstrukcije hale;
- mrežni plan.

Za svaki model, prvo je definisana njegova struktura koja obuhvata vrstu aktivnosti (prema vrstama radova iz predmera i karakteristika objekta), a uspostavljena je i njihova međusobna veza. Na osnovu definisane strukture modela, opisa i količine pojedinih radova iz predmera i "Prosečnih normi u građevinarstvu", sračunata su vremena trajanja pojedinih aktivnosti kao i potreban broj radnika i određenih resursa (mehanizacija i materijal).

Za svaku aktivnost modela utvrđeno je:

- iz kojih pozicija radova se sastoji;
- kojoj vrsti radova pripada;
- koje su količine radova;
- potrebna radna brigada;
- vremenski rok potreban za njeno izvođenje;
- količina materijala;
- vrsta i broj mašina za njeno izvođenje.

Bazirajući se na prethodno navedenom postupku izrade plana građenja objekta, počelo se od utvrđivanja redosleda izvođenja određenih vrsta radova na izgradnji objekta.

8. ZAKLJUČAK

Predmet ovog rada je bio da se uradi projekat tehnologije i organizacije građenja montažnog industrijskog skladišta sa detaljnom analizom organizacije transporta montažnih betonskih elemenata. Poseban akcenat je stavljen na transport glavnog nosača, zbog njegove težine, gabarita i specifičnosti prevoza.

U radu su tabelarno prikazane organizovane ture prevoza montažnih elemenata, za svaku vrstu elemenata ponaosob. Posle toga je dat i grafički prikaz istih tabela, samo što se na graficima vide i vremenski zazori, tj. vreme kada neki kamion čeka drugi da završi istovar, do čega neminovno dolazi. Zato je grafički prikaz vrlo koristan, jer se onda ti vremenski zazori mogu popuniti nekim drugim aktivnostima, kao što su recimo, provera položaja montiranih elemenata i sl.

Kratka biografija:



Nebojša Šarac rođen je u Novom Sadu 1982. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstvo – Građevinski menadžment odbranio je 2011.god.

TEHNOLOGIJA I ORGANIZACIJA GRAĐENJA ODBOJNIH ZAŠTITNIH PUTNIH OGRADA I IZBOR OPTIMALNE KONSTRUKCIJE OGRADA PRIMENOM VKO**TECHNOLOGY AND ORGANIZATION OF THE PROTECTIVE ROAD FENCES' CONSTR. AND SELECTION OF THE OPTIMAL FENCES' CONSTR. BY USING MCO**

Dušan Šijački, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – *Zadatak ovog diplomskog – master rada jeste odabir optimalnog rešenja za izradu konstrukcije odbojnih zaštitnih putnih ograda za most pod nazivom „D5.1” i njegovih prilaznih saobraćajnica, koje su deo projekta pod nazivom „Kalifa port and industrial zone”, koji će biti izveden u Ujedinjenim Arapskim Emiratima. U radu je dat opis tehnologije i organizacije građenja armirano betonskih odbojnih zaštitnih putnih ograda tipa „New Jersey”, čeličnih tipa „T101” kao i kombinovanih tipa „T401”. Pored ovoga u radu je urađena i uporedna analiza ova tri tipa odbojnih zaštitnih putnih ograda sa optimizacijom i usvajanjem najpovoljnijeg rešenja.*

Abstract – *The task of this diploma's-master paper is the selection of an optimal solution for creating a construction of protective road fences for the bridge named "D5.1" and its approaching roads which are a part of the project named "Kalifa port and industrial zone" which will be led out in the UAE. The paper provides a description of technology and organization for construction of reinforced concrete protective road fences of the "New Jersey" type, "T101" steel type as well as "T401" combined type. Among this, the paper contains a comparative analysis of these three protective road fences types with optimization and adoption of the most satisfactory solution.*

Ključne reči: *Odbojna zaštitna putna ograda, tehnologija i organizacija građenja, armirano betonska odbojna zaštitna putna ograda tipa „New Jersey”, čelična odbojna zaštitna putna ograda tipa „T101”, kombinovana odbojna zaštitna putna ograda tipa „T401”*

1. UOPŠTENO O ODBOJNIM ZAŠTITNIM PUTNIM OGRADAMA

Pod odbojnim zaštitnim putnim ogradama podrazumeva se vrsta tehničke sigurnosne opreme za puteve čija je svrha da spreči nekontrolisanu putanju vozila i zadrži skrenuto vozilo, i samim tim bitno umanjí posledice nezgode. Konstrukcija i oblik ograde moraju biti takvi da ograda svojim delovanjem spríječi proboj i gaženje, te da prihvati i postupno zaustavi vozilo u prostoru izvan opasne zone. Odbojne zaštitne ograde izrađuju se najčešće od čelika i armiranog betona.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Milan Trivunić, red.prof.

1.1. Tipovi odbojnih zaštitnih putnih ograda

Tipovi odbojnih zaštitnih putnih ograda imaju sledeće oznake: „T” za standardno vozilo, „HT” (Heavy Truck) za teška vozila (kamioni i slično), „TT” (Tank Truck) za veoma teška vozila (građevinska mehanizacija oklopna vozila, tenkovi i slično).

1.2. Osnovi projektovanje i testiranje odbojnih zaštitnih putnih ograda

Prilikom projektovanja odbojnih zaštitnih putnih ograda treba obratiti pažnju na: zaštitu putnika prilikom sudara vozila sa odbojnom zaštitnom putnom ogradom, zaštitu drugih vozila koja se nađu u neposrednoj blizini vozila u trenutku sudara, zaštitu osoba i objekata koji se nalaze u blizini saobraćajnice, mogućnost sanacije odbojne zaštitne putne ograde nakon sudara, odnos cene odbojne zaštitne putne ograde i efikasnosti koju ona pruža po pitanju bezbednosti, preglednost prolazećih vozila što utiče na izbor, odnosno na visinu i konstrukciju odbojne zaštitne putne ograde.

Pošto se, prilikom projektovanja ovih konstrukcija, akcenat stavlja, pre svega, na bezbednost, veoma je važno napraviti što veći broj tzv. „Sudarnih Testova” (Crash Test), pre nego što se usvoji dizajn buduće odbojne zaštitne putne ograde. Na osnovu parametara dobijenih testiranjem i na osnovu tipa vozila (težine vozila), buduća odbojna zaštitna putna ograda se svrstava prema „AASHTO” standardu (The American Association of State Highway and Transportation Officials) u jednu od šest postojećih grupa, koje nazivamo „Test Leveli”. Ove grupe predstavljaju nivo otpornosti, odnosno bezbednosti, odbojne zaštitne putne ograde.

2. ARMIRANO BETONSKE (AB) ODBOJNE ZAŠTITNE PUTNE OGRADE

Armirano betonska (AB) odbojna zaštitna putna ograda spada u vrstu tehničke sigurnosne opreme za puteve čija je svrha da spreči isklizavanje i izletanje vozila sa kolovoza. Zaštitna ograda mora se izvesti prema tačno zadatim geometrijskim elementima, jer je sigurnosno delovanje ograde direktno vezano za oblik i sopstvenu masu. Oblik zaštitne AB ograde mora biti testiran. Najčešće korišćene i najbolje AB odbojne zaštitne putne ograde (barijere) su „New Jersey”. Ove barijere mogu se izraditi na više načina. Za mašinski način izvođenja barijere na mestu ugradnje, upotrebljava se posebna mašina sa električnim vođenjem. Barijera se radi na prethodno izrađenom temelju ili na pripremljenoj stabilizacionoj podlozi poprečnog nagiba 0.0%.

Montažni način izrade barijere od prethodno industrijski izrađenih elemenata su betonski elementi koji se rade u pogonima specijalizovanim za izradu betonskih elemenata. Elementi zaštitne barijere dugački su 2-3 i više metara, a armirani su radi mogućnosti utovara, transporta i montaže, kao i zbog uticaja koji se javljaju prilikom udara vozila u barijeru. Količina i način armiranja mora se dokazati statičkim proračunom za pojedine dužine elemenata. Montažni se elementi moraju postavljati na prethodno tačno nivelisanu i izvedenu betonsku podlogu (temelj).



Slika 1. Mašinski i montažni način izvođenja barijera

3. ČELIČNE ODOBJNE ZAŠTITNE PUTNE OGRADE

Čelične odbojne zaštitne putne ograde su značajno i dominantno sredstvo pasivne bezbednosti u saobraćaju. Njihova svrha jeste da zadrže skrenuto vozilo i spreče nekontrolisanu putanju vozila, kao i da pomoću svoje elastičnosti bitno umanje posledice nezgode. Profil zaštitne ograde ima osobinu da pretrpi plastične deformacije bez loma ili deluje u okviru granica elastičnosti.

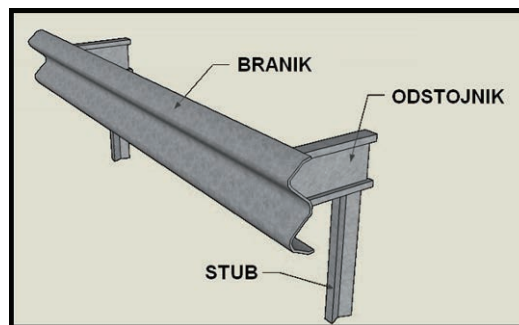
Osnovna podela čeličnih odbojnih zaštitnih putnih ograda je na: čelične ograde "W"- poprečnog preseka (W - beam rail), čelične ograde sastavljene od cevastih profila (metal tube rail).

Čelične odbojne zaštitne putne ograde tipa "W" svrstane su u četiri osnovne grupe: jednostrana oграда bez odstoynika, dvostrana oграда bez odstoynika, jednostrana oграда sa odstoynikom, dvostrana oграда sa odstoynikom. Osnovni delovi čelične odbojne zaštitne putne ograde tipa "W" su:

-Branik - profilisana traka od čeličnog toplovaljanog lima odgovarajućih mehaničkih osobina određene dužine, koji prilikom udara vozila svojom deformacijom smanjuje posledice udara. Izvodi se kao ravni, kosi i savijeni prema krivini saobraćajnice (konkavan i konveksan).

-Odstojnik - čvrsti element određenog profila i mera, čija je svrha ostvarenje čvrste veze između branika i stuba ili drugog oslonca.

-Stub - nosač distancera i/ili branika, izražen od mehanički otpornog materijala, određenog profila i dužine koji osigurava nošenje branika u određenoj poziciji i deluje zajedno sa distancerom (kad ga ima).



Slika 2. Osnovni delovi čelične ograde "W"-poprečnog preseka

4. KOMBINOVANE ODOBJNE ZAŠTITNE PUTNE OGRADE

Kombinovane odbojne zaštitne putne ograde spadaju u vrstu tehničke sigurnosne opreme za puteve, koja se sastoji od kombinacije različitih vrsta (oblika poprečnog preseka) AB parapeta uz dodatak različitih vrsta čeličnih odbojnika. Čelični odbojnik se sastoji od stubića, koji se ankeruju na vrhu AB parapeta, i čeličnih cevastih profila, koji mogu biti pravougaonog, kružnog ili elipsastog poprečnog preseka.



Slika 4. Primeri kombinovanih odbojnih zaštitnih putnih ograda

Ankerovanje čeličnog odbojnika u AB parapet može se vršiti na licu mesta, bušenjem rupa i postavljanjem ankera (zavrtnjeva) ili se ankeri postavljaju tokom betoniranja AB parapeta.

Kombinovane odbojne zaštitne putne ograde, kao i armirano betonske, moraju da imaju dilatacione spojnice. One se formiraju, ne samo zbog mogućih pojava pukotina zbog dužine AB elemeta, već i zbog lakše popravke oštećenog dela usled udara motornog vozila.



Slika 5. Spojnica između dva segmenta kombinovane zaštitne ograde

5. UPOREDNA ANALIZA KONSTRUKCIJA ODOBJNIH ZAŠTITNIH PUTNIH OGRADA

U ovom poglavlju analiziraćemo problem izbora optimalnog tipa konstrukcije odbojnih zaštitnih putnih ograda, za projekat pod nazivom „Kalifa port and industrial zone”, koji će biti izveden u Ujedinjenim Arapskim Emiratima, odnosno za most sa oznakom „D5.1” zajedno sa delom prilaznih saobraćajnica. Prilikom analize razmatraćemo tri različita tipa konstrukcija odbojnih zaštitnih putnih ograda, preuzetih iz AASHTO standarda. Tipovi konstrukcija koje smo razmatrali su: zaštitna ograda od armiranog betona „New Jersey”, zaštitna ograda od čelika „Traffic Railing Type T101” i kombinovana zaštitna ograda „Traffic Railing Type T401”.

Most sa oznakom „D5.1” je dužine 50m, a sastoji se od dva nezavisna dela. Prvi deo mosta ima 5 saobraćajnih traka u jednom pravcu, dok drugi deo mosta ima 4 saobraćajne trake u suprotnom pravcu. Širina prvog dela je 20.925 m, a širina drugog 17.170 m. Pošto je most rađen iz dva nezavisna dela, svaki od delova će po projektu imati odbojne zaštitne putne ograde sa obe svoje strane, što znači da će ukupna dužina odbojnih zaštitnih putnih ograda mosta biti 200 m. Prilazne saobraćajnice mosta su podeljene na dva glavna dela (zapadni i istočni), i na po još dva sporedna dela sa svake strane. Ukupna dužina potrebnih odbojnih zaštitnih putnih ograda za deo projekta koji ćemo analizirati iznosi 1620 m.

5.1. Izbor metode optimizacije

Optimizacija je postupak koji određuje "najbolje" rešenje određenog matematički definisanog problema. Zadatak optimizacije je da izvrši izbor najbolje varijante iz niza mogućih ili povoljnih varijanti na osnovu definisanog kriterijuma. Kriterijum se izražava kriterijumskom funkcijom, koja za najbolju varijantu (rešenje), treba da dostigne globalni ekstremum s obzirom na ograničenja, koja uslovljavaju mogućnost postizanja cilja optimizacije. [2]. Za rešenje definisanog problema usvojena je metoda višekriterijumske optimizacije - metoda kompromisnog programiranja.

5.2. Definisanje kriterijumskih funkcija

Model optimizacije ćemo formirati sa šest kriterijumskih funkcija. Tri kriterijumske funkcije u okviru predloženog modela bazirane su na kvantitativnim pokazateljima a tri su bazirane na kvalitativnim pokazateljima.

Kriterijumske funkcije:

- f1 - cena gotove odbojne zaštitne putne ograde po m'
- f2 - vreme potrebno za izgradnju odbojne zaštitne putne ograde
- f3 - cena održavanja
- f4 - potrebna mehanizacija za izgradnju odbojne zaštitne putne ograde
- f5 - nivo sigurnosti koji pruža određena zaštitna ograda prilikom izletanja vozila
- f6 - stepen komplikovanosti montaže

Problem višekriterijumske optimizacije definiše se u obliku: $\min F(x)$, gde je $F(x)$ vektorska kriterijumska funkcija čije su komponente pojedinačne kriterijumske funkcije:

$$F(x)=(f_1, f_2, f_3, f_4, f_5, f_6)$$

5.3. Cena gotove odbojne zaštitne putne ograde po m'

Ukupna dužina potrebnih barijera je 1620 m.

Ukupna cena koštanja odbojnih zaštitnih putnih ograda po [m'] je:

Cena „New Jersey”	115.11 €m'
Cena „Traffic Railing Type T101”	102.54 €m'
Cena „Traffic Railing Type T401”	118.07 €m'

5.4. Vreme potrebno za izgradnju odbojne zaštitne putne ograde

Potrebno ukupno vreme za izgradnju određenog tipa odbojne zaštitne putne ograde u dužini od 1620 m je:

Potrebno vreme za izradu odbojne zaštitne putne ograde od armiranog betona „New Jersey”	114 dana
Potrebno vreme za izradu čelične odbojne zaštitne putne ograde „T101”	61 dan
Potrebno vreme za izradu kombinovane odbojne zaštitne putne ograde „T401”	121 dan

5.5. Cena održavanja odbojne zaštitne putne ograde

Kao jedan od bitnih parametara, prilikom izbora tipa odbojnih zaštitnih putnih ograda, javlja se cena održavanja, koja može dugoročno gledano bitno da utiče na ukupnu cenu koštanja. Cene održavanja su date po m' ograde na godišnjem nivou:

Cena održavanja odbojne zaštitne putne ograde od armiranog betona „New Jersey”	1.98 €/m'/god
Cena održavanja čelične odbojne zaštitne putne ograde „T101”	2.35 €/m'/god
Cena održavanja kombinovane odbojne zaštitne putne ograde „T401”	2.16 €/m'/god

5.6. Potrebna mehanizacija za izgradnju odbojne zaštitne putne ograde

Rangiranje je zasnovano na osnovu potrebne mehanizacije za izradu i montažu određenih tipova odbojnih zaštitnih putnih ograda.

Rang:

Odbojne zaštitne putne ograde od armiranog betona „New Jersey”	2
Čelične odbojne zaštitne putne ograde „T101”	1
Kombinovane odbojne zaštitne putne ograde „T401”	3

5.7. Nivo sigurnosti koji pruža određena zaštitna ograda prilikom izletanja vozila

Nivo sigurnosti koji pružaju odbojne zaštitne putne ograde „T101” i „T401” spada u test level TL-3, dok AB zaštitna putna ograda „New Jersey” spada u test level TL-4. Odbojna zaštitna putna ograda „T401” spada u isti nivo sigurnosti kao i ograda „T101”, ali bez obzira na to pruža malo veći nivo zaštite.

Rang:

Odbojne zaštitne putne ograde od armiranog betona „New Jersey”	1
Čelične odbojne zaštitne putne ograde „T101”	3
Kombinovane odbojne zaštitne putne ograde „T401”	2

5.8. Stepen komplikovanosti montaže

Najkomplikovanija za montažu je čelična odbojna zaštitna putna ograda „T101”, i pored toga što se montira bez ikakve mehanizacije. Razlog za to je što postoji veliki broj veza između elemenata koje treba da se uspostave pomoću zavrtnjeva, kao i veliki broj podešavanja vertikalnosti stubića i tačnosti naleganja rupa kroz koje treba da prođu zavrtnjevi za spajanje elemenata.

Rang:
 Odbojne zaštitne putne ograde od armiranog betona „New Jersey”1
 Čelične odbojne zaštitne putne ograde „T101”3
 Kombinovane odbojne zaštitne putne ograde „T401” ..2

5.9. Rekapitulacija kriterijumskih funkcija, uvođenje težinskih koeficijenata i optimizacija

Analiziraćemo četiri slučaja prilikom kojih ćemo određenim kriterijumima davati prednost. Uvešćemo težinske koeficijente w_i . Prvi slučaj u kom ćemo pretpostaviti da je najbitnija cena odbojne zaštitne putne ograde po m' . Drugi slučaj u kom ćemo pretpostaviti da je najbitnije vreme potrebno za izgradnju odbojne zaštitne putne ograde. Treći slučaj u kom ćemo pretpostaviti da je najbitniji nivo sigurnosti koji pruža određena zaštitna ograda prilikom izletanja vozila. Četvrti slučaj u kom ćemo pretpostaviti da cena gotove odbojne zaštitne putne ograde po m' i nivo sigurnosti koji pruža određena zaštitna ograda prilikom izletanja vozila, imaju podjednaku važnost i da su najbitnije.

Vektorska kriterijumska funkcija čije su komponente pojedinačne kriterijumske funkcije, data je u obliku:

$$F(x) = \min(f_1, f_2, f_3, f_4, f_5, f_6)$$

Alternative:

A1 - AB odbojna zaštitna putna ograda „New Jersey”

A2 - čelična odbojna zaštitna putna ograda „ T101”

A3 - kombinovana odbojna zaštitna putna ograda, „ T401”

$$f_i^+ = \min f_i$$

$$f_i^- = \max f_i$$

$$D_i = f_i^+ - f_i^-$$

krit.fun./alter.	A1	A2	A3	f_i^+	f_i^-	D_i	jed.
f1	115.11	102.54	118.07	102.54	118.07	-15.53	€/m'
f2	114	61	121	61	121	-60	dana
f3	1.98	2.35	2.16	1.98	2.35	-0.37	€/m'/god
f4	2	1	2	1	2	-1	/
f5	1	2	2	1	2	-1	/
f6	1	3	2	1	3	-2	/

Kompromisno programiranje

Kao mera rastojanja od idelane tačke u ovoj metodi koristi se L_p metrika, koja predstavlja rastojanje između idealne tačke F^+ i tačke $F(x)$ u prostoru kriterijumskih funkcija:

$$L_p(F^+, F) = \{\sum [f_i^+ - f_i(x)]^p\}^{1/p} \quad 1 < p < \infty$$

Funkcija kompromisnog programiranja:

$$R'(F(x), p) = \sum [f_i^+ - f_i(x)]^p$$

Za $p=1$ - rešenje je najbolje po svim kriterijumima posmatranim zajedno

$$R'(F(x), p) = \sum [f_i^+ - f_{ij}] / D_i$$

Prvi slučaj - najbitnija je cena odbojne zaštitne putne ograde po m' .

alter.rešenja	A1	A2	A3
$w_i \{(f_i^+ - f_{ij})/D_i\}$	0.32	0.00	0.40
	0.11	0.00	0.12
	0.00	0.12	0.06
	0.12	0.00	0.12
	0.00	0.12	0.12
	0.00	0.12	0.06
$\sum w_i \{(f_i^+ - f_{ij})/D_i\}$	0.55	0.36	0.88
redosled alter.rešenja	2	1	3

Drugi slučaj - najbitnije je vreme potrebno za izgradnju odbojne zaštitne putne ograde.

alter.rešenja	A1	A2	A3
$w_i \{(f_i^+ - f_{ij})/D_i\}$	0.10	0.00	0.12
	0.35	0.00	0.40
	0.00	0.12	0.06
	0.12	0.00	0.12
	0.00	0.12	0.12
	0.00	0.12	0.06
$\sum w_i \{(f_i^+ - f_{ij})/D_i\}$	0.57	0.36	0.88
redosled alter.rešenja	2	1	3

Treći slučaj - najbitniji su nivo sigurnosti koji pruža određena zaštitna ograda prilikom izletanja vozila.

alter.rešenja	A1	A2	A3
$w_i \{(f_i^+ - f_{ij})/D_i\}$	0.10	0.00	0.12
	0.11	0.00	0.12
	0.00	0.12	0.06
	0.12	0.00	0.12
	0.00	0.40	0.40
	0.00	0.12	0.06
$\sum w_i \{(f_i^+ - f_{ij})/D_i\}$	0.32	0.64	0.88
redosled alter.rešenja	1	2	3

Četvrti slučaj - cena gotove odbojne zaštitne putne ograde po m' i nivo sigurnosti koji pruža određena zaštitna ograda prilikom izletanja vozila, imaju podjednaku važnost

alter.rešenja	A1	A2	A3
$w_i \{(f_i^+ - f_{ij})/D_i\}$	0.24	0.00	0.30
	0.09	0.00	0.10
	0.00	0.10	0.05
	0.10	0.00	0.10
	0.00	0.30	0.30
	0.00	0.10	0.05
$\sum w_i \{(f_i^+ - f_{ij})/D_i\}$	0.43	0.50	0.90
redosled alter.rešenja	1	2	3

Na osnovi zahteva investitora, da kriterijumi cene i sigurnosti imaju podjednaku važnost i prednost u odnosu na ostale kriterijume, rezultati metode višekriterijumske optimizacije, na osnovu šest kriterijumskih funkcija, pokazuju da je najbolje rešenje, alternativa A1.

6. ZAKLJUČAK

Ovim radom je pokazano koliko je bitna dobro projektovana i izvedena odbojna zaštitna putna ograda, kao i kako napraviti dobar izbor prilikom odabira iste.

7. LITERATURA

- [1] Trivunić M., Matijević Z.: „Tehnologija i organizacija građenja”, Novi Sad, 2004.
- [2] Trivunić M., Dražić J.: „Modeliranje procesa građenja”, Novi Sad, 2004.
- [3] AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, 2007.

Kratka biografija:



Dušan Šijački rođen je u Prištini 1985. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstva odbranio je 2012.god

**TEHNOLOGIJA I ORGANIZACIJA GRAĐENJA OBJEKTA U IMS SISTEMU I
ANALIZA TROŠKOVA MATERIJALA KOD IMS I MONOLITNOG SISTEMA****TECHNOLOGY AND CONSTRUCTION MANAGEMENT FOR IMS BUILDING AND
ANALYSIS OF MATERIAL COSTS FOR IMS AND MONOLYTHIC SYSTEMS**

Vladimir Lukač, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVNARSTVO

Kratak sadržaj – Za višespratnu poslovno-stambenu zgradu izvedenu u IMS sistemu, u prvom delu ovog rada definisana je tehnologija i organizacija građenja čitavog objekta sa dinamičkim planom i šemama organizacije gradilišta. U drugom delu izvršena je uporedna analiza cena troškova materijala kod IMS i monolitnog sistema gradnje.

Abstract – For multi-storey IMS construction, in the first part of this study, technology and organization of the whole process is defined with dynamic plan and shemas of organization building site. The second part of this study presents the comparative analysis of material costs for IMS and monolythic systems of construction.

Ključne reči: Tehnologija izgradnje, analiza cena, Dinamički plan, Šema organizacije, Poslovno-stambeni objekat.

1. UVOD

Da bi se bilo koji građevinski objekat uspesno i brzo realizovao, odnosno izveo, neophodno je obratiti pažnju i uzeti u obzir niz okolnosti i delatnosti koje obuhvata tehnologija i organizacija građenja. Bez planiranja i prethodnog sagledavanja odgovarajućih aktivnosti, svaka ljudska delatnost, pa tako i građevinarstvo, bi se odvijala sa smanjenim izgledima za postizanje ciljeva. Iz tog razloga, jako je bitno da planiranje bude realno, odnosno da odgovara proizvodnim mogućnostima, da počiva na konkretnim podacima i da koristi stečena iskustva. Planiranje se u građevinarstvu odnosi na izbor tehnologije, definisanje radnih aktivnosti i njihovih uzajamnih uslovljenosti, procenu njihovog trajanja i određivanje vremenskih termina i resursa za njihovu realizaciju. U cilju sprečavanja pojave većine nepovoljnih okolnosti potrebno je celishodno planirati i uzeti u obzir sve parametre od važnosti za realizaciju objekta. Pre razrade novog projekta neophodno je misaono predstaviti sve operacije projekta, srediti te operacije prema postupnosti izvršenja, objasniti smisao i značaj svake operacije, kao i to na koji način i pomoću kojih sredstava se data operacija može izvršiti.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Milan Trivunić, red.prof.

2. OPIS OBJEKTA

U ovom radu prikazan je projekat izgradnje stambeno-poslovnog objekta, sa montažnom skeletnom konstrukcijom sistema IMS, spratnosti P+4+Pk, u Novom Sadu, kao i uporedna analiza troškova materijala (oplata, armatura, beton) pri građenju IMS i monolitnim skeletnim sistemom. Osnova objekta je razučena, sa ukupnom dužinom od 62.42m, najuža širina iznosi 13.3m, a maksimalna širina je 25.0m. Projektovana spratnost objekta je P+4+Pk. Konstruktivni sistem je montažna skeletna konstrukcija sistema IMS, sa elementima za ukrućenje koji se liju na licu mesta. Ona se sastoji od montažnih armiranobetonskih stubova dimenzija 34x34cm, montažnih međuspratnih kasetiranih tavanica visine 22cm, konzolnih tavanica visine 22cm, ivičnih nosača i stepenišnih kolenastih ploča debljine 14cm. Povezivanje ovih elemenata u jedinstvenu celinu vrši se prednaprežanjem, koje se vrši u svakoj montiranoj spratnoj ravni u dva ortogonalna pravca sa kablovima $\phi 15.2\text{mm}$ (slika 1).



Slika 1. Povezivanje elemenata čeličnim kablovima

Za prijem horizontalnih uticaja predviđeni su armiranobetonski zidovi za ukrućenje debljine 15cm, liveni na licu mesta. Krovna konstrukcija je klasična drvena konstrukcija preko drvenih rožnjača smeštenih na armiranobetonske horizontalne serklaže. Temeljenje objekta je na kontinualnoj AB ploči debljine 60cm, sa kotom dna temelja na -1.60m od kote terena, pri čemu je već sama temeljna ploča delom ispod maksimalnog nivoa podzemnih voda. Iz tog razloga nije projektovan suteran, a temeljna ploča i zidovi se štite od vode hidroizolacijom membranskog sistema (tzv. hidroizolaciona kada).

3. UPOREDNA ANALIZA TROŠKOVA MATERIJALA PRI GRADNJI IMS I SKELETNIM MONOLITNIM SISTEMOM

Najuočljivije razlike u utrošku materijala (oplata, armatura i beton) između prefabrikovanih i elemenata koji se liju na licu mesta, javljaju se prilikom izrade armirano-betonskih tavanica (tabela 1,2,3). Troškovi pri izradi stubova, zidova, stepeništa i ostalih elemenata konstrukcije su skoro su isti u prefabrikovanoj proizvodnji i prilikom izrade na mestu ugradnje (monolitni sistem), jer se javljaju veoma male razlike u utrošku svežeg betona i armature.

3.1. Oplata

Kao oplata prefabrikovanih stubova i tavanica koriste se čelični kalupi (slika 2), koji se uz pravilno održavanje mogu koristiti i do 200 puta.



Slika 2. Čelični kalupi za izradu stubova

U slučaju betoniranja na samom mestu ugradnje, za oplatu tavanica najčešće se koristi tzv. "Blažujka" ili DOKA tabla (slika 3), koja predstavlja vodootpornu šperploču, a u njenu cenu potrebno je uračunati i drvene gredice i eksere. Uz pravilno održavanje, ova vrsta oplata može da se koristi i do 40 puta, za razliku od obične drvene oplata, koja se koristi 7-12 puta.



Slika 3. "Blažujka" poduprta čamovim gredama

U tabeli 1 prikazane su cene gore spomenutih oplata, izražene u dinarima po jednom kvadratnom metru oplata.

Tabela 1. Uporedna analiza cena oplata

	Tipske IMS tavanice	Tavanice kod monolitnog sistema
Vrsta oplata	Čelični kalupi	DOKA table
Cena [din/m ²]	≈ 20000,00	≈1050,00
Broj mogućih korišćenja	do 200 puta	do 40 puta
Prosečna cena po jednoj upotrebi [din/m ² ploče]	≈ 100,00	≈26,00(DOKA) +40,0(gredice) +7 (ekseri) = 73.00

3.2. Armatura

Prilikom izrade prefabrikovanih montažnih tavanica koriste se gotovi armaturni sklopovi, koji su sastavljeni od armaturne mreže i glatke armature po obodu, a njihov središnji deo ispunjen je stiroporom (slika 4), čime se znatno uvećava ušteda armature u odnosu na monolitni sistem.



Slika 4. Gotovi armaturni sklopovi za montažne tavanice

Prema podacima dobijenim iz ADG "Budućnost" iz Novog Sada, za tipsku tavanicu visine 22cm, u proseku se utroši oko 70kg armature po 1 m³ ploče, odnosno 15,4kg/m². Sa druge strane, za tavanice koje se liju u monolitnom sistemu potroši se više armature (slika 5), oko 100-120kg/m³ betona, odnosno 22,0kg/m² za tavanice d=22cm.



Slika 5. Armiranje pune ploče u monolitnom sistemu

Tabela 2. Uporedna analiza cena armature

	Tipske IMS tavanice	Tavanice kod monolitnog sistema
Vrsta armature	RA 400/500	RA 400/500
Cena [din/kg]	≈ 60,00	≈ 60,00
Utrošak armature [kg/m ² ploče]	15.4	22.0
Ukupna cena [din/m ² ploče]	924.00	1452.00

3.3. Beton

Kao i kod armiranja, uštede se ostvaruju i kod betoniranja tavanica IMS sistema. Razlog tome je ubacivanje stiropora u tavanicu, u cilju smanjenja utroška materijala. Na ovaj način umesto pune monolitne ploče dobijamo kasetiranu (rebrastu) ploču.

Tabela 3. Uporedna analiza cena svežeg betona

	Tipske IMS tavanice	Tavanice kod monolitnog sistema
Marka betona	MB 30	MB 30
Cena svežeg betona (bez prevoza) [din/m ³]	≈ 6500,00	≈ 6500,00
Zapremina koja se betonira [m ³ bet/m ² ploče]	15.4	22.0
Ukupna cena [din/m ² ploče]	585,00	1430,00

Treba naglasiti da se kod IMS sistema na cenu materijala dodaje i cena kablova za prednaprezanje, oko 1100din/m², da bi dobili konačne troškove materijala (tabela 4), prilikom izrade jedne armiranobetonske tavanice.

Tabela 4. Ukupni troškovi materijala pri izradi tavanice

Materijal	Cena za tipske IMS tavanice [din/m ²]	Cena za tavanice monolitnog sistema [din/m ²]
Oplata	100,00	73,00
Armatura	924,00	1452,00
Beton	585,00	1430,00
Kablovi za utezanje	1100,00	-
Σ	2609,00	2955,00

4. IZRADA, TRANSPORT I MONTAŽA ELEMENTA KONSTRUKCIJE

Proizvodnja montažnih armiranobetonskih elemenata organizovana je u posebnim pogonima izvan gradilišta, jer nije bilo ekonomično organizovati liniju za prefabrikaciju na samom gradilištu. Transport elemenata od fabrike do mesta ugradnje se vrši kamionima sa niskonosećom prikolicom. Montaža elemenata pomoću

toranjskog kрана se vrši direktno sa transportnog sredstva pa se pristizanje elemenata na gradilište mora sprovesti prema unapred utvrđenom planu transporta, koji se postiže izradom operativnog plana isporuke gotovih proizvoda.

Sam proces montaže obuhvataju sledeće aktivnosti:

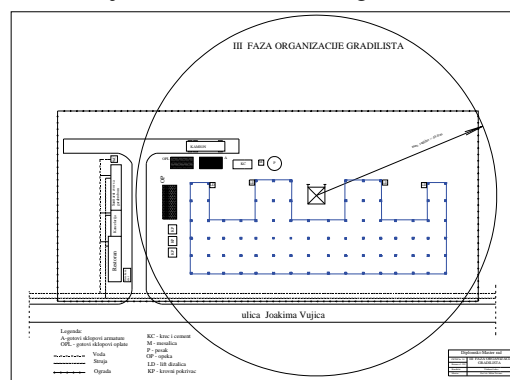
- priprema ležišta,
- priprema elementa,
- zahvatanje elementa,
- podizanje,
- spustanje elementa i privremeno učvršćivanje,
- uvlačenje kablova za prednaprezanje
- utezanje kablova
- zaptivanje kanala između montažnih elemenata

Usvojena toranjska dizalica je tipa Liebherr 81K, sa maksimalnom dužinom strele od 45m.

5. ORGANIZACIJA GRADILIŠTA

Osnovna svrha organizacije gradilišta je da se izvrši najpovoljniji razmeštaj svih objekata i kapaciteta u usvojenoj tehnologiji građenja. Organizacija se sprovodi na osnovu karakteristika: lokacije, objekta, ljudskih resursa, dinamike građenja i prema usvojenoj mehanizaciji.

Proces organizacije gradilišta počinje raščišćavanjem i pripremom terena ("nulta faza"). Zatim slede: I faza (izrada temeljne konstrukcije i monolitne konstrukcije koja prethodi montaži), II faza koja predstavlja montažu konstrukcije sa zidanjem unutrašnjih zidova (slika 6) i III faza-izvođenje završnih zanatskih i građevinskih radova.



Slika 6. II faza organizacije gradilišta

Na gradilištu su deponije oplata, armature, opeke, kao i deponije peska, kreča i cementa koje su namenjene za proizvodnju maltera za zidanje i malterisanje. Gradilišna mešalica je postavljena u blizini deponija peska, cementa i kreča. Vertikalni transport materijala vrši se pomoću kolica i lift dizalica.

Sa leve strane privremene saobraćajnice postavljeni su pomoćni objekti: restoran, kancelarije, sanitarni čvor sa garderobom, baraka za alat i gradilišni wc.

6. DINAMIČKI PLANOV I GRAĐENJA

Planiranje se započinje izradom statičkih planova materijala i radne snage. Oni su osnova za izradu dinamičkog plana, koja podrazumeva izradu modela procesa izvođenja radova na izgradnji objekta kao i vremensku analizu postavljenih modela.

Dinamički plan se može prikazati grafički, a u ovom radu korišćene su:

- metoda ciklograma
- metoda gantograma (Gantovih karti)
- metoda mrežnog planiranja

Ciklogram predstavlja ortogonalni plan koji detaljno opisuje izradu određenog dela ili celog objekta, prikazivanjem tehnološkog rasporeda odvijanja pojedinih aktivnosti i tehnoloških i organizacionih veza uspostavljenih između određenih aktivnosti. Na apcisi ovog ortogonalnog plana prikazano je trajanje aktivnosti izraženo u danima, dok su na ordinati frontovi rada.

Tehnikom mrežnog planiranja formiran je tehnološki model izrade čitavog objekta koji omogućava sagledavanje svih radova, njihovih međusobnih veza i uslovljenosti. Osnovni elementi mrežnog plana su aktivnosti, tehnološki procesi za čije je izvršenje potrebno vreme. Vreme trajanja aktivnosti zavisi od opisa pozicije, količine rada, veličine fronta rada, prosečnih normi u građevinarstvu.

Gantogram se izrađuje na osnovu mrežnog plana, kao metoda lakšeg sagledavanja plana roka građenja. Aktivnosti na kritičnom putu su prikazane preglednije nego kod mrežnog plana, kao i trajanje aktivnosti i zazor kod aktivnosti koje nisu na kritičnom putu. Na ovaj način broj radnih dana potrebnih za izgradnju objekta utvrđenih mrežnim planom prevodi se u kalendarske dane.

Na pristupačnoj i preglednoj prezentaciji rezultatata nalaze se sledeće informacije:

- grafički prikaz plana izgradnje objekta gde je trajanje pojedinačnih i sumarnih aktivnosti predstavljeno horizontalnim pravougaonicima koji se prostiru kroz kalendar u kome je vreme izraženo u danima
- informacije o aktivnostima (redni broj, naziv i trajanje aktivnosti, najraniji i najkasniji početak i završetak radova, vremenska rezerva...)
- histogramski prikaz radne snage prikazuje potrebe u radnoj snazi u danima radnog kalendara. Na njemu se očitavaju maksimalne potrebe u radnoj snazi za VK i NK radnike

Ukupno je potrebno 312 radnih dana za izgradnju objekta.

7. ZAKLJUČAK

Zadatak ovog rada bio je da se uradi projekat organizacije i tehnologije građenja montažne IMS zgrade P+4+Pk i da se uporede cene troškova materijala (oplate, armature i betona) pri građenju IMS i monolitnim sistemom.

Dobijeni rezultati su pokazali da je nešto veća ušteda u cenama materijala prilikom građenja u IMS sistemu. Glavni razlozi zbog kojih se većina firmi ne opredeljuje za ovaj sistem gradnje jesu potreba za skupom i visokoobučenom radnom snagom, kao i veoma visoke cene opreme potrebne za izvođenje radova u ovom sistemu (cilindrične hidraulične prese i hidraulične pumpe koje služe za utezanje, mutilice sa pumpom, upornici za prenošenje sila zatezanja...)

8. LITERATURA

- [1] M. Trivunić: "Montaža betonskih konstrukcija zgrada", Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, 2000.
- [2] M. Trivunić, Z. Matijević: "Tehnologija i organizacija građenja-praktikum", Univerzitet u Novom Sadu, 2004.
- [3] B. Trbojević: "Organizacija građevinskih radova", Naučna knjiga, Beograd, 1989
- [4] A. Flasar: "Osnovi organizacije montažnog građenja", Ekonomika, Beograd, 1996.

Kratka biografija:



Vladimir Lukač rođen je 1985. god. u Novom Sadu. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstvo-Organizacija i tehnologija građenja, odbranio je 2012. godine.

**TEHNOLOGIJA I ORGANIZACIJA IZGRADNJE MONTAŽNE HALE I ODREĐIVANJE
UTROŠKA ENERGIJE TOKOM IZGRADNJE MONTAŽNE KONSTRUKCIJE****TECHNOLOGY AND ORGANIZATION OF CONSTRUCTION HALL AND
DETERMINATION OF ENERGY DURING THE DEVELOPMENT OF HALL**

Ivana Kozarac, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – U radu je opisana tehnologija i organizacija građenja hale. Izvršena je analiza i proračun utroška energije tokom izgradnje montažne konstrukcije. Dobijene su vrednosti utroška kWh/m² hale. Sve operacije u okviru realizacije hale su obrađene po redosledu izvršenja u okviru dinamičkog plana građenja.

Abstract - The paper describes the technology and organization of construction plant. The analysis and calculation of energy consumption during the construction of prefabricated constructions has been conducted. Consumption values in kWh/m² hall were obtained. All operations as part of the hall are processed in the order of execution in the dynamic construction plans.

Ključne reči – Montažna hala, tehnologija građenja i montaže, organizacija građenja, utrošak energije.

1. UVOD

Izvođenje građevinskog objekta, podrazumeva detaljnu analizu projekta, usvajanje adekvatne tehnologije građenja i organizaciju sa planiranjem izgradnje. Biće izvršena analiza utrošene energije prilikom proizvodnje, utovara, transporta i montaže betonskih elemenata hale. U ovom radu razmatramo proračun energije koja je potrebna za izgradnju montažne hale, a ona se ovde javlja u dva oblika :

- Kao mehanička energija (u SUS motorima)
- Kao električna energija (pri proizvodnji montažnih elemenata).

2. OPIS OBJEKTA

Objekat je jednobrodna hala u poprečnom pravcu, osovinske dimenzije 20x110,5 m, a u podužnom pravcu u rasponima od 9x10m; 1x8m; 1x12m. Raspon hale je 12m, korisna visina 6m, krov je dvobrodan. Površina hale je 2200m². Hala služi za skladištenje i čuvanje poljoprivredne mehanizacije. Osnovna konstrukcija objekta je montažna armiranobetonska iz programa GP „DAK“ iz Beočina, a sačinjavaju je stubovi, glavni krovni nosači, kalkanski nosači i fasadne grede koji međusobno povezani čine prostorni skelet. Poprečne ramove čine stubovi, glavni nosači i betonske grede, a nalaze se na ukupno osovinskom rastojanju od 10.0 m, 8.0 m i 12.0 m i ima ih 11 komada. U kalkanskim zidovima ram obrazuju

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Milan Trivunić, red.prof.

stubovi i kalkanski nosači-grede. Podužne ramove čine montažni armiranobetonski elementi, stubovi i podužne (ivične) grede. Svi konstruktivni betonski elementi se izrađuju od betona marke MB 40 i armature RA 400/500, GA 240/360, osim temeljnih čašica koje se izvide od betona marke MB 30.

**3. MONTAŽNI ELEMENTI I NJIHOVA
PROIZVODNJA**

Elementi se kao gotovi dopremaju na gradilište i tad se vrši montaža hale. Ima ih ukupno 183 komada. Proizvodnja montažnih armiranobetonskih elemenata organizovana je u posebnim pogonima van gradilišta. Postupak proizvodnje ovih elemenata zove se prefabrikacija. Linija za prefabrikaciju se nalazi na udaljenosti od 26 km od gradilišta, a svi elementi su takvih dimenzija da se mogu transportovati standardnim transportnim sredstvima. Ovde je zastupljen linijski "I" tok, proizvodnje na otvorenom (poligon) [2]. Proračunom preko računara za električnu energiju preduzeća dobija se utrošak i cena koštanja za 1 m³ betona. Za proizvodnju 1m³ betona se utroši 0,50 € i potrebno je 6,97 kWh električne struje. Računanjem zapremine svakog elementa dobija se ukupna utrošena električna energija u kWh a to za ovu halu iznosi 2530.92 kWh. Na Slici 1. prikazana je proizvodnja glavnog nosača na poligonu.



Slika 1. Proizvodnja elementa na poligonu

4. TEHNOLOGIJA IZGRADNJE OBJEKTA

Izgradnja objekta predstavlja kompleksan proces rada. Kao takav zahteva ozbiljan pristup u rešavanju svih njegovih segmenata. To podrazumeva postojanje kvalitetnog projekta i stručno i kvalitetno izvođenje radova u skladu sa projektom. Izvođač je dužan da se maksimalno pridržava važećih pravilnika i standarda [1]. Radovi na izgradnji objekta započinju pripremom gradilišta i zemljanim radovima.

4.1 Zemljani radovi

Objekat se nalazi u industrijskoj zoni, pristupa se skidanju humusa bulozerom $d=20\text{cm}$, zatim sledi obeležavanje i iskop zemlje za 28 temeljnih čašica.

4.2 Montažni radovi na konstrukciji

Elementi se montiraju kombinovanom metodom. Montaža se obavlja tako što se prvo izmontiraju sve temeljne čašice, zatim stubovi u dva reda. Dizalica se kreće u unutrašnjosti hale. Zatim se postavljaju glavni nosači koji ih povezuju. Potom povezujemo sledeći red stubova sa glavnim nosačima i na njih montiramo ivične grede i rožnjace da bi ih povezali. Tek po završetku montaže, samohodna dizalica se može pomeriti na sledeću deonicu objekta i po istom redosledu izvršiti montažu narednih elemenata i njihovo povezivanje. Ture dovoza elemenata su tako uklapane da se ide redom sa montažom. Usvojena sredstva potrebna za montažu objekta se mogu svrstati u dve osnovne grupe :

- pomoćna sredstva (ankeri, užad i traverze)
- osnovna sredstva za montažu – samohodne dizalice.

Spojevi elemenata se zalivaju cementnim malterom. Završetkom montaže završava se i monolitizacija spojeva jer je proteklo dovoljno vremena za očvršćavanje međusobnih veza. Na taj način dolazi do homogenizacije celokupnog objekta.

5. ANALIZA UTROŠKA ENERGIJE PRI IZGRADNJI MONTAŽNE KONSTRUKCIJE

Prilikom izbora mehaničkih sredstava za izvršenje radova treba uzeti u obzir sve faktore koji na taj izbor utiču i treba voditi računa da svi radovi budu završeni kvalitetno i u predviđenom roku [3]. Mehanizaciju delimo u dve grupe :

- mehanizacija i oprema za direktno izvršenje radova (buldožer, bager, vibro-ploče...)
- mehanizacija za transport (kamioni, dizalice..)

U ovom radu je bitno sagledati snage motora mehanizacije za transport, jer se preko njih računa količina proizvedene tj. utrošene energije. Sve mašine imaju pogon na dizel gorivo, pa se računa odnos utrošenog goriva, proizvedene energije i cene koštanja tako dobijene energije. Za transport montažnih elemenata potrebno je da se ispune sledeći uslovi :

- čvrstoća betona elemenata bude 70% projektovane;
 - elementi budu pripremljeni za prevoz;
 - transportna sredstva budu prilagođena dimenzijama elemenata i dužini transporta
 - bude simetrično opterećeno transportno sredstvo
 - elementi prilikom transporta budu adekvatno obezbeđeni.
- Za motore sa unutrašnjim sagorevanjem potrošnja goriva je :

$$G = N_o \times g_s \times k_e \quad (1)$$

N -snaga motora, g_s -specifična potrošnja goriva, k_e -koeficijent opterećenosti (iskorišćenja) motora i kreće se od 0,3 do 0,9.

Pri transportu elemenata javljaju se tri faze: utovar, prevoz, montaža [1].

5.1 Utovar elemenata

Rad dizalice i potrošnja goriva se obračunava po vremenu rada. Korištena je „RT“ dizalicagrupe G za teške terete.

Ona ima pogon na svim točkovima i veliku snagu nošenja tereta u pokretu. Širina joj je 3-3,5 m, a snaga motora $G=210\text{ kW}$ što znači da za 1h rada motora proizvede 210 kWh energije, deljenjem sa 60min dobije se 3,5kWh proizvedene energije za 1min. Dizalica tokom jednog časa rada utroši 4 l goriva, a za minut to je 0,066666 l. Cena dizela je 138 din ili 1,37€

$$4\text{ l} \times 1,37\text{ €} = 5,48\text{ € za sat vremena rada}$$

$$5,48\text{ €} / 60\text{ min} = 0,0913\text{ € jedan minut}$$

$$210\text{ kW} = (1,37\text{ €} \times 4\text{ l}) 5,48\text{ €}$$

$$1\text{ kWh} = 0,0261\text{ €}$$

Dobijene vrednosti se množe sa minutažom rada dizalice, koja se dobija eksperimentalnim merenjem vremena utovara na terenu. Ukupna proizvodnja energije dizalice prilikom utovara 6163 kWh (161 €).

5.2 Prevoz elemenata

Transport se obavlja drumskim putem prema propisima osnovnog zakona o javnom saobraćaju, maksimalnim gabaritima koji smeju da se transportuju javnim putevima. Udaljenost je 26 km, (jedan ciklus je 52 km) i uglavnom je magistralni put. Betonski elementi se transportuju u položaju u kome su proizvedeni u kalupima i u kom se ugrađuju. Drveni podmetači na osloncima se postavljaju na 1/5 dužine elementa mereno od krajeva.

Elementi u transportnom vozilu moraju biti dobro upakovani i obezbeđeni od prevrtanja, čime se sprečava eventualno oštećenje elementa, ugrožavanje javnog saobraćaja i života radnika.

Svi elementi se dopremaju na gradilište u XXVI tura, sa zadanim rasporedom da bi se montaža mogla vršiti direktno sa kamiona. Prosečna brzina kretanja je 35 km/h a tu su uračunata i stajanja na semaforima, tranzitni put, i gradska vožnja. Vreme prevoza dobijamo iz formule:

$$t = L/V_{sr} \quad L\text{-dužina puta [km] ; } V_{sr}\text{-brzina [km/h]}$$

Ciklus transporta vremenski traje 1,5 h (52+39=91min).

Za 52 km se potroši 21,2 l goriva. I ovde se takođe proračun potrošnje energije vodi u zavisnosti vremena, pa se deli sa brojem elemenata u turi.

Npr. Snaga motora je 205 (kW) za sat vremena rada on proizvede 205 kWh energije; a za 1,5 h proizvede 307,5 kWh. U toj turi je bilo 5 betonskih elemenata, pa delimo sa tim brojem i da bi dobili vrednost za jedan element; pa dobijamo 61,5 kWh. U tom ciklusu je potrošeno 21,2 l goriva, a na vozilu je bilo 5 elemenata.

$$21,2\text{ l} / 5\text{ elemenata} = 4,24\text{ l po elementu}$$

Ukupna utrošena energija u kamionima prilikom prevoza je 12640 kWh (755 €).

5.3 Montaža elemenata

Elemente u konstrukciji možemo podeliti na vertikalne i horizontalne, koji zahtevaju drugačije izvođenje montaže. Stoga je u ovom poglavlju razmotrena metoda montaže za sve elemente posebno.

Korištena je ista dizalica kao za utovar LTM 1040-2.1, i koriste se i dve samohodne platforme UpRight SB80 (BP0215). U tabeli 5.1 je dato vreme montaže elemenata. Dizalica je za montažu 183 elementa utrošila je 13472 kWh energije (350 €).

Tabela 5.1. Vreme montaže

Vrsta elementa	Trajanje montaže
Temeljna čašica	10
Stub	31
Temeljna greda	13
Glavni nosač	50
Ivična greda	15
Rožnjača	15
Kalkanski nosač	50

Samohodne platforme su zajednički obuhvaćene proračunom. Snaga motora ovih dizalica je 90 kW, a za sat vremena se utroši 2 l goriva za obe dizalice. Proračun je isti kao i u prethodnim mašinama. Dve samohodne platforme su zajedno utroše 15960 kWh energije (175 €). Na Slici 2. ispod je prikazana montaža glavnog nosača.



Slika 2. Montaža glavnog nosača

5.4 Zaključna tabela ukupne potrošnje energije pri proizvodnji hale

Tabela 5.2 Prikaz količine utrošene energije pri montaži

POS	Kom. [br.]	E proizvodnje [kWh]	E utovara [kWh]	E transporta [kWh]	E montaže [kWh]
T1	26	577,46	875,7	1194	1690
T2	2	53,34	67,36	138	130
S1	20	246,6	673,60	1380	4030
S2	4	51,28	134,72	276	2294
SK	4	57,72	134,72	276	2294
S3	4	12,52	134,72	276	2294
IG1	16	150,56	538,88	1104	2080
IG2	2	19,1	67,36	138	260
IG3	2	14,9	67,36	138	260
IG4	2	23	67,36	138	260
GN	10	559,6	336,80	690	3250
KN1	4	33,2	134,72	276	1300
KN2	2	18,52	67,36	138	650
RO1	64	508,16	2155,54	4416	6240
RO2	8	64,64	269,44	552	780
RO3	8	50	269,44	552	780
RO4	8	90,32	269,44	552	780
Σ	183	2 530,92	6 163,5	12 640	29 372

U tabeli 5.3 data je rekapitulacija utrošene energije pri proizvodnji hale po m².

Tabela 5.3. Utrošak energije po m² hale

	POTROŠNJA ENERGIJE [kWh]	UTROŠENA ENERGIJA PO m ² HALE [kWh/m ²]	CENA UTROŠENE ENERGIJE PO m ² HALE [€/m ²]
IZRADA ELEMENATA	2 530,92	1,15	0,081
TRANSPORT SA UTOVAROM	18 803,50	8,55	0,416
MONTAŽA ELEMENATA	29 372,00	13,35	0,238
UKUPNO	50 706,42	23,05	0,735 €

6. DINAMIČKI PLANVI GRAĐENJA

Dinamički planovi izgradnje objekta obuhvataju izradu modela procesa izgradnje objekta, kao i vremensku analizu postavljenih modela. Proces izgradnje objekta je složen sa nizom tehnoloških međuzavisnosti, tehničkih i lokacionih ograničenja, pa uzimajući u obzir organizacione zahteve, izrada dinamičkog plana sprovedena je u više koraka, odnosno modela, čime su predstavljeni pojedini delovi procesa kao i čitav proces (ciklogram montaže konstrukcije hale, gantogram izgradnje objekta i mrežni plan)[5]. Obrada mrežnog plana sa svim potrebnim ulaznim podacima urađena je pomoću računarskog programa MS Project for Windows. Usvojen je radni kalendar sa sedmočasovnim radnim vremenom i trajanjem radne nedelje od pet dana. Za realizaciju objekta potrebno je 205 efektivnih radnih dana i obuhvata period od 01.03.2011. do 12.12.2011. godine gde je uključen i tehnički prijem objekta.

7. ZAKLJUČAK

Zadatak ovog rada je definisanje tehnologije i organizacije građenja montažne hale za skladištenje poljoprivrednih mašina na putu za Zrenjanin kod Kačke petlje, sa posebnim osvrtom na količinu utrošene energije pri proizvodnji i montaži betonskih elemenata hale. Samim tim trebalo je i sračunati cene koštanja te energije u evrima. Vršena je analiza procesa utovara, transporta, i montaže betonskih elemenata hale. Hala je izvođena montažom 183 betonska elementa. Elementi su proizvedeni u pogonu za prefabrikaciju i kao gotovi dopremljeni 26 km na gradilište. Korišćena su 4 kamiona različite snage motora. Ovde je bitna stavka nosivosti kamiona, pa se moralo voditi računa o njihovoj nosivosti i sinhronizovanom rasporedu elemenata u 26 tura. Jedan ciklus prevoza je trajao 90min + utovar i montaža (svakog elementa je vremenski različita i data je u tabeli). Pošto su ovde za mehaničku energiju bitne stavke vreme i snaga motora, proračun je zasnovan na vremenu tj. vremenu trajanja utovara, transporta i montaže. Merenjem vremena utovara i montaže dobija se vreme korišćenja dizalice, pa se računa utrošak energije i potrošnja goriva. Sve se sabere i dobija se da je za izgradnju hale 110 x 20 m, (sa 183 elementa) utrošeno ukupno 50 706 kWh energije. Ovde je uračunata električna energija proizvodnje elementa (mešanje betona) i mehanička energija mašina – utovara, transporta i montaže. Prosek utroška energije i cena je prikazana u tabeli 7.1.

Tabela 7.1 *Prosek utrošene energije i cene po elementu*

	Element[br.]	Energija[kWh]	Cena [€]
Proizvodnja	1	13,83	0,972
Utovar	1	33,68	2,96
Transport	1	69,07	4,12
Montaža	1	160,50	2,87
	183	50 706	1 619

Za proizvodnju 1 m² hale utroši se 23,05 kWh tj. 23,05 kWh/m² hale; 0,735 €/m² za utrošak energije. U proseku za jedan element pri proizvodnji, transportu i montaži se utroši 277,08 kWh energije. Energija koja je utrošena za proizvodnju ove hale je koštala 1619 €

8. LITERATURA

- [1] M. Trivunić, "Montaža betonskih konstrukcija zgrada", Univerzitet u Novom Sadu, FTN, Novi Sad, 2000.
- [2] J. Dražić, "Industrijske metode u građenju", FTN, Novi Sad, 2008. (materijal sa predavanja)

- [3] M. Trivunić, "Upravljanje projektima i građenjem", FTN Novi Sad, 2008. (materijal sa predavanja)
- [4] „Normativi i standardi rada u građevinarstvu-visokogradnja“; Građevinska knjiga, Beograd, 2004.
- [5] M. Trivunić, Z. Matijević, "Tehnologija i organizacija građenja-praktikum", Univerzitet u Novom Sadu, FTN, Novi Sad, 2004.
- [6] I. Klinar, "Motori sa unutrašnjim sagorevanjem", Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad 2008.

Kratka biografija:



Ivana Kozarac, rođena je u Bosanskoj Gradiški 1982. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstvo – Građevinski menadžment, odbranila je 2012.god.

ANALIZA UTICAJA SPRATNOSTI NA SEIZMIČKU OTPORNOST ZGRADA SA ZIDOVIMA SREDNJE KLASSE DUKTILNOSTI**INFLUENCE OF STOREY NUMBER ON SEISMIC RESISTANCE OF BUILDINGS WITH MEDIUM DUCTILITY CLASS WALLS**

Jelena Todorović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – U radu je analiziran uticaj spratnosti na seizmičku otpornost zgrada sa zidovima srednje klase duktilnosti prema Evrokodu. Ispitivani su modeli sa 6, 8, 10 i 12 spratova u cilju da se odredi na koji način utiče spratnost na seizmičko opterećenje, uticaje kao i na količinu potrebne armature.

Abstract – The thesis analyses influence of storey number on seismic resistance of buildings with walls medium class ductility according to Eurocode. Six, eight, ten and twelve-floor building models were investigated in order to determine way in which storey number influence seismic load, seismic influences as well as the amount of reinforcement needed.

Ključne reči: Spratnost, zidovi, srednja klasa duktilnosti, uporedna analiza, seizmičko dejstvo, Evrokod

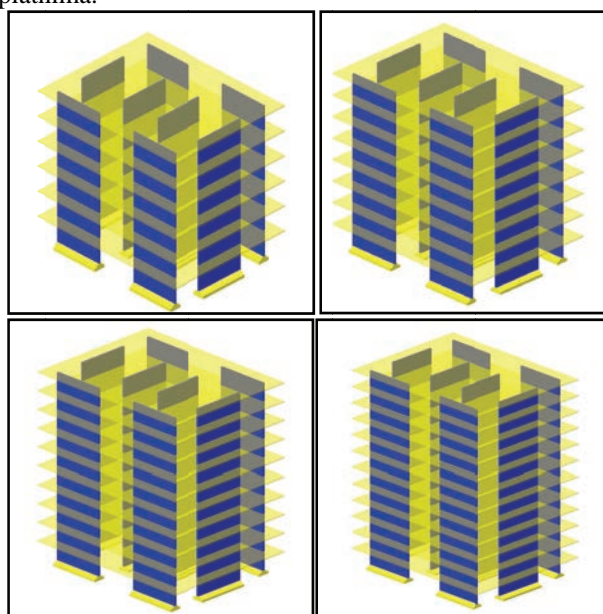
1. UVOD

Zemljotresi, kao prirodne pojave, izazivaju oštećenja, a ponekad i razaranja objekata, praćena velikim materijalnim gubicima, pa i ljudskim žrtvama. Zemljotres se ne može sprečiti, što ukazuje na neminovnost građenja zgrada i drugih građevinskih objekata u seizmički aktivnim područjima. Adekvatna zaštita objekata od zemljotresa može se obezbediti aseizmičkim projektovanjem i građenjem objekata. Projekat betonske zgrade otporne na zemljotres treba da obezbedi odgovarajući kapacitet konstrukcije za disipaciju energije bez značajnijeg umanjenja ukupne nosivosti na uticaje horizontalnih i vertikalnih opterećenja.[1]

Armiranobetonski zidovi, zbog svoje velike savojne krutosti, izuzetno dobro prihvataju horizontalne sile i iz tog razloga se često postavljaju u konstrukcije koje će biti izložene jakim seizmičkim dejstvima. Zidovi za ukrućenje se ponašaju kao konzole, gde se maksimalni uticaji javljaju na mestu uklještenja. S obzirom da je opterećen i pripadajućim delom aksijalnog opterećenja, u njemu se javlja određena aksijalna sila pritiska koja povoljno utiče, jer smanjuje potrebnu armaturu u zidu. Kod ovakvih zidova, dobrim armiranjem, moguće je ostvariti dobro duktilno ponašanje. S druge strane, armiranobetonski zidovi zatvaraju i ograničavaju prostor, pa se iz arhitektonskih razloga teži skeletnim konstrukcijama, koje su otvorenije, povoljnije za organizovanje prostora i za osvetljenje.

Načelno, seizmički otporne zgrade se moraju projektovati tako da se obezbedi kapacitet disipacije energije i ukupno duktilno ponašanje. Ukupno duktilno ponašanje se obezbeđuje ako zahtevi duktilnosti globalno uključuju veliki deo konstrukcije, obuhvatajući različite elemente i lokacije na svim njenim spratovima. Za obezbeđenje duktilnog loma mora se preduprediti krta lom sa dovoljnom pouzdanošću [1]. Shodno tome, betonske zgrade mogu da se klasifikuju u dve klase duktilnosti: DCM (srednja duktilnost – *medium ductility*) i DCH (visoka duktilnost – *high ductility*), zavisno od njihovog kapaciteta histerezisne disipacije energije. Obe klase odgovaraju zgradama za koje su proračun, dimenzionisanje i obrada detalja urađeni prema posebnim zahtevima za seizmičku otpornost, omogućujući da konstrukcija razvije stabilne mehanizme sposobne za veliku disipaciju histerezisne energije pod ponovljenim povratnim opterećenjem, bez pojave krtog loma [1].

U okviru ovog rada, izvršeno je projektovanje konstrukcija prema evropskim standardima. Cilj je da se odredi potrebna količina armature za prihvatanje uticaja usled delovanja seizmičkog opterećenja, u zavisnosti od spratnosti i klase duktilnosti. Upoređenje rezultata sprovedeno je na osnovu računске analize objekata od 6, 8, 10 i 12 etaža sa zidovima srednje klase duktilnosti (DCM), pri čemu je ukupno seizmičko opterećenje povereno AB platnima.



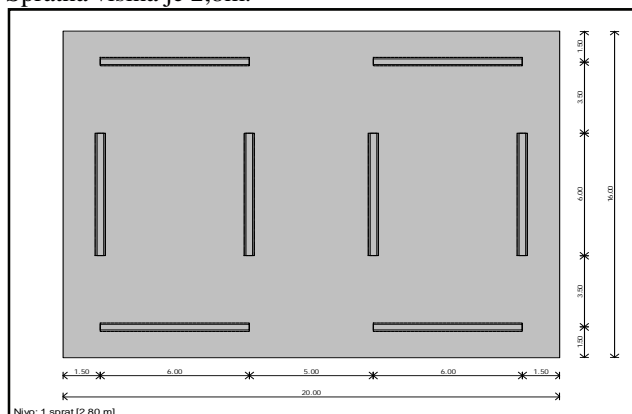
Slika 1.1. 3D model konstrukcija

NAPOMENA:

Ovaj rad je proistekao iz diplomskog-master rada čiji je mentor bio prof.dr Đorđe Ladinović.

2. ANALIZA KONSTRUKCIJA

Analizirane su armiranobetonske konstrukcije sa 6, 8, 10 i 12 etaža, osnove prikazane na slici 2.1. Konstrukcije se sastoje od osam armiranobetonskih platana, po četiri platna u oba horizontalna pravca, dužine 6m. Platna su pravougaonog poprečnog preseka. Međusobno su povezana međuspratnim tavanicama debljine 18cm. Spratna visina je 2,8m.



Slika 2.1. Dispozicija konstrukcija

2.1. Kriterijumi konstrukcijske regularnosti

Sve četiri konstrukcije zadovoljavaju kriterijume konstrukcijske regularnosti zgrada u osnovi i po visini, koje propisuje EN 1998-1:2004, član 4.2.3. U okviru ovog člana obuhvaćeni su kriterijumi regularnosti zgrada u osnovi i po visini.

Tabela 1: Raspored masa po visini objekta

Nivo	Z [m]	X [m]	Y [m]	Masa [T]	T/m2
6.sprat	16.80	10.00	8.00	354.58	1.10
5.sprat	14.00	10.00	8.00	308.36	0.96
4.sprat	11.20	10.00	8.00	308.36	0.96
3.sprat	8.40	10.00	8.00	308.36	0.96
2.sprat	5.60	10.00	8.00	308.36	0.96
1.sprat	2.80	10.00	8.00	308.36	0.96
Ukupno:	9.96	10.00	8.00	1895.86	

Tabela 2: Raspored centra krutosti po visini objekata

Nivo	Z [m]	X [m]	Y [m]
6.sprat	16.80	10.00	8.00
5.sprat	14.00	10.00	8.00
4.sprat	11.20	10.00	8.00
3.sprat	8.40	10.00	8.00
2.sprat	5.60	10.00	8.00
1.sprat	2.80	10.00	8.00

Tabela 3: Ekscentricitet po visini objekta

Nivo	Z [m]	eox [m]	eoy [m]
6.sprat	16.80	0.00	0.00
5.sprat	14.00	0.00	0.00
4.sprat	11.20	0.00	0.00
3.sprat	8.40	0.00	0.00
2.sprat	5.60	0.00	0.00
1.sprat	2.80	0.00	0.00

2.2 Modeliranje konstrukcija

Prilikom modeliranja konstrukcija, koje je realizovano u programskom paketu Tower 6.0, ispunjeni su zahtevi dati u EN 1998-1:2004, član 4.3.1, a koji nalažu da model zgrade mora adekvatno da prikazuje raspodelu krutosti i masa, tako da se svi značajni oblici deformacije i

inercijalne sile korektno uzimaju u obzir u analizi konstrukcije na seizmička dejstva. U opštem slučaju konstrukcija zgrade može da se posmatra kao skup vertikalnih i horizontalnih konstrukcijskih elemenata, koji su međusobno povezani sa horizontalnim dijafragmama. Kada su spratne tavanice zgrada dovoljno krute u svojim ravnima, mase i momenti inercije masa svakog sprata mogu da budu koncentrisani u centrima masa tavanica. Za konstrukcije koje su regularne u osnovi, analiza se može sprovesti primenom dva ravanska modela, po jedan za svaki glavni pravac. Osim u slučaju primene tačnije analize elemenata sa prslinama, u analizi betonskih i zidanih konstrukcija za fleksione i smičuće karakteristike elemenata, mogu da se usvoje vrednosti koje su jednake jednoj polovini krutosti neisprskalih preseka [1]. Mase u proračunskom modelu moraju da se određuju prema gravitacionim opterećenjima koja se javljaju u kombinacijama dejstava navedenim u 3.2.4:

$$\sum G_{ki} + \sum \psi_{E,i} \cdot Q_{k,i} \quad (2.1)$$

gde je $\psi_{E,i}$ koeficijent kombinacije promenljivog dejstva i (član 4.2.4). Koeficijenti kombinacije $\psi_{E,i}$ uzimaju u obzir verovatnoću da opterećenja $Q_{k,i}$ nisu prisutna na celoj konstrukciji tokom zemljotresa. Ovi koeficijenti mogu takođe da uzimaju u obzir i redukovano učešće masa na kretanje konstrukcije zbog veza između njih koje nisu krute [1].

$$\psi_{E,i} = \varphi \cdot \psi_{2i} \quad (2.2)$$

ψ_{2i} je koeficijent za kvazi-stalne vrednosti promenljivog dejstva q_i definisan u EN 1990:2002.

Kao što je navedeno i ranije, modelirane konstrukcije se sastoje samo iz površinskih elemenata, armiranobetonskih zidova i tavanica. Sve četiri konstrukcije se sastoje od 8 AB zidova, 4 u X pravcu i 4 u Y pravcu, dužine 6m i debljine 20cm. Platna su linijski ukleštena. Kategorija tla je C, a projektno ubrzanje tla je $a_g=0.25g$. Što se tiče međuspratnih tavanica, debljine su 18 cm i rade kao dijafragme, a uloga im je da podjednako angažuju vertikalne elemente u prenosu horizontalnog opterećenja. Spratna visina je 2.8m. Prilikom modeliranja primenjuvan je beton C25/30 i armatura S500.

3. SEIZMIČKA DEJSTVA

Seizmički uticaji mogu da se odrede na osnovu linearno elastičnog ponašanja konstrukcije. U zavisnosti od konstrukcijskih karakteristika zgrade, može se koristiti jedan od sledeća dva tipa linearno-elastične analize: metoda ekvivalentnih bočnih sila ili multimodalana spektralna analiza [1]. U ovom radu je seizmičko opterećenje određeno metodom ekvivalentnih bočnih sila.

3.1 Metoda ekvivalentnih bočnih sila

Ovaj tip analize može da se primeni na zgrade koje mogu da se analiziraju sa dva ravanska modela i čiji odgovor ne zavisi bitno od uticaja viših svojstvenih oblika slobodnih vibracija. Zahtev koji je naveden smatra se zadovoljenim kod zgrada koje zadovoljavaju kriterijume regularnosti po visini i kod kojih su osnovni periodi slobodnih vibracija, za svaki od dva glavna pravca, manji od sledećih vrednosti:

$$T_1 \leq \begin{cases} 4T_c \\ 2.0s \end{cases}$$

gde je T_c gornja granica perioda u oblasti sa konstantnim spektralnim ubrzanjem.

3.1.1 Smičuća sila u osnovi

Seizmička smičuća sila u osnovi F_b za svaki horizontalni pravac za koji se zgrada analizira, treba da se odredi prema sledećem izrazu:

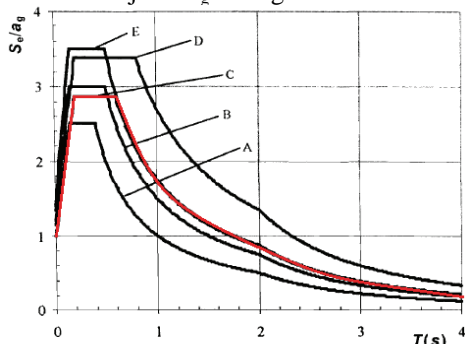
$$F_b = S_d(T_1) \cdot m \cdot \lambda \quad (3.1)$$

$S_d(T_1)$ je ordinata projektnog spektra za period T_1 koji je osnovni period vibracija za posmatrani horizontalni pravac. Sa m je označena ukupna masa zgrade iznad temelja ili iznad vrha krutog podruma, koja je izračunata u skladu sa izrazom (2.1) i ima vrednosti date u tabeli 4.

Tabela 4: Ukupne mase konstrukcija u tonama

n-broj spratova	6	8	10	12
Ukupna masa	1895.86	2512.38	3129	3754.4

λ je korekcionni faktor, čija je vrednost jednaka 0.85 ako je $T_1 \leq 2T_c$ i zgrada ima više od dva sprata, dok je $\lambda=1.0$ u svim drugim slučajevima. U skladu sa ulaznim podacima vezanim za kategoriju tla kao i za projektno ubrzanje tla, usvojen je elastični spektar tipa 1. Kategorija tla je C, dok je projektno ubrzanje tla $a_g=0.25g$.



Slika 3.1: Preporučeni tip 1 spektra odgovora za kategorije tla A do E (5% prigušenje)

Za horizontalne komponente seizmičkog dejstva, projektni spektar $S_d(T)$ se određuje prema sledećim izrazima:

$$0 \leq T \leq T_B: S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \left[\frac{2}{3} + \frac{T}{T_B} \cdot \left(\frac{2.5}{q} - \frac{2}{3} \right) \right] \quad (3.2)$$

$$T_B \leq T \leq T_c: S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{2.5}{q} \quad (3.3)$$

$$T_c \leq T \leq T_D: S_d(T) = \begin{cases} a_g \cdot S \cdot \frac{2.5}{q} \cdot \left[\frac{T_c}{T} \right] \\ \geq \beta \cdot a_g \end{cases} \quad (3.4)$$

$$T_D \leq T: S_d(T) = \begin{cases} a_g \cdot S \cdot \frac{2.5}{q} \cdot \left[\frac{T_c T_D}{T^2} \right] \\ \geq \beta \cdot a_g \end{cases} \quad (3.5)$$

gde je q faktor ponašanja koji se određuje u skladu sa EN 1998-1:2004 član 5.2.2.2 na sledeći način:

$$q = q_0 \cdot k_w \geq 1,5 \quad (3.6)$$

q_0 je osnovna vrednost faktora ponašanja, zavisna od tipa konstrukcijskog sistema, a k_w je faktor koji uzima u obzir preovlađujuću vrstu loma konstrukcijskih sistema sa zidovima. Primenom izraza 3.6 dobijena je vrednost faktora ponašanja $q = 3.0$ za srednju klasu duktilnosti. Vrednosti ordinata projektnog spektra su određene prema izrazu 3.3, za model sa 6 spratova, dok za ostale spratnosti važi 3.4. S obzirom da su poznati svi članovi koji figurišu u izrazu 3.1, dobijene su vrednosti smičućih sila u osnovi.

Tabela 5: Smičuće sile u osnovi u [kN]

pravac	6 etaža	8 etaža	10 etaža	12 etaža
X	3787.43	4594.212	4038.77	4305.107
Y	3787.43	4896.932	4380.55	4023.807

3.1.2 Raspored horizontalnih seizmičkih sila i momenata torzije po visini objekta

Rasporeda horizontalnih seizmičkih sila sprovedena je u skladu sa EN 1998-1:2004 član 4.3.3.2.3(3).

$$F_i = F_b \frac{z_i \cdot m_i}{\sum z_j \cdot m_j} \quad (3.7)$$

z_i i z_j je visina masa m_i i m_j iznad nivoa seizmičkog dejstva (temelj ili vrh krutog podruma). Horizontalne sile koje su određene u skladu sa ovim članom, raspodeljuju se na noseći sistem koji se suprostavlja horizontalnim uticajima, uz pretpostavku da su tavanice krute u svojim ravnima. Sa namerom da se uzmu u obzir nepouzdanosti u položaju masa i prostornoj varijaciji seizmičkih kretanja, izračunati položaj centra masa svake tavanice i mora da se posmatra kao premešten iz svog nominalnog položaja za dodatni slučajni ekscentricitet u svakom pravcu. Taj ekscentricitet, u skladu sa članom 4.3.2(1)P Evrokoda 8, se određuje na sledeći način:

$$e_{ai} = \pm 0,05L_i \quad (3.8)$$

e_{ai} je slučajni ekscentricitet spratne mase i u odnosu na nominalni položaj centra mase, koji se primenjuje u istom smeru za sve spratove, a L_i je dimenzija tavanice upravno na pravac seizmičkog dejstva. Dobijene vrednosti ekscentriciteta za X i Y pravac, redom, su 0.8m i 1.0m.

4. PROJEKTOVANJE KONSTRUKCIJA ZA KLASU DUKTILNOSTI M

Da bi se obezbedio odgovarajući iznos duktilnost za klasu M, moraju se ispuniti posebne odredbe za sve konstrukcijske elemente, koje nalaže EN 1998-1:2004, član 5.4.

4.1 Geometrijska ograničenja i materijali

Prema EN 1998-1:2008, član 5.4.1.1, ne dozvoljava se upotreba betona klase niže od C16/20 u primarnim seizmičkim elementima i osim za zatvorene uzengije ili poprečne veze, u kritičnim područjima primarnih seizmičkih elemenata dozvoljava se upotreba samo armature od rebrastih šipki. Član 5.4.1.2.3 Evrokoda 8 kaže da debljina rebra b_{wo} (u metrima) treba da zadovolji izraz:

$$b_{wo} \geq \max \left\{ \begin{array}{l} 0.15 \\ h_s/20 \end{array} \right.$$

gde je h_s čista spratna visina u metrima. Primenjuju se dodatni zahtevi u odnosu na debljinu utegnuto ivičnog elementa zida, kako je uslovljeno članom 5.4.3.4.2 (10) koji kaže da debljina b_w utegnuto dela preseka zida (ivičnih elemenata) ne sme biti manja od 200mm. Osim toga, ako dužina utegnuto elementa ne prelazi vrednosti $2b_w$ i $0,2l_w$, debljina b_w ne sme biti manja od $h_s/15$, gde je h_s visina sprata. Ako dužina utegnuto dela premašuje veću vrednost od $2b_w$ i $0,2l_w$, vrednost b_w ne sme biti manja od $h_s/10$. Usvojena dužina utegnuto ivičnog elementa $l_c=90cm$. S obzirom da je $l_c = 90cm \leq 2b_w = 120cm$, usvojena je minimalna debljina zida $minb_w = 20cm$, za sve spratnosti.

4.2 Nosivost na savijanje i smicanje i oblikovanje detalja za lokalnu duktilnost

Prema EN 1998-1:2004, član 5.4.3.4, izvršena je analiza nosivosti na savijanje i smicanje, kao i oblikovanje detalja za lokalnu duktilnost. Pri tome treba da se zadovolji uslov da u primarnim seizmičkim zidovima vrednost normalizovanog aksijalnog opterećenja v_d ne pređe 0.4. Pri proračunu nosivosti preseka zida na savijanje uzima se

u obzir i vertikalna armatura rebra. Kod oblikovanja detalja za lokalnu duktilnost, neophodno je da se odredi visina kritične oblasti iznad osnove zida i to prema izrazu

$$h_{cr} = \max \left\{ \frac{l_w}{6} \right. \quad (4.1)$$

ali

$$h_{cr} \leq \begin{cases} 2l_w & \\ h_s & \text{za } n \leq 6 \text{ spratova} \\ 2h_s & \text{za } n \geq 7 \text{ spratova} \end{cases} \quad (4.2)$$

Na osnovu ovih izraza usvojena je visina kritične zone od 2.8m, za model sa 6 etaža dok za ostale modele iznosi 5.6m. U kritičnim oblastima zidova treba da se obezbedi vrednost faktora duktilnosti krivine μ_ϕ , koja je najmanje jednaka vrednosti sračunatoj prema izrazima (4.3) i (4.4), sa osnovnom vrednošću faktora ponašanja q_0 koja se u ovim izrazima zamenjuje proizvodom q_0 i maksimalne vrednosti odnosa M_{Ed}/M_{Rd} u osnovi zida u seizmičkoj proračunskoj situaciji, gde je M_{Ed} moment savijanja iz analize, a M_{Rd} proračunski moment nosivosti na savijanje.

$$\mu_\phi = 2q_0 - 1 \quad \text{ako je } T_1 \geq T_c \quad (4.3)$$

$$\mu_\phi = 2 + 2(q_0 - 1)T_c/T_1 \quad \text{ako je } T_1 < T_c \quad (4.4)$$

Da li je zahtevana duktilnost krivine preseka zida ostvarena proverava se odgovarajućim izrazom:

$$\alpha \cdot \omega_{wd} \geq 30 \cdot \mu_\phi \cdot (v_d + \omega_v) \cdot \varepsilon_{sy,d} \cdot \frac{b_c}{b_0} - 0,035 \quad (4.5)$$

ω_{wd} je mehanički zapreminski procenat armiranja za utezanje preseka u kritičnim oblastima. μ_ϕ je zahtevana vrednost faktora duktilnosti krivine. $\varepsilon_{sy,d}$ je proračunska vrednost dilatacija zatezanja čelika na granici tečenja. b_c je ukupna širina poprečnog preseka. b_0 je širina utegnuto jezgra (od osa uzengija), a α je faktor globalne efikasnosti utezanja ($\alpha = \alpha_n \cdot \alpha_s$).

Prema Evrokodu definisani su i minimalni i maksimalni procenti armiranja. Takođe je dat zahtev da se dijagram proračunskog momenta savijanja po visini zida uzima kao anvelopa dijagrama momenata savijanja dobijenog proračunom konstrukcije, koja je vertikalno pomerena (pomeranje zatezanja). Mora se uzeti u obzir i moguće povećanje transverzalnih sila nakon pojave tečenja u osnovi primarnog seizmičkog zida. Ovaj uslov je ispunjen ako se uzme da je proračunska transverzalna sila 50% veća od transverzalne sile dobijene iz analize.

Proračunska vrednost nosivosti pri smicanju data je prema sledećem izrazu:

$$V_{Rd,c} = \left[C_{Rd,c} k (100\rho \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp} \right] b_w d \quad (4.6)$$

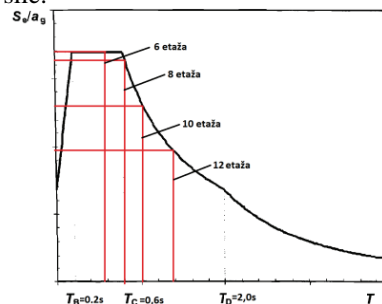
Ako je zadovoljen uslov $V_{Rd,c} > V_{Ed}$, tada nije potrebna armatura za prijem smicanja. U suprotnom je potrebno da se odredi horizontalna armatura prema izrazu 4.7.

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} z f_{ywd} c t g \theta \quad (4.7)$$

A_{sw} je površina preseka armature za smicanje. s rastojanje uzengija. f_{ywd} je proračunska granica razvlačenja armature za smicanje. θ je ugao između pritisnutog betonskog štapa i ose grede upravne na silu smicanja.

5. ZAKLJUČAK

Upoređivanjem prikazanih modela, može se zaključiti da se javljaju određene razlike kada ja reč o smičućim silama u osnovi, uticajima i količini armature. Smičuće sile u osnovi, za konstrukciju sa 6 spratova, iste su u X i Y pravcu, dok su za ostale spratnosti različite. Periodi oscilovanja, T_1 i T_2 , za model sa 6 etaža, nalaze se u granicama između $T_B = 0.2s$ i $T_C = 0.6s$, koje predstavljaju donju i gornju granicu perioda u oblasti sa konstantnim spektralnim ubrzanjem, za tlo kategorije C. Ujedno, to je oblast sa maksimalnim ordinatama projektnog spektra, slika 5.1. Što se tiče ostalih modela, smičuće sile u osnovi su veće u Y pravcu, za konstrukcije sa 8 i 10 spratova, dok je za model sa 12 etaža veća sila u X pravcu. Kako su periodi oscilovanja T_1 veći nego T_2 , ordinata projektnog spektra će biti manja u X pravcu, a samim tim i smičuća sila u osnovi. Međutim, kod modela sa 12 spratova važi uslov $T_1 > 2T_c$, pa je zbog toga korekcionni faktor $\lambda = 1.0$, dok je za Y pravac $T_2 < 2T_c$, odakle sledi $\lambda = 0.85$. Kako su iste mase, ali različiti korekcionni faktori, dobija se veća sila u X pravcu nego u Y pravcu. Načelno, smičuće sile za model sa 6 etaža su manje nego za model sa 8 etaža, dok se za ostale spratnosti inteziteti smanjuju. Kako za veće spratnosti periodi oscilovanja rastu, ordinata projektnog spektra se smanjuje, i kao rezultat se dobijaju manje seizmičke sile.



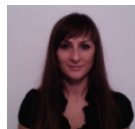
Slika 5.1: Ordinaty projektnog spektra

Momenti savijanja se povećavaju sa povećanjem spratnosti, dok se transverzalne sile ponašaju kao i smičuće sile u osnovi. Armatura se značajno ne povećava i ne menja, jer i pored većih momenata savijanja, sa povećanjem spratnosti raste i masa konstrukcije, a sa tim i normalna sila pritiska koja smanjuje količinu potrebne armature.

6. LITERATURA

- [1] EN 1998-1:2004, Evrokod 8, Deo 1: Opšta pravila, seizmička dejstva i pravila za zgrade, 2009. Beograd
- [2] EN 1992-1-1:2004, Evrokod 2, Deo 1-1: Opšta pravila i pravila za zgrade, 2006. Beograd
- [3] EN 1990:2002, Evrokod 0: Osnove proračuna konstrukcija, 2006. Beograd
- [4] Beg D, Pogačnik A. Piročnik za projektiranje gradbenih konstrukcij po evrokod standardih, 2009. Inženirska zbornica Slovenije

Kratka biografija:



Jelena Todorović rođena je u Srebrenici 1986. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstva –Konstrukcije odbranila je 2011.god.

ANALIZA UTICAJA SPRATNOSTI NA SEIZMIČKU OTPORNOST ZGRADA SA ZIDOVIMA VISOKE KLASSE DUKTILNOSTI**INFLUENCE OF STOREY NUMBER ON SEISMIC RESISTANCE OF BUILDINGS WITH HIGH DUCTILITY CLASS WALLS**Bojan Kantar, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

Kratka sadržaj – U radu je analiziran uticaj spratnosti na seizmičku otpornost zgrada sa zidovima visoke klase duktilnosti, preme Evrokodu. Ispitivani su modeli sa 6,8,10 i 12 etaža i urađeno je poređenje seizmički sila, sila u preseku kao i količine potrebne armature.

Abstract – In this paper is presented influence of storey number on seismic resistance of buildings with high class ductility walls according to Eurocode. Buildings with 6,8,10 and 12 storey were examined according to Eurocode and obtained results of seismic forces and amount of reinforcements were compared

Ključne reči: Spratnost, zidovi, visoka klasa duktilnosti, uporedna analiza, seizmičko dejstvo, Evrokod

1. UVOD

Zemljotresi predstavljaju kretanje tla koje se javlja zbog iznenadnih pomaka u zemljinoj kori ili u gornjem delu zemljinog plašta. Kako se zemljotres ne može sprečiti, konstrukcije u seizmički aktivnim područjima moraju biti projektovane i izgrađene tako da izdrže seizmičko dejstvo bez lokalnog ili potpunog rušenja.

Konstrukcije je potrebno projektovati na taj način da se umerenim, relativno čestim zemljotresima, suprostavljati radom u elastičnom području, dok će se jakim zemljotresima, konstrukcije boriti duktilnim, elasto-plastičnim radom uz određena oštećenja.

Poznato je da zidovi zbog svoje velike savojne krutosti izuzetno dobro prihvataju horizontalne sile i iz tog razloga se često postavljaju u konstrukcije koje će biti izložene jakim seizmičkim dejstvima. Rad zidova za ukrućenje odgovara konzoli, gde se maksimalni uticaji javljaju upravo na mestu ukleštenja. Zid je opterećen i pripadajućim delom aksijalnog opterećenja, što u njemu izaziva i određenu aksijalnu silu pritiska koja povoljno utiče na potrebnu armaturu u zidu.

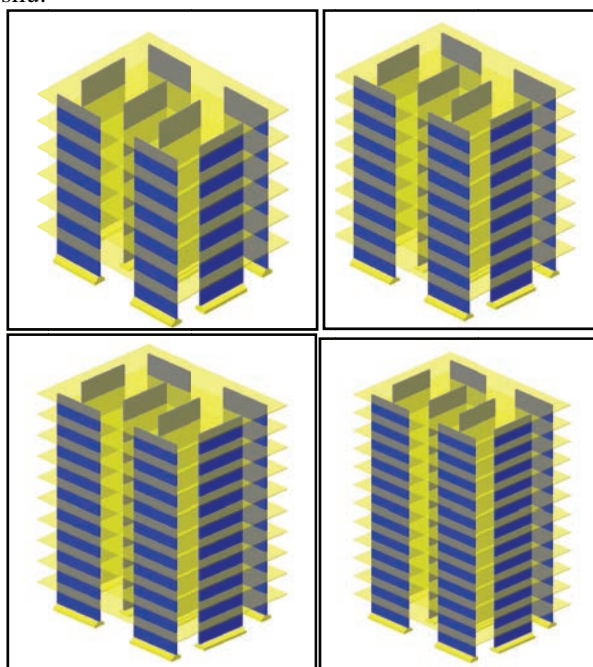
Betonske zgrade mogu da se klasifikuju u dve klase duktilnosti: DCM (srednja duktilnost – *medium ductility*) i DCH (visoka duktilnost – *high ductility*), zavisno od njihovog kapaciteta histerezisne disipacije energije.

U ovom radu je analizirano četiri armiranobetonske konstrukcije sa 6, 8, 10 i 12 etaža, radi određivanja uticaja spratnosti na seizmičku otpornost zgrada visoke klase duktilnosti. Projektovanje i dimenzionisanje je vršeno u skladu sa Evrokodom 8. Zgrade se nalaze u IX seizmičkoj zoni, klasa tla je C.

Napomena:

Ovaj rad je proistekao iz diplomskog-master rada čiji je mentor bio prof.dr Đorđe Ladinović.

Konstrukcija je tako zadata da su jedini vertikalni elementi zidovi i oni preuzimaju celokupnu seizmičku silu.



Slika 1: 3D model konstrukcija

2. ANALIZA KONSTRUKCIJA**2.1 Regularnost konstrukcija**

Obrađene konstrukcije u potpunosti ispunjavaju odredbe EN 1998-2:2004 4.2.3 koje se odnose na regularnost konstrukcije kako u osnovi tako i po visini objekta.

2.2 Modeliranje konstrukcija

Modeliranje konstrukcija vršeno je u programskom paketu Tower 6.0 u skladu sa EN 1998-1:2004 4.3.1 koji zahteva da model zgrade adekvatno prikazuje raspodelu krutosti i mase, tako da se svi značajni oblici deformacije i inercijalne sile korektno uzimaju u obzir u analizi konstrukcija na seizmička dejstva. U opštem slučaju konstrukcija zgrade može da se posmatra kao skup vertikalnih konstrukcijskih elemenata, koji su međusobno povezani tavanicama. Kada su spratne tavanice zgrada dovoljno krute u svojim ravnima, mase i momenti inercije masa svakog sprata mogu da budu koncentrisane u centrima masa tavanica.

U analizi armiranobetonskih zgrada, spregnutih čelično-betonskih zgrada, kao i zidanih zgrada, krutost nosećih elemenata treba, da se odredi uzimajući u obzir efekte prslina. Mase u proračunskom modelu moraju da se određuju prema gravitacionim opterećenjima koja se

javljaju u kombinacijama dejstava prema sledećoj jednačini:

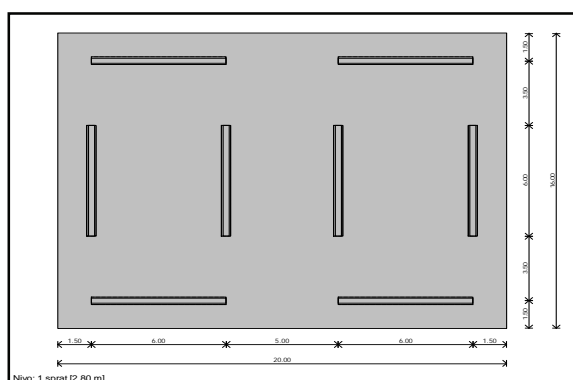
$$\sum G_{ki} + \sum \psi_{E,i} \cdot Q_{k,i} \quad (2.1)$$

gde je $\psi_{E,i}$ koeficijent kombinacije promenljivog dejstva i koji se dobija prema sledećoj jednačini:

$$\psi_{Ei} = \varphi \cdot \psi_{2i} \quad (2.2)$$

ψ_{2i} je koeficijent za kvazi-stalne vrednosti promenljivog dejstva q_i definisan u EN 1990:2002.

Analizirane su četiri, visinski različite konstrukcije kao što je ranije navedeno od 6, 8, 10 i 12 etaža. Raspored armiranobetonskih zidova je isti za sve četiri zgrade i kao što se vidi na slici 2. Svi zidovi su pravougaonog poprečnog preseka, dužina im je ista, 600cm, dok je debljina ab zidova 20cm za konstrukcije od 6 i 8 etaža, a za konstrukcije od 10 i 12 etaža debljina zidova 25cm. Svi armiranobetonski zidovi su linijski uklješteni.



Slika 2: Dispozicija

Zidovi su spojeni ab pločom debljine 18cm, koja svojom krutošću obezbeđuje zajednički rad svih zidova. Međuspratna visina je 2,8m. Korišćen je beton kvaliteta C25/30 i armatura kvaliteta S 500.

3. SEIZMIČKA DEJSTVA

U zavisnosti od konstrukcijskih karakteristika zgrade, može se koristiti jedan od dva tipa linearno-elastične analize: metoda ekvivalentnih bočnih sila ili multimodalana spektralna analiza. U ovom radu je seizmičko opterećenje određeno metodom ekvivalentnih bočnih sila [1].

3.1 Metoda ekvivalentnih bočnih sila

Metoda ekvivalentnih bočni sila se može primeniti na zgrade koje mogu da se analiziraju sa dva ravanska modela i čiji odgovor bitno zavisi samo od prvih svojstvenih oblika slobodnih vibracija. Da bi se ovaj stav smatrao zadovoljenim zgrade moraju ispunjavati sledeća dva uslova: zgrade koje imaju osnovne periode slobodnih vibracija T_1 za svaki od glavni pravaca manji od $4T_c$ odnosno $2,0s$ i da zgrade zadovoljavaju kriterijume regularnosti po visini.

3.1.1 Smičuća sila u osnovi

Ukupna seizmička smičuća sila u osnovi F_b za svaki horizontalni pravac za koji se zgrada analizira, u ovom slučaju X i Y pravac, određena je prema sledećem izrazu:

$$F_b = S_d(T_1) \cdot m \cdot \lambda \quad (3.1)$$

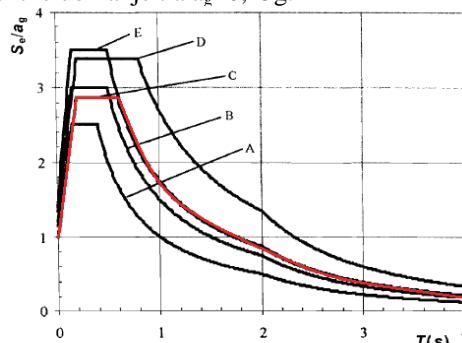
$S_d(T_1)$ je ordinata projektnog spektra za period T_1 koji je osnovni period vibracija za posmatrani horizontalni pravac. Sa m je označena ukupna masa zgrade iznad

temelja ili iznad vrha krutog podruma, koja je izračunata u skladu sa izrazom (2.1) i ima vrednosti date u tabeli 1.

Tabela 1: Ukupne mase konstrukcija u tonama

n-broj spratova	6	8	10	12
Ukupna masa	1895.86	2512.38	3129	3754.4

λ je korekcionni faktor, čija je vrednost jednaka 0,85 ako je $T_1 \leq 2T_c$ i zgrada ima više od dva sprata, dok je $\lambda=1,0$ u svim drugim slučajevima. U skladu sa ulaznim podacima vezanim za kategoriju tla kao i za projektno ubrzanje tla, usvojen je elastični spektar tipa 1. Kategorija tla je C, dok je projektno ubrzanje tla $a_g=0,25g$.



Slika 3: Preporučeni tip 1 spektra odgovora za kategorije tla A do E (5% prigušenje)

Za horizontalne komponente seizmičkog dejstva, projektni spektar $S_d(T)$ se određuje prema sledećim izrazima:

$$0 \leq T \leq T_B: S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \left[\frac{2}{3} + \frac{T}{T_B} \cdot \left(\frac{2,5}{q} - \frac{2}{3} \right) \right] \quad (3.2)$$

$$T_B \leq T \leq T_C: S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \quad (3.3)$$

$$T_C \leq T \leq T_D: S_d(T) = \begin{cases} a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \left[\frac{T_c}{T} \right] \\ \geq \beta \cdot a_g \end{cases} \quad (3.4)$$

$$T_D \leq T: S_d(T) = \begin{cases} a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \left[\frac{T_c T_D}{T^2} \right] \\ \geq \beta \cdot a_g \end{cases} \quad (3.5)$$

gde je q faktor ponašanja koji se određuje u skladu sa EN 1998-1:2004 član 5.2.2.2 na sledeći način:

$$q = q_0 \cdot k_w \geq 1,5 \quad (3.6)$$

q_0 je osnovna vrednost faktora ponašanja, zavisna od tipa konstrukcijskog sistema, a k_w je faktor koji uzima u obzir preovlađujuću vrstu loma konstrukcijskih sistema sa zidovima. Primenom izraza 3.6 dobijena je vrednost faktora ponašanja $q = 4,4$ za visoku klasu duktilnosti. Vrednosti ordinata projektnog spektra su određene prema izrazu 3.3, za model sa 6 spratova, dok za ostale spratnosti važi 3.4. U tabelama 2 i 3, redom su prikazane dobijene ordinate projektnog spektra kao i smičuće sile u osnovi.

Tabela 2: Periodi oscilovanja sistema

pravac	6 etaža	8 etaža	10 etaža	12 etaža
X	0,4164	0,6557	0,8493	1,1255
Y	0,3984	0,6152	0,7854	1,0278

Tabela 3: Ordinate projektnog spektra

pravac	6 etaža	8 etaža	10 etaža	12 etaža
X	0,16335	0,1495	0,11541	0,086924
Y	0,16335	0,1594	0,12479	0,09536

Tabela 4: Smičuće sile u osnovi u [kN]

pravac	6 etaža	8 etaža	10 etaža	12 etaža
X	2582,3	3131,94	3011,07	2714,73
Y	2582,3	3338,85	3055,86	2978,35

3.1.2 Raspored horizontalnih seizmičkih sila i momenata torzije po visini objekta

Raspodela horizontalnih seizmičkih sila odrađena je u skladu sa EN 1998-1:2004 član 4.3.3.2.3(3).

$$F_i = F_b \frac{z_i \cdot m_i}{\sum z_j \cdot m_j} \quad (3.7)$$

z_i i z_j je visina masa m_i i m_j iznad nivoa seizmičkog dejstva (temelji ili vrh krutog podruma). Sa namerom da se uzmu u obzir nepouzdanosti u položaju masa i prostornoj varijaciji seizmičkih kretanja, izračunati položaj centra masa svake tavanice i mora da se posmatra kao premešten iz svog nominalnog položaja za dodatni slučajni ekscentricitet u svakom pravcu. Taj ekscentricitet, u skladu sa članom 4.3.2(1)P Evrokoda 8, se određuje na sledeći način:

$$e_{ai} = \pm 0,05L_i \quad (3.8)$$

e_{ai} je slučajni ekscentricitet spratne mase i u odnosu na nominalni položaj centra mase, a L_i je dimenzija tavanice upravno na pravac seizmičkog dejstva. Dobijene vrednosti ekscentriciteta za X i Y pravac, redom, su 0,8 m i 1,0m.

4. PROJEKTOVANJE KONSTRUKCIJA VISOKE KLASSE DUKTILNOSTI

U EN 1998-1:2004, član 5.5 propisani su zahtevi koji se moraju ispuniti da bi se ostvarila zahtevana visoka duktilnost (DCH). U skladu sa zahtevanom klasom duktilnosti u poglavlju 3.4.1.1 izračunat je faktor ponašanja koji će se dalje koristiti u proračunu.

4.1 Geometrijska ograničenja i materijali

Prema EN 1998-1:2008, član 5.4.1.1, ne dozvoljava se upotreba betona klase niže od C16/20 u primarnim seizmičkim elementima i, osim za zatvorene uzengije ili poprečne veze, u kritičnim područjima dozvoljava se upotreba samo armature od rebrastih šipki. Član 5.4.1.2.3 Evrokoda 8 kaže da debljina rebra b_{wo} (u metrima) treba da zadovolji izraza:

$$b_{wo} \geq \max \begin{cases} 0,15 m \\ h_s/20 \end{cases} \quad (4.1)$$

gde je h_s čista spratna visina u metrima. Primenjuju se dodatni zahtevi u odnosu na debljinu utegnuto ivičnog elementa zida, kako je uslovljeno članom 5.4.3.4.2 (10). S obzirom da je dužina ivične zone $l_c = 90$ cm, pretpostavljena je minimalna debljina zida $\min b_w = 20$ cm, za sve spratnosti, mađutim pokazaće se da ta debljina nije dovoljna za modele od 10 i 12 etaža, pa je debljina povećana na 25 cm.

4.2 Nosivost na savijanje i smicanje i oblikovanje detalja za lokalnu duktilnost

Prilikom proračuna duktilnih zidova zadovoljeni su svi zahtevi dati EN 1998-1:2004, a koji se odnose na normalizovanu aksijalnu silu koja ne sme biti veća od 0,35. Takođe, visina kritične oblasti h_{cr} iznad osnove zida se može proceniti kao:

$$h_{cr} = \max \begin{cases} l_w \\ h_w/6 \end{cases} \quad (4.2)$$

ali gde je h_s čista spratna visina, pri čemu je osnova definisana kao temelj ili vrh podrumске etaže sa

$$h_{cr} \leq \begin{cases} 2l_w \\ \begin{cases} h_s & \text{za } n \leq 6 \text{ spratova} \\ 2h_s & \text{za } n \geq 7 \text{ spratova} \end{cases} \end{cases} \quad (4.3)$$

odgovarajućim dijafragmama i obimnim zidovima. Zahteva se da se u kritičnim oblastima zidova obezbedi vrednost faktora duktilnosti krivine μ_ϕ , koja je najmanje jednaka vrednosti sračunatoj kao:

$$\mu_\phi = 2q_0 - 1 \quad \text{ako je } T_1 \geq T_c \quad (4.4)$$

$$\mu_\phi = 2 + 2(q_0 - 1) T_c / T_1 \quad \text{ako je } T_1 < T_c \quad (4.5)$$

Na osnovu člana 5.5.3.4.5 (4) proverava seda li je zahtevana duktilnost krivine preseka zida ostvarena prema odgovarajućem izrazu:

$$\alpha \cdot \omega_{wd} \geq 30 \cdot \mu_\phi \cdot (v_d + \omega_v) \cdot \varepsilon_{sy,d} \cdot \frac{b_c}{b_0} - 0,035 \quad (4.6)$$

ω_{wd} je mehanički zapreminski procenat armiranja za utezanje preseka u kritičnim oblastima. μ_ϕ je zahtevana vrednost faktora duktilnosti krivine. $\varepsilon_{sy,d}$ je proračunska vrednost dilatacija zatezanja čelika na granici tečenja. b_c je ukupna širina poprečnog preseka. b_0 je širina utegnuto jezgra (od osa uzengija). α je faktor globalne efikasnosti utezanja. Ono što je karakteristično za zidove visoke klase duktilnosti jesu kontrole loma pritisnute dijagonale rebra, zatim dijagonalni zatežući lom rebra usled smicanja i lom smicanjem usled klizanja.

4.2.1 Lom pritisnute dijagonale u rebru usled smicanja

Proračunska vrednost maksimalne sile smicanja koju element može da prihvati, ograničena lomom (drobljenjem) betona pritisnutim štapovima, za delove izvan kritične oblasti, određuje se prema sledećem izrazu:

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} / (ctg\theta + tg\theta) \quad (4.7)$$

gde je v_1 koeficijent kojim se smanjuje čvrstoća betona zbog prslina od smicanja, α_{cw} koeficijent kojim se uzima u obzir stanje napona u pritisnutom pojasu, krak unutrašnjih sila z jednak je $0,8l_w$ i nagibom pritisnutog kosnika prema vertikali $tg\theta = 1,0$. U kritičnoj oblasti uzima se 40% vrednosti $V_{Rd,max}$ dobijene izvan kritične oblasti. Ukoliko nije zadovoljen uslov $V_{Rd,max} > V_{Ed}$ potrebno je da se poveća poprečni presek zida ili da se usvoji veća klasa betona.

4.2.2 Dijagonalni zatežući lom rebra usled smicanja

Proračun armature rebra za granično stanje loma pri smicanju mora uzeti u obzir koeficijent smicanja $\alpha_s = M_{Ed} / (V_{Ed} \cdot l_w)$. Ukoliko je odnos $\alpha_s \geq 2,0$, primenjuju se odredbe EN 1992-1-1:2004 6.2.3 (1)-(7) sa vrednošću $z \tan\theta$ kao i u prethodnoj kontroli. Ako je $\alpha_s < 2,0$ horizontalne šipke u rebru moraju zadovoljiti sledeći izraz:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,c} + 0,75 \cdot \rho_h \cdot f_{yd,h} \cdot b_{wo} \cdot \alpha_s \cdot l_w \quad (4.8)$$

gde je ρ_h koeficijent armiranja horizontalnom armaturom u rebru zida $\rho_h = A_h / (b_{wo} \cdot s_h)$; $f_{yd,h}$ proračunska vrednost granice razvlačenja horizontalne armature rebra, a $V_{Rd,c}$ proračunska vrednost nosivosti na smicanje elementa bez poprečne armature.

Vertikalna armatura rebra, odgovarajuće usidrena i nastavljena po visini zida, prema EN 1992-1-1:2004, mora da zadovolji uslov:

$$\rho_h \cdot f_{yd,h} \cdot b_{wo} \cdot z \leq \rho_v \cdot f_{yd,v} \cdot b_{wo} \cdot z + \min N_{Ed} \quad (4.9)$$

Gde je ρ_v koeficijent armiranja vertikalnom armaturom u rebru zida $\rho_h = A_h / (b_{wo} \cdot s_h)$; $f_{yd,v}$ proračunska vrednost

granice razvlačenja vertikalne armature rebra, a normalna sila N_{Ed} se uzima kao pozitivna za silu pritiska.

4.2.3 Lom smicanjem usled klizanja

U potencijalnim ravnima klizanja (npr. na mestu izvođačke spojnice) unutar kritičnih područja, mora biti zadovoljen sledeći uslov:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,s} \quad (4.10)$$

gde je $V_{Rd,s}$ proračunska vrednost nosivosti na smicanje protiv klizanja. Vrednost $V_{Rd,s}$ može se uzeti prema izrazu:

$$V_{Rd,s} = V_{dd} + V_{id} + V_{fd} \quad (4.11)$$

gde je V_{dd} otpornost usled efekta trna vertikalnih šipki, V_{id} je nosivost na smicanje kosih šipki, V_{fd} je otpornost na trenje.

4.3 Posebna pravila za duktilne zidove

Prema članu 5.4.2.4 dat je zahtev da se dijagram proračunskog momenta savijanja po visini zida uzima kao anvelopa dijagrama momenata savijanja dobijenog proračunom konstrukcije, koja je vertikalno pomenjena. Pomeranje zatezanja mora biti saglasno sa nagibom pritisnutog kosnika koji se uvodi u kontrolama smicanja. Mora se uzeti u obzir i moguće povećanje transverzalnih sila nakon pojave tečenja u osnovi primarnog seizmičkog zida, na sledeći način:

$$V_{Ed} = \varepsilon \cdot V'_{Ed} \quad (4.12)$$

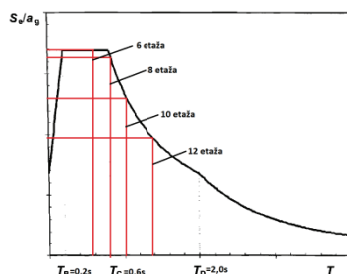
gde je V'_{Ed} smičuća sila iz analize, ε faktor povećanja, sračunat prema sledećem izrazu ali ne manji od 1,5

$$\varepsilon = q \cdot \sqrt{\left(\frac{\gamma_{Rd}}{q} \cdot \frac{M_{Rd}}{M_{Ed}}\right)^2 + 0,1} \cdot \left(\frac{S_e(T_C)}{S_e(T_1)}\right)^2 \leq q \quad (4.13)$$

γ_{Rd} je koeficijent povećanja nosivosti usled očvršćavanja čelika, koji se u nedostatku preciznijih podataka uzima da je jednak 1,2, M_{Rd} moment nosivosti poprečnog preseka, M_{Ed} moment savijanja iz analize.

5. REZULTATI ANALIZE

Poređenjem smičućih sila u osnovi, može se uočiti da je smičuća sila za model od 6 etaža jednaka u x i y pravcu. Ovo je posledica toga što su periodi oscilovanja u X i Y pravcu, za konstrukciju od 6 etaža, manji od vrednosti $T_c=0,6s$, za kategoriju tla C. Parametar T_c ograničava zaravljani, deo projektnog spektra i ordinate projektnog spektra će imati maksimalne vrednosti, dok je masa jednaka.



Slika 4: Poređenje ordinata spektra modela sa 6, 8, 10 i 12 etaža X pravac

Kao što se vidi na slici 4, vrednosti ordinata za model od 6 i model od 8 etaža su bliske, a kako je masa za 8 spratova veća, vrednost smičuće sile će biti veća. Međutim kako se spratnost povećava, iako je masa veća,

zbog znatno manjih ordinata, vrednost smičuće sile će opadati.

Posmatrajući uticaje dobijene proračunom konstrukcija, uočava se da momenti savijanja za seizmičku proračunsku situaciju, povećavaju sa porastom spratnosti objekata. Sa povećanjem visine objekta povećava se i krak na kome deluju seizmičke sile, pa je to razlog povećajna momenata savijanja. Na osnovu ovoga moglo bi se zaključiti da će sa porastom momenata savijanja, rasti i potrebna armatura, međutim kako raste spratnost objekatarastu i aksijalne sile u zidovima koje smanjuju potrebnu armaturu.

Tabela 5: Momenti savijanja u osnovi u [kNm]

zid	6 etaža	8 etaža	10 etaža	12 etaža
X1	8279,70	12874,31	15111,25	15718,48
Y1	8512,47	14149,18	16848,45	17755,43

Tabela 6: Usvojena vertikalna armatura ivičnog elementa

zid	6 etaža	8 etaža	10 etaža	12 etaža
X1	14R ϕ 12	14R ϕ 14	14R ϕ 14	14R ϕ 14
Y1	14R ϕ 12	14R ϕ 14	14R ϕ 16	14R ϕ 16

Prilikom kontrolisanja loma pritisnute dijagonale, došlo se do zaključka da zidovi zgrada od 10 i 12 spratova neće proći tu kontrolu. Taj problem mogao se rešiti na dva načina povećanjem klase betona ili povećanjem širine zida. Problem je rešen povećanjem širine zidova zgrada od 10 i 12 etaža na 25cm. Kada posamtramo usvojenu horizontalnu armaturu rebra u kritičnoj možemo uočiti da je najveća armatura usvojena u modelu sa 6 etaža. Ovo je posledica veće aksijalne sile koja se javlja u modelima veće spratnosti. Prema zahtevima Evrokoda 8 određeni su maksimalni razmaci uzengija kako i minimalni prečnici. Proračunom je potvrđeno da uzengije $\phi 8/5$ u kritičnoj zoni odgovaraju potrebnim, isto tako ispunjen je zahtev da se jedan sprat iznad kritične zone osigura sa polovinom uzengija kritične zone.

6. ZAKLJUČAK

Na osnovu svega iznetog može se zaključiti da uticaj spratnosti na kolicinu usvojene armature, kako vertikalne u ivičnim elementima tako i horizontalne nije od većeg značaja. Kako bi se zadovoljili uslovi iz Evrokoda 8 koji se odnose na zidove visoke klase duktilnosti, za veće spratnosti debljina zidova se mora povećati, jer u suprotnom kontrola smicanje ne bi bila zadovoljena.

7. LITERATURA

- [1] Evrokod 8; Deo 1: Opšta pravila, seizmička dejstva i pravila za zgrade;
- [2] Evrokod 2; Deo 1-1: Opšta pravila i pravila za zgrade
- [3] Evrokod 0: Osnove proračuna konstrukcija
- [4] Darko Beg i Andrej Pogačnik, Priročnik za projektiranje gradbenih konstrukcij po evrokod standardih
- [5] Prof. dr Đ. Lađinović, Analiza konstrukcija zgrada na zemljotresna dejstva.

Kratka biografija:



Bojan Kantar rođen je u Sanskom Mostu 1987.god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstva–Konstrukcije odbranio je 2011.god.

**МАЛЕ ХИДРОЕЛЕКТРАНЕ НА КАНАЛСКОМ СИСТЕМУ ДУНАВ - ТИСА - ДУНАВ
SMALL HYDROPOWER PLANTS ON DANUBE - TISA - DANUBE CANAL SYSTEM**Сања Ожват, *Факултет техничких наука, Нови Сад***Област – ГРАЂЕВИНАРСТВО**

Кратак садржај – *Радом су проучене мале хидроелектране на хидросистему Дунав - Тиса - Дунав. Дато је решење постројења на конкретној локацији и израђена је економска анализа оправданости изградње објекта. Економском анализом су укључени трошкови текућег и инвестиционог одржавања и осигурања, амортизациони трошкови, трошкови зарада и остали трошкови. На основу тога закључено је да постављање хидроелектране на датој локацији тренутно није исплативо.*

Abstract – *This paper has studied the work of small hydropower plants on Danube - Tisa - Danube canal system. The solution is given for specific location with economic feasibility analysis. Analysis includes the costs of current and investment maintenance and insurance, depreciation expenses, salaries and other. On this basis it was concluded that installing hydropower plant at the given location is not profitable, for now.*

Кључне речи: *хидроенергија, мале хидроелектране*

1. УВОД

Предности обновљивих извора енергије су вишеструки. Коришћење еколошких извора има мањи штетни утицај на околину у односу на конвенционалне изворе у смислу испуштања стакленичких гасова, крутих честица, тешких метала, гасова узрочника киселих киша и гасова узрочника приземног озона. Производњом електричне енергије из неког од обновљивих извора штеди се енергетско гориво, које је ограничено својом количином, за разлику од обновљивих извора, које је немогуће потрошити. Такође, смањује се зависност државе од увоза енергената. Обновљиви извори енергије доприносе развоју руралних подручја, јер су, углавном, смештени изван урбаног подручја. Запошљава се локално становништво, граде се приступни путеви и снабдевање ових подручја електричном енергијом је сигурније.

Највећа мана еколошких извора је у самој природи ових извора, нестална је и често непредвидљива. Количина варира у току године и зависи првенствено од климатских услова.

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из дипломског-мастер рада чији ментор је др Душан Узелац, ред. проф.

Такође, производња енергије на овај начин је скупља од конвенционалних начина производње, али због свог "зеленог" статуса има привилегован положај и држава субвенционира део откупне цене.

Посматрајући Војводину са хидроенергетског аспекта, њено највеће богатство лежи у рекама Дунав и Тиса и у систему канала Дунав - Тиса - Дунав, који их повезује.

2. МАЛЕ ХИДРОЕЛЕКТРАНЕ

Изградња велике хидроелектране захтева плављење великих површина, што за собом повлачи еколошка и социјална питања, због тога се добро пројектоване мале хидроелектране лако уклапају у локалну економију сваке државе. [1] Већина малих хидроелектрана је проточног типа, што значи да имају веома малу акумулацију, или је, пак, немају уопште. Турбине производе онолико енергије колико река поседује. Када протицају у реци падне испод одређене вредности производња електричне енергије престаје. Мале хидроелектране се ретко пројектују као изоловани објекти, углавном су део неког система, односно мреже хидроелектрана на одређеном подручју. Изоловани објекти су често недовољно велики да би били исплативи.

У Европи не постоји тачно утврђена граница за мале хидроелектране. Неке земље попут Португалије, Шпаније, Ирске, Грчке и Белгије прихватају 10 MW за горњу границу инсталисане снаге. У Италији је то 3 MW, у Шведској 1.5 MW, Француској 12 MW, а Великој Британији 20 MW. Прихваћено је да су мале хидроелектране инсталисане снаге до 10 MW, како је у пет држава чланица ЕУ, ESHA (European Small Hydropower Association) и UNIPEDE. Изнад ове вредности, произвођач мора да продаје електричну енергију по нижој цени.

Као и код великих хидроелектрана, мале хидроелектране могу се разврстати према величини расположивог пада [2] на:

- хидроелектране са великим падом, изнад 100 m;
- хидроелектране са средњим падом, између 30 m и 100 m; и
- хидроелектране са малим падом, од 2 m до 30 m.

Такође, мале хидроелектране се могу поделити и на:

- проточне хидроелектране,
- хидроелектране у телу бране и

- хидроелектране у склопу канала система за наводњавање.

2.1. Електромашинска опрема

Машинска хала у склопу мале хидроелектране има улогу да заштити електромашинску опрему:

- улазну уставу или вентил,
- турбине,
- генератор,
- контролни систем,
- кондензаторе и прекидаче,
- сигурносну опрему,
- трансформаторе и
- осталу опрему.

Улога хидрауличке турбине је да трансформише потенцијалну енергију воде у механичку енергију. Постоје два механизма:

Притисак воде на површини лопатица ствара силу, која расте како вода пролази кроз турбину. Овакве турбине се називају реакционе турбине. Кућиште турбине мора бити довољно јако да издржи радни притисак. У овај тип се сврставају Капланове и Франсисове турбине.

Притисак воде се претвара у кинетичку енергију пре уласка у радно коло. Вода великом брзином удара у лопатице и ствара импулс, зато се овај тип турбина назива импулсне турбине. Најчешће импулсне турбине су Пелтонове.

Снага којом турбина располаже се рачуна према изразу:

$$P_T = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H$$

Где су:

ρ - густина воде

Q - протицај

g - гравитационо убрзање

H - напор

Снага коју турбина предаје рачуна се према изразу:

$$P = P_T \cdot \eta$$

Где је:

η - степен корисног рада турбине

2.2. Мале хидроелектране на систему Дунав - Тиса - Дунав

Канал Дунав - Тиса - Дунав је систем канала на територији Војводине, који се протежу на око 12.700 km², између река Дунав и Тиса, у Бачкој и Банату. Улога овог каналског система је вишеструка: за наводњавање земљишта, заштиту од поплава, пловидбу, туризам, лов и риболов. Укупна дужина канала је 929 km, укључујући нове и старе канале и притоке које су целе или делом интегрисане у систем канала. У склопу каналске мреже постоји 51 објекат - 24 капије, 16 предводница, 5 сигурносних капија, 6 пумпи, као и 180 мостова. У систему канала налази се 14 лука за утовар - истовар терета. Ова мрежа

омогућава одвођење вишкова воде са површина од око 700.000 ha и наводњавање 50.000 ha. Пловидба каналом је могућа на дужини од 664 km.

Први корак у пројектовању хидроелектране је разматрање топографских услова. Они утичу на просторну диспозицију објекта, као и на тип турбине која се уграђује.

Хидросистем Дунав - Тиса - Дунав је смешен на територији Војводине, што је равничарско подручје, а повезан је са рекама са Дунав и Тиса, које располажу великим протицајима. Турбине које одговарају овим режимима, са великим протицајима и малим падовима, су Капланове турбине. Примена других типова турбина на овом подручју није оправдана.

Ако на месту које поседује одређени хидропотенцијал не постоји већ изграђен објекат, нови објекат треба уклопити у средину тако да што мање нарушава околину. Предност је што је хидроенергија "зелена" енергија, али изградња пратећих грађевинских објеката може да утиче на водне режиме, а тиме и на околину.

Анализа водних режима подразумева прикупљање вишегодишњих криви трајања водостаја непосредно узводно и низводно од објекта, као и њихове зависности. Такође, потребно је анализирати и утицаје осталих чинилаца на ове режиме.

Канали у систему ДТД се морају посматрати као целина, јер промене на једном делу утичу на остале делове система. Рад система ДТД је непосредно зависан од река Дунав и Тиса. Протицаји који се упуштају, односно испуштају из канала су диктирани и називају се транзитни протицаји. Поред ових протицаја, на нивое у каналима утичу и унутрашњи чиниоци, који потичу од основних функција овог система:

- наводњавање пољопривредних и урбаних подручја,
- одводњавање,
- испаравање,
- рибњаци,
- режими леда,
- пловидба
- и др.

Укупан хидропотенцијал се одређује на основу свих ових чинилаца. Разматрају се сви режими који се јављају у току године, којима енергетско постројење мора бити прилагођено.

Када су топографски подаци и водни режими анализирани приступа се пројектовању постројења. Циљ пројектанта је да нађе оптималан однос између квалитета уграђеног материјала и опреме и цене.

3. РЕШЕЊЕ МАЛЕ ХИДРОЕЛЕКТРАНЕ НА СИСТЕМУ ДУНАВ - ТИСА - ДУНАВ

Дато је решење мале хидроелектране на каналском систему Дунав - Тиса - Дунав, које одговара условима на воденој степеници која је образована водозахватном уставом код Бездана.

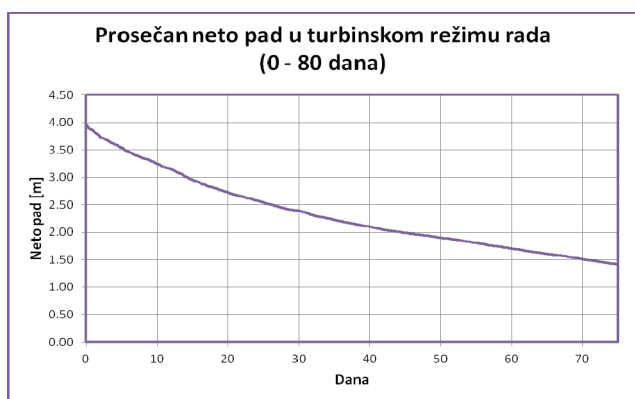
3.1. Утицај различитих чинилаца на производњу електричне енергије

Максимални протицај преко гравитационих улива или пумпних станица за бачки део канала је $116.752 \text{ m}^3/\text{s}$. Међутим, то су апсолутни максимуми, који се не јављају сваке године. Одводњавање ових површина просечно траје 15 дана у години, док се максималне количине евакуисаних вода јављају 2 до 3 дана у години. Протицај кроз уставу, а тиме и кроз турбинско постројење, у току пет дана са највећим нивоима Дунава раван нули, следећих пет дана 50%, а у пет дана са најмањим количинама евакуационих вода 75% од пројектованог протицаја.

Количине воде које се црпе из каналског система су тренутно занемарљиве и претпоставља се да у наредних пет година неће бити већих промена. Брзине будућег развоја система за наводњавање се не може тачно одредити, али је укључено у прорачуне на тај начин што се потребна енергија за пумпање у првих пет година усваја према прорачуну, а сваких наредних пет година се повећава за 10%.

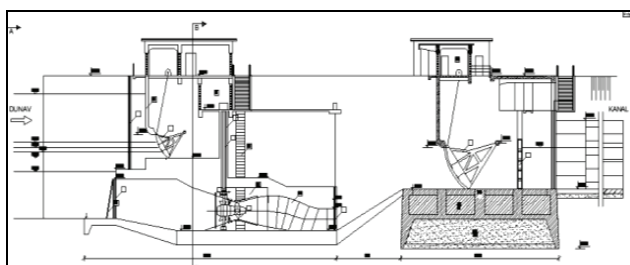
Утицај осталих чинилаца, испаравања, риболова, пловидбе, леда, је занемарљив.

На основу просечне криве трајања Дунава [4] и осталих чинилаца добијен је расположиви нето пад турбинског постројења према слици 1:



Слика 1. Просечан нето пад у турбинском режиму рада

3.2. Технички опис



Слика 2. Подужни пресек постројења

Пумпно - турбинско постројење, приказано на слици 2, је смештено на дужини од 28 метара непосредно испред водозахватне уставе. Састоји се од три целине смештене у проточна поља уставе, ширине од по 5 м. Поља су одвојена стубовима ширине 1,3 м. Сва три проточна поља садрже исте елементе, тако да је наведен садржај једног поља. Енергетско постројење

је смештено непосредно испред водозахватне уставе и функционише са њим као целина. Постојење треба да омогући турбински режим при водостајима вишим од 83.80 м.н.Ј.м., гравитационо упуштање воде из Дунава до водостаја 81.80 м.н.Ј.м. и пумпање воде из Дунава у канал при најнижим водостајима. У раду су приложене само компоненте турбинског режима рада енергетског постројења.

Пућања воде кроз постројење, у зависности од режима је диктирана табластим и сегментним затварачима [5].

Изабране су аксијалне проточне турбине са хоризонталном осовином следећих карактеристика:

прорачунски бруто пад: $H_{br} = 1.55 - 3.55 \text{ m}$
прорачунски проток: $Q = 15 \text{ m}^3/\text{s}$ (~const)
брзина обртања кола: $n = 150 \text{ min}^{-1}$
пречник обртног кола: $D = 2000 \text{ mm}$
пречник усисног звона: $D_1 = 3600 \text{ mm}$
пречник изливног звона: $D_2 = 2800 \text{ mm}$
степен корисности: $\eta > 0.60$

Минимална усисна дубина је 4.75 м, што се задовољава препоручени распон [3] од:

$$H_{min} = (2.55 - 2.70)D = 4.5 - 5.4 \text{ m}$$

Предвиђене су решетке на улазу у турбине, како би се спречило уношење крупног материјала у рано коло и оштећење опреме.

3.3. Прорачун снаге и енергије хидроелектране

На основу расположивих падова и протицаја прорачуната просечна снага појединачне турбине је 200 kW, годишња произведена енергија је 345770 kWh. На све три турбине:

$$\Sigma E_{uk} = 3 \times 345770 = 1037301 \text{ kWh}$$

3.4. Економска анализа

Годишњи трошкови функционисања хидроелектране планиране су на основу врсте утрошака у производњи електричне енергије и текућих цена. Трошкови функционисања хидроелектране односе се на:

1. Трошкове амортизације
2. Трошкове текућег и инвестиционог одржавања и осигурања
3. Трошкове зарада
4. Остали трошкови

Трошкови амортизације могу се одређивати према временском и функционалном принципу у складу са рачуноводственом политиком правног лица. Амортизација је трошак физичког и технолошког трошења у функционисању хидроелектране. Висина трошка амортизације одређена је стопом амортизације из Правилника о начину разврставања сталних средстава по групама и начину утврђивања амортизације за пореске сврхе („ Сл.Гласник РС „ бр. 116/04) на основицу сталних средстава хидроелектране.

лектране. Стална средства хидроелектране су грађевински објекти, машинска и хидромеханичка опрема, електроопрема и нематеријална средства (права).

Годишњи трошкови инвестиционог и текућег одржавања су 19,319.73 €

За експлоатацију хидроелектране предвиђено је ангажовање и рад 3 (три) запослена. Планирани трошкови рада, односно, зарада по запосленом планирана је у нето износу од 500.00 € односно у укупном бруто износу од 870.00 €

3 запослена x 500.00 € x 1,74 x 12 месеци = 31,320.00 €
Остали трошкови односе се на законом одређене опште и заједничке трошкове као и индиректне трошкове предузећа за експлоатацију хидроелектране. Према искуственим нормативима трошкови се планирају у износу од 2,000.00 €

Редни број	Трошкови	Износ [€]
1	Амортизација	134809.71
2	Текуће одржавање и осигурање	19319.73
3	Зараде	31320.00
4	Остало	3000.00
УКУПНО (1 - 4)		188.449.44 €

Табела 1. Годишњи трошкови хидроелектране

Према табели 1и годишњој производњи електричне енергије формирана је јединична цена kWh:

$$Cena(1kWh) = \frac{188449.44\text{€}}{1037301kWh} = 0.18 \text{ €/kWh}$$

4. ЗАКЉУЧАК

Практични део рада је анализа оправданости изградње мале хидроелектране на конкретној локацији система ДТД. Хидропотенцијал је уочен на водозахватној устави Бездан, где се, због тенденције опадања Дунава планира изградња пумпне станице.

Анализом топографских услова и објекта водозахватне уставе, закључено је да су габарите објекта недовољне за уградњу пумпи/турбина, тако да је објекат енергетског постројења смештен непосредно узводно од уставе, преко које се врши регулација протицаја. Објекат се састоји из три проточна поља са истом хидромашинском опремом у сваком пољу.

С обзиром на релативно велике протицаје и мале расположиве падове изабране су аксијалне пумпе са хоризонталном осовином, које имају могућност рада у турбинском режиму. Просечна снага турбинском режиму 600 kW.

Економском анализом, којом су укључени годишњи трошкови хидроелектране, срачуната је цена од 0.18 €/kWh произведене енергије, која је изузетно велика и није конкурентна ценама на тржишту.

Закључак, на основу добијених резултата, је да објекат хидроелектране на датој локацији, за сада, није економски оправдан.

5. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Богдан Ристић: Хидроелектране, 1997
- [2] European Small Hydropower Association - ESHA: Guide on how to develop a small hydropower plant, 2004
- [3] Срђан Колаковић, Славиша Трајковић: Хидротехничке мелиорације - одводњавање, 2006
- [4] Проф. др Срђан Колаковић, Будислав Ликић: Студија хидроенергетских параметара хидросистема Дунав - Тиса - Дунав и реке Тисе, 2011
- [5] Проф. др Душан Узелац: Хидромашинска опрема (ауторизована предавања), школска 2010/2011. година

Кратка биографија:



Сања Ожват рођена је у Новом Саду 1987. године. Дипломски-мастер рад на Факултету техничких наука из области Грађевинарство – Хидротехника – хидромашинска опрема, одбранила је 2011. године.

ПРОЦЕНА СТАЊА, САНАЦИЈА И ДОГРАДЊА НАДСТРЕШНИЦЕ ТРИБИНА РУКОМЕТНОГ ИГРАЛИШТА У ДУНАВСКОМ ПАРКУ У НОВОМ САДУ**ASSESSMENT, RECONSTRUCTION AND CONSTRUCTION OF GRANDSTAND CANOPY OF HANDBALL YARD IN DANUBE PARK IN NOVI SAD**

Немања Павловић, Мирјана Малешев, *Факултет техничких наука, Нови Сад*

Област – ГРАЂЕВИНАРСТВО

Кратак садржај – У овом раду приказана је процена стања и санација трибине и терена у оквиру комплекса рукометног игралишта у Новом Саду, као и пројекат надкривања трибине. У првом делу рада описани су поступци пројектовања, основна својства и примена у грађевинарству бетона са рециклираним гуменим агрегатом. У другом делу рада на основу детаљног прегледа трибине и терена дата је оцена стања са аспекта носивости, стабилности и трајности и предложене су мере за њихову санацију. За надкривање трибине предвиђена је челична конструкција, за коју је урађен пројекат кога чине статички прорачун, димензионисање свих елемената и карактеристичних детаља конструкције.

Abstract – This paper presents assessment and repair of grandstand and yard in the complex of handball stadium in Novi Sad, as well as the project of canopy. In the first part of the paper design procedures, basic properties and the use in civil engineering of concrete containing recycled tire rubber are presented. According to a detailed survey the assessment of the grandstand and handball yard are given in terms of capacity, stability and durability in the second part of paper. The appropriate measures for their repair are given also. The still structure is designed for covering the grandstand. For this structure the static analysis, dimensioning of elements and characteristic details of construction are done.

Кључне речи: дефекти, оштећења, процена стања, санације, надкривање, рециклирана гума.

1. УВОД

Рад се састоји од две међусобно независне целине. Први део рада представља теоријско-истраживачки део са темом „Бетони са рециклираним гуменим агрегатом“, а други је везан за санацију и надкривање трибине и замену слојева терена у оквиру комплекса рукометног игралишта у Новом Саду.

2. БЕТОНИ СА РЕЦИКЛИРАНИМ ГУМЕНИМ АГРЕГАТОМ**2.1. Увод**

Грађевинарство је делатност која троши највећу количину природних ресурса стога је главни циљ пронаћи алтернативне изворе сирових материјала.

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је била проф. др Мирјана Малешев.

Све већи развој индустрије узрок је знатног загађења околине, а један од еколошки опаснијих загађивача су депоније аутомобилских гума због дуготрајног процеса разградње у природи и низ других нагативних утицаја по околину. Једно од иновативних решења збрињавања отпадних гума је њихово рециклирање и коришћење у многим областима градитељства.

Коришћена гума се обрађују машински чиме се добијају комадићи различите гранулације, а заменом дела ситног агрегата у бетону гуменим гранулама добијају се специјални бетони са гуменим агрегатом.

2.2. Својства

Заменом дела агрегата гуменим мрвицама добијају се еластичнији бетони, који имају већу отпорност на специфична оптерећења као што су ударна оптерећења, вибрације и циклична оптерећења у поређењу са регуларним бетонима. Својства бетона са гуменим агрегатом зависе од процента замене финих честице агрегата гуменим мрвицама и од гранулације гуме.

Утицај на својства бетона у свежем стању у првом реду се огледа у промењеној запреминској маси и проценту увученог ваздуха. Обрадивост бетона са гуменим агрегатом зависи од постотка замене агрегата рециклираном гумом и од гранулације комадића гуме и смањује се са повећањем постотка и гранулације гуменог агрегата.

Утицај на својства у очврлом стању се огледа у промени механичких карактеристика тј. смањењу чврстоће на притисак, савојне чврстоће, чврстоће на затезање и модула еластичности.

Повећање процента гуменог агрегата утиче на повећање затворене порозности чиме се повећава отпорност на мраз.

Отпорност на дејство високих температура и коефицијент заштите од буке се повећавају са повећањем процента гуменог агрегата.

2.3. Примена

Већ дуги низ година рециклирана гума се користи као додаток асфалтима у изградњи путева, као замена за везиво (мешање мокрим поступком) или као замена за агрегат (мешање сувим поступком).

Композити на бази гуменог гранулата користе се такође за израду галантерије за путну индустрију: блокови за паркинг просторе и стубићи за сигнализацију, ивичњаци, пружни прелази, прагови,

саобраћајне баријере, а нашли су и велику примену при изради елемената за железнице као што су гумени панели, прагови, прелази ублаживачи брзина и др.

С обзиром да ови бетони имају одличну апсорпцију вибрација и звука, нижу осетљивост на температурне промене, примењују се у изради звучних баријера у грађевинарству, подлога за спортске терене и тркачке стазе (Слика 1), дечја игралишта, шеталишта, баште, просторе око базена, итд.



Слика 1 -Тркачка стаза

У високоградњи гумени гранулате нашли су своју примену при изради плоча за кровне конструкције проклизне подлоге при изградњи стамбених објеката, као и у изради облога за зидове и подних облога.

3. ПРОЦЕНА СТАЊА ТРИБИНА И РУКОМЕТНОГ ИГРАЛИШТА

3.1 Увод

Објекат за који је урађена процена стања и дат предлог санационих мера је спортска трибина рукометног игралишта и подлога рукометног игралишта. Комплекс рукометног игралишта чине рукометни терен и бетонске трибине које се налазе на источној страни. Према улици испод трибина, у сутерену објекта, формиран је низ локала који су издати у закуп. На слици 2 приказан је садашњи изглед трибине.



Слика 2 - Изглед трибине рукометног игралишта

Објекат се налази у улици Иве Лоле Рибара бр.1 у Новом Саду у оквиру дунавског парка. Предметно рукометно игралиште је подигнуто 1948. године.

3.2. Конструктивни систем

Трибине су урађене као класична армиранобетонска скелетна конструкција са 9 попречних рамовских носача на размаку од цца.5.3 м. Стубови рамова су димензија 30x35 цм, а косе греде које су изведене са доњом равном и горњом степенастом површином су попречног пресека, без степенастих делова, 35x45 цм. Степеници трибине су изведени као АБ L носачи, дебљине 15 цм, при чему је ребро висине 35 цм, а ширина плоче 80 цм. Конструктивни систем L носача је континуална греда, преко 2 и 3 поља.

3.3. Детаљни визуелни преглед

Трибина

Визуелни преглед је обављен претежно са спољашње стране трибина и врло малим делом са унутрашње стране, јер је та страна великим делом затворена плафоном, а неки делови су били неприступачни па је преглед изнутра био немогућ.

Детаљним визуелним прегледом објекта уочени су следећи дефекти и оштећења:

➤ Дефекти:

- мали заштитни слој (слика 3),
- геометријске имперфекције,
- бетонска гнезда,
- лоше изведени прекиди бетонирања (слика 4).

➤ Оштећења:

- ерозија бетона,
- испадање зрна агрегата,
- љускање површинског слоја,
- дезинтеграција бетона и стварање дубљих депресија на површини бетона,
- корозија арматуре (Слика 5),
- отпадање заштитног слоја,
- биолошка корозија и
- прслине и пукотине.



Слика 3 -Мали заштитни слој



Слика 4 - Лоше изведен наставак бетонирања на споју плоче и ребра и отпао бетон последица подливане воде кроз прекид



Слика 5 –Корозија арматуре и отпадање заштитног слоја

Рукометни терен

Детаљним визуелним прегледом терена уочене су многобројне пукотине и ерозија површинског слоја (Слика 6) којима је захваћена читава површина терена. Уочена оштећења су последица старења материјала и вишедеценијској изложености атмосферским утицајима



Слика 6-Пукотине и површинска ерозија

3.4. Недеструктивна испитивања

Ради што реалније процене стања објекта, поред детаљног визуелног прегледа, коришћене су следеће недеструктивне методе: метода склерометра за одређивање површинске тврдоће-чврстоће бетона, колориметријска метода за проверу дубине карбонизације и провера звука на површини бетона ударањем чекињем за откривање унутрашње деламинације бетона.

Испитивањем склерометром закључено је да постоји значајна разлика између величине одскока - чврстоће бетона уграђеног у плоче и у ребра трибина. Узрок уочених разлика може бити деламинација бетона у ребру, због које је добијена мања вредност одскока – мања чврстоћа.

4. САНАЦИЈА

4.1 Санација трибине

Санација деградираних, испуцалих и дезинтегрисаних зона бетона се спроводи кроз следеће операције:

- уклањање лабавих, трошних и испуцалих делова бетона са обликовањем одштемованих зона,
- припрема одштемованих зона и површина захваћених биолошком корозијом,
- заштита арматуре од корозије,
- наношење премаза за везу старог бетона и новог репаратурног материјала,
- репрофилација до пројектованих димензија помоћу репаратурних материјала за површинску санацију.

За санацију пукотина предвиђена су два поступка у зависности од узрока настанка:

1.Пукотине које су последица термичког и /или хидрауличког скупљања санирају се поступком засецања и запуњавања.

2.Појединачне пукотине које су се формирале на местима кородирале арматуре санирају се по поступку репрофилације.

Заштита и завршна обрада трибина обухватају следеће фазе:

- заштита арматуре од корозије и успоравање већ започетих корозионих процеса инхибиторима корозије,
- изравнавање репрофилисаних и постојећих површина трибине изравнавајућим масама на бази минералних везива,
- наношење заштитног премаза у одговарајућој боји преко изравнатих површина.

4.2 Замена слојева рукометног терена

Замена слојева рукометног терена изводи се по следећим фазама:

- уклањање постојећег асфалта,
- широки ископ,
- уклањање оштећеног бетонског дренажног канала,
- припрема терена и израда новог дренажног канала,
- ваљање и сабијање постелице,
- наношење доњег носећег слоја $d = 30\text{cm}$,
- сабијање доњег носећег слоја,

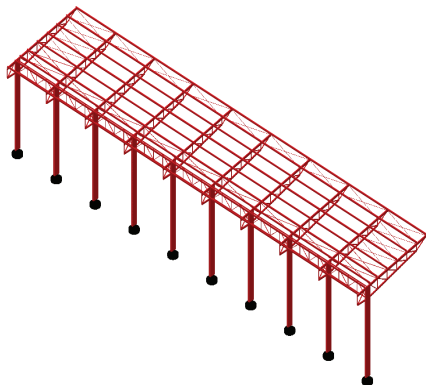
- наношење носећег слоја бетона $d=10\text{cm}$ армираног мрежастом арматуром Q-221,
- израда ивице терена постављањем бетонских ивичњака,
- наношење хабајућег слоја $d = 3 \text{ cm}$ у плавој боји од бетона са 30% замене агрегата рециклираном гумом гранулације 0.5-2мм.

5. ПРОЈЕКАТ НАДСТРЕШНИЦЕ

Конструкцију објекта чини 10 попречних рамова на међусобном растојању од 5.3м повезаних подужним елементима (рожњаче, подужне решетке). Рамови се састоје од челичног стуба сандучастог пресека $600 \times 250 \times 15\text{mm}$ и висине 7.65m, за који су везани два конзолна решеткаста носача променљиве висине и распона 1.36m и 8m. Горњи појас главних решеткастих носача је сандучастог пресека $180 \times 100 \times 10\text{mm}$, доњи појас чине ХОП профили $120 \times 100 \times 6\text{mm}$, а штапови испуне су ХОП профили $60 \times 60 \times 4\text{mm}$. Рожњаче (ХОП $140 \times 80 \times 6\text{mm}$) су система просте греде распона 5.3m, ослоњене на главне носаче. Усвојене су зглобне везе између свих елемената изузев укљештења челичних стубова у темеље. Конструкција је моделирана и прорачуната за меродавне комбинације статичког оптерећења (стално, снег и ветар) у програмском пакету „Tower”, а димензионисање пресека је спроведено према важећој СРПС регулативи.

Фундирање је плитко, на темељима самцима на дубини од $D_f = .50\text{m}$. Темељи самци су предвиђени да се изводе монолитно од бетона МВ30, и армирају ребрастом арматуром RA 400/500.

На слици 7 приказан је 3D модел конструкције надстрешнице.



Слика 7 - 3D модел

6. ЗАКЉУЧАК

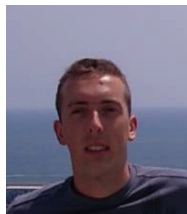
Због видљивих површинских оштећења објекта, који су последица вишедеценијске изложености објекта утицајима спољашње средине, функционалност објекта је делимично нарушена, а трајност угрожена. Пошто је трибина прегледана претежно са спољашње стране, где уочена оштећења нису конструктивног карактера не може се добити јасна слика о носивости и стабилности објекта као целине, јер није обављен преглед главних рамовских носача, али се може

констатовати да носивост L носача није угрожена. Завршни слој рукометног терена, који је изведен од асфалт-бетона, остарио је, испуцао и делимично је похабан. Пукотине су ширина већих од 10mm што отежава коришћење терена и нарушава његову функцију. Предвиђеним мерама санације и надкривањем објекту се обезбеђује потпуна функционалност и знатно се продужава век трајања.

7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] D.Bjegović, S.Lakušić, M.Serdar, K.Opaček: *Primjena reciklirane gume u graditeljstvu*, Zbornik radova iNDiS 2009, Novi Sad, 2009.pp73-80.
- [2] Dr Bashar S. Mohammed: *Engineering Properties of Concrete Containing Recycled Tire*, University Tenaga Nasional, MALAYSIA (ICCBT2008).
- [3] Мирко Аћић, Драгица Јевтић: *Мозућност коришћења рециклираних материјала као агрегата за бетон у савременој грађевинској пракси*
- [4] D.Jevtić, M. Logar, A. Savić: *Concrete with Recycled Rubber Aggregate- Investigation of Properties*, International Simposium DIMK 2011, Proceedings, pp 99-106
- [5] В. Радоњанин, М. Малешев: *Материјал са предавања из предмета „Трајност и процена стања бетонских конструкција“ и „Санација бетонских конструкција“*, 2010.
- [6] Бранко Зарић, Драган Буђевац, Братислав Стипанић: *Челичне конструкције у грађевинарству*, Грађевинска књига Београд, 2004.
- [7] Драган Буђевац: *Металне конструкције у зградарству*, Грађевинска књига Београд, 2003.
- [8] Стеван Стевановић: *Фундирање I*, ИП "Научна Књига" Београд, 1982

Кратка биографија:



Немања Павловић, рођен је у Краљеву 1987. год. Дипломски-мастер рад на Факултету техничких наука из области Грађевинарство – Смер за процену стања и санацију објеката, одбранио је 2012. год.



Мирјана Малешев, рођена је у Змајеву 1958. год. Докторирала је на Грађевинском факултету у Београду 2003 године, а од 2008. год. је ванредни професор на ФТН. Област интересовања су материјали у грађевинарству, технологија бетона, процена стања и санација бетонских конструкција.

FASADNE SKELE ZA STAMBENO POSLOVNE OBJEKTE I NJIHOVA PRIMENA ZA GRADNJU OBJEKTA Su+P+3+Pk**FASADE SCAFFOLDS FOR RESIDENTIAL COMMERCIAL BUILDINGS AND THEIR APPLICATION FOR THE BUILDING Su+P+3+Pk**Dragan Kokot, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

Kratak sadržaj – U ovom radu, predstavljen je opis savremenih sistema skela, te izrada i montaža fasadne skele na jednom konkretnom stambeno – poslovnim objektu. Teži se da se radovi izvedu u što kraćem vremenskom roku uz zadovoljavajući kvalitet, poštujući sve propise i standarde koji se bave ovom oblašću.

Abstract – In this paper, a description of the modern system of scaffolding is presented and fabrication and erection of scaffold at a particular residential - commercial building. The goal is to carry out the works as soon as possible with a satisfactory quality, while obeying all the regulations and standards dealing with this area.

Ključne reči – građevinarstvo, tehnologija građenja, organizacija građenja

1. UVOD

Pod skelama u građevinarstvu, podrazumevaju se privremene konstrukcije koje služe za pristup svim delovima objekta u izgradnji, rekonstrukciji ili restauraciji i to na visini većoj od 150 cm iznad tla.

Osnovni delovi skelskih sistema su:

- štapovi (vertikalni, horizontalni i kosi)
- ramovi (vertikalni, brza montaža i veće ukrućenje)
- elementi za spajanje i nastavljjanje (pouzdati, jednostavni i praktični, za brz i bezbedan rad na montaži i demontaži)
- elementi za regulaciju (dimenzije i oblik skele se mogu prilagoditi po potrebi)
- oslonačke papuče (sprečavaju klizna pomeranja vertikalnih štapova odnosno njihovo potonuće)
- toranj ili jaram je osnovni element svake skele – sastoji se od dve paralelne površi sistema štapova, povezanih u prostoru.

Prema nameni i nosivosti razlikujemo:

- lake (fasadne, radne, zaštitne, komunikacijske...)
- teške (nosive skele za konstrukcije visokogradnje)

Prema statičkom sistemu skele delimo na:

- sisteme štapova sa delimično uklještenim vezama i
- sisteme ramova sa delimično uklještenim i zglobnim vezama.

Najčešće se koriste sledeći tipovi skela:

- skele na nogarama, - prihvatne skele,
- skele na lestvama, - metalne cevne skele,
- skele na drvenim stubovima, - noseće skele.
- konzolne skele, - pokretne skele,
- viseće skele

1.1. Materijali za izradu skela

	Klasične skele	Savremene skele
Osnovni materijal	drvo u vidu drvenih oblica, tesane građe (landene) i slično,	čelične cevi (laka skela – Ø 48,3 mm – 80 mm; teška skela – Ø 80 mm-200 mm),
Sredstva veza	ekseri, klamfe, vijci,...	specijalne spojnice sa vijcima (ortogonalne i obrtne),
Sredstva nastavljanja	drveni obrazi, metalni okovi,	trnovi za nastavljjanje,
Sredstva oslanjanja	drvene grede-jastuci,	oslonačke papuče i glave,
Sredstva regulacije	drveni klinovi.	regulatori dužine sa rupicama i trnovima, ili regulatori sa navojem.

Tabela 1. Pregled materijala i konstrukcija

Takođe, osnovnu konstrukciju savremene skele, mogu činiti i ramovi uz koje idu isti prateći elementi.

1.2. Elementi skele

Pod skele, mora biti pun, izveden od zbijenih dasaka bez otvora i razmaka. Oštećeni, odnosno dotrajali elementi, ne smeju se ugrađivati. Udaljenost poda skele od zida objekta ne sme biti veća od 20 cm. Čista radna širina poda, ne sme biti manja od 80 cm.

Sva radna mesta na visini većoj od 100 cm iznad terena ili poda, sa kojih se može pasti, moraju biti ograđena čvrstom zaštitnom ogradom visine najmanje 100 cm.. Razmak elemenata popune zaštitne ograde, ne treba da bude veći od 30 cm, odnosno 35 cm kod ograde metalnih skela. Pri dnu ograde mora se postaviti ivična zaštita (daska) visine najmanje 20 cm. Umesto uzdužne popune od dasaka, može se koristiti žičana mreža sa otvorima okaca od najviše 2 x 2 cm.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Milan Trivunić, red.prof.

Zaštitna ograda mora se postaviti po celoj dužini skele, kao i s bočnih strana, odnosno na kraju svake etaže. Visina zaštitne ograde ne sme biti manja od 100 cm, mereno od poda.

Za svaki sprat skele, mora biti napravljen siguran pristup, pomoću odgovarajućih merdevina. Strane drvenih merdevina moraju biti iz jednog komada, a prečke usađene ili urezane u strane. Širina merdevina je min 45 cm, a razmak između prečki je max 32 cm.

2. METALNE CEVNE SKELE

Metalne cevne skele, mogu se koristiti samo u skladu sa predviđenom namenom i na osnovu projekta sa statičkim proračunom i tehničkim rešenjima za izvođenje. Projekat mora sadržati:

- dimenzije skele i njenih sastavnih elemenata,
- specifikaciju sastavnih elemenata,
- sredstva za međusobno spajanje elemenata,
- način postavljanja i način vezivanja skele za objekat,
- način osiguranja od vetra,
- najveće maksimalno dopušteno opterećenje,
- vrstu i kvalitet materijala,
- statički proračun nosećih elemenata,
- uputstvo za montažu i demontažu,
- ostale podatke sa rešenjima prilaza, odnosno pristupa na svaku etažu skele sa zaštitnom ogradom.

Elementi metalnih cevni skela, u pogledu oblika, dimenzija i kvaliteta materijala, moraju odgovarati važećim standardima i međusobno čvrsto vezani u stabilnu i jedinstvenu konstruktivnu celinu.

Statički proračun skele mora biti izrađen u skladu sa tehničkim propisima za skele. Koeficijent sigurnosti skele na prevrtanje mora iznositi najmanje 1.5.

Rđom ili na drugi način oštećeni elementi metalnih skela ne smeju se ugrađivati. Vertikalni noseći štapovi metalne skele, moraju biti položeni na "papuče", pričvršćene na gredice, beton i sl. Svi vertikalni štapovi stubova skele, moraju biti u uzdužnom i poprečnom pravcu vezani i učvršćeni pomoću dijagonalnih veza postavljenih pod uglom od 45° u oba pravca. Udaljenost između nosećih vertikalnih štapova, određuje se projektom skele zavisno od predviđenih opterećenja i visine skele. Pri sastavljanju skele, mora se pažljivo postupati. Kod spojnice sa vijcima, zatezanje vijaka vrši se moment ključem prema uputstvu proizvođača. Vertikalnost i horizontalnost čeličnih štapova mora se proveravati u toku postavljanja i nakon postavljanja skele.



TIP SKELE	ELEMENTI SKELA											
	CEV 1250	CEV 2000	CEV 2250	CEV 2500	CEV 3000	CEV 3250	CEV 4000	CEV 5000	Spojnice	Umetak	Spojnik fasada	Spojnik kornice
JK-SK 100m²	38	10	8	7	7	8	22	32	10	36	162	12
JK-SK 210m²	58	18	8	17	8	8	50	51	18	91	296	18
JK-SK 280m²	78	16	12	23	8	12	66	89	20	125	348	24
JK-SK 400m²	110	20	14	24	10	14	92	96	20	160	640	36
JK-SK 500m²	130	20	18	32	10	18	112	128	20	228	840	40

Slika 1: Prikaz cevne skele i elementi

2.1. Opšta pravila za montažu cevne skele

Pri montaži skele treba paziti da:

1. Svaka figura koja formira skelu bude u obliku trougla.
2. U svakom čvoru mora biti sprečeno pomeranje u sva tri ortogonalna pravca.
3. Osnovni element svake skele je jaram/toranj – dve paralelne ravni od sistema štapova povezane u prostoru.
4. Temelji skele moraju biti potpuno stabilni i imati potrebnu nosivost.
5. Treba sprečiti udare na štapove izvan čvorova, jer dolazi do kombinacije normalne sile i savijanja.

2.2. Sidrenje cevne skele

Sidrenje se može postavljati samo na stabilnim i čvrstim delovima objekta, po pravilu na međuspratne ploče i podupirače i to samo priborom za sidrenje (tiple, vijci, ušice) koji je ispitivan ili sertifikovan (slika 2). Služi za eliminisanje horizontalnih sila koje deluju u podužnom i poprečnom pravcu skele.



Slika 2: Sidrenje skele



Slika 3: Tipski delovi skele

3. TIPSKE FASADNE SKELE

Primena tipske fasadne skele je veoma široka. Posebne karakteristike ove skele su:

- brža i lakša montaža i demontaža;
- jednostavan transport (zauzima malo prostora);
- mogućnost primene kod razuđenih osnova;
- skela je znatno lakša u odnosu na klasičnu.

Potreban i dovoljan uslov za siguran rad radnika je da se uz skelu priloži samo atest proizvodnje sa dokumentacijom (nije potreban poseban projekat).

Montaža i demontaža tipske fasadne skele je jednostavna i brza (slika 3) bez upotrebe dizalice, ali uz nužnu stručnu osposobljenost.

Projekat i proizvodnja tipske fasadne skele su prilagođeni potrebama fasaderskih radova - da se obavljaju brzo, nesmetano i sigurno.

Skladištenje i transport skele su jednostavni jer zauzima mali prostor, a elementi su lagani.

Izgled montirane tipske fasadne skele, prikazan je na slici 4.

Za postavljanje i montažu skele na gradilištu, treba pripremiti:

- teren za postavljanje skele,
- uputstvo za montažu tipske fasadne skele,
- delove i pribor za montažu tipske fasadne skele,
- spojni materijal za tipsku skelu,
- materijal za pod, ograde i pristupe.

- Pripremiti specijalni materijal:
- za pokrivanje, sidrenje, rasvetu, uzemljenje i slično,
 - natpise, zabrane i upozorenja,
 - potreban alat i opremu za montažu.



Slika 4: Ramovska skela

3.1. Montaža tipske fasadne skele

Na podlogu se postave oslonci na odgovarajućim razmacima. Na oslonce se postavljaju H-okviri i povezuju prečkama ili ogradama, vertikalnim i horizontalnim dijagonalama. Nivelacija pomoću podesivih oslonaca obavlja se postepeno, postavljanjem prvog polja duž fasade. Posle toga sledi postavljanje gazišta, gazišta s vratima i merdevina. Pod je bitan element pri stabilizaciji skele. Stoga se na sve nivoe skele postavlja pod, čak i ako za radni proces to nije potrebno. Sledeće etaže se dalje montiraju postavljanjem novih H-okvira i njihovim povezivanjem dodavanjem ostalih elemenata. Sidrenje skele, obavlja se pričvršćivanjem kuke za armaturu u serklažu i za skelu pomoću krute spojnice i to na svakoj drugoj etaži i svakom trećem H-okviru. Demontaža se vrši obrnutim redom. Elementi se ne smeju bacati kako se ne bi oštetili i prljali.

4. POKRETNE SKELE

Pokretne skele primenjuju se za sve vrste radova, koji traju kraće vreme (nekoliko dana) i koji podrazumevaju ugradnju lakih materijala. Ovi radovi mogu biti na unutrašnjim i spoljašnjim fasadama i pod krovom objekta. Da bi bila pokretna, ovakva skela je postavljena na sopstvene točkove ili na kamion. Pokretna skela, projektuje se, proizvodi i montira u obliku prostornog tornja sa pravougaonom osnovom. Sastoji se od radne platforme i podizne konstrukcije (hidraulični kran, makaze...)

Montaža i demontaža pokretne skele je jednostavna i brza, bez upotrebe dizalice, ali uz nužnu stručnu osposobljenost radnika. Kada je skela u mirovanju, točkovi moraju biti zakočeni (slika 5).

5. USLOVI RADA

5.1. Opasnosti pri radu na skelama

Pri primeni skele pojavljuju se mnoge opasnosti koje korisnici mogu i moraju sami uočiti i sprečiti nezgode, a neke od tih opasnosti su:

- rušenje neispravno izvedene skele,
- pad sa visine pri penjanju po skeli ili neobezbeđenim merdevinama kao i kretanje po neobezbeđenim pristupima etaži skele,
- pad sa etaže skele koja nije zaštićena propisanom zaštitnom ogradom,
- klizanje na podu skele, zapinjanje za odložene predmete, propadanje kroz otvore na podu skele ili otvore između skele i objekta,



Slika 5: Pokretna skela

- pucanje radnog poda ili rušenje skele zbog preopterećenja,
- pad predmeta sa skele.

Skele mogu postavljati, prepravljati, dopunjavati i demontirati samo stručno obučeni i zdravstveno sposobni monter.

5.2. Plan i kontrolna knjiga (list) skele

Ispravnost skele mora se proveravati od strane odgovorne osobe na gradilištu i to pre upotrebe, za vreme upotrebe najmanje jedanput mesečno, a naročito posle vremenskih nepogoda, prepravki, oštećenja ili u bilo kojim drugim okolnostima koje su mogle uticati na stabilnost i čvrstoću skele. Proveravanje ispravnosti skele upisuje se u kontrolnu knjigu (list) skele, uz overu određene osobe na gradilištu. Sva navedena dokumentacija mora biti overena potpisom projektanta skele, odnosno odgovorne osobe na gradilištu i mora se čuvati do demontaže skele.

6. FASADNA SKELA ZA OBJEKAT Su+P+3+Pk (Novi Sad, Pap Pavla 22)

Stambeno – poslovni objekat Su+P+3+Pk u Novom Sadu, Pap Pavla 22, građen je u specifičnim gradskim uslovima, gde postoji problem skućenog prostora ili njegovo potpuno odsustvo. Objekti koji se nalaze na susjednim parcelama u velikoj meri otežavaju izgradnju novog objekta. Kad god uslovi gradnje to dozvoljavaju, fasadna skela treba da bude samostojeća (montirana sa zemlje), a u svim drugim uslovima potrebno je izabrati optimalno rešenje u datom momentu. Bez obzira na usvojeno rešenje, radnicima se moraju obezbediti uslovi za bezbedan i zdrav rad.

6.1. Odabir skele

Izrada fasade se vrši sa tipske, ramovske skele montirane sa zemlje uz objekat, svuda gde je takvo izvođenje moguće. Na mestima gde se redovna skela ne može formirati, izrađena je konzolna skela.

Ramovska skela ima malo ograničenje, u smislu da je širina polja fiksna pa se ne može idealno uklopiti u gabarite ako „smeta“ susjedni objekat. Srećom, kompatibilna je sa cevnom, pa se od cevi može nastaviti i dopuniti, koliko je potrebno.

Cevna metalna skela ne može biti eliminisana iz kombinacije, makar da služi samo kao dopuna ramovskoj skeli za teško dostupne delove objekta (zbog razudene osnove) i zato, kao alternativa umesto ramovske skele

(rezervno rešenje), izvršen je proračun za metalnu cevnu skelu, kompletno za sve delove objekta na kojima će ova imati oslonce na zemlji.

Kao materijal za izradu konzolne skele poslužiće drvena građa. Svi elementi, a naročito noseće grede moraju biti od zdravog materijala, bez čvorova i oštećenja i međusobno dobro zakovani, kako bi konstrukcija bila čvrsta i stabilna.

6.2. Proračun drvene konzolne skele

Metodom dopuštenih napona za drvene elemente (veličine iz tabele 2) usvojene su dimenzije konzolne skele.

Kontrola napona	$\sigma_m = M_{max}/W_{usv} < 1000 \text{ N/cm}^2$
Čisto smicanje	$\tau_{II} = T_{max}/A < 90 \text{ N/cm}^2$
Smicanje pri savijanju	$\tau_{mII} = (T_{max} \cdot s)/(I \cdot b) < 90 \text{ N/cm}^2$
Kontrola ugiba	$f_{dop} = L/150; L/200; L/300$

Tabela 2 Proračun konzolne skele

Grede dimenzija 12/14x300cm, leže na podu međuspratne konstrukcije i isturene su 175 cm. Unutar objekta ukotvljene su čeličnim podupiračima koji stoje na gredi i uprti su u plafon.

Grede dimenzija 4.8/4.8x350cm vertikalno postavljene na spoljašnjem kraju greda, služe kao nosači ograde.

Daske dimenzija 4,8/20x300 ili 400cm postavljaju se kao patosnice, nogobrani i kao ograda. Takođe su u funkciji kosnika koji pod uglom od 60° drže ogradu.

6.3. Delovi od čelika

Slično, metodom dopuštenih napona za čelične konstr., usvojeni su:

rasponi stubova cevne skele	$l = 1,8m$
maks. broj platformi pod opterećenjem	$n = 7kom$
potrebne širine oslonaca ispod stubova	$b = 86,7cm$

Takođe je izvršena provera nosivosti žabica koje drže konzolu na cevnoj skeli za postavljanje građevinske dizalice.

Podupirači su od bešavnih cevi proizvodnje IMT-Beograd (cevna skela) sa sledećim karakteristikama:

spoljni prečnik	$d = 48.25 \text{ mm}$
debljina zida cevi	$d = 3,5 \text{ mm}$
površina preseka	$f = 4,92 \text{ cm}^2$
momenat inercije	$I = 12.40 \text{ cm}^4$
otporni moment	$W = 5.14 \text{ cm}^3$
težina	$G = 3.86 \text{ kg/m}$
materijal	JUS Č-0505, DIN St.52.29
dop.napon na savijanje	$\sigma_s = 2.100 \text{ KN/cm}^2$

dop.napon na smicanje	$\tau = 1.700 \text{ KN/cm}^2$
maks. dop.centrična sila pritiska cevi pri dužini izvijanja 2m	$P = 24.84 \text{ KN}$

Celokupan statički proračun izveden je za centrično opterećenje cevi (apsolutno isključena ekscentrična opterećenja putem spojnica-žabica).

7. ZAKLJUČAK

Savremene skele zadovoljavaju prioritetni zahtev, a to je brz i lak rad. Delovi skele se mogu spakovani u sanduke, lako transportovati, montirati i demontirati. Pre montaže skele sve elemente skele i spojnice treba dobro prekontrolisati i odbaciti one koje iz bilo kog razloga ne mogu garantovati ostvarenje projektovane geometrije i propisani koeficijent sigurnosti. Skele mogu postavljati, prepravljati, dopunjavati i demontirati samo stručno obučeni i zdravstveno sposobni monter.

Kod ostvarivanja veza štapova spojnice treba pritezati propisanim ključem dužine 330 mm, ili moment ključem i ostvariti obrtni momenat od oko 800 Kpcm. Demontaža skele se vrši obrnutim redom adekvatnim alatom i uz pažljivu manipulaciju. Zabranjeno je bacanje delova skele jer može doći do njihovog prljanja i optećenja ili povreda radnika. Pre upotrebe, posle montaže i u toku korišćenja skele svi delovi konstrukcije skele moraju da se kontrolišu. Ispravnost skele mora se proveravati najmanje jednom mesečno, a naročito posle vremenskih nepogoda, prepravki, oštećenja i sl. Proveravanje ispravnosti skele, obavezno se upisuje u Kontrolnu knjigu koja odgovara odredbama i zahtevima važećih propisa o merama za bezbedan i zdrav rad (MBZR). Pregled i utvrđivanje ispravnosti skele vrši stručna komisija. Skela se može koristiti tek kada je komisija utvrdila da je skela izvedena prema planu – projektu i da su na istoj primenjene propisane MBZR uz obaveznu saglasnost tehničkog rukovodioca.

8. LITERATURA

- [1] Materijal iz lista „Built“, Beograd 2011.
- [2] Darko Klarić „Cijevne Skele“, skripta, Zagreb 2010.
- [3] Tehnička dokumentacija glavnog arhitekt. projekta stambeno - poslovnog objekta Su+P+3+Pk u Novom Sadu, ulica Pap Pavla 22
- [4] „Pravilnik o zaštiti na radu pri izvođenju građevinskih radova“, službeni glasnik Republike Srbije br. 53/97
- [5] Pomoćni materijali za praćenje predavanja, građevinski fakultet u Beogradu 2008
- [6] „Ramovska skela - Gradiška“, prospekt proizvođača
- [7] Grupa autora „Drvene konstrukcije“, Građevinski Fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd 2007.
- [8] Grupa autora „Metalne konstrukcije“, građevinska knjiga Beograd, 2009.

Kratka biografija:



Dragan Kokot rođen je u Novom Sadu 1973. god. Diplomski – master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstva – *Fasadne skele za stambeno – poslovne objekte*, odbranio je 2012. god.

**НАВОДЊАВАЊЕ ПОЉОПРИВРЕДНИХ ПОВРШИНА У ДОЛИНИ РЕКЕ
ЛЕПЕНИЦЕ ВОДОМ ИЗ ЦППОВ “КРАГУЈЕВАЦ”**

**AGRICULTURAL IRRIGATION IN VALLEY OF THE LEPENICA RIVER WITH
WATER FROM CPPW “KRAGUJEVAC”**

Дамир Митић, Срђан Колаковић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област – ГРАЂЕВИНАРСТВО

Кратак садржај – У раду је приказан систем за наводњавање пољопривредних површина у долини реке Лепенице у Крагујевцу. Пречишћена вода са градског ЦППОВ “Крагујевац” се разводном мрежом дистрибуира до површина за наводњавање. Разводна мрежа је гранатог типа и димензионише се према максималним потребама заливних површина. Меродавне количине воде за потребе система се одређују према FAO-24 PAN методи за изабране културе. Да би цео систем радио, потребно је инсталирати и пумпну станицу која ће радном флуиду предавати потребну количину енергије. Идејно решење је базирано на пројектном капацитету ЦППОВ “Крагујевац” од 1200 l/s.

Abstract – This work presents a system for agricultural irrigation in valley of the Lepenica river in Kragujevac. Distributed network delivers purified water from the city cleaner to consumers area. Distributed network is defined as branch type and it is dimensioned according maximal needments of these areas. Must be define the authoritative volume of water for the system, according FAO-24 PAN method for selected cultures. To make the whole system works, it is necessary to install and pumping station that will deliver to working fluid the amount of energy. The conceptual design is based on the capacity of the cleaner for 1200 l/s.

Кључне речи: наводњавање, хидраулички прорачун, пумпна станица, ЦППОВ “Крагујевац”.

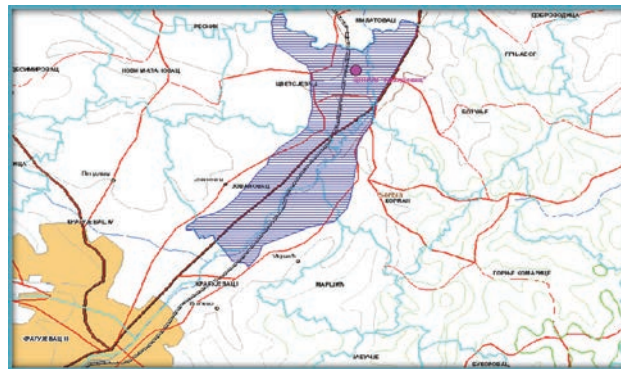
1. УВОД

Део долине реке Лепенице и то онај који лежи између града Крагујевца и Бадњевца, у Крагујевачкој котлини, погодан је за експлоатацију пољопривредних култура [4]. Укупна површина овог дела долине је око 2076 ha, док површина погодна за сетву и наводњавање износи око 1848 ha. Потенцијалне области леже на обалама реке Лепенице и припадају СО Крагујевац. Пројектом ће бити обрађено 1288 ha нето површине, због пројектованог капацитета ЦППОВ “Крагујевац”, који ће 2025. године износити 1200 l/s.

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из дипломског - мастер рада чији ментор је др Срђан Колаковић, ред. проф.

Долина ће добијати воду из централног постројења за пречишћавање отпадних вода Крагујевца, лоцираног у селу Цветојевац, 7 km од града. Просечни данашњи протицај је око 300 l/s а по пројекту по коме је и изведен, систем је за 2025. годину димензионисан на 1200 l/s. Максимални капацитет постројења од 1510 l/s је могућ у шпицу прераде воде, у трајању од два сата. Квалитет воде на излазу циклуса прераде, пре упуштања у реку, треба да је IV категорије.



Слика 1. Површине за наводњавање у катастарским општинама

2. ПОДЛОГЕ

2.1 Топографске подлоге

Коришћен је дигитални ортофото снимак који представља аерофотограметријски или сателитски снимак дела површи земље у дигиталном облику, подвргнут дигиталној орторектификацији ради отклањања ефеката централне пројекције, нагиба осе снимања камере и рељефа терена.

2.2 Педолошке подлоге

На истраживаном терену развијен је земљишни прекривач карактеристичан за речне долине. Настао је радом реке Лепенице, односно утицајем повремених поплава и високим нивоом подземних вода. Утицајем наведених фактора, у долином делу средишњег терена развила су се алувијална и флувијално ливадско земљиште, док је на ободном делу долине, земљиште заступљено у виду смонице [6].

2.3 Геомеханичке подлоге

Даје се приказ механичких карактеристика земљишта на местима где ће објекти система бити фундирани или траса ценовода полагаана. Како је у питању алувијон, треба бити обазрив и систем утемељити по важећим прописима.

2.4 Пољопривредне подлоге

Недовољна количина падавина као и њена расподела, директно неповољно утичу на пораст и развиће пољопривредних култура али и на услове под којима се могу изводити поједине агротехничке операције у оптималним роковима. Предложене допуне у сетвеној структури су засноване на културама које најповољније реагују на режим заливања и при томе дају најбоље ефекте. Површине под поврћем су знатно повећане на уштрб површина под житом [6].

2.5 Метеоролошке подлоге

Потребни подаци за срачунавање меродавне количине воде неопходне за наводњавање предметног подручја, добијени су у најкраћем могућем року из Републичког хидрометеоролошког завода Србије, са одељења за агрометеорологију. Евапорација, релативна влажност ваздуха, брзина ветра, температура ваздуха као и падавине у 30-огодишњем интервалу, за сваки месец.

2.6 Квалитет воде са ЦППОВ “Крагујевац“

Главни критеријум за пројектовање постројења и димензионисање уређаја, је да концентрација ВРК₅ буде мања од 20 mg/l а концентрација суспендованих материја мања од 30mg/l, што задовољава потребе наводњавања.

Према препорукама Светске здравствене организације, број колиформних клица у води за наводњавање не би требао да пређе 10000 на литар воде. Лимит нашег закона је 200000 на литар воде 3. класе. Закључак на основу извршених анализа говори да пречишћена вода има високе вредности НРК и утроска калијум перманганата, што је директна последица ниске оптерећености у биоаерационим базенима и секундарним таложницима, као и да је вода у великој мери бактериолошки оптерећена. Пречишћена вода са ЦППОВ се може користити за наводњавање пољопривредних површина, уз неопходан додатни третман.

Циљ додатног пречишћавања отпадне воде је смањење микробиолошког оптерећења и уклањање суспендованих материја ради ефикасног спровођења процеса хлорисања.

3. ПОТРЕБНЕ КОЛИЧИНЕ ВОДЕ ЗА НАВОДЊАВАЊЕ

3.1 Распоживе количине воде за биљку у вегетационом периоду

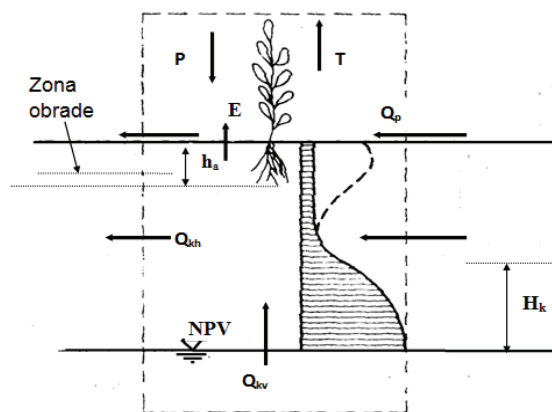
Да би се успоставио биланс воде за вегетациони период, потребно је знати колика количина воде је биљци на располагању. Распоживе воде на почетку вегетационог периода (1. април) [2]:

$$R_v = r + P_e + Q_{pv} \quad (1)$$

Падавине су добијене у метеоролошким подлогама а утицај подземне воде у овом случају може се занемарити. Резерва воде коју биљка може користити у вегетационом периоду налази се у активном слоју. У инжењерским прорачунима, ова количина воде изједначава се са лако приступачном водом (LPV):

$$r = LPV = \frac{PVK - LKT}{100} * h \quad (2)$$

Пољски водни капацитет (PVK) представља влажност земљишта при којој постоји равнотежа између гравитационих и капиларних сила. Представља горњу границу лако приступачне воде, тј. за оријентационе вредности у пракси се усваја количина влаге преостале после оптерећивања узорка силом од 0.33 bar. Лентокапиларна тачка (LKT) представља доњу границу лако приступачне воде, као и границу када је у питању кретање воде под доминантним утицајем капиларних сила. За оријентационе вредности у пракси се узима количина влаге преостале после оптерећивања узорка силом од 6.25 bar. Добијене водне константе су узете из педолошког елабората за сваки хоризонт до дубине од 1m. Општеприхваћен је и податак да вредност лентокапиларне тачке, обично за земљишта средњег и тежег механичког састава, узима 60 – 70 % PVK. Код врло тешких земљишта, ова граница је виша, док код оних лакших, има нешто нижу вредност.



Слика 2. Приказ једначине водног биланса

3.2 Евапотранспирација

Као основни и једини меродавни елементи у овом случају билансне једначине јесу падавине, резерва воде и евапотранспирација. Потребно је израчунати још евапотранспирацију за рачунање хидромодела система или потребне количине воде по идеалном хектару. Мерење евапотранспирације лизиметром је најтачније али како је та метода у нашој земљи занемарена, за димензионисање система је одговарајућа и FAO-24 Pan метода, мерењем референтне евапотранспирације. Она представља евапотранспирацију са велике површине прекривене зеленом травом униформне висине од 8 до 15 cm, тако да је у потпуности доступна лако приступачна вода у земљишту [1].

$$ET_0 = k_p * E_p \quad (3)$$

Пан коефицијент уводи у једначину климатске зависности и растојање евапориметра у односу на референтну културу. Разлика између референтне евапотранспирације и евапотранспирације усева јесте она која и дефинише разлику између траве и гајене биљке. Она се уноси преко коефицијента културе и зависи од фазе развоја, почетка сетве и одређених климатских карактеристика. Евапотранспирација усева узима облик:

$$ET = k_c * ET_0 \quad (4)$$

Добијени елементи билансне једначине омогућавају рачунање мањка на месечном нивоу за период од тридесет година. Дефинисани период је минималан за прихватљиву статистичку обраду по Weibull-у емпиријске расподеле вероватноће мањка воде. Рачуна се мањак за сваки месец вегетационог периода према билансним табелама које у себи садрже три меродавна елемента биланса.

Табела 1. Приказ једне хидролошке године

Периоди	Биланс воде за 2006/2007												Σ
	Ванвегетациони						Вегетациони						
Месеци у години	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
Температура, T[°C]	13	8	3	6	6	9	12	18	23	25	23	16	
Падавине, P[mm]	17	14	55	45	32	63	4	119	25	10	82	52	
Пот. евалот. ЕТР[mm]	46	16	7	15	30	61	35	87	140	146	102	80	
Уили ван резерве, Δ[mm]	0	0	48	30	2	2	31	32	83	0	0	0	
Резерва, r[mm]	0	0	48	78	80	82	51	83	0	0	0	0	
Ста. евалот. ЕРТ[mm]	21	14	7	15	30	61	35	87	108	10	82	52	
Вишак воде, v[mm]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Мањак воде, m[mm]	25	2	0	0	0	0	0	0	32	136	20	28	188

3.3 Хидромодул наводњавања

Хидромодул наводњавања се добија на основу срачунатог критичног мањка повећаног коефицијентом сигурности због испаравања вештачког млаза и могућег дужег сушног периода. Фигурише и време наводњавања које зависи од манипулације механизацијом и степена опремљености.

$$q = \frac{m_{\text{кул}} * 1.10 * 1.15 * 1000}{T_n} \quad (5)$$

Искоришћеност система износи 130% а усвојене културе су дефинисане према препорукама пољопривредних стручњака.

Табела 2. Меродавни мањак и хидромодул система

Површине	Потребне количине воде (m³) за наводњавање по идеалном сектору							
	ха	%	мај	јул	јул	авг.	сеп.	окт.
Културе								
Пшеница	386	30	84	105.9	/	/	/	/
Кукуруз, зрно	258	20	0	45	212	226	14.2	/
Сезонско покриве	644	50	35	270	640	470	/	/
Укупно права сетва	1288	100	119	420.9	852	696	14.2	0
Кукуруз, силжа	386	30	/	/	43.5	161.1	125.4	65.1
Укупно права и пострава сетва	1674	130	119	420.9	895.5	857.1	139.6	65.1

q = 0.787 l/s/ha

4. ТЕХНИЧКО РЕШЕЊЕ СИСТЕМА ЗА НАВОДЊАВАЊЕ

4.1 Разделна мрежа

Разделна мрежа је граната, што значи да низводне деонице зависе од оних узводних, па сваки квар који се манифестује потребно је уклонити у што краћем временском року. Цевовод је постављен дуж расположивих путева, тако да у сваком тренутку, при ремонту или било каквој потребној интервенцији, приступ је омогућен без потешкоћа. То је првенствено циљ када се поставља мрежа цеви под притиском. Наравно, у питању је и конфигурација терена, насељеност, већ инсталирани објекти и системи, међутим, најважније је да приступ градилишту буде оправдан као и експлоатационом систему када се он заврши. За костур наводњаваног система, цевовод, треба свакако изабрати одговарајући материјал који ће одговорити на све потребне услове али и на цену. С обзиром да вода треба да путује дужи пут до наводњаваних култура, систем за наводњавање са

лошим перформансама може некада утрошити и више од 50 % енергије укупне воде пре него што стигне до свог циља. Због губитка притиска, лоших хидрауличких особина или спојева ово је разлог да економски, технички и еколошки параметри буду задовољени у неким границама како сврха самог пројекта не би била стављена под знаком питања. Материјали који улазе у оптицај су првенствено пластичне природе који се данас користе: полиетилен (PE), поливинилхлорид (PVC) и полиестер. Разлог су мањи хидраулички губици који на оваквом типу терена имају круцијалну улогу и век трајања. Као проверени бренд у свету полиестер цеви, јесте свакако компанија НОВАС. Њихови производи од полиестра су прављени и искључиво за наводњавање, за високе притиске, велике варијабле пречника цеви и добре перформансе. Дистанцирају се од других произвођача својим квалитетом и начином израде. Полиестер цеви су направљене од сецканих стаклених влакана и минералних ојачаних агенаса, прожетих незасићеним полиестарским смолама које представљају спону између поменутих материјала.

Хидраулички прорачун гранате мреже је далеко једноставнији од прстенасте. Прорачун се своди на одређивање критичног пута, тј. пута цевовода чији хидраулички параметри захтевају највише енергије [5]. Уколико је критичан пут задовољен, биће и сваки други цевовод у мрежи. Хидраулички прорачун почиње одређивањем пречника цевовода у зависности од количине воде која је потребна и брзине радног флуида.

$$Q = A * V \quad (6)$$

Пијезо линија се у овом случају мења линеарно, међутим, када су потрошачи прикључени равномерно на цевоводу (не главни цевовод), добијају се нови параметри, пијезо линија је парабола а проток и брзина се рачунају преко следећих једначина:

$$Q_e = \sqrt{Q_{\text{изл}}^2 + Q_{\text{изл}} * Q_s + \frac{Q_s^2}{2}} \quad (7)$$

$$Q_s = Q_{\text{ула}} - Q_{\text{изл}} \quad (8)$$

$$Q_e = A * V_e \quad (9)$$

Константан еквивалентни протицај представља протицај који би у даатој цеви истог пречника изазвао исти укупан губитак енергије на дужини L. Економске брзине су нешто веће него у водоводном систему. На осталим гранама се итерацијама стиже до одговарајуће брзине тако да она не прелази 2.5 m/s а опет да не буде и сувише мала па да трошак енергије буде велики. Како се ради о цевоводима који су дугачки (L/D > 500), хидраулички прорачун се врши по принципима “дугачког цевовода“. То значи да се локални губици урачунавају преко повећаног коефицијента апсолутне храпавости. Коефицијент апсолутне храпавости цевовода је k = 0.1 mm. Енергетски губици на трење у цевоводу се рачунају према следећем обрасцу:

$$\Delta E = \lambda * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2g} \quad (10)$$

Коефицијент трења се може израчунати преко формуле:

$$\lambda = 0.115 * \left(\frac{K}{D} + \frac{60}{Re} \right)^{\frac{1}{4}} \quad (11)$$

$$Re = \frac{V * D}{\nu} \quad (12)$$

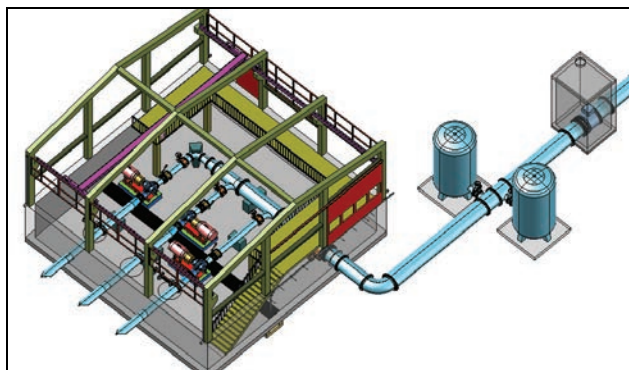
Образац важи за турбулентно течење ($Re > 4000$). Занемарењем првог члана добија се образац за турбулентно течење у глаткој цеви, међутим ако занемаримо други члан, висина неравнина на зиду цеви је већа од дебљине ламинарног подслоја који је разорен, па се долази до обрасца за турбулентно течење у хрпавој цеви [2].

Резервоар је прикључен мрежи и његова улога је у регулисању броја укључивања и искључивања пумпи у пумпном постројењу, као и у регулацији притиска у мрежи. Како се мотор не би прегрејавао предвиђено је ограничење броја укључивања и искључивања пумпи у једном часу.

Минимални ниво у резервоару би одговарао раду све три пумпе, тј. када раде све три пумпе и дистрибуирају максималну количину воде. Тада више није потребно да вода истиче из резервоара јер раде све три пумпе и снабдевају потрошаче. Пумпе тада пуне резервоар и притисак у мрежи расте.

4.2 Пумпна станица

За дистрибуцију воде потрошачима на пољопривредним површинама у долини реке Лепенице а са централног постројења за прераду отпадне воде “Крагујевац“, потребна је пумпна станица. Састоји се од скупа пумпних инсталација које омогућавају да вода после пречишћавања, ефлуент, достигне одређену енергију потребну да задовољи потребе у свакој тачки цевовода [5]. За покретање радног флуида, предвиђене су три пумпе KSB Omega 300 – 700 А. У питању је центрифугална пумпа серије Omega, вертикалног дизајна чији пречник излазне млазнице износи 300 mm а радног кола 655 mm. Усисник пумпе има пречник 400 mm. Радно коло је двострујно, што практично значи да постоје два радна кола, окренута “леђа о леђа“, која воду усмеравају на један излаз.



Слика 3. Пумпна станица

За систем наводњавања није потребна резервна пумпа, као на пример при водоснабдевању пијаћом

водом или сличним системима у којима је дистрибуција воде круцијална. Хидраулички удар се може јавити уколико дође до нестанка струје па нагло престану пумпе са радом или уколико се, рецимо, нагло затвори или отвори затварач негде на крају дугог цевовода. Тада вода у цевоводу може створити вакум или јаким налетима извршити далеко веће притиске од пројектованих. Долази до осцилаторних процеса због поремећаја воденог тока. Као заштиту самог цевовода и објеката на њему и око њега, инсталирана је противударни резервоар, како би се удар амортизовао и свео последице на минимум. Поступак стартовања система креће од тога да разводна мрежа мора бити под притиском, тј. да систем буде напуњен као и резервоар пре нормалног рада пумпи. Због тога је предвиђена инсталација мање пумпе, капацитета од 50 – 100 l/s, којој би било потребно неких десетак часова да напуни потребну запремину цевовода и резервоара.

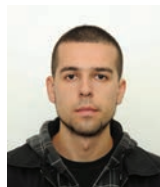
5. ЗАКЉУЧАК

Може се закључити да систем за наводњавање има веома повољну диспозицију елемената. Најбитније је да је вода са пречистача у самом домену система, па није потребно улагати у додатни цевовод. Саме површине су приступачне и повезане са главним саобраћајницама. Земљиште је високе производне вредности. Дакле, приказано решење омогућава економичну експлоатацију предметних површина.

6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Срђан Колаковић, Славиша Трајковић: “Хидротехничке мелиорације -одводњавање“, Нови Сад 2006.
- [2] Срђан Колаковић: “Хидротехничке мелиорације – наводњавање“, скрипта
- [3] Димитрије Авакумовић: “Хидротехничке мелиорације“, Београд 1994.
- [4] Живадин Степановић: “Хидролошке карактеристике Крагујевачке котлине, са посебним освртом на снабдевање Крагујевца водом“, Београд 1974.
- [5] Душан Узелац: “Хидромашинска опрема“, скрипта
- [6] Педолошки елаборат долине реке Лепенице, Енергопројект

Кратка биографија:



Дамир Митић рођен је у Крагујевцу 1987. године. Дипломски-мастер рад на Факултету техничких наука из области Грађевинарства – Хидротехничке мелиорације одбранио је 2011. године.



Срђан Колаковић рођен је у Зрењанину 1958. године. Докторску дисертацију под насловом “Критика објеката за евакуацију великих вода у Војводини и предлози за будућа решења“ одбранио је на Грађевинском факултету у Суботици 1993. године.