



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА



ЗБОРНИК РАДОВА ФАКУЛТЕТА ТЕХНИЧКИХ НАУКА

Едиција: Техничке науке - зборници

Година: XXVIII

Број: 9/2013

Нови Сад

Едиција: „Техничке науке – Зборници“
Година: XXVIII Свеска: 9

Издавач: Факултет техничких наука Нови Сад
Главни и одговорни уредник: проф. др Раде Дорословачки, декан Факултета
техничких Наука у Новом Саду

Уређивачки одбор:

Проф. др Раде Дорословачки
Проф. др Владимир Катић
Проф. др Драгиша Вилотић
Проф. др Филип Кулић
Проф. др Срђан Колаковић
Проф. др Владимир Црнојевић
Проф. др Дарко Реба
Проф. др Драган Јовановић
Проф. др Мила Стојаковић

Проф. др Драган Спасић
Проф. др Драгољуб Новаковић
Проф. др Миодраг Хаџистевић
Проф. др Растислав Шостаков
Проф. др Војин Грковић
Проф. др Стеван Станковски
Проф. др Иван Луковић
Проф. др Ђорђе Лађиновић
Доц. др Милан Мартинов

Редакција:

Проф. др Владимир Катић, уредник
Проф. др Жељен Трповски, технички
уредник
Проф. др Зора Коњовић

Проф. др Драгољуб Новаковић
Мр Мирослав Зарић
Бисерка Милетић

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 Радош Радивојевић

СIP-Каталогизација у публикацији
Библиотека Матице српске, Нови Сад

378.9(497.113)(082)
62

ЗБОРНИК радова Факултета техничких наука / главни и одговорни уредник Раде
Дорословачки. – 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 девета 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 01.07.2013. до 31.08.2013. год., а који се промовишу 21.09.2013. год. То су оригинални прилози студената са главним резултатима њихових мастер 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 9, објављени су радови из области:

- машинства,
- електротехнике и рачунарства и
- грађевинарства.

У свесци са редним бројем 10. објављени су радови из области:

- саобраћаја,
- графичког инжењерства и дизајна,
- архитектуре,
- инжењерског менаџмента,
- инжењерства заштите животне средине,
- мехатронике,
- математике у техници,
- геодезије и геоматике и
- регионалне политике и развоја.

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. Miloš Panić, MALE HIDROELEKTRANE- ISTRAŽIVANJE, PROJEKTOVANJE I IZGRADNJA	1479
2. Julije Prelčec, TEHNIČKO REŠENJE TERMOTEHNIČKIH SISTEMA ZA STAMBENO - POSLOVNI OBJEKAT U SUBOTICI	1483
3. Saša Đogić, Milenko Sekulić, PRIMENA GENETSKIH ALGORITAMA ZA MODELIRANJE GLAVNE SILE REZANJA PRI STRUGANJU POTPOMOĞNUTIM MLAZOM VISOKOG PRITISKA	1486
4. Đorđe Mihajlović, KONSTRUKCIJA APARATA ZA TERMIČKI TRETMAN MENTE	1490
5. Marina Vojinović, KONSTRUKCIJA APARATA ZA ZAGREVANJE GASA	1493
6. Ivan Tutorov, BUŠENJE NAFTE I POTREBNA OPREMA	1497
7. Erik Kakusi, PUMPNA STANICA ZA VODU SA FREKVENTNOM REGULACIJOM	1501
8. Miloš Tepić, Jovan Vladić, KONSTRUKCIJA ALATA ZA BRIZGANJE, TEHNOLOGIJA BRIZGANJA, RAZVOJ POKLOPCA RAZVODNE KUTIJE	1505
Radovi iz oblasti: Elektrotehnika i računarstvo	
1. Vedran Radivojkov, PROCES RAZVOJA RAČUNARSKIH IGARA	1509
2. Mladen Protić, Vladimir Katić, INVERTORI ZA SOLARNE ELEKTRANE	1513
3. Danka Lemez, Željko Trpovski, PRENOS HD SIGNALA UŽIVO PREKO 4G LTE MREŽE	1517
4. Siniša Trbojević, PRENOS PODATAKA KOD SAVREMENIH BANKOMATA	1521
5. Stanislav Adamović, OPTIMALNE POZICIJE REGULATORA NAPONA U DISTRIBUTIVNIM MREŽAMA	1525
6. Siniša Kovačev, IMPLEMENTACIJA MODULA ZA GDA PRISTUP MODELU ELEKTROENERGETSKOG SISTEMA ZASNOVANOM NA CIM-U	1529
7. Branko Jovanović, IMPLEMENTACIJA KORISNIČKIH PRAVILA ZA STATIČKU ANALIZU PROGRAMSKOG KODA	1533
8. Branislav Ivić, JEDNA REALIZACIJA INTELIGENTNOG UPRAVLJANJA RECIRKULACIJOM VODE KOTLA NA BIOMASU	1537
9. Предраг Бомештар, Борис Думнић, Ђура Орос, МАТЕМАТИЧКО МОДЕЛОВАЊЕ РЕЛУКТАНТНЕ МАШИНЕ	1541

10.	Čongor Mesaroš, Norbert Čeljuska, Nikolina Janković, Vesna Crnojević Bengin, PRIMENA FERITA U PROJEKTOVANJU METAMATERIJALA U MIKROSTRIP ARHITEKTURI ..	1545
11.	Željka Ivetić, RAZVOJ SOFTVERA ZA UPRAVLJANJE MATRICAMA EKVIVALENCIJE STUDIJSKIH PROGRAMA U PROJEKTU MEĐUNARODNE RAZMENE STUDENATA	1549
12.	Neda Pištinjat, DETEKCIJA I KVANTIFIKACIJA APNEJE NA OSNOVU EKG I SpO2 SIGNALA	1553
13.	Vukašin Daskalović, ALGORITMI ZA DETEKCIJU ZAJEDNICE U MOBILNIM DRUŠTVENIM MEŽAMA	1557
14.	Borislav Meši, MULTIVARIJABILNA MULTISKALARNA ENTROPIJA	1561
15.	Stevan Bunardžić, POSLOVNO IZVEŠTAVANJE PRIMENOM <i>OBIEE</i> ALATA NAD <i>OLTP</i> I <i>ESSBASE</i> IZVORIMA PODATAKA U PODSISTEMU JAVNIH NABAVKI	1565
16.	Vladimir Trivunović, AUTOMATSKO UPRAVLJANJE RESURSIMA U VIRTUELIZOVANOM RAČUNARSKOM SISTEMU	1569
17.	Đorđe Manojlović, REINŽENJERING JEDNOG SOFTVERSKOG PAKETA ZA IZDAVANJE LIČNE ZAŠTITNE OPREME	1573
18.	Sandra Kukolj, Vladimir Marinković, Miroslav Popović, Szabolcs Bogнар, <i>Selection and Prioritization of Test Cases by Combining White-Box and Black-Box Testing Methods</i> Konferencija ECBS-EERC, Budimpešta, avgust 2013.	1577
19.	Novica Badrljica, MERENJE TEMPERATURE I KONTROLA SISTEMA AKTIVNOG HLAĐENJA POJAČAVAČA SNAGE	1581
20.	Milan Unković, PODRŠKA DEFINISANJU RESURSA U ARHITEKTURI BEZBEDNOG SOFTVERA	1585
21.	Ivan Todorović, TESTIRANJE UPRAVLJANJA PRETVARAČEM PREMA MREŽI U HIL OKRUŽENJU	1589
22.	Petar Gartner, Nikola Čelanović, Adrien Genić, MODEL TROFAZNOG TRANSFORMATORA ZA PRIMENU U HIL EMULATORIMA	1593
23.	Goran Iliev, UTICAJ KOLIMACIJE I KONSTRUKCIJE DETEKTORA NA KVALITET SLIKE KOD MULTISLAJSNOG CT	1597
24.	Igor Galić, KONTROLA KVALITETA U POZITRONSKOJ EMISIONOJ TOMOGRAFIJI	1601
25.	Branislav Kordić, Vladimir Marinković, Miroslav Popović, Vukota petković, <i>Parallel Processing of Multichannel Video Based on Multicore ArchitectureXXX</i> , Konferencija ECBS-EERC, Budimpešta, avgust 2013.	1604
26.	Milutin Jarić, ZAŠTITA VISOKONAPONSKIH VODOVA	1608
27.	Радослав Плетикосић, КРАТКОРОЧНО ПРЕДВИЂАЊЕ ПОТРОШЊЕ ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ ЗАСНОВАНО НА АУТОРЕГРЕСИВНОМ МЕТОДУ	1612
28.	Igor Cverdelj-Fogaraši, UNAPREĐENJE PERFORMANSI SPARQL UPITA NAD MLO-AD ONTOLOGIJOM	1616
29.	Željko Starčević, Veran Vasić, PRIMENA SINHRONIH I ASINHRONIH GENERATORA U AGREGATSKIM POSTROJENJIMA I U POSTROJENJA MALIH HIDROELEKTRANA	1620
30.	Goran Vlaović, JEDNO REŠENJE TESTIRANJA PUBLISH/SUBSCRIBE KOMUNIKACIJE	1624
31.	Milan Dobrota, Milan Vidaković, SOFTVER ZA USAVRŠAVANJE TEHNIKE BRZOG ČITANJA	1628

32.	Stanislava Marković, Milena Milošević, Marko Živanović, Nenad Jovanović, Dražen Dražić, JEDNO REŠENJE REALIZACIJE I PRIKAZA KORISNIČKIH PODEŠAVANJA NA ANDROID BAZIRANOM PRIJEMNIKU DIGITALNOG TV SIGNALA, konferencija ETRAN, Zlatibor, juni 2013.	1632
33.	Marko Živanović, Stanislava Marković, Miroslav Bako, Milena Milošević, Dejan Čotra, JEDNO REŠENJE REALIZACIJE I PRIKAZA PRETRAŽIVANJA SERVISA NA ANDROID BAZIRANOM PRIJEMNIKU DIGITALNOG TV SIGNALA, konferencija ETRAN, Zlatibor, juni 2013.	1636
34.	Veljko Ilkić, Marko Kovačević, Miloš Milanović, Jovana Filipović, Marko Atanasievski, JEDNO REŠENJE REALIZACIJE I PRIKAZA MULTIMEDIJALNIH SADRŽAJA NA ANDROID BAZIRANOM PRIJEMNIKU DIGITALNOG TV SIGNALA, konferencija ETRAN, Zlatibor, juni 2013.	1640
35.	Branimir Pavlović, Marko Kovačević, Branimir Kovačević, Nemanja Žigić, Dragan Narančić, JEDNO REŠENJE REALIZACIJE I PRIKAZA ELEKTRONSKOG PROGRAMSKOG VODIČA NA ANDROID BAZIRANOM PRIJEMNIKU DIGITALNOG TV SIGNALA, konferencija ETRAN, Zlatibor, juni 2013.	1644
36.	Branimir Kovačević, Marko Kovačević, Mladen Kovačev, Marko Atanasievski, Dušan Starčević, JEDNO REŠENJE PRIKUPLJANJA I PRIKAZIVANJA TELETEKST I SUBTITLE INFORMACIJA NA ANDROID BAZIRANOM PRIJEMNIKU DIGITALNOG TV SIGNALA, konferencija ETRAN, Zlatibor, juni 2013.	1647

Radovi iz oblasti: Građevinarstvo

1.	Dragan Zvicer, PROJEKAT KONSTRUKCIJE VIŠESPRATNE ARMIRANOBETONSKE STAMBENO-POSLOVNE ZGRADE U NOVOM SADU	1651
2.	Љубица Грујић, ПРОЦЕНА СТАЊА, САНАЦИЈА И РЕВИТАЛИЗАЦИЈА ЗИДАНЕ СТАМБЕНЕ ЗГРАДЕ У НОВОМ САДУ	1655
3.	Ana Medan, PROJEKAT BETONA ZA STAMBENO-POSLOVNI OBJEKAT NA UGLU ULICA CARA DUŠANA I BRAĆE GRULOVIĆ U NOVOM SADU	1659
4.	Dragan Ždero, ANALIZA TRANSPORTA GRAĐEVINSKOG MATERIJALA	1663
5.	Dubravka Lovrić, PROJEKAT FUNDIRANJA HALE ZA SKLADIŠTENJE SEMENSKE ROBE U ČENEJU	1667
6.	Elizabeta Francuski, PROJEKAT FUNDIRANJA STAMBENOPOSLOVNOG OBJEKTA U NOVOM SADU	1671
7.	Vera Jelić, PROJEKAT FUNDIRANJA HALE U STAROJ PAZOVI	1675
8.	Marija Šopalović, IZBOR TIPA PODNE OBLOGE PRIMENOM VIŠEKRITERIJUMSKE OPTIMIZACIJE	1679
9.	Bojan Golub, ANALIZA UTICAJA PROMJENE JAČINE ZEMLJOTRESA NA SEIZMIČKU OTPORNOST ZGRADA	1683
10.	Bogdan Lekić, PROCENA STANJA I PROJEKAT SANACIJE ČELIČNOG REZERVOARA ZA INDUSTRIJSKU OTPADNU VODU U SENTI	1687
11.	Dragan Počuča, PROCENA STANJA I PROJEKAT DOGRADNJE POLJOPRIVREDNOG OBJEKTA	1691

12. Мирзет Бакић, ПРОЦЕНА СТАЊА И ОЈАЧАЊЕ АБ КОНСТРУКЦИЈЕ ВИШЕСПРАТНЕ СТАМБЕНЕ ЗГРАДЕ НАКОН ДОГРАДЊЕ	1695
13. Radivoj Kotarlić, PROJEKAT PROCENE STANJA I DOGRADNJE VIŠESPRATNE STAMBENE ZGRADE U ŠIDU ...	1699
14. Ivan Kovač, Đorđe Lađinović, PROJEKAT VIŠESPRATNE ARMIRANOBETONSKE ZGRADE U NOVOM SADU PREMA EVROKODU	1703
15. Bojana Miličić, ANALIZA PRIMENE POLUMONTAŽNOG PANELNOG SISTEMA "INOBAČKA"	1707

**MALE HIDROELEKTRANE- ISTRAŽIVANJE, PROJEKTOVANJE I IZGRADNJA
SMALL HYDROPOWER PLANT – RESEARCH, DESIGN AND CONSTRUCTION**Miloš Panić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – MAŠINSTVO**

Kratak sadržaj – U ovom master radu je na celovit, sažet i razumljiv način prikazan značaj tehnologije dobijanja električne energije iz malih hidroelektrana, kao i niz drugih problema sa kojima se inženjer suočava pri projektovanju i izgradnji jednog ovakvog postrojenja. Nakon izbora lokacije (naselje Bioska) i određivanja protoka, određen je tip male hidroelektrane, odgovarajuća oprema (na osnovu proračuna), izvršeno pozicioniranje MHE u prostoru, automatizacija i ekonomska analiza samog projekta.

Abstract – This master/graduate work represents technology of production of electricity from small hydropower plants, as well as a host of other problems that engineers face in the preparation of such plant. After determining the location and water flow, we determined: the type of small hydropower plant, appropriate equipment (based on calculations), then perform positioning in space, automation and economic analysis of the project.

Ključne reči: Mala hidroelektrana (MHE), projektovanje, izgradnja, oprema, automatizacija, ekonomska analiza

1. UVOD

Današnja energetska kriza u svetu, a takođe u našoj zemlji, znatno se razlikuje od svih dosadašnjih koje su se pojavljivale u pojedinim zemljama ili regionima. Sadašnju krizu ne odlikuje kratkotrajnost i prolaznost, kako je to obično do sada bivalo, jer joj se ne može sagledati bliski kraj. Druga, veoma bitna karakteristika ove pojave je u tome što ona utiče na kompletan privredni razvitak jedne zemlje. Uz to se mora istaći da je energija, indirektno, jedan od najprometnijih proizvoda u međunarodnoj razmeni, jer čini osnovnu okosnicu egzistencije čovečanstva. U tom svetlu treba posmatrati i prihvatiti izgradnju malih hidrocentrala.

Zapostavljeno iskorišćenje prirodnih hidroenergetskih uslova, a posebno stavljanje van pogona više desetina hidroelektrana od nekoliko MW instalisane snage, već je ukazalo energetičarima i stručnjacima na nepotrebno izgubljen ogroman energetske potencijal.

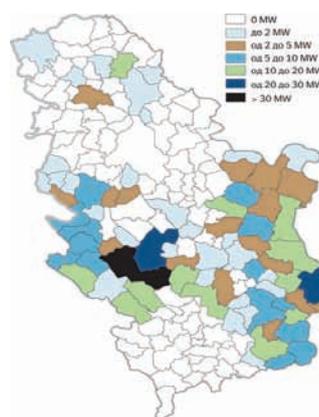
1.1. Energetski potencijal

Danas u Srbiji ima 39 MHE, instalisane snage 49MW i sasvim ne iskorišćen potencijal MHE do 10MW. Postoji katastar ovih hidroelektrana sa obrađenim osnovnim tehničkim parametrima, koji obuhvata oko 850 objekata,

NAPOMENA:

Ovaj rad je proistekao iz master rada čiji mentor je bio dr Jovan Petrović, red.prof.

ukupne snage oko 500MW i godišnje proizvodnje 1500GWh.



Slika 1. Ukupna snaga MHE u Srbiji

2. POJAM I DEFINICIJA MHE

Mala hidrocentrala je objekat čija definicija uglavnom zavisi od uloge i značaja koji im se prilikom izgradnje predodrede.

Osnovni parametri, koje bi trebalo koristiti u klasifikaciji MHE jesu:

- instalisana snaga agregata
- vrsta agregata u odnosu na turbinu i način rada
- broj obrtaja
- način rada u odnosu na opšti energetski sistem
- instalisani pad, itd.

2.1. Podela MHE

Podela MHE prema raspoloživom padu prihvaćena je u većini zemalja koje su prema instalisanom padu definisale opremu.

Tip HE	Snaga (kW)	Pad (m) mali	Pad (m) srednji	Pad (m) veliki
Mikro HE	Do 50	<15	15-50	>50
Mini HE	50- 500	<20	20-100	>100
Male HE	500-5000	<25	-----	>130

Tabela 1. Podela MHE prema raspoloživom padu i snazi

2.2. MHE i životna sredina

MHE sa svim svojim objektima deluju pozitivno na životnu sredinu. Pre svega, povećavajući materijalna dobra, naročito u brdsko-planinskim krajevima koji po

dohotku znatno zaostaju iza ravničarskih terena. Zatim se na pojedinim objektima, kao što su zahvati, rešetke, vodene komore, zahvaljujući konstruktivnim karakteristikama, iz vode, pre nego što uđu u turbinu, izdvajaju svi plivajući predmeti, čvrsti delovi, pa i delovi suspendovanog materijala.

Pored niza prednosti MHE mogu i negativno uticati na životnu sredinu. Taj uticaj se može ispoljiti na nizvodnim terenima na taj način što se izgradnjom zahvata, teren može izdići i poplaviti zemljište, koje ranije nikada nije bilo poplavljeno, ili da se usled izdizanja nivoa vode okolni teren zabari. Postoji i mogućnost da usporena voda aluvijalno zagadi podzemne vode uzvodno od zahvata.

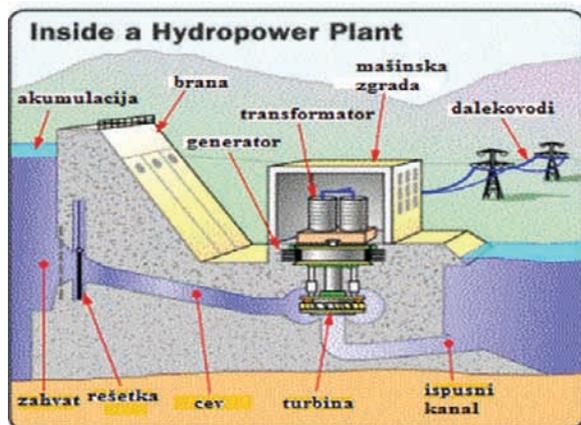
2.3 Princip rada

Iz fizike je poznato da je na mestu maksimalne potencijalne energije kinetička energija najmanja i, obrnuto, gde je minimalna potencijalna tu je maksimalna kinetička energija. Na osnovu ovog pravila može se zaključiti da se energija ne proizvodi, već se samo transformiše iz jednog oblika u drugi. Prema tome, ona se može povećavati i smanjivati, pa njena količina zavisi od proizvodnih faktora. Tako, na primer, za dobijanje mehaničke energije iz vode posredstvom turbine neophodna je određena količina vode Q i pad H . Mehanička energija koja se nalazi na obrtnom vratilu, može se koristiti neposredno za rad vodenica, strugara i sličnih uređaja, ali se, isto tako, dobijena mehanička energija može transformisati u električnu energiju.

Električna energija, koja se dobija na nekom hidrološkom profilu, rezultat je kombinacije raspoloživog pada i protoka. To znači da se određena količina energije može dobiti kombinovanjem:

1. veliki pad – mali protok
2. mali pad – veliki protok
3. srednji pad – srednji protok
4. neka srednja kombinacija

2.4 Objekat MHE



Slika 2. Unutrašnji izgled MHE

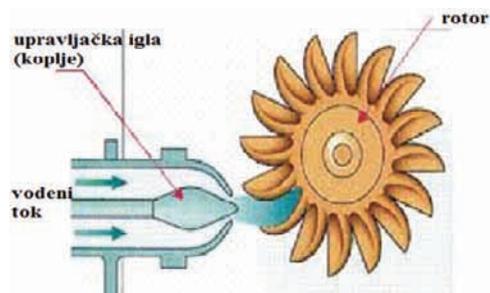
Objekat elektrane ima ulogu zaštite elektromehaničke opreme, koja energiju vode pretvara u električnu energiju, od spoljašnjih uticaja. Agregat MHE čine: turbina, generator, komandni orman i regulator.

2.5 Delovi MHE i elektromašinska oprema

Mala hidroelektrana se sastoji iz svih objekata i delova koji služe za skupljanje, dovođenje i odvođenje vode, za pretvaranje mehaničke u električnu energiju, za transformaciju i razvođenje energije (brana, turbina, generator, regulator, komandni orman, pomoćna oprema).

Brane ili pregrade imaju višestruku namenu, tj. služe za skretanje vode s njenog prirodnog toka prema zahvatu elektrane, povišenja nivoa vode radi postizanja boljeg pada i ostvarenja akumulacije. Voda zaustavljena branom odlazi u zahvat, a iz zahvata u **dovod** koji spaja zahvat sa vodnom komorom. Postoje dve osnovne vrste brana: brane u vidu nasipa i betonska brana.

Turbine koje pretvaraju hidropotencijal u mehaničku energiju nazivaju se hidroturbine. Dele se na: impulsne i reaktivne. Impulsne turbine uglavnom koriste brzinu vode za pokretanje turbinskog kola, a ne pritisak, dok reaktivne turbine, obrnuto, koriste pritisak za pokretanje turbinskog kola, a ne brzinu.



Slika 3. Princip rada impulsne turbine tipa Pelton

Generatori transformišu mehaničku energiju u električnu i najčešće u praksi srećemo podelu na: asinhronne i sinhronne generatore. Asinhronni generatori MHE koriste se za paralelni rad sa distributivnom mrežom (MHE bez ljudske posade). Sinhronni generatori koriste kada agregat mora stalno da radi samostalno (ostrvski).

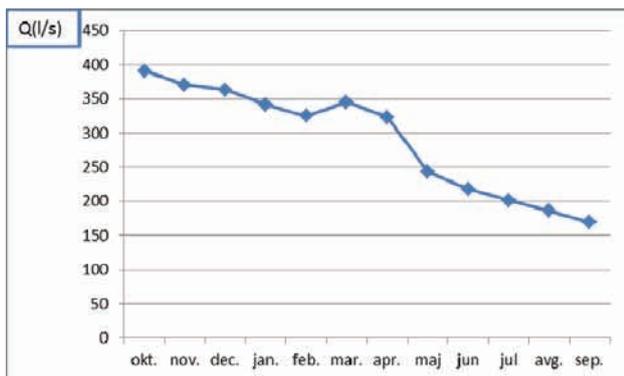
Regulatori (turbinski regulatori) održavaju isti broj obrtaja turbine odnosno smanjuju odstupanje od nominalnog rada, regulišu pad ili protok i na taj način stabilizuju učestanost u sistemu na minimalnom broju od 50Hz. Pomoću regulatora (turbinski regulatori) koji se nalaze u MHE moguće je izvršiti regulaciju: napona, frekvencije, nivoa, protoka, pritiska.

3. REALIZACIJA PROJEKTA

Da bi se dali osnovni elementi male hidroelektrane, kako u pogledu instalisane snage, količine proizvedene energije, lokacije i mogućnosti povezivanja elektrane sa energetsom mrežom, potrebno je prikupiti osnovne podatke sa terena rekognosciranjem terena dati polazne parametre o hidrološkim, geološkim, geodetskim, energetsom, urbanističkim i drugim uslovima. Posle prikupljanja osnovnih podataka i orijentacionog određivanja Q i H parametara može se doneti odluka o izradi podloga i projektovanju, s tim da se uz izradu podloge, a pre projektovanja, moraju obaviti neophodna usaglašavanja sa urbanističkim planovima, vodoprivrednim uslovima, zaštitom životne sredine, itd.

Topografske podloge (mape) - Za prethodna istraživanja povodom izgradnje MHE mogu se koristiti topografske karte (1:25000 i 1:50000) ili mape terena gde se planira postavljanje elektrane. Merenjem je utvrđeno da neto pad za datu lokaciju (naselje Bioska) iznosi $H=24\text{m}$ na osnovu koga je odabrana je derivaciona MHE sa otvorenim derivacionim kanalom.

Hidrološke podloge - potrebne za određivanja Q parametra. Glavni hidrološki elementi koji mogu da definišu instalisani protok i vreme trajanja rada MHE sa određenim protokom su: hidrogram vodostaja (grafički prikaz vodostaja vode u odnosu na vreme), kriva trajanja protoka i tablica srednjih mesečnih proticaja.



Slika 4. Kriva trajanja protoka reke Đetinje (Bioska)

Za instalisani protok uzeta je vrednost $Q_{in} = 50$ [l/s], odnosno 29,58% srednjeg mesečnog protoka u septembru (najmanji mesečni protok), što znači da će se ostatak vodenog toka (70.41%) nalaziti u granicama dozvoljenog ekološkog protoka ($Q_{sr} > 60\%$). Pored toga na osnovu vrednosti srednjih mesečnih protoka vidimo da će usvojeni instalisani protok biti konstantan ($Q_{in} = \text{const.}$) u toku cele godine.

3.1 Instalisana snaga i godišnja proizvodnja električne energije

Instalisana snaga MHE izražena je odnosom:

$$N_i = 8 \times Q_{in} \times H = 8 \times 50 \times 24 = 9,6 \text{ [kW]} \quad (1)$$

Na osnovu dobijene instalisane snage možemo izračunati prosečnu godišnju proizvodnju električne energije (zbog remonta elektrana neće raditi 15 dana u toku kalendarske godine):

$$E_G = N_i \times T_G = 9,6 \times 350 \times 24 = 80640 \text{ [kWh]} \quad (2)$$

3.2 Potrošnja električne energije

Da bismo imali uvid u dnevnu potrošnju električne energije u okviru jednog domaćinstava, prvo moramo prikupiti informacije o električnim uređajima, odnosno njihovoj potrošnji. Merenjem je utvrđeno da prosečna potrošnja jednog domaćinstva iznosi 305 kW na mesečnom, odnosno 3680,8 kW na godišnjem nivou. Iz odnosa između prosečne proizvedene i potrošene električne energije, dobijamo koliki broj domaćinstava MHE može da opsluži (pretpostavka da sva domaćinstva troše istu količinu električne energije):

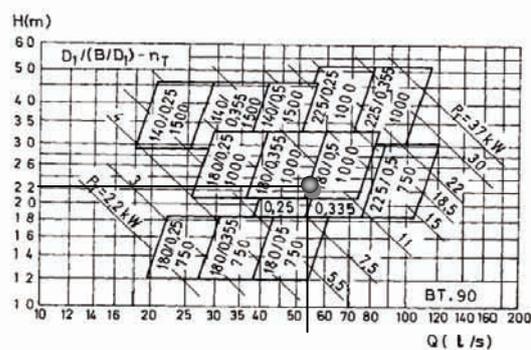
$$E_g / E_{pm} = 80640,4 / 3680,865 = 21,9 \sim 21 \quad (3)$$

Dobijeni broj predstavlja samo pretpostavku, ali ga možemo koristiti kao orijentir za stvarno stanje na terenu.

3.3 Izbor elektromehaničke opreme

Na osnovu prethodnih podataka, potrebno je izabrati elektromehaničku opremu za dati sistem, odnosno odgovarajući agregat MHE (turbina, generator, regulator).

Turbina - na osnovu Q - H parametara odabrana je konzolna Banki turbina. Konzolna Banki turbina je veoma dugo poznata, jer potiče od vodenog kola. Za veoma male agregate, snage do 20 kW, a ređe do 50 kW, korišćenje konzolne Banki turbine je veoma često, jer u tim granicama prednosti ove turbine dolaze do punog izražaja.



Slika 5. Dijagram za izbor tipiziranih, konzolnih Banki turbina prema raspoloživim padovima i protocima

Svaki tip konzolne Banki turbine određen je prečnikom obrtnog kola D_1 [mm], relativnom širinom sprovodnog aparata B/D_1 i učestanošću obrtanja n_T [min^{-1}].

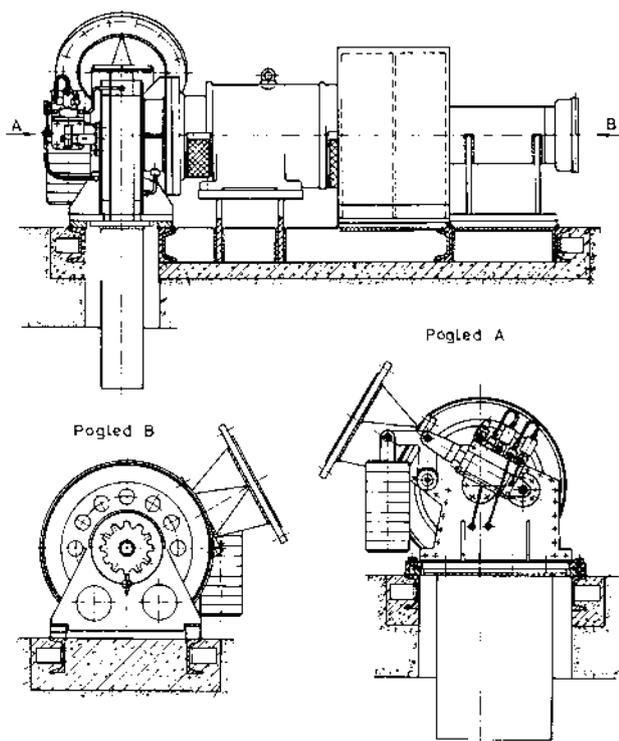
Za naš slučaj: $D_1 = 180$ mm, $B/D_1 = 0,355$, $n_T = 1000$ min^{-1}

Generator - U ovom slučaju izabran je trofazni asinhroni generator sa kondenzatorskom pobudom (koristi se za instalisanu snagu do 10 kW), pošto je instalisana snaga našeg agregata MHE manja od 10 kW (9,6kW). Generator je opremljen potrebnom opremom za merenje, automatiku, signalizaciju i zaštitu.

Regulacija - Regulacija protoka, ostvaruje se zakretanjem sprovodne lopatice tipa "klapna", sa osovinom na kraju. S obzirom na padove sa kojima turbina radi, za regulaciju je izabran elektro-hidraulički pogon sa vodom iz protočnog trakta.

Tehničko rešenje - Banki turbina je uprošćene konstrukcije bez sopstvenog vratila i ležaja. Obrtno kolo se postavlja na vratilo generatora, a oklop turbine se vezuje sa prirubnicom na kućištu generatora. Oklop turbine i generator su postavljeni na zajedničko postolje. Obrtno kolo je izrađeno od nerđajućeg, a ostali delovi turbine od konstrukcijskih čelika.

Sistem za automatsko upravljanje - Male hidro elektrane obično su bez nadzora i njima se upravlja putem automatskih sistema. Sistem za automatsko upravljanje u ovom slučaju sastoji se iz: sistema zaštite, sistema za sigurnosno i besprekidno napajanje i razvod jednosmerne i naizmenične struje, sistema pobude, turbinskog regulatora, sistema za upravljanje agregatom, SCADA aplikacije za nadzor i upravljanje elektranom, pomoćne mehaničke opreme.



Slika 6. Tehničko rešenje turbinskog agregata

4. EKONOMSKA ANALIZA PROJEKTA

U ukupnim investicijama gradnje MHE na građevinski deo otpada oko 45%, mašinski i elektro deo oko 35%, dok ostatak od 20% otpada na troškove tehničke dokumentacije i kamate.

Studija izvodljivosti	600 - 800
Projektovanje i menadžment	800 - 1000
Građevinski radovi	6500 - 8000
Elektromehanička oprema	4000 - 5500
Instalacije	900 - 1000
Održavanje (25 godina)	25 x 200
Nepredviđeni troškovi (3%)	400 - 500
UKUPNO (€)	18200 - 21900

Slika 7. Troškovi ulaganja u MHE

Cena električne energije u Srbiji za domaćinstva iznosi 5,5 c€/kWh, odnosno 5 c€/kWh za industriju.

Instalisana snaga (MW)	Otkupna cena (c€/kWh)
do 0.5 MW	9.7
od 0.5 MW do 2 MW	10.2
od 2 MW do 10 MW	7.85

Slika 8. Otkupne cene električne energije proizvedene u novoizgrađenim MHE

Na osnovu ovih troškova izračunava se da cena 1 kW instalisane snage iznosi između 1895€- 2280€

Projektovana MHE godišnje proizvede 80640 kWh električne energije. Ukoliko svu proizvedenu energiju prosledimo distributivnoj mreži po ceni od 9,7c€, a struju potrebnu potrošaču vučemo sa mreže po ceni od 5c€, period otplate investicije iznosiće 2,86 godina.

Zakonski propisi za izgradnju MHE u Republici Srbiji - Proizvodnja električne energije je delatnost od opšteg interesa. Hidroelektrane su energetske objekti za obavljanje delatnosti proizvodnje električne energije. Hidroelektrane snage do 10 MW su male hidroelektrane u smislu Zakona o energetici.

5. ZAKLJUČAK

Ovaj rad, pored toga što opisuje potencijal malih hidro postojenja, upoznaće se sa tehnologijom pretvaranja hidroenergije u električnu energiju. Osim navedenog, u radu je opisana primena ove tehnologije na konkretnom primeru, izbor odgovarajuće opreme, automatizacija i regulacija MHE, kao i finansijski aspekt samog projekta.

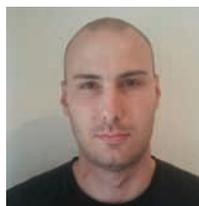
Male hidroelektrane koriste dobro poznatu i razvijenu tehnologiju, pa je broj operativnih rizika i trošak redovnog održavanja relativno mali. Životni vek građevinskih delova postrojenja i elektromašinske opreme je veoma dug – od 30 do čak 50-60 godina. Na nizak operativni rizik MHE pozitivno je uticao i razvoj automatskog upravljanja, koji zahteva minimalnu prisutnost ljudi u objektu.

Gotovo sve procedure rada su automatske, pa se uloga operatera svodi na nadzor i/ili povremene obilaskе objekta. U poslednjih nekoliko godina postignut je veliki napredak u oblastima regulacije i upravljanja elektranama. Razvijaju se savremene konstrukcije hidroturbinskih agregata, sa većim stepenom iskorišćenja, čime se povećava efikasnost malih hidro postrojenja.

6. LITERATURA

- [1] <http://www.savezenergeticara.org.rs/wp-content/uploads/2011/11/Energija-Ekonomija-Ekologija-1-2-2008.pdf>
- [2] A.Harvey, "Micro Hydro desing manuel, A guide to small scale water power schemes, Intermediate technology Publications, London, 1993.
- [3] Vladimir Katić, Izudin Kapetanović, Vangel Fuštić, "Obnovljivi izvori električne energije", FTN, Novi Sad, 2007
- [4] Mihajlović Miroslav, "Male hidrocentrale - istraživanje, projektovanje, izgradnja", Beograd 1985.

Kratka biografija:



Miloš Panić rođen 18.12.1985.godine u Užicu. Srednju Tehničku školu „Radoje Marić“, u Užicu završio 2004. godine. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mašinstvo- Energetika i procesna tehnika, toplotna tehnika odbranio je 2013.godine.

TEHNIČKO REŠENJE TERMOTEHNIČKIH SISTEMA ZA STAMBENO - POSLOVNI OBJEKAT U SUBOTICI**HVAC SYSTEM DESIGN FOR A RESIDENTIAL – OFFICE TYPE OF BUILDING IN SUBOTICA**Julije Prelčec, *Fakultet Tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – MAŠINSTVO**

Kratak sadržaj – U radu je opisan sistem centralnog grejanja i ventilacije, gasna kotlarnica, elementi i delovi tog sistema, proračun sistema i tehnoe ekonomska analiza rešenja.

Abstract – In this publication a system of central heating, ventilation and a central gas boiler is described, as well as the elements and equipment of that system. Calculations and technical analysis is also shown.

Ključne reči: centralno grejanje, gasna kotlarnica, tehnoe ekonomska analiza

1. UVOD

Grejanje i klimatizacija su grane tehnike i naučne discipline koje se bave ostvarivanjem i održavanjem pogodnih uslova za boravak čoveka u zatvorenom prostoru. Predstavljaju jedan od najvitalnijih delova primenjene termodinamike. Nemoguće je današnji način života zamisliti bez tih komponenti, koje čine sastavni deo komfora. Retko se nailazi na objekte (stambene, radne, prodajne i sl.) u kojima nije ugrađeno centralno grejanje. Ono je najzdraviji i najekonomičniji način približivanja unutrašnjih temperatura prostorija osećanju ugodnosti čovečjeg organizma.

U ovom radu data su rešenja radijatorskog i podnog grejanja sa gasnom kotlarnicom kao i rešenje za odimljavanje garaže u stambeno-poslovnim objektu u Subotici. Predmet ovog rada će biti proračun toplotnih gubitaka, prikaz tehničkih rešenja i tehnoe ekonomska analiza.

2. PODACI O OBJEKTU

Projektovan sistem centralnog grejanja je za objekta površine 1800 m², spratnosti Su+P+4+Pk. Spoljna projektna temperatura za grejanje iznosi t_{sp}= -18°C. Predviđena je instalacija grejanja sa panelnom radijatorima, cevastim radijatorima u kupatilama i podno grejanje u potkrovlju.

3. ODREĐIVANJE TOPLOTNIH GUBITAKA

Prvo se računaju koeficijenti prolaza toplote kroz spoljnih i unutrašnjih površina. Prema [1] to se određuje preko sledećeg obrasca:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_u} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_s}} \left[\frac{W}{m^2 K} \right] \quad (1)$$

gde je :

α_u [W/m²K] - koeficijent prelaza toplote sa unutrašnje strane posmatrane površine

α_s [m] - koeficijent prelaza toplote sa spoljašnje strane posmatrane površine

δ_i [W/mK] - debljina sloja zida

λ_i [W/mK] – koeficijent toplotne provodljivosti

Kada dobijemo vrednosti za koeficijente prolaza toplote K, sledi proračun toplotnih gubitaka. Gubitke određujemo preko sledećih obrasca [2] :

Ukupan gubitak toplote :

$$Q = Q_t + Q_v \quad [W] \quad (2)$$

gde je :

Q_t [W] – transmisioni gubitak toplote

Q_{in} [W] – infiltracioni / ventilacioni gubitak toplote

Transmisioni gubitak toplote se određuje jednačinom :

$$Q_t = Q_o(1 + Z_D + Z_{SS}) \quad [W] \quad (3)$$

gde je :

Q_o [W] – osnovni gubitak toplote

Z_D [-] – dodatak zbog prekida u radu

Z_{SS} [-] – dodatak na stranu sveta

Da bi se odredio transmisioni gubitak toplote, prvo se računa osnovni gubitak prema sledećoj formuli :

$$Q_o = \sum_{i=1}^n k_i \cdot P_i \cdot (t_p - t_i) [W] \quad (4)$$

gde je :

k_i [W/mK] – koeficijent prolaza toplote

P_i [m²] – površina kroz koju prolazi toplota

t_p [K] – unutrašnja projektna temperatura

NAPOMENA:

Ovaj rad je proistekao iz master rada čiji je mentor bio dr Radivoje Bjelaković, red.prof.

t_i [K] – spoljašnja projektna temperatura ili temperatura susedne prostortije

Drugu komponentu ukupnih gubitaka toplote – ventilacione gubitke računamo sledećom relacijom :

$$Q_v = \sum (PR_f \cdot L_f)_s \cdot R \cdot H \cdot (t_p - t_{sp}) \cdot Z_E [W] \quad (5)$$

gde je :

PR_f [m³/hPa^{2/3}] – propustljivost procepa vrata i prozora

L_f [m] – dužina procepa

R [m³/hPa^{2/3}] – karakteristike prostorije

H [WhPa^{2/3}/m³K] – karakteristika zgrade

Z_E [W] – dodatak na položaj prozora

t_p [K] – unutrašnja projektna temperatura

t_{sp} [K] – spoljašnja projektna temperatura

Na osnovi ovih proračuna toplotni gubitak stambeno-poslovne zgrade iznosi 145 kW.

4. SISTEM CENTRALNOG GREJANJA

4.1. Predviđena oprema sistema centralnog grejanja

Za stambeni i poslovni deo objekta predviđena je instalacija centralnog grejanja sa sistemom tople vode 80/60°C. Za grejna tela usvojeni su panelni čelični radijatori tipa „Jugoterm“. U kupatilima su postavljeni cevasti radijatori tipa „Starpan“. Radijatori su izabrani na osnovu toplotnih gubitaka svake prostorije. Radijatori su povezani u dvocevni sistem grejanja. Ukupna instalisana snaga grejnih tela iznosi 176.8 kW.

Na osnovu instalisane snage grejnih tela izabrana su dva gasna kondezaciona kotla proizvođača “BAXI” Luna HT 1.1000 snage od 100 kW.

Regulaciju sistema vrši automatika proizvođača BAXI Italija, koja automatski podešava polaznu temperaturu vode na osnovu spoljne temperature. Međusobna raspodela potrošene energije obavlja se preko elektronskih kalorimetara u razdelnicima, kao i preko glavnog kalorimetra u kotlarnici. Ovo rešenje daje fleksibilnost korisnicima i mogućnost uštede energije. Fina regulacija potrebne toplote svakog stana se vrši prolaznim motornim ventilima (proizvođača Siemens tipa: VVP 47,10-1 i pogonom STP21 sa dvotačkastim upravljanjem) sa kojima upravlja prostorijski programibilni termostat.

4.2. Investicioni troškovi

Analizom nije obuhvaćen priključni gasovod, ni merno - regulaciona stanica, kao ni cena priključenja na daljinski sistem grejanja, ali je uzeto zbog ekonomske analize, da je cena gasne kotlarnice sa priključkom približno isto kao i podstanica daljinskog grejanja sa priključkom na toplovod. Investiciona vrednost sistema iznosi 6.179.768,00 dinara bez PDV.

4.3. Cena energenta

Trenutna cena zemnog gasa u Subotici iznosi 44 din/Nm³ sa PDV. Cena daljinskog grejanja preko toplane iznosi - fiksni deo 27,32 rsd/m² i - varijabilni deo na osnovu utrošene količine energije koja za stambene potrošače iznosi 4,79 rsd/kWh.

4.4. Eksploatacioni troškovi

Mesečnu potrošnju energije računamo prema sledećom izrazu [3] :

$$Q_{sr}^{mes} = n_1 \cdot n_2 \cdot Q_k \cdot \frac{t_p - t_{sr}^{mes}}{t_p - t_{sp}} \quad (6)$$

gde je :

n_1 – broj grejnih časova u toku dana

n_2 – broj grejnih dana u mesecu

Q_k – instalisana toplotna snaga grejnih tela

t_p – projektna temperatura

t_{sp} – spoljna projektna temperatura

Kada proračunamo mesečne potrošnje onda se sumiraju vrednosti i dobija se godišnja potrošnja energije.

Potrošnja energenta se računa na osnovu vrednostima za prosečne mesečne potrošnje energije sa sledećem formulom :

$$B_{sr}^{mes} = \frac{3.6 \cdot Q_{sr}^{mes}}{\eta_k \cdot H_d} \frac{Nm^3}{god} \quad (7)$$

gde je :

η_k – stepen korisnosti kotla

H_d – donja toplotna moć energenta

Pregled eksploatacionih troškova :

Varijanta	Cena grejanja [din / god]
Gasna kotlarnica	816,376.00 din
Daljinsko grejanje	943,846.00 din

5. TEHNOEKONOMSKA ANALIZA

Na osnovu proračuna o prosečnoj godišnjoj potrošnji toplote dobijamo podatak da je za ovaj objekat ekonomičnije grejanje na zemni gas u odnosu na daljinsko grejanje.

Prosečna godišnja potrošnja zemnog gasa od 18554 Nm³ po ceni od 44 din/ Nm³ iznosi 816.376,00 rsd.

Prosečna godišnja potrošnja toplote iznosi 186.666 kWh. Cena **daljinskog grejanja** u Subotici je raspoređena na dva dela : - fiksni deo 27,32 rsd/m² i - varijabilni deo na osnovu utrošene količine energije koja za stambene potrošače iznosi 4,79 rsd/kWh. Godišnji trošak za daljinsko grejanje iznosi **943.846,00 rsd**.

Cena grejanja kotlarnicom sa kondenzacionim gasnim kotlovima je povoljnija za **11,6 %** u odnosu na daljinsko grejanje. Ako se uzme u obzir da je investiciona cena podstanice i ove kotlarnice približno ista, i da je investiciona cena priključka na toplovod približno ista sa priključkom na gasovod, kao i da buduća povećanja cene zemnog gasa (čime se mora računati) utiču i na potrošače zemnog gasa i korisnika gradske toplane u Subotici jednako (toplana kao energent koristi zemni gas)

dolazimo do zaključka da je ovo rešenje mnogo povoljnije, naročito kada je cena energije sve viša.

6. ZAKLJUČAK

U ovom radu data su rešenja radijatorskog i podnog grejanja sa gasnom kotlarnicom kao i rešenje za odimljavanje garaže u stambeno-poslovnom objektu u Subotici. Takođe je urađena tehnoekonomska analiza rešenja.

Kao što smo videli, isplativost ulaganja u neki sistem grejanja i hlađenja najviše zavisi od investicionih troškova, i troškova samih energenata.

Kod tržišta energenata u našoj zemlji nije uvek moguće predvideti tačan scenario razvoja situacije na ovom planu. Ono što je sigurno, da će cene energenata rasti, da se zalihe fosilnih goriva smanjuju iz dana u dan, i da mnogi investitori razmišljaju kako mogu uštedeti.

Došlo se do zaključka da je cena grejanja kotlarnicom sa kondenzacionim gasnim kotlovima je povoljnija za **11.6%** u odnosu na daljinsko grejanje za ovaj sistem grejanja objekta. To se može smatrati prilično velikoj uštedi tokom veka eksploatacije sistema i mora se razmatrati kao mogućnost kod budućih zgrada.

7. LITERATURA

- [1] Recknagel, Sprenger, Cermak “*Grejanje i klimatizacija*”, Beograd, 2002.
- [2] M. Bogner i dr., “*Termotehničar, tom 1 i 2, treće dopunjeno i prošireno izdanje*”, Interklimagrafika, Beograd, 2004.
- [3] B. Todorović – „*Projektovanje postrojenja za centralno grejanje*“ Mašinski fakultet, Beograd, 2000

Kratka biografija:



Julije Prelčec rođen je u Subotici 1987. godine. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mašinstva – Energetika i procesna tehnika / Toplotna i procesna tehnika odbranio je 2013.god.



PRIMENA GENETSKIH ALGORITAMA ZA MODELIRANJE GLAVNE SILE REZANJA PRI STRUGANJU POTPOMOGNUTIM MLAZOM VISOKOG PRITISKA

APPLICATION OF GENETIC ALGORITHMS FOR MODELING MAIN CUTTING FORCE IN HIGH PRESSURE JET ASSISTED TURNING

Saša Đogić, Milenko Sekulić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – MAŠINSTVO

Kratak sadržaj – *Progresivan razvoj inteligentnih obradnih sistema uslovljava direktnu zavisnost proizvodnje od novo-razvijene proizvodne opreme i od primene informacionih tehnologija. Dakle, neophodno je sigurno predviđanje tačnosti oblika i dimenzija, kao i obrađene površine i svojstva površinskog sloja obratka. Međutim, da bi se eksperimentalno proučavao neki proces potrebno je mnogo vremena i novca. Kao alternativa za rešavanje ovog problema razvijena je veštačka inteligencija koja je omogućila nove poglede u modeliranju procesa u raznim disciplinama... U radu je prikazan postupak dobijanja jednačine za određivanje glavne sile rezanja pomoću genetskih algoritama, kao jednog od tipova veštačke inteligencije.*

Abstract – *Progressive development of intelligent manufacturing systems causes a direct dependence of production of newly developed production equipment and the application of information technology. So, it is necessary safe prediction accuracy of shapes and sizes, as well as surface finish and properties of the surface layer of the workpiece. However, to be experimentally studied a process, it takes time and money. As an alternative to solving this problem has been developed in artificial intelligence that has enabled new insights into process modeling in various disciplines ... This paper presents a procedure to obtain equations for determining the main cutting force using genetic algorithms, one of the types of artificial intelligence.*

Ključne reči: *veštačka inteligencija, genetski algoritmi*

1. UVOD

Postoje predviđanja da će u budućnosti prilagođavanje tehnološkim inovacijama imati vodeću ulogu u opstanku na tržištu. Upravo zbog toga su istraživanja usmerena ka modeliranju i optimizaciji pojedinih procesa obrade rezanjem. Radi se o ključnim tehnikama za podršku proizvodnji u 21. veku i nijedna druga tehnika ne pruža veći potencijal za poboljšanje proizvoda, usavršavanje obradnog procesa, smanjenje vremena od projektovanja do proizvodnje i smanjenje troškova.

Da bi se eksperimentalno proučavao neki proces potrebno je mnogo novca i vremena, posebno ukoliko je neophodno menjati značajan broj parametara (geometriju alata, materijal alata i obratka, režime obrade...). Pojava

veštačke inteligencije omogućila je nove poglede u modeliranju procesa u raznim disciplinama. Tako se danas veštačka inteligencija koristi u proizvodnji, robotici, programiranju, medicini... Konkretno, u tehnologijama obrade rezanjem, modeliraju se izlazne karakteristike procesa obrade (sile rezanja, temperature rezanja, hrapavost...).

Cilj ovog rada jeste dobijanje jednačina za određivanje glavne sile rezanja pomoću genetskih algoritama. Kao podloga za primenu genetskih algoritama za modeliranje obrade struganjem potpomognute mlazom visokog pritiska poslužili su eksperimentalni rezultati dobijeni u okviru izrade doktorske disertacije doc. dr Davorin Kramara, sa Mašinskog fakulteta u Ljubljani.

2. OSNOVE MODELIRANJA

Modeliranje predstavlja ključnu tehniku za podršku proizvodnji u XXI veku i nijedna druga tehnika ne pruža veći potencijal za poboljšanje proizvoda, usavršavanje obradnog procesa, redukciju vremena od projektovanja do proizvodnje i redukciju troškova. Model se može definisati kao apstraktni sistem koji je ekvivalentan realnom sistemu uz poštovanje ključnih osobina i karakteristika i koristi se za istraživanje, kalkulacije i demonstracije, koje bi inače bile previše skupe ili čak i nemoguće.

Većina istraživača koristi modeliranje kako bi poboljšala dobijene rezultate. Primenom metoda modeliranja različiti parametri obrade, kao što su sile rezanja, temperature rezanja, oblik strugotine, zaostali naponi, hrapavost obrađene površine, habanje i postojanost alata, se mogu odrediti pre nego što se započne stvaran proces obrade na mašini alatki.

Ekperimentalni pristup je daleko više skup, mučan i dugotrajan. Ipak, prethodno navedeno ne znači da je ekperimentalni pristup zastareo, jer je u većini slučajeva potrebna validacija modela i jedini način da se obezbedi je da se testira model u realnim uslovima i napravi poređenje. Međutim, modeliranje značajno smanjuje eksperimentalne radove. Osim toga, modeliranju i eksperimentima je potrebno dodati i razumevanje osnovnih problema teorije obrade. To stvara povratnu spregu od vitalnog značaja za istraživanje postupka obrade jer bolje razumevanje procesa rezultira boljim modelima i tako dalje.

Kako se razvijala primenjena matematika, matematička statistika, ekperimentalna istraživanja i informacijske metode, tako su usavršavane i metode modeliranja. Danas postoji više metoda modeliranja. Osnovne metode modeliranja mogu biti **determinističke, stohastičke i metode zasnovane na veštačkoj inteligenciji.**

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Milenko Sekulić, vanredni profesor.

3. VEŠTAČKA INTELIGENCIJA

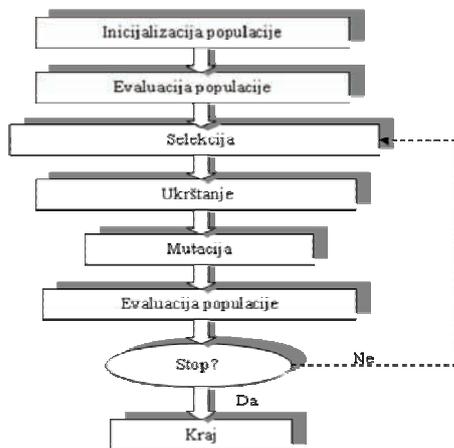
Pojam inteligencija potiče od latinskog glagola *intelligere*, što znači razumeti. Postoje više definicija veštačke inteligencije. Po jednoj od definicija, individue se razlikuju jedna od druge po svojoj sposobnosti da razumeju kompleksne ideje, da se uspešno prilagođavaju životnoj sredini, da uče iz iskustva, da učestvuju u različitim oblicima rasuđivanja, da savladavaju prepreke koristeći razum. Iako ove individualne razlike mogu biti značajne, one nikad nisu u potpunosti konzistentne. Naime, intelektualne sposobnosti neke osobe će varirati u različitim prilikama, u različitim domenima i u zavisnosti od kriterijuma koji se koriste za njihovo ocenjivanje.

Zahvaljujući svim svojim prednostima VI danas ima široko područje primene, a neka od njih su robotska vozila, raspoznavanje govora, robotika, neuronske mreže, ekspertski sistemi, **genetski algoritmi**.

3.1 Genetski algoritmi

Genetski algoritmi (GA) su razvijeni sa osnovnom namenom da oponašaju procese koji se primećuju u prirodi. Slično kao u prirodi, genetski algoritmi pokušavaju da nađu „najbolji“ hromozom, slepo manipulišući na hromozomskim materijalom i ne udubljujući se preterano u optimizacioni model koji se rešava. Jedino o čemu genetski algoritmi vode računa jeste „nivo kvaliteta“ koji pokazuju proizvedeni hromozomi. Zanimljivo je da ovakvi postupci manipulisanja nad binarnim zapisima – hromozomima, mogu da reše izuzetno složene probleme, a da pri tome nemaju uvid u kompleksnost i prirodu problema koji se rešava. Vrlo opšta struktura genetskog algoritma je data sledećim koracima:

1. Inicijalizuje se određena populacija hromozoma
2. Evaluira se svaki od hromozoma u populaciji
3. Formiraju se novi hromozomi pri čemu se za roditelje uzimaju već postojeći hromozomi, a primenom mehanizama ukrštanja i mutacije
4. Obrišu se neki od postojećih hromozoma kako bi ostavili prostora za potomke
5. Evaluiraju, potom se i pridruže postojećoj populaciji
6. Ukoliko je kriterijum za zaustavljanje zadovoljen, algoritam se završava. U protivnom vraća se na korak 3.
- 7.



Slika 1. Opšta struktura GA [1]

Osnovni operatori genetskog algoritma su:

- Selekcija-proces kojim genetski algoritam čuva dobre, a odbacuje loše jedinke iz populacije rešenja. Selekcijom se izaberu jedinke koje će učestvovati u reprodukciji i tako preneti svoj genetski materijal na sledeću generaciju
- Ukrštanje-genetski operator koji imitira prirodni proces ukrštanja. U njemu učestvuju dve jedinke iz populacije, pa se ukrštanjem njihovog genetskog materijala dobija jedna ili dve nove jedinke
- Mutacija-unarni genetski operator. Ona deluje na jedan hromozom, pa ga izmenjuje

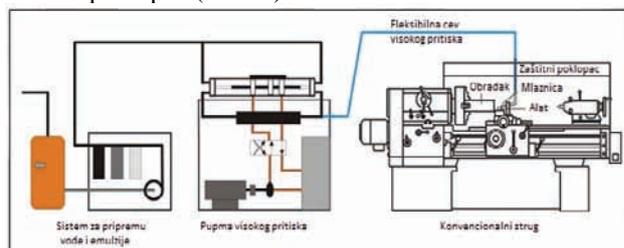
4. OBRADA STRUGANJEM POTPOMOGNUTA MLAZOM VISOKOG PRITISKA

Ova obrada predstavlja inovativan način za podmazivanje i/ili hlađenje zone rezanja u toku obrade. Ona podrazumeva dovođenje SHP sredstva, na bazi vode ili ulja, sa malim protokom (ispod 1l/min) i pod izuzetno visokim pritiskom do 300MPa do vrha reznog alata. Pod takvim pritiskom SHP može lakše da prodre u zonu rezanja i na taj način da omogući bolje hlađenje, čime se može kontrolisati trenje između grudne i ledne površine alata sa obrađivanim materijalom. Primenom ovog obrade postižu se brojne prednosti, a neke od njih su:

- Bolje podmazivanje i hlađenje u odnosu na konvencionalnu obradu
- Manje sile rezanja i veća postojanost alata
- Značajno poboljšanje loma strugotine
- Manja potrošnja SHP sredstva
- Proširenje operativnog režima obrade

Kao i svaka druga obrada i ova ima određene mane, a pored veće početne kapitalne investicije zbog dodatne opreme, glavna mana ovog načina obrade je činjenica da se još uvek koristi SHP sredstvo na bazi ulja (u manjim količinama).

Sistem za struganje potpomognut mlazom visokog pritiska se može podeliti na sledeće glavne komponente: sistem za pripremu vode, pumpa visokog pritiska, sistem cevi visokog pritiska, sistem za pozicioniranje, strug i zaštitni poklopac (slika 2).



Slika 2. Komponente sistema za stuganje potpomognuto mlazom visokog pritiska [2]

5. PROGRAMSKI JEZIK MATLAB

MATLAB je moćan programski jezik za tehničke proračune. Može se koristiti za matematička izračunavanja, modeliranja i simulacije, analizu i obradu podataka, grafičko prikazivanje rezultata i razvoj algoritama. Standardni MATLAB sadrži alatke (funkcije) za rešavanje uobičajenih zadataka. Pored svojih prvenstveno razvojnih i programabilnih mogućnosti poseduje još jednu zaista moćnu alatku koja je jedna od

osnovnih odlika ovog paketa. To su *toolboxovi*. Naime, vrlo jednostavno se u MATLAB-u mogu kreirati sopstvene funkcije koje daju rešenja na postavljene zahteve. Skup ovako kreiranih funkcija (*m-fajlova*) objedinjenih u jednu celinu predstavlja osnovnu strukturu toolboxa.

MATLAB je danas široko rasprostranjen na univerzitetima i višim školama, na uvodnim i naprednim kursevima iz matematike, prirodnih nauka i naročito, inženjerskih oblasti.

5.1. Kreiranje GA pomoću MATLAB-a

Cilj ovog rada je razvoj modela za predikciju glavne sile rezanja pomoću GA. S obzirom da na Fakultetu tehničkih nauka ne postoji oprema za izvođenje eksperimenata pri obradi struganjem potpomognutom mlazom visokog pritiska, korišćeni su eksperimentalni rezultati iz doktorskog rada doc. dr Davorin Kramara sa Mašinskog fakulteta u Ljubljani. Na osnovu naučne literature i ličnih zapažanja dr Kramar je uspeo da izdvoji sledeće parametre koji utiču na izlazne karakteristike obrade, a to su:

- prečnik mlaznice D_n
- pritisak P
- brzina rezanja v
- razdaljina mlaznice od rezne ivice d
- pomak s

Prilikom eksperimentalnih ispitivanja varirani su dole navedeni parametri, po unapred utvrđenom planu eksperimenta. Vrednosti ulaznih parametara date su u tabeli 1.

Tabela 1. Režimi obrade pri eksperimentalnom ispitivanju

D_n (mm)	d (mm)	P (MPa)	v (m/min)	s (mm/o)
0,25	0	50	46	0,2
0,3	1,5	90	57	0,224
0,4	3	130	74	0,25

Nakon završetka eksperimenta dr Kramar je primenio metod regresionog modeliranja i na taj način dobio regresioni model glavne sile rezanja u obliku funkcije koja je prikazana u nastavku.

$$F_v = C_1 + C_2 \cdot D_n + C_3 \cdot P + C_4 \cdot v + C_5 \cdot s + C_6 \cdot P \cdot v$$

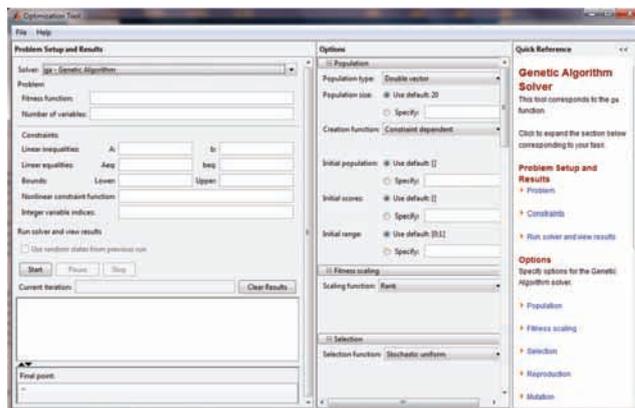
$$C_1 = 861; \quad C_2 = 535; \quad C_3 = -7,20;$$

$$C_4 = -9,92 \quad C_5 = 4300; \quad C_6 = 0,101;$$

U daljem tekstu će biti opisan postupak postavljanja problema i dobijanja rezultata za glavnu silu rezanja.

Nakon pokretanja MATLAB-a preko padajućeg menija APPS>Optimizatio>Genetic Algorithm dobijamo nama potreban radni prostor (slika 3). Pomoću ovog prozora se kompletno definiše sistem za optimizaciju. Međutim, da bi se krenulo dalje potrebno je napraviti funkciju koju treba optimizovati.

Naravno, funkcija je već teoretski formirana, ali to još ne znači da će je MATLAB prepoznati. Mora se napraviti takozvani M-fajl, razumljiv MATLAB-u, koji će sadržati informacije vezane za funkciju. Posle ukucavanja koda kliknuti na opciju Save i kao ime uneti Fv.m u predodređenom direktorijumu, kako bi bila sačuvana funkcija koja će se sada iskoristiti.



Slika 3. Optimization Tool [3]

Vratiti se na prozor optimizacionog panela i u delu za zadavanje problema, tačnije u prostoru predviđenom za definisanje fitnes funkcije uneti @Fv, a kao broj promenljivih (nepoznati koeficijenata) uneti 6.

U okviru sekcije vezane za problem i njegovo bliže određivanje prvo je potrebno promeniti veličinu populacije na 1000 jedinki. Predodređena vrednost od 20 jedinki je jako mala s obzirom na to da imamo 6. Sa druge strane, povećanje populacije radi bržeg dobijanja rešenja ima smisla samo do neke određene vrednosti, a posle postaje nepotreban teret računaru.

Nakon toga je potrebno promeniti način selekcije jedinki pogodnih za ukrštanje. Preko padajućeg menija odabrati opciju Tournament i kao veličinu turnira Tournament size umesto predodređenih 4 staviti 80.

Usled povećanja broja organizama koji čine jednu generaciju logično je povećati i broj elitnih organizama koji će automatski biti prebačeni u sledeću generaciju. Tako je i ovde ta vrednost povećana sa predodređenih 2 na 40.

Zadnje, ali ne i najmanje važno jeste definisanje kriterijuma zaustavljanja algoritma (Stopping criteria). Pošto je predodređena vrednost od 100 generacija za ovako kompleksan problem previše mala, vremenski interval u kom se dešava evolucija je povećan na 1000 generacija. Zbog jako spore relativne promene optimalnih rešenja funkcije neophodno je kao Stall generations uneti takođe 1000. Naime, algoritam ima zadatu toleranciju „napretka“, tj. ako se za određen broj generacija ne desi dovoljno velika promena u rezultatima, on će smatrati da je stigao do optimalnog rešenja i zaustaviće se. Sa Stall generations podignutim na ukupnu veličinu broja generacija, ustvari se zabranjuje prekid algoritma i time se osigurava da će ispratiti svih 1000 generacija.

Optimization tool takođe nudi grafički prikaz raznih parametara algoritma. Da ne bi došli u situaciju da imate celu radnu površinu prekrivenu grafikonima poželjno je praćenje Best fitness (trenutna vrednost fitnes funkcije) i Best individual (izgled do sada najboljeg rešenja). Sada ostaje još samo klik na Start i iščekivanje rezultata da se pojave u obliku Final point-a.

6. ANALIZA DOBIJENIH REZULTATA

Nakon modeliranja prethodno definisane funkcija u modulu GA, programskog jezika MATLAB, dobijeni su rezultati koji će biti prikazani u nastavku.

Rezultati vrednosti koeficijenta za određivanje glavne sile rezanja i novoformirana jednačina iznose:

$$F_y = 37,758 + 8,015 \cdot D_n + 11,757 \cdot P + 19,936 \cdot v + 41,232 \cdot s - 0,185 \cdot P \cdot v$$

$$C_1 = 37,758; \quad C_2 = 8,015; \quad C_3 = 11,757;$$

$$C_4 = 19,936; \quad C_5 = 41,232; \quad C_6 = -0,185;$$

Unošenjem ovih konstanti u formule za izračunavanje vrednosti glavne sile rezanja dobijamo vrednosti prikazane u tabeli 2. U tabeli je takođe prikazan i procenat odstupanja vrednosti dobijenih pomoću GA u odnosu na eksperimentalne vrednosti

Tabela 2. Eksperimentalne vrednosti, vrednosti dobijene pomoću GA i procenat odstupanja

No	D_n (mm)	d (mm)	P (MPa)	v (m/min)	s (mm /o)	$F_{y, \text{exper.}}$ (N)	$F_{y, \text{GA model}}$ (N)	E (%)
1	0.25	0	50	46	0.2	1280	1128	11.9
2	0.25	0	90	57	0.224	1508	1295	14.1
3	0.25	0	130	74	0.25	1400	1274	9
4	0.25	1.5	50	46	0.25	1350	1128	16.4
5	0.25	1.5	90	57	0.2	1150	1293	12.4
6	0.25	1.5	130	74	0.224	1370	1273	7.1
7	0.25	3	50	46	0.224	1150	1127	2
8	0.25	3	90	57	0.25	1295	1295	0
9	0.25	3	130	74	0.2	1235	1272	3
10	0.3	0	50	57	0.2	1245	1245	0
11	0.3	0	90	74	0.224	1265	1350	6.3
12	0.3	0	130	46	0.25	1320	1390	5.3
13	0.3	1.5	50	57	0.25	1385	1248	9.9
14	0.3	1.5	90	74	0.2	1145	1349	17.8
15	0.3	1.5	130	46	0.224	1190	1388	16.6
16	0.3	3	50	57	0.224	1055	1246	18.1
17	0.3	3	90	74	0.25	1460	1352	7.4
18	0.3	3	130	46	0.2	1390	1388	0.1
19	0.4	0	50	74	0.2	1375	1427	3.8
20	0.4	0	90	46	0.224	1305	1260	3.4
prosek →								8.23

Verifikacija dobijenog modela pomoću GA vršena je na osnovu 7 novih eksperimenata, koji nisu prethodno korišćeni u razvoju GA. Dobijeni rezultati prikazani su u tabeli 3.

Tabela 3. Eksperimentalne vrednosti, vrednosti dobijene pomoću GA i procenat odstupanja (tačke za verifikaciju)

No	D_n (mm)	d (mm)	P (MPa)	v (m/min)	s (mm /o)	$F_{y, \text{exper.}}$ (N)	$F_{y, \text{GA model}}$ (N)	E (%)
1	0.4	0	130	57	0.25	1320	1345	1.9
2	0.4	1.5	50	74	0.25	1250	1429	14.3
3	0.4	1.5	90	46	0.2	1275	1221	4.2
4	0.4	1.5	130	57	0.224	1465	1345	8.2
5	0.4	3	50	74	0.224	1187	1428	20.3
6	0.4	3	90	46	0.25	1160	1260	8.6
7	0.4	3	130	57	0.2	1450	1344	7.3
prosek →								8.87

Kao što se može videti iz priloženih tabela, ukupna greška odstupanja vrednosti dobijenih pomoću GA u odnosu na eksperimentalne iznosi 8,23%, kada su u pitanju prvih dvadeset tačaka eksperimenta, odnosno 8,87 kada je reč o sedam tačaka koje su korišćene za verifikaciju, što se, po mišljenju autora ovog rada, smatra prihvatljivim odstupanjem.

7. ZAKLJUČAK

Genetski algoritam je vrlo moćno i praktično oruđe za rešavanje različitih problema optimizacije i modeliranja procesa. Dobijena odstupanja između eksperimentalnih rezultata i rezultata dobijenih modeliranjem glavne sile rezanja pomoću GA, ukazuju na to da je upotrebom GA predikcija ovih parametara moguća sa velikom tačnošću. Na taj način moguće je izbeći skupa eksperimentalna istraživanja i zameniti ih novim pristupima u modeliranju procesa obrade rezanjem. Takođe, dobijeni rezultati mogu biti dobra osnova za primenu i drugih metoda veštačke inteligencije, u traganju za novim putevima naučnih saznanja na polju obrade metala rezanjem.

8. LITERATURA

- [1] Mijatović M.: Modeliranje sila rezanja pri bušenju primenom genetskih algoritama, Završni-master rad, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2011.
- [2] Kramar D.: Odrezavanje teško obdelovalnih materijala z visoko-tlačnim dovodom hladilno mazalnog sredstva, Doktorska disertacija, Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani, 2009.
- [3] MATLAB, verzija R2012b

Kratka biografija:



Saša Đogić rođen je u Vrbasu 1988. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Proizvodnog dizajna odbranio je 2013.god.



Milenko Sekulić rođen je u Prijepolju 1966. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 2007. god., a od 2012. je zvanju vanrednog profesora. Uža naučna oblast su procesi obrade skidanjem materijala i simulacije.

KONSTRUKCIJA APARATA ZA TERMIČKI TRETMAN MENTE PRESSURE VESSEL DESING FOR THERMAL TREATMENT OF MINT

Đorđe Mihajlović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – MAŠINSTVO

Kratak sadržaj – U radu je prikazano konstruisanje procesnog aparata za termički tretman mente, proračuni su urađeni prema četiri standarda (DIN:1982, EN13445-3:2010, ASME:2010, BS(PD5500):2009) koji se koriste za konstruisanje posuda pod pritiskom. Data je i uporedna analiza dimenzija između standarda za neke karakteristične pozicije. Teoretski deo prikazuje paralelne proračune između pomenutih standarda.

Abstract – The paper describes the construction of process equipment for the thermal treatment of mint. Calculations are made according to four standards (DIN 1982, EN13445:3-2010, ASME: 2010, BS (PD5500): 2009), which are used for the construction of pressure vessels. Also included is a comparative analysis between the standard sizes for some typical positions. The theoretical part shows the parallel computations between these standards.

1. UVOD

Posude pod pritiskom datiraju još iz perioda prve industrijske revolucije, od pronalaska parne mašine. Pored tehnike koja se neverovatnom brzinom razvijala tih godina, posude pod pritiskom našle su se još u medicini i procesnim industrijama (hrana, lekovi, kozmetika). Stalni tehnički i tehnološki zahtevi doveli su do usavršavanja posuda pod pritiskom, kako njihovog dizajna tako i proračuna i kvaliteta. Vremenom proračuni su postajali sve temeljniji i precizniji da bi se danas, posle toliko godina, potpuno ovladalo tom tehnikom.

U proračunima posuda pod pritiskom karakteristične su dve metode koje se danas koriste:

- o dimenzionisanje pomoću formula (DBF)
- o dimenzionisanje analizom (DBA)

U praksi se najčešće koristi dimenzionisanje prema formulama. Prema tome su napisani standardi koji propisuju načine i pravila konstruisanja posuda pod pritiskom. U osnovi tih formula koristi se teorija ljuske kako bi se problem udaljio od komplikovane prakse i omogućio jednostavno teoretsko rešavanje.

2. OPIS APARATA

U procesu termičke obrade mente kao proizvod dobijaju se eterična ulja koja se koriste u medicinske svrhe. Za spravljanje eteričnih ulja koriste se nadzemni

delovi biljke koji sadrže izvesni procenat ulja (5 –7%) u određenoj zapremini.

Na slici 1. prikazan je sklopni crtež aparata za termički tretman mente. Proces se odvija sledećim postupkom: preko cevnog priključka DN80 (pozicija N1), dovodi se mešavina vode i nadzemnih delova biljke (mente) u telo aparata koje se sastoji od cilindričnog omotača (pozicija 17.) i plitkog torisferičnog tanjira (pozicija 19.). Mešavina se ubacuje sa natpritiskom od 1 bara. Kada se posuda napuni radnom materijom, zatvara se ulazni zaporni ventil koji je spojen sa priрубnicom DN80,PN2 preko koga se dovodi radna materija. Nakon završetka punjenja započinje se proces grejanja. Preko otvora za dovod vodene pare DN40 (pozicija N9.) dovodi se suvozasićena vodena para pritiska 3 bara. Suvozasićena vodena para struji između tela aparata i košuljice aparata koja se sastoji od cilindričnog omotača (pozicija 111.) i plitkog torisferičnog tanjira (pozicija 110.). Kako bi se proces ubrzao, unutar tela aparata nalazi se mešalica koja je spojena sa reduktorom koji pokreće elektromotor. Mešalica se okreće brzinom od 25 obrtaja u minuti. Preko cevi DN20 (pozicije N2.) reguliše se nivo mešavine u telu aparata. Kroz slavinu (pozicija N3) se izima uzorak kako bi se proces kontinualno pratilo. U telu aparata se nalazi sonda za merenje temperature (pozicija N6.), a vrednost temperature se očitava sa displeja (pozicija 16.). Potrebno je nakon završetka procesa ohladiti obrađenu mešavinu. Hlađenje je omogućeno preko priključka za dovod vode DN20 (pozicija N4.). Tokom procesa ulazni zaporni ventil na priključku za dovod vode je zatvoren. Karakteristike vode su pritisak od 3 bara i temperatura od 20°C. Kondenzovana vodena para se odvodi preko priključka za odvod kondenzata DN20 (pozicija N8.) koji je preko priрубnice DN20,PN6 spojen sa cevovodom za odvod kondenzata. Nakon završetka procesa, radna materija se odvodi pomoću priključka za odvod radne materije DN80 (pozicije N7.) koja je sa priрубnicom DN80, PN2 spojena sa izlaznim zapornim ventilom.

Telo aparata na svom gornjem delu ima zavarenu priрубnicu DN500, PN2 (pozicija 15.) koja je pomoću vijaka M20 (pozicije 11, 12, 13) spojena sa ravnom pločom, odnosno nestandardnom slepom priрубnicom (pozicija 14.). Na ravnoj ploči tela aparata se nalaze uške za nošenje aparata i na nju naleže prenosni mehanizam za mešalicu. Osnovno rastojanje od priključka za dovod radne materije i rupe za prolaz vratila mešalice iznosi 140mm. Sonda za temperaturu prolazi kroz zaštitnu cev DN25 (pozicija N5.)

Ceo aparat obložen je mineralnom vunom debljine 60 mm kako bi se smanjili toplotni gubici u okolini. Mineralna vuna je od okoline zaštićena tankim čeličnim limom od 1mm oznake (X6CrNiTi18-10) prema DIN standardu. Aparat se oslanja na tri oslonca. Oslonac čini standardna bešavna cev DN50 izrađena od čelika 25CrMo4. Dimenzije pločica za

NAPOMENA:

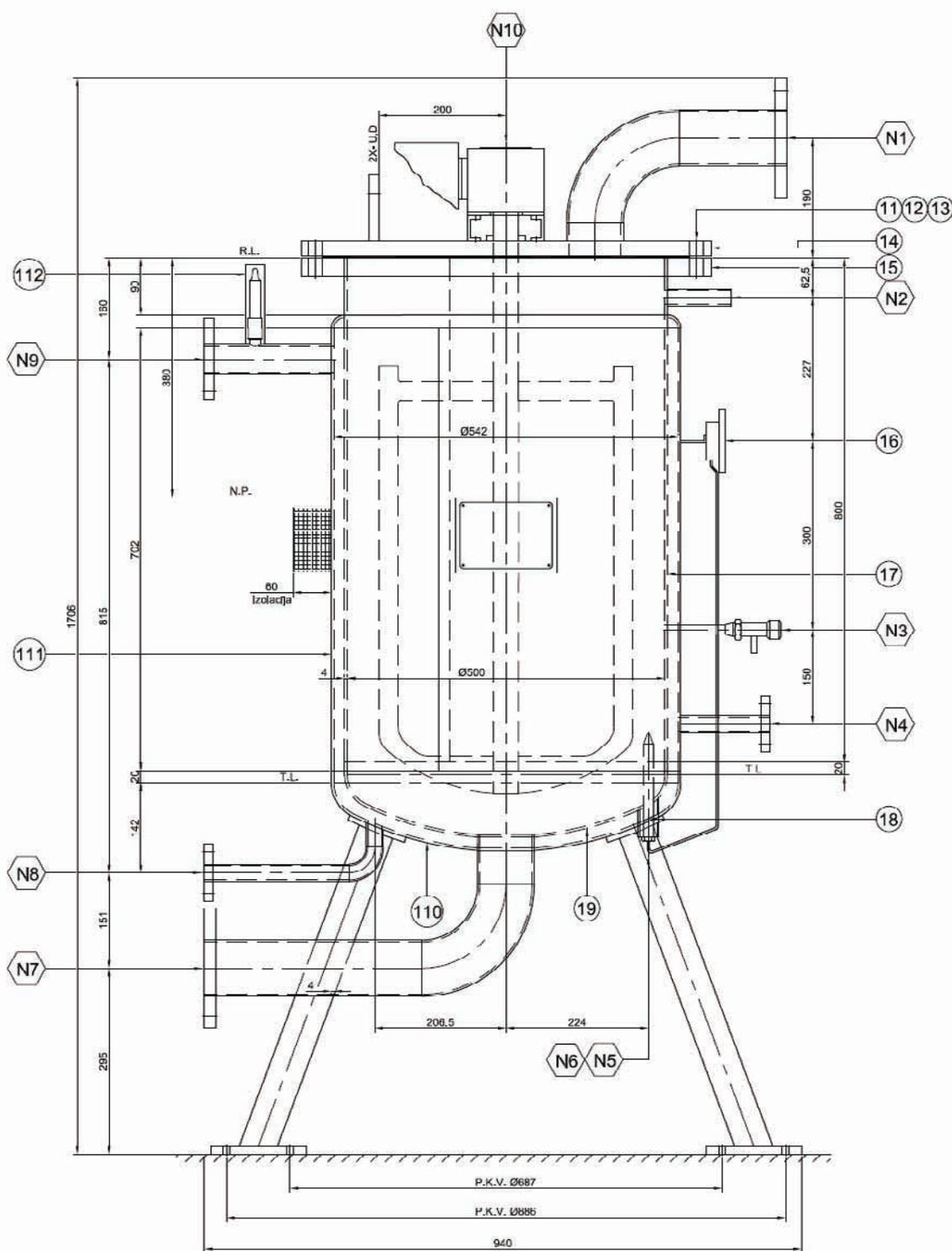
Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Momčilo Spasojević, dipl.inž.maš.

koje se vari bešavna cev oslonca su: gornja je $\varnothing 90$ debljine 9mm, donja 150 x 150 x 13mm. Ugao koji zaklapaju osa bešavne cevi i površina donje pločice jednak je 110° . Ceo aparat je izrađen od materijala X6CrNiTi18-10. Vijci su od materijala 20Mn5. Zaptivanje između prirubnice i ravne ploče tela aparata ostvarena je pomoću politetrafluoretilena (PTFE) čije

su dimenzije 35x3mm, on je postavljen kružno po površini prirubnice. Sve površine se moraju polirati.

3. KONSTRUKCIJA APARATA

Ceo aparat je proračunat prema četiri standarda za projektovanje posuda pod pritiskom (DIN:1982, EN13445-3:2010, ASME:2010, BS(PD5500):2009).



Slika 1. Prikaz procesnog aparata

Standardi	DIN:1982	EN13445:2009	ASME: 2010	BS (PD5500:2009)
Cilindrični omotač tela aparata (poz. 17)	0.37 mm (4mm)	0.86 mm (4mm)	0.31 mm (4mm)	0.179 mm (4mm)
	-57 %	100 %	-64 %	-79 %
Plitko torisferično dance tela aparata (poz. 19)	0.37 mm (4mm)	0.49 mm (4mm)	0.55 mm (4mm)	1.0 mm (4mm)
	-24 %	100 %	12 %	104 %
Cilindrični omotač košuljice aparata (poz.111)	1.20 mm (4mm)	0.94 mm (4mm)	1.01 mm (4mm)	0.58 mm (4mm)
	29 %	100 %	8 %	-38 %
Plitko torisferično dance košuljice aparata (poz. 110)	1.99 mm (4mm)	1.41 mm (4mm)	1.79 mm (4mm)	1.1924 mm (4mm)
	42 %	100 %	27 %	-15 %
Debljina ravne ploče na telu aparata (poz. 14)	28.00 mm	20.00 mm	16 mm	16 mm
	40 %	100 %	-20 %	-20 %
Otpornost tela aparata na spoljni pritisak	3.98 bar	3.55 bar	5.4 bar	3.42 bar
	12 %	100 %	51 %	-4 %
Otpornost košuljice aparata na spoljni pritisak	3.05 bar	1.40 bar	4.85 bar	3.66 bar
	118 %	100 %	246 %	162 %

Napomena:
U zagradama su prikazane usvojene vrednosti debljina zidova. Usvojene vrednosti su iste zbog zadovoljavanja otpornosti konstrukcije na spoljni pritisak i jednostavnije tehnologije izrade.

Tabela 1. Zaključak proračuna procesnog aparata između standarda

4. ZAKLJUČAK

Različita debljina cilindričnog omotača tela aparata (poz. 17.) opravdava se time što po DIN standardu imamo aproksimirane vrednosti granice tečenja u zavisnosti od temperature. Kod EN standarda se javlja znatno veća debljina jer ima posebno pravilo za duplikatore koje se mora slediti u proračunu. Što se tiče ASME standarda on ima nešto veće debljine omotača jer on u startu ima znatno nižu proračunsku čvrstoću materijala, dok Britanski standard usvaja da je koeficijent oslabljenja usled zavarivanja jednak 1 i time dobija znatno tanje zidove. Analiza debljina plitkih torisferičnih danca dovodi do sledećeg zaključka: kod DIN standarda se javlja problem materijala koji zavisi od temperature i aproksimirane vrednosti. ASME standard ponovo degradira materijal, i debljinu određuje pomoću jedne formule koja mora da zadovolji debljine sva tri segmenta danca što dovodi do zaključka da je moralo da se ide na sigurnost i na nešto veće debljine. Kod Britanskog standarda vrednost debljine zida određuje se očitavanjem sa dijagrama što daje opet nešto manje debljine, međutim kod debljine plitkog torisferičnog danca na telu aparata (poz. 19) dobija se znatno veća debljina jer ti radni uslovi nisu definisani dijagramom (Dijagram 12. strana 43., master rad) pa se morala usvojiti prva veća kriva koja definiše rigoroznije uslove. Kod debljine ravne ploče pored različitih osobina materijala koje se koriste u proračunu javljaju se i različita tumačenja koja se zasnivaju na konstruisanju ravnih ploča koje su izložene pritisku. Time se dobijaju različite debljine. Najveći problem konstrukcije ravne ploče u ovom slučaju predstavljaju dva otvora koja se nalaze na rastojanju od 140mm. DIN standard govori da ako se na ravnoj ploči nalazi otvor, debljina zna da se poveća i za 1,5 puta. Kod EN13445 standarda slična je situacija samo što je malo bolji i sistematičniji pristup fizici problema.

Kod ASME standarda debljina se uvećava samo koliko je uklonjena površina oduzimanjem otvora, dok Britanski standard ima isti prilaz fizici problema kao EN13445. Što se tiče otpornosti na spoljni pritisak kod proračuna prema DIN - u, EN - u 13445 i Britanskom standardu fizika prilaza problemu je ista, jedino se ASME standard poziva na dijagrame u kojima je prethodno određena zavisnost modula elastičnosti i temperature preko faktora.

5. LITERATURA

- [1] A. Bogner, A. Petrović „Konstrukcije i proračuni procesnih aparata“, Beograd 1991;
- [2] A. Bogner, A. Petrović, „Propisi i standardi za stabilne i pokretne posude pod pritiskom“, Beograd 1991;
- [3] „EN-13445, UPV, Part 3: design“, Brussels, 3.2010
- [4] „ASME, BPVC, Sec. VIII, Div. 1, Rules for construction of pressure vessel“, New York, USA, 2010
- [5] „British Standards, Specification for unfired fusion welded pressure vessels“, London, 2009.
- [6] „Pressure vessel design manual“, Dennis Moss, Fluor, California, USA;

Kratka biografija:



Đorđe Mihajlović rođen je u Sremskoj Mitrovici 1989. god. Srednju mašinsku školu završio 2008. god. u Rumi. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu iz oblasti Mašinstva – Procesna tehnika odbranio je 2013.god.

KONSTRUKCIJA APARATA ZA ZAGREVANJE GASA DESING OF HEAT EXCHANGER FOR GAS HEATING

Marina Vojinović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – MAŠINSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu prikazana je konstrukcija aparata za zagrevanje gasa prema propisu SRPS EN 13445, određene su potrebne dimenzije delova aparata, i dat je teorijski prikaz analize napona na mestu priključaka.

Abstract – This paper presents the calculation procedure of a heat exchanger according to regulation SRPS EN 13445, required dimensions are determined, and given analysis of stress on nozzle.

Ključne reči: Zagrejač gasa, Debljina zida, Analiza napona

1. UVOD

Pod toplotnim aparatima – izmenjivačima toplote se podrazumevaju tehnološki aparati u kojima se obavlja proces razmene toplote između radnih medijuma. U užem smislu reči (kako je to uobičajeno u procesnoj tehnici, termoenergetici i termotehnici) prema [1], izmenjivači toplote predstavljaju aparate u kojima se toplota razmenjuje između procesnih i energetskih fluida. Šematski prikaz zagrejača gasa na Slici 1.

2. KONSTRUKCIJA PREMA PROPISU SRPS EN 13445

Za potrebe procesne industrije potrebno je izraditi konstrukciju zagrejača gasa sledećih karakteristika:

Tabela 1. Karakteristike gasa

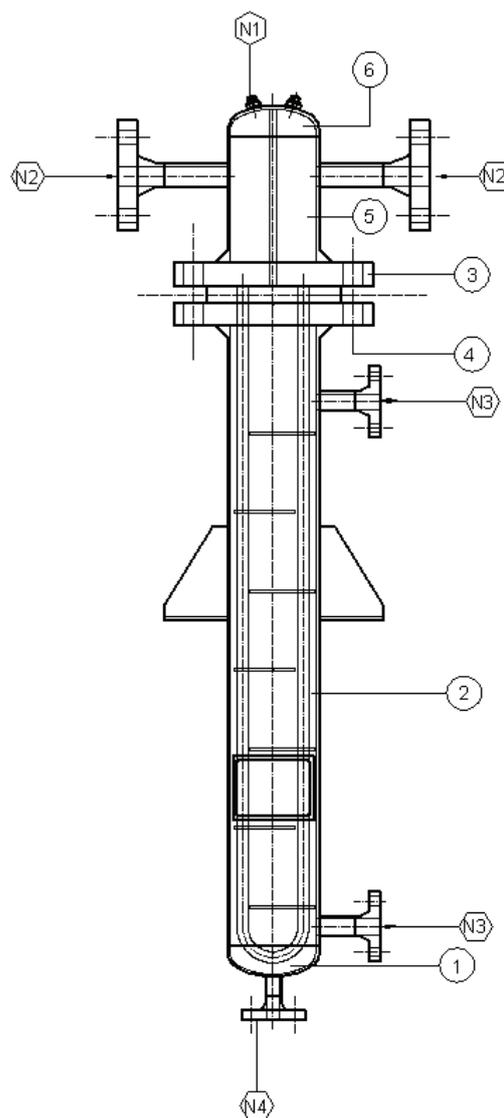
	Gas	
Pritisak	50.6	bar
Površina razmene	0.467	m ²
Dimenzije cevi	Ø14x2	mm
Spoljni prečnik omotača	Ø114.3	mm

Tabela 2. Karakteristike tople vode

	Topla voda	
Temperatura	90	°C
Pritisak	2.5	bar

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Momčilo Spasojević, dipl.inž. maš.



Slika 1. Šematski prikaz zagrejača gasa

2.1 Potrebne debljine cilindričnog omotača

Materijal cilindričnog omotača je P265 GH, na osnovu materijala sledi određivanje nazivnog proračunskog napona:

$$f_D = \min\left(\frac{R_{p0.2/t}}{1.5}, \frac{R_{m/20}}{2.4}\right) \quad (1)$$

$$f_D = 135.6 \text{ [MPa]}$$

gde je: $R_{p0.2/t}$ [MPa] - najmanji konvencionalni napon tečenja za 0.2 %

$R_{m/20}$ [MPa] - zatezna čvrstoća pri 20 °C

λ [-] - koeficijent valjanosti zavarenog spoja

$$R_{p0.2/t} = 226 \text{ MPa}$$

$$R_{m/20} = 410 \text{ MPa}$$

$$z = 1$$

Debljina cilindričnog omotača – sa strane gasa (pozicija 5 Slika 1).

$$e = \frac{P \cdot D_e}{2f \cdot z + P} \quad (2)$$

$$e = 2.6 \text{ [mm]}$$

usvaja se vrednost $e_n = 3.6 \text{ mm}$, na osnovu tabele za standardne bešavne cevi DIN 2448.

gde je: e [mm] - potrebna debljina

P [MPa] - proračunski pritisak

D_e [mm] - spoljni prečnik

f [MPa] - nazivni proračunski napon

Debljina cilindričnog omotača – sa strane tople vode (pozicija 2, Slika 1).

$$e = \frac{P \cdot D_e}{2f \cdot z + P} \quad (3)$$

$$e = 0.9 \text{ [mm]}$$

usvaja se vrednost $e_n = 3.6 \text{ mm}$, na osnovu tabele za standardne bešavne cevi DIN 2448

Debljina danca sa strane gasa, (pozicija 6, Slika 1).

Šematski prikaz danca sa svim dimenzijama dat na Slici 3.

$$e_y = \frac{\beta \cdot P(0.75R + 0.2D_i)}{f} \quad (4)$$

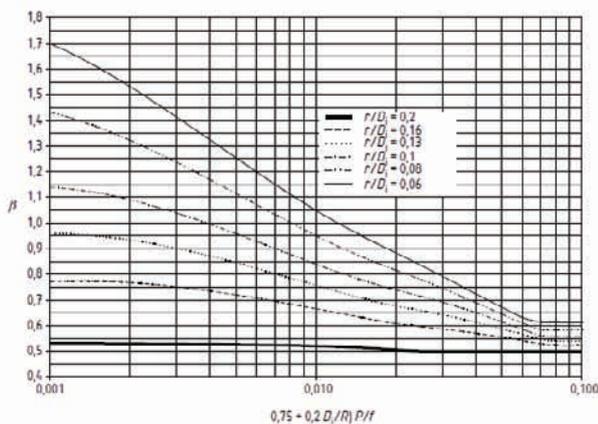
$$e_y = 1.95 \text{ [mm]}$$

gde je: β [-] - koeficijent koji se dobija iz Slike 2.

R [mm] - unutrašnji poluprečnik sfere

D_i [mm] - unutrašnji prečnik cilindrične ivice

usvaja se vrednost $e_n = 3.6 \text{ mm}$, na osnovu EN 10253-2



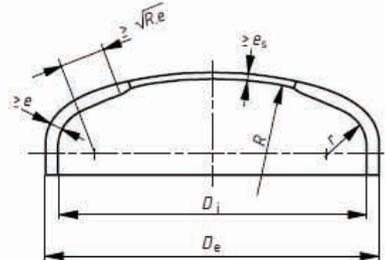
Slika 2. Koeficijent β za torisferična danca

Debljina danca sa strane tople vode, (pozicija 1, Slika 1).

$$e_y = \frac{\beta \cdot P(0.75R + 0.2D_i)}{f} \quad (5)$$

$$e_y = 1.16 \text{ [mm]}$$

usvaja se vrednost $e_n = 3.6 \text{ mm}$, na osnovu EN 10253-2



Slika 3. Geometrija torisferičnog danca

2.2 Potrebne debljine priključaka

Priključak DN15, (pozicija N4, Slika 1).

$$e = \frac{P \cdot D_i}{2f \cdot z - P} \quad (6)$$

$$e = 0.82 \text{ [mm]}$$

usvaja se vrednost $e = 2 \text{ mm}$, na osnovu tabele za standardne bešavne cevi DIN 2448.

Priključak DN20, (pozicija N3, Slika 1).

$$e = \frac{P \cdot D_i}{2f \cdot z - P} \quad (7)$$

$$e = 0.83 \text{ [mm]}$$

usvaja se vrednost $e = 2.3 \text{ mm}$, na osnovu tabele za standardne bešavne cevi DIN 2448.

Priključak DN25, (pozicija N2, Slika 1).

$$e = \frac{P \cdot D_i}{2f \cdot z - P} \quad (8)$$

$$e = 1.26 \text{ [mm]}$$

usvaja se vrednost $e = 2.3 \text{ mm}$, na osnovu tabele za standardne bešavne cevi DIN 2448.

2.3 Debljina prirubnice sa grlom

Šematski prikaz prirubnice je na Slici 4. Materijal prirubnice je P245 GH, (pozicija 3, Slika 1) na osnovu materijala prirubnice sledi određivanje nazivnog proračunskog napona:

$$f_D = \min\left(\frac{R_{p0.2/t}}{1.5}, \frac{R_{m/20}}{2.4}\right)$$

$$f_D = 130 \text{ [MPa]}$$

$$R_{p0.2/t} = 195 \text{ [MPa]}$$

$$R_{m/20} = 410 \text{ [MPa]}$$

na osnovu momenta prirubnice koji iznosi:

$$M_R = 3926.7 \text{ [Nm]}$$

sledi izračunavanje potrebne debljine prirubnice:

$$e = \sqrt{\frac{6M_R}{f(\pi C - n \cdot d_h)}} \quad (9)$$

$$e = 20.6 \text{ [mm]}$$

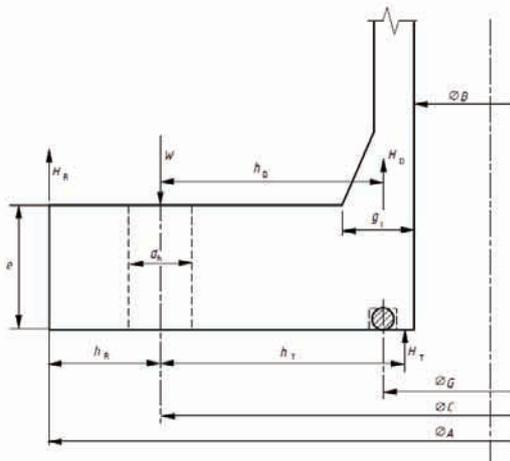
usvaja se vrednost $e = 25 \text{ mm}$.

gde je: $n = 8$ broj vijaka

$d_h = 24 \text{ [mm]}$ prečnik rupe za vijak

$C = 200 \text{ [mm]}$ prečnik podeonog kruga rupa za

vijke



Slika 4. Prikaz prirubnice sa grom

3. ANALIZA NAPONA NA MESTU PRIKLJUČAKA

Priključci koji se nalaze na posudama, su neophodni, kako bi se izvršila konekcija sa ostalim delovima procesne opreme. Geometrijski parametri veze priključaka mogu se znatno razlikovati čak za jednu istu posudu pod pritiskom. Ovi priključci izazivaju diskontinuitet omotača posude pod pritiskom, dakle koncentracija napona je stvorena oko otvora na samoj posudi pod pritiskom. Spoj koji je ostvaren između priključka i zida posude može da bude ugrožen baš zbog visoke koncentracije napona, i zbog toga je neophodna detaljna analiza napona na mestu priključaka, prema [4].

3.1 Maksimalni napon na sferičnom omotaču/priključku zbog dejstva unutrašnjeg pritiska

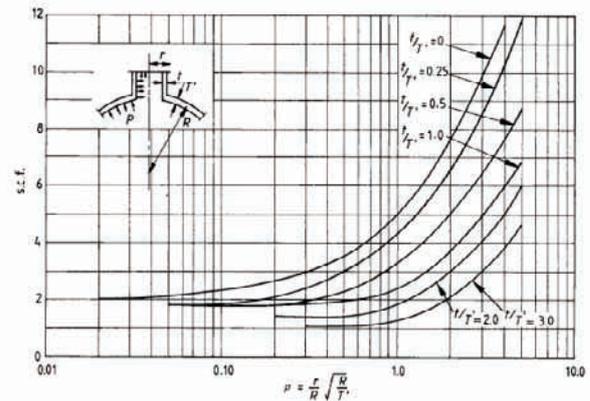
Dijagrami 5 i 6 daju prikaz zavisnosti faktora koncentracije napona s.c.f.s i bezdimenzijskog faktora ρ za promenljive vrednosti debljine zida priključka i omotača t/T za neposredne i prodiruće priključke, prema [3].

$$\sigma_{\max} = s.c.f. \times \frac{PR}{2T} \quad (10)$$

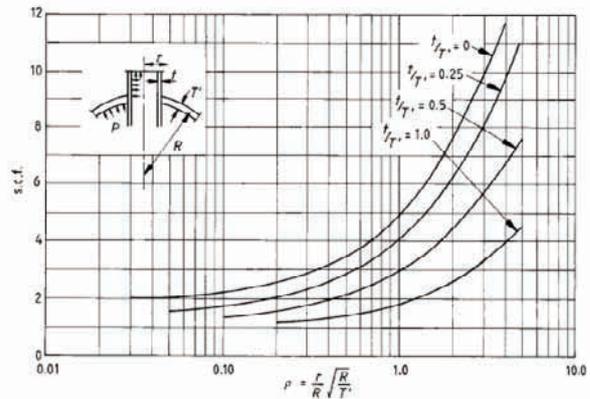
gde je: P [MPa] - unutrašnji pritisak

R [mm] - radijus sfernog omotača

T [mm] - debljina zida sferičnog omotača



Dijagram 5. Maksimalni napon na sferičnom omotaču koji je izložen unutrašnjem pritisku (neposredni priključak)



Dijagram 6. Maksimalni napon na sferičnom omotaču koji je izložen unutrašnjem pritisku (prodirući priključak)

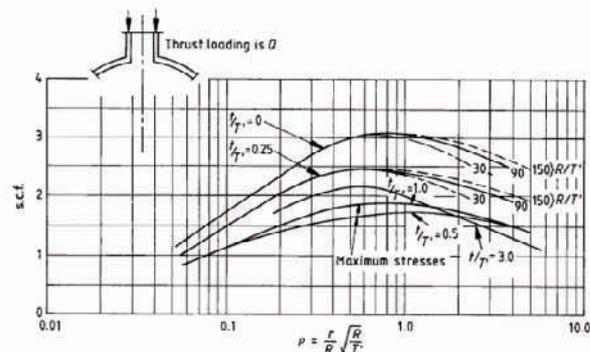
3.2 Maksimalni napon na sferičnom omotaču/priključku zbog dejstva radijalnog opterećenja

Dijagrami 7 i 8 daju prikaz faktora koncentracije napona i bezdimenzijskog faktora ρ za neposredni i prodirući priključak.

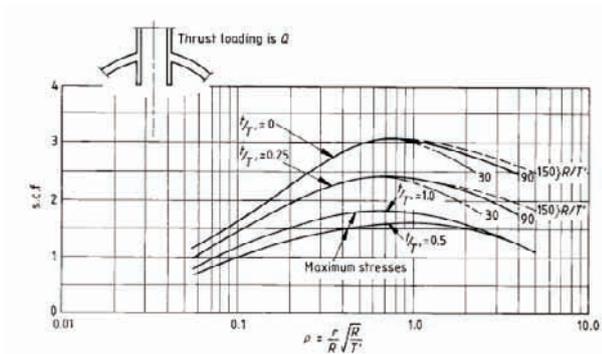
$$\sigma_{\max} = s.c.f. \times \frac{Q}{2\pi r T} \sqrt{\frac{R}{T}} \quad (11)$$

gde je: Q [N] - radijalno opterećenje na priključku

r [mm] - radijus priključka



Dijagram 7. Maksimalan napon na sferičnom omotaču koji je izložen radijalnom opterećenju (neposredni priključak)

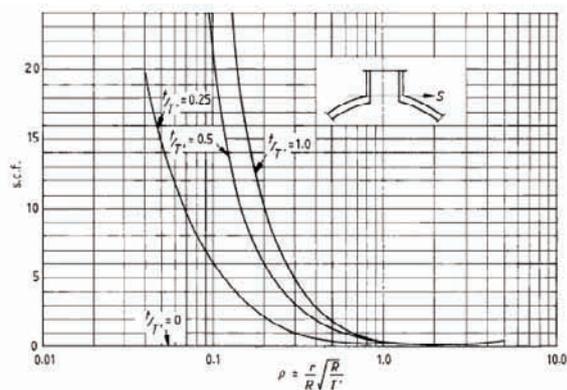


Dijagram 8. Maksimalni napon na sferičnom omtaču koji je izložen radujalnom opterećenju (prodirući priključak)

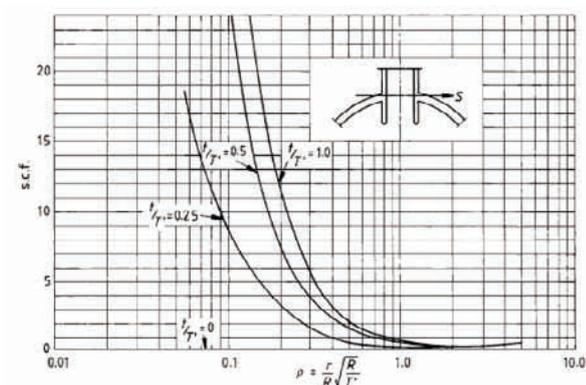
3.3 Maksimalni napon na sferičnom omtaču/priključku koji je izložen smicanju

Dijagrami 9 i 10 daju prikaz faktora koncentracije napona i bezdimenzijskog faktora ρ za neposredni i prodirući priključak.

$$\sigma_{\max} = s.c.f. \times \frac{S}{2\pi r T} \quad (13)$$



Dijagram 9. Maksimalni napon na sferičnom omtaču koji je izložen smicanju (neposredni priključak)



Dijagram 10. Maksimalni napon na sferičnom omtaču koji je izložen smicanju (prodirući priključak)

4. ZAKLJUČAK

U radu je prikazan proračun izmjenjivača toplote, prema propisu SRPS EN 13445. Radna materija u datom procesnom aparatu je gas na pritisku 50.6 bar, koji struji kroz snop cevi.

U plaštu se nalazi topla voda na temperaturi od 90°C i pritiska 2.5 bar. U teorijskom delu nalazi se prikaz maksimalnih napona na sferičnom omtaču/priključku zbog dejstva unutrašnjeg pritiska, radijalnog opterećenja i smicanja.

5. LITERATURA

- [1] Jaćimovic B. (1992). „Toplotne operacije i aparati“, Mašinski fakultet, Beograd.
- [2] Propis SRPS EN 13445
- [3] Propis BS5500
- [4] Pravin Narale. (2012). „Structural Analysis of Nozzle Attachment on Pressure Vessel“, Mechanical Department, College of Enginnering Pandharpur, India.

Kratka biografija:



Marina Vojinović rođena je u Novom Sadu 1989. god. Srednju mašinsku školu završila 2008. god. u Novom Sadu. master rad na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu iz oblasti Mašinstva – Procesna tehnika odbranila je 2013.god.

BUŠENJE NAFTE I POTREBNA OPREMA OIL DRILLING AND REQUIRED EQUIPMENT

Ivan Tutorov, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – MAŠINSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu opisan je princip bušenja (vađenja) nafte, zajedno sa potrebnom opremom za te operacije. Cilj ovog rada pored upoznavanja sa opremom je i sticanje osećaja za određene veličine koje se koriste u naftnoj tehnici. Tehničkim zadatkom su prikazane neke od veličina koje su od ključalnog značaja pri operacijama bušenja.

Abstract – This work describes principles of oil drilling, together with the necessary equipment for this operation. The goal of this thesis is to provide basic introduction to drilling equipment and present calculation of some variables used in petroleum engineering.

Ključne reči: Nafta, Bušenje nafte, Oprema za bušenje

1. UVOD

Nafta je neobnovljivo, fosilno gorivo i prema tome ograničene je dostupnosti. Međutim, još dugo vremena će biti glavni izvor energije i to otkrivanjem novih izvora, otkrivanjem novih postupaka vađenja iz postojećih izvora i poboljšanim procesima prerade. Prvu bušotinu za naftu izbušio je pukovnik Dreyk 1859. godine u Americi (Zapadna Pensilvanija). Proces bušenja vršen je udarnom metodom pomoću dleta i užeta obešenih o drveni đeram koga je pokretala parna mašina, on je prvi primenio i obloženu cev da spreči zarušavanje bušotine

Bušenje je postupak izrade bušotine. Od samog početka pa sve do danas bušenje je čisto mehanički postupak. U novije vreme istražuju se drugi postupci razaranja stene pri bušenju, na primer primenom ultrazvuka, plazme, toplote itd. Međutim ovi postupci do danas nemaju industrijsku primenu i njihov značaj je čisto naučni.

Za sam proces bušenja koriste se mehaničke metode (slika 1.), a to su:

- udarne (perkusione)
- rotacione metode
- ponekad se koriste i udarno-rotacione metode, ali vrlo retko u naftnoj i gasnoj tehnici

2. POSTROJENJA ZA BUŠENJE I PROFILI BUŠOTINA

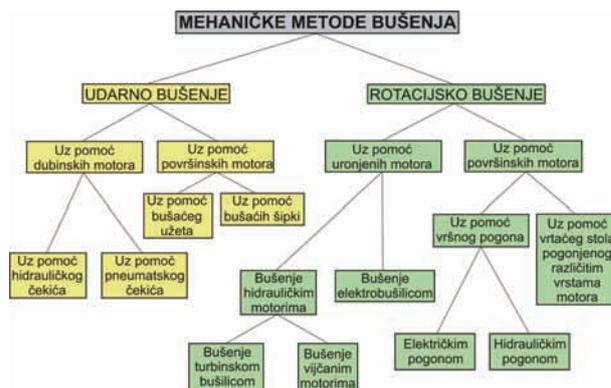
Podela bušotinskih postrojenja je druga po značajnosti u tehnici bušenja posle mehaničkih metoda bušenja.

U osnovi, sva postrojenja za bušenje se mogu podeliti na dve osnovne kategorije [1]:

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Marija Vičević, docent.

- postrojenja za rad na kopnu (onshore), i
- postrojenja za rad na vodi (offshore)



Slika 1. *Mehaničke metode bušenja*

Može se odrediti i treća kategorija – postrojenja za bušenje na kopnenim vodama (“inland rigs”) u jezerima, močvarama i estuarima.

Mnogi smatraju da su ova postrojenja u stvari postrojenja za rad na vodi, zato što ona takođe buše u vodi [2].

Pored podele po mestima na kojima mogu biti stacionirana (more, kopno) postrojenja se mogu podeliti i po veličini (tabela 1) i maksimalno mogućoj dubini bušenja.

Tabela 1. Veličine postrojenja i maksimalne dubine bušenja

VELIČINA POSTROJENJA	MAKSIMALNA DUBINA BUŠOTINE [m]
LAKA	1000-1500
SREDNJA	1200-3000
TEŠKA	3500-5500
VEOMA TEŠKA	5500-7500

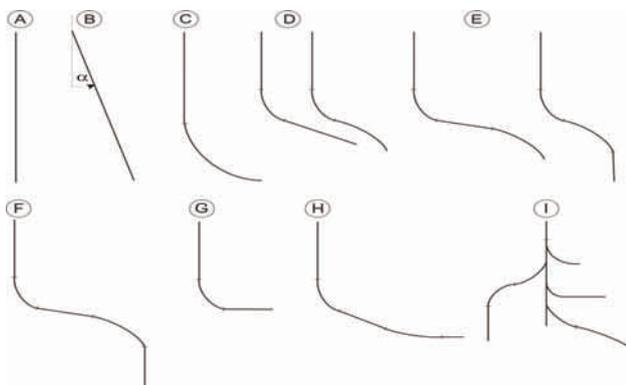
Zavisno od mesta na kojem će biti postavljeno postrojenje za bušenje, operacije bušenja (stvaranje bušotine) se vrše prema unapred izrađenom projektu.

Sve bušotine koje se izrađuju prema unapred izrađenom projektu, čiji je važan element i profil bušotine, mogu se smatrati usmereno skrenutim bušotinama. Čak i vertikalne bušotine su usmereno skrenute, jer geološki parametri nastoje skrenuti bušotinu sa vertikalne, dakle održavanje njene vertikalnosti takođe predstavlja postupak usmerenog skretanja.

Profili naftnih bušotina koji se uzimaju u obzir pri projektovanju mogu imati sledeće oblike [3]:

- vertikalna bušotina
- kosa bušotina
- horizontalna bušotina

Pored osnovnih podela profila bušotina, mogu se izvesti i razne varijacije profila bušotina (slika 2).



Slika 2. Podela profila bušotina i njihove varijacije radijusa skretanja

(A- Vertikalna bušotina; B- Kosa bušotina; C,D,E,F- Više deonična bušotina; G,H- Horizontalna bušotina; I- Granata višeprofilna bušotina)

3. PROJEKTOVANJE I KONSTRUKCIJA BUŠOTINA

Problematika projektovanja izrade bušotine posebno je vezana sa poznavanjem sledećih realnih podataka:

- Pornih (slojnih) pritisaka i temperature,
- Pritisaka frakturiranja (loma) naslaga stena,
- Područja u kojima se pojavljuju agresivni gasovi CO₂ i H₂S.

Navedeni podaci potrebni su za određivanje optimalne konstrukcije bušotine, primenu odgovarajuće tehnologije i pravilan izbor opreme koja omogućava bezbedno izvođenje. Na taj način se opasnost od dotoka slojnih fluida u kanal bušotine, zaglavljivanje alata i gubitak isplake svode na minimum.

Pod konstrukcijom bušotine podrazumeva se projektovanje konstrukcije zaštitne kolone (cevi). Izbor zaštitnih cevi u bušotini povezan je sa poznavanjem velikog broja parametara i praćenjem njihove promene tokom vremena. Zaštitne cevi ugrađuju se za ceo vek trajanja bušotine (nekoliko decenija) i moraju se imati u vidu sve operacije koje se obavljaju na datoj bušotini tokom tog vremena. Nedovoljno poznavanje uticaja pojedinih parametara mora biti uključeno u sigurnosni faktor za izbor zaštitnih cevi [3].

Problematika konstrukcije zaštitnih cevi je veoma složena. U tehničkom smislu konstrukcija zacevljenja temelji se na [4]:

- Predviđenom zadatku i cilju bušotine
- Hidrodinamičkim uslovima koji se očekuju pri raskrivanju naslaga stena
- Kritičnim vrednostima termodinamičkih i geometrijskih parametara
- Tehničkim zahtevima koji se planiraju
- Proizvodnom veku bušotine

Prečnik kojim se započinje bušenje, odnosno prve ugrađene kolone, treba da je toliki da omogući nastavak bušenja i ugradnju poslednje projektovane kolone zaštitnih cevi. Tako da se prema nameni i dubini ugradnje mogu razlikovati 4 vrste različitih kolona zaštitnih cevi koje se koriste tokom bušenja:

- Uvodna,
- Površinska,
- Tehnička,
- Eksploataciona.

Prečnici bušenja i prečnici kolona u funkciji su unutrašnjeg prečnika eksploatacione kolone zaštitnih cevi. Da bi se omogućila ugradnja eksploatacione kolone u bušotini, prečnik bušenja, tj. dleta poslednjeg intervala kanala bušotine mora biti nešto veći od spoljašnjeg prečnika spojnice eksploatacione kolone prema jednačini:

$$D_d = D_s + 2\delta, \quad (1)$$

gde su:

D_d -prečnik dleta za bušenje za eksploatacionu kolonu zaštitnih cevi [mm], D_s -spoljašnji prečnik spojnice eksploatacione kolone [mm], δ -zazor između spoljašnjeg prečnika spojnice eksploatacione kolone i zida kanala bušotine [mm].

Zazor između spoljašnjeg prečnika spojnice eksploatacione kolone i zida kanala bušotine, δ , omogućava formiranje isplačnog kolača na zidu bušotine i prolaz opreme zaštitnih cevi kao što su centralizeri, grebači i drugo. Kod elastičnih nizova zaštitnih cevi (prečnika manjeg od 203,2 mm), zazor δ , se kreće od 5 do 15 mm, a kod krućih kolona (prečnika većeg od 203,2 mm), zazor δ , se kreće od 15 do 45 mm.

Isplaka je jedan od najvažnijih faktora kako pri samom bušenju tako i pri konstrukciji odnosno zacevljenju bušotine.

Složena uloga isplake ogleda se u nizu sledećih veoma važnih tehnoloških funkcija:

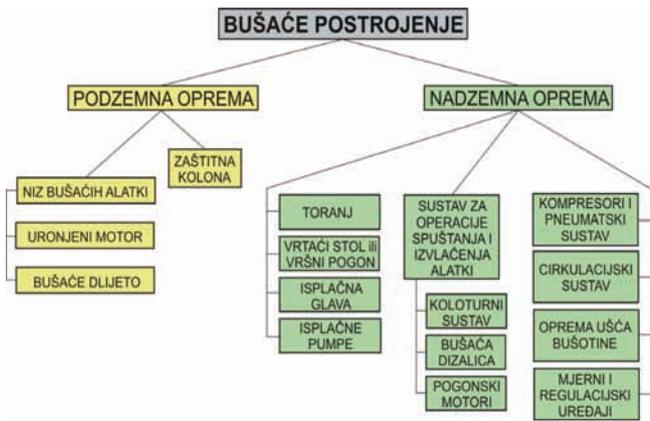
- Iznošenje krhotina (čestica) bušenih stena sa dna bušotine na površinu
- Držanje krhotina kada isplaka miruje
- Stvaranje nepropusnog glinenog obloga na zidovima kanala bušotine
- Sprečavanje obrušavanja zida kanala bušotine
- Izbegavanje oštećenja proizvodnih stena (slojeva)
- Kontrola slojnog (pornog) pritiska i sprečavanje dotoka slojnih fluida u kanal bušotine.

4. PODZEMNA I NADZEMNA OPREMA ZA BUŠENJE (GARNITURE ZA BUŠENJE)

Treća podela po važnosti koja je bitna za operacije bušenja, je podela opreme postrojenja za bušenje na:

- Podzemnu i
- Nadzemnu opremu

Ova podela prikazana je na slici 3.



Slika 3. Podela opreme na postrojenjima za bušenje

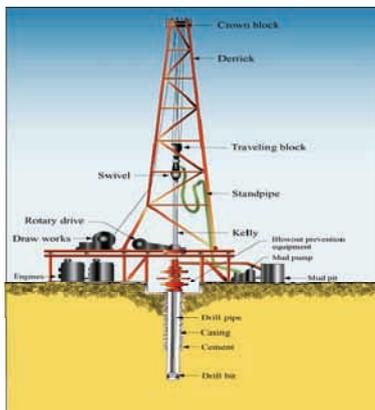
U podzemnu opremu (slika 4) pored pomenute zaštitne kolone, spadaju i niz alatki za bušenje, uronjeni motori ukoliko se buši pomoću hidrauličnog pogona i dleto za bušenje koje se može smatrati sastavnim delom bušećeg niza.

Niz alatki za bušenje čine:

- Radna šipka
- Šipke za bušenje
- Teške šipke
- Prelazi sa šipki na dleto
- Stabilizeri koji održavaju pravac i sprečavaju zarušavanje bušotine
- Dleto sa mlaznicama koje služi za razbušivanje stena, kroz čije mlaznice izlazi isplaka koja isnosi razbušene krhotine stena između zaštitne kolone i prvo teških, a posle i šipki za bušenje sve do površine.

Nadzemna oprema (slika 4) se može podeliti na tri podgrupe:

- Oprema vezana za podište tornja (toranj, motori, vrteći sto, isplačne pumpe, isplačna glava)
- Oprema za manipulaciju, spuštanje i podizanje bušećeg niza (dizalica, nepokretni i pokretni kotur, kuka)
- Sigurnosna i pomoćna oprema na bušotinskom postrojenju (protiv-eruptivna oprema, kompresori za vazduh, isplačni bazeni, merna i regulaciona oprema)



Slika 4. Nadzemna i podzemna oprema

5. TEHNIČKI ZADATAK

Tehničkim zadatkom je traženo da se izračuna prividna težina određenog niza alatki za bušenje datog u zadatku, i aksijalno naprezanje teških i bušećih šipki pri operaciji bušenja sa delovanjem sile na dleto $F_d = 0$ i $F_d = 10000$ daN, kao i neutralna tačka teških bušačkih šipki za bušači niz (tabela 2.). Pored toga bilo je potrebno izračunati veličinu mlaznica na dletu za različite protoke isplake kroz dleto, tako da su ostvareni hidraulični efekti ($Q_{min} = 1000$ l/min za maksimalnu brzinu mlaza na dletu, $Q_{opt} = 1200$ l/min za maksimalnu hidrauličnu snagu na dletu i $Q_{max} = 1400$ l/min za silu udara mlaza).

Tabela 2. Bušači niz

Šipke za bušenje	Teške šipke
Spoljašnji prečnik: $D_{s,b\bar{s}}=158,8$ mm	Spoljašnji prečnik: $D_{s,t\bar{s}}=158,8$ mm
Težina šipke sa spojnicom: $W_{b,\bar{s}}=30,76$ daN/m	Težina šipke sa spojnicom: $W_{t,\bar{s}}=127,4$ daN/m
Ukupna dužina šipki: $L_{b,\bar{s}} = 2870$ m	Ukupna dužina šipki: $L_{t,\bar{s}} = 130$ m

Dobijeni su sledeći rezultati za silu primenjenu na dleto $F_d=0$ daN:

Težina alata za bušenje u vazduhu iznosi:

$$T = (L_{b,\bar{s}} \cdot W_{b,\bar{s}} + L_{t,\bar{s}} \cdot W_{t,\bar{s}}) = 104.843 \text{ daN}$$

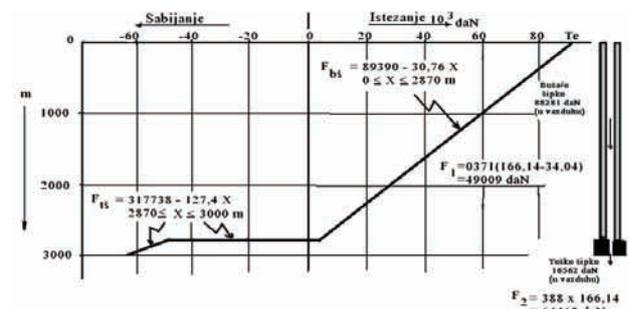
Težina alata za bušenje koji visi na kuki, a potopljen je u isplaku:

$$T_e = T(1 - 0,1274 \cdot \rho_{t\bar{s}}) = 87.212 \text{ daN}$$

Aksijalna sila (opterećenja istežanje i sabijanje) za bušeće i teške šipke u zavisnosti od dubine bušotine prikazane su na dijagramu (slika 5.)

$$F_{t,\bar{s}} = W_2 - F_2 - F_d = W_{t,\bar{s}} \cdot (Z - X_{t,\bar{s}}) - p_2 \cdot A_2 - F_d = 317738 - 127,4 X \text{ (daN)} \quad \text{za } 0 \leq X \leq 3000 \text{ m}$$

$$F_{b,\bar{s}} = T_e = W_1 + W_2 + F_1 - F_2 - F_d = W_{b,\bar{s}} \cdot (L - X_{b,\bar{s}}) + W_{t,\bar{s}} \cdot L_{t,\bar{s}} + p_1(A_2 - A_1) - p_2 \cdot A_2 - F_d = 89390 - 30,76 X \text{ (daN)} \quad \text{za } 0 \leq X \leq 2870 \text{ m}$$



Slika 5. Dijagram opterećenjašipki za bušenje i teških šipki

Dobijeni su sledeći rezultati za silu primenjenu na dleto $F_d=10000$ daN:

Aksijalne sile u šipkama za bušenje:

$$F_{b,\bar{s}} = W_{b,\bar{s}} \cdot (L - X_{b,\bar{s}}) + W_{t,\bar{s}} \cdot L_{t,\bar{s}} + p_1(A_2 - A_1) - p_2 \cdot A_2 - F_d = 79390 - 30,76 X \text{ (daN)} \quad \text{za } 0 \leq X \leq 2870 \text{ m}$$

Aksijalne sile u teškim šipkama:

$$F_{t,z} = W_z - F_z - F_d = W_{t,z} \cdot (Z - X_{t,z}) - p_2 \cdot A_2 - F_d = 316738 - 127,4 X \text{ (daN)} \quad \text{za } 0 \leq X \leq 3000 \text{ m}$$

Neutralna tačka:

$$F_{t,z} = W_{t,z} \cdot L_{t,z} \cdot (1 - 0,1274 \rho_{t,z}) = 13777 \text{ daN}$$

Kako je $F_d < F_{t,z}$, za određivanje neutralne tačke koristi se jednačina:

$$L_{pn} = \left(\frac{F_d - F_{t,z}}{W_{t,z}} \right) + L_{t,z} = \left(\frac{10000 - 13777}{127,4} \right) + 127,4 = 97,75 \sim 98 \text{ m}$$

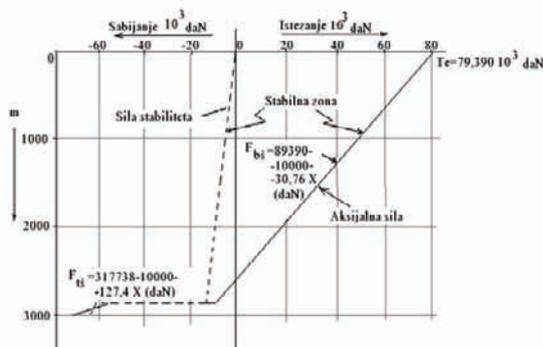
Dubina neutralne tačke u kanalu bušotine:

$$L_n = Z - L_{pn} = 3000 - 98 = 2902 \text{ m}$$

Minimalno potrebna dužina teških šipki ako je ugao otklona bušotine $\alpha = 0^\circ$, da ne bi došlo do izvijanja šipki za bušenje:

$$L_{t,z} = \frac{F_d \cdot S_f}{W_{t,z} \cdot (1 - 0,1274 \rho_{t,z}) \cdot \cos \alpha} = 122,67 \text{ m}$$

Delovanje aksijalnih sila pri delovanju sile na dleto $F_d = 10000 \text{ daN}$ i sile stabilnosti prikazane su na dijagramu (slika 6), a u preseku te dve krive nalazi se neutralna tačka.



Slika 6. Dijagram delovanja sila na dleto

Potrebne veličina mlaznica na dleto za različite protoke isplake i tražene hidrauličke efekte su sledeće:

za protok $Q_{min} = 1000 \text{ l/min}$ i zahtevanu maksimalnu brzinu mlaza ukupna površina tri mlaznice iznosi:

$$A_t = 16,66 \frac{Q_{min}}{v_{ml}} = 138,83 \text{ mm}^2$$

Što znači da bi kombinacija standardnih mlaznica bila:

Jedna mlaznica prečnika 7,1 mm, i dve mlaznice prečnika 7,9 mm.

Za protok $Q_{max} = 1400 \text{ l/min}$ i zahtevanu silu udara mlaza ukupna površina tri mlaznice iznosi:

$$A_t = \sqrt{1,5366 \cdot \frac{1,20 \cdot 1400^2}{60}} = 254,46 \text{ mm}^2$$

Što znači da bi kombinacija standardnih mlaznica bila:

Tri mlaznice prečnika 10,3 mm.

Za protok $Q_{opt} = 1400 \text{ l/min}$ i zahtevanu hidrauličnu snagu mlaza ukupna površina tri mlaznice iznosi:

$$A_t = \sqrt{1,5366 \cdot \frac{\rho_{t,z} \cdot Q_{opt}^2}{\Delta p_{t,z}}} = 182,18 \text{ mm}^2$$

Što znači da bi kombinacija standardnih mlaznica bila:

Tri mlaznice prečnika 8,7 mm, ili dve mlaznice prečnika 8,7 mm i jedna prečnika 9,5 mm

6. DISKUSIJA

Važnost da se odredi potencijalna ukupna težina kompletnog niza za bušenje, kao i težina tog niza potopljenog u isplaku koja je u linearnoj funkciji povezana sa potencijalno očekivanom dubinom bušotine koja se buši ("osvaja") je veoma velika, iz razloga što većina opreme i parametara zavisi od poznavanja potencijalne dubine i težine niza za bušenje (odnosno teških i bušućih šipki).

Garniture se razlikuju po dubinama koje mogu da buše, odnosno težine koje toranj može da izdrži, veličine užadi koje preko dizalice i kotura služe za izvlačenje i spuštanje niza za bušenje. Poznavanje tih veličina su jako bitne jer u slučaju da dođe do prekoračenja težine može doći do mogućeg pucanja tornja, kotura ili užadi.

Sa druge strane, pravilan izbor veličine mlaznica je takođe veoma važan jer je hidrauličke karakteristike bušenja povezane sa brzinom bušenja ekponencionalnom funkcijom, a ona povezana sa ekonomskim efektom jer dan bušenja košta i po desetina hiljada dolara, tako da je zastoj zbog nedovoljnog čišćenja bušotine od krotina, prevelikog pregrevanja dleta usled nedovoljnog hlađenja i mogućeg produženja bušenja usled loše određenih hidrauličnih karakteristika, krajnje nepoželjno.

7. ZAKLJUČAK

Upoznavanje tehnologije bušenja kao i potrebne opreme kojom se to omogućuje potrebno je kako rudarsko-geološkim inženjerima, tako i inženjerima mašinstva. U ovom radu su opisane: tehnologije bušenja, postrojenja za bušenje na kopnu i moru, profili bušotina, konstrukcija bušotina kao i kompletan niz alatki za bušenje (podzemna oprema) i garniture za bušenje sa opremom za zaštitu bušotina od erupcije. U tehničkom delu rada su proračunate neke od veličina koje su od najvećeg značaja pri operacijama bušenja.

Razvoj tehnologije u naftnoj industriji treba podjednako da prate svi inženjeri koji učestvuju u samom procesu bušenja jer danas razvoj tehnologije i povećana svest o zaštiti ljudi na radu do neke mere olakšavaju posao kako samog bušenja, tako i smanjenja neželjenih situacija (povrede operatera ili erupcije bušotine).

8. LITERATURA

- [1] Kavedžija B., Tehnika izrade bušotina, knjiga, RGN fakultet, Zagreb, 1990.
- [2] Bizjak R., Tehnologija bušenja sa projektovanjem, monografija, Novi Sad, DIT NIS-Naftagas, 2004.
- [3] Kavedžija, B.: Sklop za spuštanje i izvlačenje bušačih alatki, Interna skripta, RGN fakultet, 1995.
- [4] Kavedžija, B.: Isplačne glave i gibljive cijevi, Interna skripta, RGN fakultet, 1995.

Kratka biografija



Ivan Tutorov rođen je u Sarajevu 1987. godine. Master rad je odbranio 2013. godine iz oblasti mašinstva.

PUMPNA STANICA ZA VODU SA FREKVENTNOM REGULACIJOM
PUMPING STATION FOR WATER WITH FREQUENCY REGULATIONErik Kakusi, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – MAŠINSTVO**

Kratak sadržaj – U radu je data analiza pumpne stanice za vodu sa frekventnom regulacijom. U teorijskom delu dat je opis pumpnih stanica i njihovih oprema. Stanica se sastoji od dve pumpe (radna i rezervna), hidroforskog rezervoara, cevovoda i prateće opreme. Izvršen je izbor i proračun elemenata pumpne stanice. Svi elementi zadovoljavaju sve tehničke uslove koji su se zahtevali projektom zadatkom. Cilj rada je prikazivanje projektovanja pumpne stanice za vodu sa frekventnom regulacijom, odnosno ukazivanje na prednosti i mane pomenute vrste regulacije.

Abstract – The work presents a project of pumping station for water with a frequency regulation. The theoretical part is about pumping stations and their equipment. The station consists of two stations (active and reserve), hydrofor tank, pipeline and additional equipment. The selection and the budget of the elements of service station was executed. All the elements satisfy all technical requirements which were required by the task. The aim of work is to show the designing of pumping station for water with a frequency regulation and to point out the advantages and disadvantages of the aforementioned types of regulation.

Ključne reči: pumpna stanica, frekventna regulacija

1. UVOD

Hidraulički sistemi su jedan od najstarijih načina prenosa energije i radnog fluida. Zbog činjenice da je radni fluid tečnog agregatnog stanja i u najvećem broju slučajeva promena zapremine im je toliko mala da se bez ikakve posledice može zanemariti, prema tome na izlazu je moguće postići velike pritiske. Predmet proučavanja ovog rada je hidraulički sistem odnosno pumpna stanica za vodu sa frekventnom regulacijom. Pumpni sistemi za vodu u današnje vreme smatraju se kao jedan od najvažnijih sistema za čovekovu delatnost. Pošto energetska efikasnost igra sve bitniju ulogu u projektovanju pumpnih stanica, veliki stepen korisnosti odnosno mali gubici prilikom transformacije jednog vida energije u drugi postiže se frekventnom regulacijom. U ovom radu je projektovana pumpna stanica za vodu sa frekventnom regulacijom koji je definisan projektom zadatkom.

2. PODACI PUMPNE STANICE

Projektovana pumpna stanica se sastoji od dva pumpna agregata (rezervni i radni), membranske hidroforske

posude, cevne armature, koji su spojeni pomoću cevovodne instalacije. Pomenuti elementi smešteni su u građevinski objekat pumpne stanice. Predmet ovog projekta jeste i potisni cevovod od pumpne stanice do rezervoara.

2.1 Određivanje potrošnje vode i parametra pumpe

Potrošnja vode za stanovnike koji se snabdevaju iz potisnog cevovoda:

- srednja dnevna potrošnja:

$$Q_{dn} = 120 \text{ l/st.dan} \cdot 1548 \text{ st} = 185760 \text{ l/dan} = 2,15 \text{ l/s} \quad (1)$$

gde je:

Q_{dn} [l/s] - srednja dnevna potrošnja

- srednja potrošnja u danu sa maksimalnom potrošnjom:

$$Q_{dn}^{max} = Q \cdot k_{dn}^{max} = 2,15 \cdot 1,6 = 3,44 \text{ l/s} \quad (2)$$

gde su:

Q_{dn}^{max} [l/s] - srednja potrošnja u danu sa maksimalnom potrošnjom

k_{dn}^{max} [--] - koeficijent sezonske neravnomernosti

- maksimalna časovna potrošnja:

$$Q_h^{max} = Q_{dn}^{max} \cdot k_h^{max} = 3,44 \cdot 1,5 = 5,16 \text{ l/s} \quad (3)$$

gde su:

Q_h^{max} [l/s] - maksimalna časovna potrošnja

k_h^{max} [--] - koeficijent satne neravnomernosti

Potrošnja vode za stanovnike koji se snabdevaju iz rezervoara:

- srednja dnevna potrošnja:

$$Q_{dn} = 120 \text{ l/st.dan} \cdot 5046 \text{ st} = 605520 \text{ l/dan} = 7 \text{ l/s} \quad (4)$$

- srednja potrošnja u danu sa maksimalnom potrošnjom:

$$Q_{dn}^{max} = Q \cdot k_{dn}^{max} = 7 \cdot 1,6 = 11,2 \text{ l/s} \quad (5)$$

- maksimalna časovna potrošnja:

$$Q_h^{max} = Q_{dn}^{max} \cdot k_h^{max} = 11,2 \cdot 1,5 = 16,82 \text{ l/s} \quad (6)$$

Ukupna potrošnja:

- srednja dnevna potrošnja: $Q_{dn} = 9,15 \text{ l/s}$

NAPOMENA:

Ovaj rad je proistekao iz master rada čiji je mentor bio dr Dušan Uzelac, red.prof.

- srednja potrošnja u danu sa maksimalnom potrošnjom:
 $Q_{dn}^{max} = 14,64 \text{ l/s}$

- maksimalna časovna potrošnja: $Q_h^{max} = 21,98 \text{ l/s}$

Srednja dnevna potrošnja, koeficijenti satne neravnomernosti i sezonske neravnomernosti su dati tekstem zadatka. Usis pumpe se nalazi na 110 mm, dno rezervoara na 168 mm a preliv rezervoara na 172 mm. Prema tome usvojeni pumpni agregat treba da je u stanju da isporuči napor $H=62\text{m}$ pri protoku od 22 l/s. Radni pritisak pumpe je 10 bar.

2.2 Hidroforska posuda

Sastavni deo pumpne stanice je membranska hidroforska posuda zapremine 500 L PN16. Pošto regulaciju odnosno usklađivanje protoka kroz pumpu sa potrošnjom u ovom slučaju vrši frekventni regulator, uloga hidroforske posude je pre svega akumulisanje hidrauličkog udara. Potrebna zapremina posude je određena prema preporuci proizvođača regulacione opreme. Pritisak predpunjenja hidroforske posude je 8,9 bar.

2.3 Cevne armature i merilo protoka

Zaporni elementi odnosno zasuni su ugrađeni neposredno pre usisa pumpe (DN65 PN16), na ulazu i izlazu pumpne stanice i između potisnog voda (DN100 PN16) i hidroforske posude (DN100 PN16). Sigurnosni ventil (DN100 PN16) je ugrađen na potisni vod, sprečava porast pritiska iznad 10,5 bar. Nepovratni ventili (DN100 PN16) su ugrađeni na potis pumpe, služi za sprečavanje strujanje u drugom smeru. Elektromagnetno merilo protoka (DN100 PN16) je ugrađeno i na usisni i na potisni vod. Cevi koji se koriste u okviru pumpne stanice su polietilenske PE80 dimenzije DN160 PN16, DN125 PN16 i DN75 PN16.

3. POTISNI CEVOVOD

3.1 Dimenzionisanje cevovoda

Potisni cevovod dužine 1251 m od pumpne stanice do rezervoara snabdeva 1550 stanovnika vodom preko četiri priključaka dok rezervoar snabdeva 5050 stanovnika. Potisni cevovod je dimenzionisan tako da brzina strujanja fluida pri maksimalnom protoku ne prelazi 2 m/s (prema [6]). Brzine su računane prema sledećoj formuli:

$$v = \frac{4Q}{D^2\pi} \quad (7)$$

gde su:

v [m/s] - brzina strujanja

Q [l/s] - protok

D [m] - unutrašnji prečnik cevi

Rezultati su prikazani u tabeli 1 u satu maksimalne potrošnje i u tabeli 2 u satu minimalne potrošnje.

U pomenutim tabelama prikazano je dužina, materijal, brzina i protok kroz svaku deonicu.

Dimenzije cevi:

- PE 80 DN160 PN16 SDR9

- spoljašnji prečnik 160mm
- debljina zida 17,9mm
- odnos spoljašnjeg prečnika i debljine zida 9
- težina po jednom metru 7,95 kg/m

- PE 80 DN125 PN16 SDR9

- spoljašnji prečnik 125 mm
- debljina zida 14 mm
- odnos spoljašnjeg prečnika i debljine zida 9
- težina po jednom metru 4,86 kg/m

- PE 80 DN75 PN16 SDR9

- spoljašnji prečnik 75 mm
- debljina zida 8,4 mm
- odnos spoljašnjeg prečnika i debljine zida 9
- težina po jednom metru 1,76 kg/m

Tabela 1: Brzina i protok u cevima u satu maksimalne potrošnje.

Čvor		Prečnik	Materijal	Dužina	Brzina	Protok
Od	Do	mm	--	m	m/s	l/s
1	2	DN160	PE80	159	1,81	22
2	3	DN160	PE80	208	1,70	21
3	4	DN160	PE80	259	1,54	19
4	5	DN160	PE80	501	1,49	18
5	R	DN160	PE80	125	1,39	17

Tabela 2: Brzina i protok u cevima u satu minimalne potrošnje.

Čvor		Prečnik	Materijal	Dužina	Brzina	Protok
Od	Do	mm	--	m	m/s	l/s
1	2	DN160	PE80	159	0,45	5,5
2	3	DN160	PE80	208	0,42	5,1
3	4	DN160	PE80	259	0,38	4,6
4	5	DN160	PE80	501	0,37	4,5
5	R	DN160	PE80	125	0,35	4,2

Za određivanje koeficijenta trenja cevi korišćena je sledeća jednačina:

$$\lambda = 0,0054 + \frac{0,296}{Re^{0,3}} \quad \text{za } 2300 < Re < 2 \cdot 10^6 \quad (8)$$

gde su:

λ [--] - koeficijent trenja

Re [--] - Reynoldsov broj

Koeficijenti otpora za određene slučajeve su uzete iz priručnika za projektovanje pumpnih stanica [6]. Linijski gubici su računati prema formuli (9), a lokalni prema formuli (10).

$$H_{gl} = \lambda \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \quad (9)$$

$$H_{gi} = \xi_i \frac{v^2}{2g} \quad (10)$$

gde su:

H_{gl} [m] - linijski gubitak

H_{gi} [m] - lokalni gubitak

L [m] - dužina cevi

g [m/s^2] - gravitaciono ubrzanje

Rezultati proračuna su prikazani u tabeli 3 i 4.

Tabela 3: Pritisci u čvorovima sistema u satu maksimalne potrošnje.

Čvor	Visinska kота	Piezometar. nivo	Pritisak	Potrošnja
--	m	m	m	l/s
1	110	204,6	94,6	--
2	116,5	192	76,5	1,4
3	129,6	187,4	57,8	1,9
4	140,3	183,5	43,2	0,6
5	147,7	176,6	28,9	1,2
R	168	175,2	7,2	16,8

Tabela 4: Pritisci u čvorovima sistema u satu minimalne potrošnje.

Čvor	Visinska kота	Piezometarski nivo	Pritisak	Potrošnja
--	m	m	m	l/s
1	110	211,3	101,3	--
2	116,5	211,1	94,6	1,4
3	129,6	210,9	81,3	1,9
4	140,3	209,6	69,3	0,6
5	147,7	209,2	61,5	1,2
R	168	209,1	41,1	16,8

4. HIDRAULIČKI UDAR I KAVITACIJA

4.1 Analiza sistema na hidraulički udar

Parametar K računa se prema jednačini (11) i određuje da li je neophodna detaljna analiza sistema na hidraulički udar:

$$K = \frac{L \cdot v}{\sqrt{H}} = \frac{1260 \cdot 1,81}{\sqrt{64}} = 285,1 \quad (11)$$

gde su:

H [m] - napor pumpe

Pošto je $K=285,1 > 70$ treba pristupiti detaljnom proračunu hidrauličkog udara.

Brzina prostiranja pritiskog talasa:

$$a = \frac{C_0}{\sqrt{1 + \frac{E_w \cdot \delta}{E \cdot D}}} = \frac{1433}{\sqrt{1 + \frac{2,07 \cdot 10^8 \cdot 0,1243}{2 \cdot 10^8 \cdot 0,0173}}} = 592,3 \text{ m/s} \quad (12)$$

gde su:

a [m/s] - brzina pritiskog talasa

C_0 [m/s] - brzina zvuka u vodi

E [kp/m^2] - modul elastičnosti za materijal cevovoda

E_w [kg/m^2] - Bulkov modul elastičnosti za vodu

δ [m] - debljina zida cevi.

Vreme trajanja talasa od pumpe do tačke refleksije i natrag:

$$T = \frac{2L}{a} = \frac{2 \cdot 1260,2}{592,3} = 4,3 \text{ s} \quad (13)$$

Ako je vreme zatvaranja zapornog elementa na potisnom cevovodu manja od vremena trajanja talasa ($4,3s > T$), može doći do vodenog udara, koji prouzrokuje povećanje pritiska:

$$\Delta H = \frac{a}{g} v = \frac{592,3}{9,81} \cdot 1,81 = 109 \text{ mVS} = 10,9 \text{ bar} \quad (14)$$

Na osnovu dobijenog rezultata proračuna može se zaključiti da pojavom hidrauličkog udara iz nekih nepredviđenih razloga (ispad motora pumpe iz rada, vreme zatvaranja zapornog elementa na potisnom cevovodu manja od 4,3 s) pojaviće se pritisak od 10,9 bar u potisnom cevovodu. Pošto je predviđena armatura pumpne stanice i cevovodne mreže dimenzionisan za nazivni pritisak PN16, i postoji ugrađena membranska hidroforska posuda za akumulisanje vodenog udara, nema opasnosti da će doći do oštećenja instalisane opreme.

4.2 Analiza sistema na kavitaciju

Prema preporuci proizvođača pumpe do kavitacije neće doći ako su ispunjeni sledeći uslovi:

$$h_p + h_z \geq (NPSH + 0,5) + h_f + h_{pv} \quad (15)$$

$$h_p \geq (3,6 + 0,5) + 5,9 + 0,17 = 10,17 \quad (16)$$

gde su:

h_p [m] - pritisak u mreži ispred pumpne stanice

h_z [m] - visinska energija u mreži ispred stanice

h_f [m] - gubitak od ulaza stanice do usisa pumpe.

Ako se odredi raspoloživa kavitacijska rezerva dobija se:

$$NPSH_{av} = 0,6 + 3,5 - 0,17 = 3,93 > 3,6 = NPSH \quad (17)$$

Pritisak zasićenja pare ($h_{pv} = 0,17m$ za $15^\circ C$) je podatak proizvođača. Iz prethodne analize se može zaključiti da do kavitacije neće doći ako pritisak na ulazu pumpne stanice uvek iznad 1,1 bar. Prema tome najveća dozvoljena brzina strujanja na ulazu u pumpe je 8,3 m/s, što je uslov da se kavitacija izbegne. Ukoliko brzina bude

veća od ove vrednosti, povećaće se gubitak u cevovodu i može doći do kavitacije.

5. FREKVENTNA REGULACIJA

Radom pumpe upravlja i kontrolira frekventni regulator, čiji zadatak je da menjajući frekvenciju i napon, određuje broj obrtaja elektromotora pa samim tim i pumpe. Uloga frekventnog regulatora koji se ugrađuje između mreže električne energije i pogonskog elektromotora, da održava konstantan pritisak od 10 bar na izlazu pumpe. Pomenuti uređaj je povezan sa senzorom za merenje pritiska na potisu, i ako se pritisak poveća iznad 10 bar, regulator će smanjiti broj obrtaja elektromotora.

Takođe povezan sa senzorom pritiska na usisu i u slučaju da se pritisak smanji ispod 0,6 bar automatski isključuje pumpu. Frekventni regulator je povezan i sa sondom za pokazivanje nivoa vode u rezervoaru, i ako nivo vode dostiže 171,95 mm, pumpa se isključuje. Kad nivo vode padne na 171,60 mm pumpa se ponovo uključi. Ukoliko se pumpa iz nekog razloga ne uključi pri nivou 171,60 mm, uključuje se rezervna pumpa pri 171,50 mm nivou vode.

Prednosti frekventne regulacije su:

- Smanjenje potrošnje električne energije prilagođavanjem brzine zahtevu sistema;
- Zaštita električne mreže prilikom startovanja pumpe. Smanjenjem polazne struje omogućeno je pokretanje znatno snažnijeg elektromotora iz iste mreže;
- Smanjenjem polazne struje smanjena su dinamička naprezanja motora i radne mašine tokom prelaznih stanja;
- Manje habanje;
- Smanjeni električni i hidraulički udari;
- Brži odziv regulacije;
- Fleksibilniji sistem;
- Optimizacija procesa.

Pored značajnih prednosti korišćenja frekventnih regulatora, javljaju se i neki problemi prilikom korišćenja ove vrste regulacije:

- Smanjenjem brzine obrtaja rotora smanjuje se hlađenje, odnosno raste temperatura pogonskog motora;
- Frekventni regulator može izazvati smetnje u radu drugih uređaja;
- Velika brzina porasta napona izaziva dodatna naponska naprezanja izolacije elektromotora.

6. ZAKLJUČAK

U ovom radu na osnovu polaznih podataka datih tekstem zadataka, projektovana je pumpna stanica za vodu sa frekventnom regulacijom pumpe i potisni cevovod od pumpe do rezervoara. Sastavni delovi stanice su instalirani pumpni agregat, membranska hidroforska posuda, frekventni regulator, elektromagnetni merač protoka, cevovod i cevovodne armature.

Sve tehničke karakteristike projektovane pumpne stanice su dati u tehničkom opisu. Dimenzije ugrađenih elemenata i crteži su dati u grafičkom prilogu. Prilikom projektovanja ispoštovani su zahtevi potrošača kao i odgovarajući standardi. Projektovana pumpna stanica je nominalnog protoka $Q_n=75 \text{ m}^3/\text{h}=20,83 \text{ l/s}$ ($Q_{max}=96 \text{ m}^3/\text{h}$), nominalnog napora $H_n=68 \text{ m}$ ($H_{max}=86\text{m}$) i radnog pritiska 10bar. Najniži pritisak na priključnom mestu je 2,9 bar. Najveća brzina strujanja u potisnom cevovodu iznosi 1,8 m/s a najmanje 0,35 m/s, što u potpunosti zadovoljava potrebe potrošača koji su dati u projektnom zadatku.

7. LITERATURA

- [1] Uzelac D.: *Pumpne i kompresorske stanice*, skripta, FTN, Novi Sad, 2008
- [2] Ž. Bukurov, M. Bukurov.: *Mehanika fluida*, skripta, FTN, Novi Sad, 2006
- [3] Uzelac D.: *Hidropneumatske komponente*, Stilos, Novi Sad, 1995
- [4] V. V. Vuković, S. N. Tašin.: *Uvod u hidropneumatsku tehniku*, FTN, Novi Sad 2006
- [5] Dr D. Ljubisavljević, Mr B. Babić, Mr A. Đikuć, Mr B. Jovanović.: *Komunalna hidrotehnika*, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, 2010
- [6] A. Miloš.: *Priručnik za projektovanje pumpnih postrojenja*, Niš, 1995
- [7] <http://www.lowara.com/>
- [8] <http://www.termoventsc.rs/>
- [9] <http://www.mipprocesna.com/>
- [10] <http://www.xyleminc.com/>

Kratka biografija:



Erik Kakusi rođen je u Kikindi 1987. godine. Srednju elektrotehničku školu završio 2006.godine u Zrenjaninu. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mašinstva – Energetika i procesna tehnika / Toplotna i procesna tehnika odbranio 2013.godine.

**KONSTRUKCIJA ALATA ZA BRIZGANJE, TEHNOLOGIJA BRIZGANJA,
RAZVOJ POKLOPCA RAZVODNE KUTIJE****MOLDING TOOL CONSTRUCTION, INJECTION TECHNOLOGY AND DESIGN
DEVELOPMENT OF JUNCTION BOX COVER**

Miloš Tepić, Jovan Vladić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – MAŠINSTVO

Kratak sadržaj – U radu je prikazana tehnologija brizganja termoplasta za poklopac razvodne kutije, njegov dizajn i razvoj, izbor materijala, konstrukcija alata za brizganje i opis mašine za brizganje datog proizvoda.

Ključne reči: ubrizgavanje termoplasta, poklopac razvodne kutije, injeksiono presovanje.

Abstract – This paper presents the injection technology of thermoplastics for junction box cover, its design and development, selection of material, molding tool construction, and description of injection molding machine.

Key words – mold injection of thermoplastics, junction box cover, injection molding.

1. UVOD

Iako nagli porast proizvodnje polimernih materijala kao i stalno širenje područja primene, predstavlja jednu od bitnih karakteristika savremenog industrijskog razvoja u svetu, proizvodnja proizvoda od plastike je opravdana samo onda kada je serija dovoljno velika.

Osnovni razlog naglog širenja primene plastičnih masa jeste rast cene materijala. Osim ove vrste polimera koja je danas najviše u upotrebi postoje i prirodni polimeri (belančevine, celuloza, škrob).

Prednost elemenata, izrađenih od polimernih materijala su sledeće [1]:

- lakša izrada elemenata,
- mala gustina,
- stabilnost polimernih materijala na vibracije i dobra apsorpcija omogućava im primenu u industriji kao izolatora,
- vrlo dobre dielektrične osobine i visoka otpornost polimernih materijala,
- otpornost polimernih materijala na kiseline i rastvarače omogućuje njihovu primenu kod zaštite metala,
- visoke antifrikcione osobine polimernih materijala, otpornost na habanje.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio prof. dr Jovan Vladić, red.prof.

**2. DIZAJN POKLOPCA RAZVODNE KUTIJE I
IZBOR ODGOVARAJUĆEG MATERIJALA**

Razvodne kutije (slika 1) predstavljaju idealno rešenje za montažu opreme koja je dislocirana iz velikih razvodnih ormara, te malog broja opreme koja se montira na različitim mestima u zavisnosti od upotrebe instalacija. Razvodna kutija izrađuje se kao bezvijčana veza, koja omogućuje brzu i jednostavnu ugradnju u zavisnosti od mesta ugradnje.



Slika 1. Razvodna kutija

U nastavku daljeg teksta opisan je materijal za izradu poklopcu razvodne kutije (slika 2).



Slika 2. Poklopac razvodne kutije

Da bi se odabrao optimalan termoplast za određenu primenu potrebno je imati informacije o uslovima eksploatacije i primene predmeta koji bi se radio od termoplasta.

Osnovni činioci koji uslovljavaju izbor termoplasta za neku primenu su: mehaničke osobine, toplotne osobine, električne osobine, optičke osobine, hemijske osobine, reološke osobine, osobine površina, dimenziona stabilnost, prerađivanje, mogućnost naknadne i završne obrade, cena termoplasta.

Za dati proizvod na osnovu karakteristika i primene materijala izabran je materijal akrilonitril butadien stiren (ABS). ABS se sastoji od tri monomerne komponente: akrilonitrila, butadiena i stirena. ABS je svojim nastankom proširio područje primene jer se odlikuje velikom žilavošću, hemijskom otpornošću, velikom krutošću, dimenzionalnom stabilnošću i termičkom stabilnošću.

Od ABS zahteva se vrlo lep estetski izgled ili koji će biti posle bojeni ili hromirani kao i za otpreske većeg poprečnog preseka. ABS je žilaviji od polistirena, a pored toga ima poboljšanu otpornost na povišenu temperaturu i hemikalije. Menjanjem hemijske i molekularne strukture mogu se proizvesti tipovi pogodni za vrlo različite primene [1].

Od poklopca razvodne kutije zahteva se da bude žilav elastičan, potrebno je da dobijemo i visoki sjaj po njegovoj spoljnoj površini, tako da mora imati dobre mehaničke, termičke i fizičke osobine, jer može biti izložen različitim uslovima.

3. TEHNOLOGIJA BRIZGANJA POKLOPCA RAZVODNE KUTIJE

Injekcionim presovanjem (ubrizgavanjem) se prerađuju svi polimerni materijali: duromeri, elastomeri i plastomeri. Ubrizgavanje plastomera može se definisati kao postupak prerade plastomera brzim ubrizgavanjem plastomernog rastopa u tempiranu kalupnu šupljinu i ujedno očvršćavanje u željeni oblik proizvoda [2].

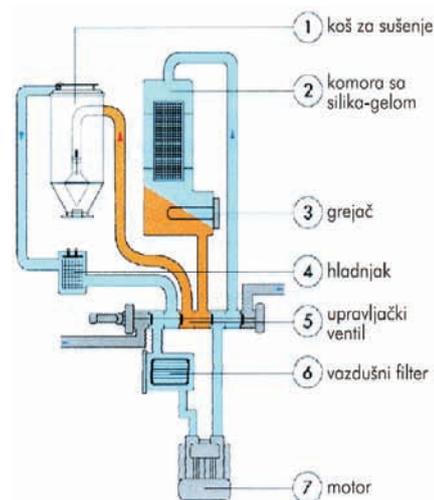
Ciklus ubrizgavanja se sastoji od sledećih faza:

- faza zatvaranja i blokiranja alata,
- faza primicanja jedinice za ubrizgavanje i njeno oslanjanje na alat,
- faza ubrizgavanja,
- faza dejstvo naknadnog pritiska,
- faza plastifikacija,
- faza odmicanje jedinice za ubrizgavanje od alata,
- faza otvaranja alata,
- faza izbacivanje izratka iz alata.

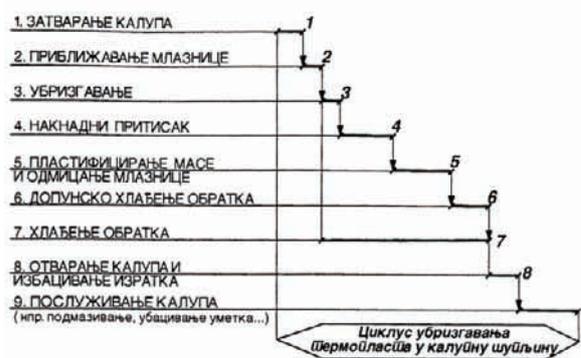
Prvi zahtev koji se mora ostvariti pre početka oblikovanja termoplasta jeste sušenje granulata. Materijal ABS se ne može oblikovati bez ostranjivanja suviše vlage, radi postizanja površinskog sjaja izratka.

Granulat se dovodi u sušaru (slika 3) gde se suši na temperaturi od 340 do 390 K. To znači da se u cilindru mora razviti manje toplote nego kada se cilindru za topljenje direktno dovodi nezagrejani granulat. Uređaji za sušenje mogu biti statički i rotacioni. Sušenje se najčešće obavlja vazduhom na nekoliko načina: svežim, protočnim, mešanim i predušenim vazduhom.

Početak faze (ubrizgavanje) injekcionog presovanja (slika 4) započinje kad se pokretni deo alata počme primicati nepokretnom delu.



Slika 3. Sušara za granulat



Slika 4. Ciklus injekcionog presovanja

Prva faza je zatvaranje kalupa (1), a otvara se jedinicom za zatvaranje. Za tu operaciju je potrebno određeno vreme zatvaranja kalupa. Sledi približavanje (2) jedinice za ubrizgavanje ka ulivnom kanalu. U tom vremenu moraju se otvoriti zatvorene mlaznice.

Sledeća operacija je ubrizgavanje (3) rastopa u kalupnu šupljinu. U tom trenutku element za ubrizgavanje, ubrizgavač u ovom slučaju pužni vijak, deluje kao klip. Za uspešno punjenje kalupne šupljine potrebni su visoki pritisci ubrizgavanja.

Završetkom punjenja kalupne šupljine dolazi do prekopčavanja na naknadni pritisak (4) u cilindru za ubrizgavanja. Naknadni pritisak je po pravilu niži od pritiska ubrizgavanja, jer više ne postoji veliki otpor tečenju rastopa. Zadatak je naknadnog pritiska da izravna dopunskim punjenjem kalupne šupljine stezanjem rastopa nastalu njenim hlađenjem. Naknadni pritisak deluje do trenutka kada se spojno mesto između kalupne šupljine i ulivnog sistema toliko ohladi i očvrstne da više nije moguće proticanje rastopa.

Time je omogućeno odmicanje mlaznice od ulivnog kanala i započeto plastificiranje (5). Tokom te operacije uzima se potrebna količina termoplasta za narednu operaciju i započinje plastificiranje. Termoplast u obliku granula se potpuno pretvara u rastop prolazom duž rotirajućeg pužnog vijka.

Potrebno vreme hlađenja otpreska (7) često duže traje od vremena ubrizgavanja, naknadnog pritiska, plastificiranja i vraćanja mlaznice. Zato je potrebno i dopunsko vreme hlađenja (6) da se obradak ohladi na temperaturu koja omogućuje pouzdano potiskivanje obratka iz kalupne šupljine. Kad se otpresak ohladi, kalup se otvori odmicanjem pokretnog od nepokretnog dela alata. Obično se tokom te faze potiskuje otpresak iz kalupne šupljine (8). Vreme preostalo do početka novog ciklusa može se iskoristiti za čišćenje i podmazivanje kalupne šupljine ili ulaganja umetka (9). Time je ciklus završen [1].

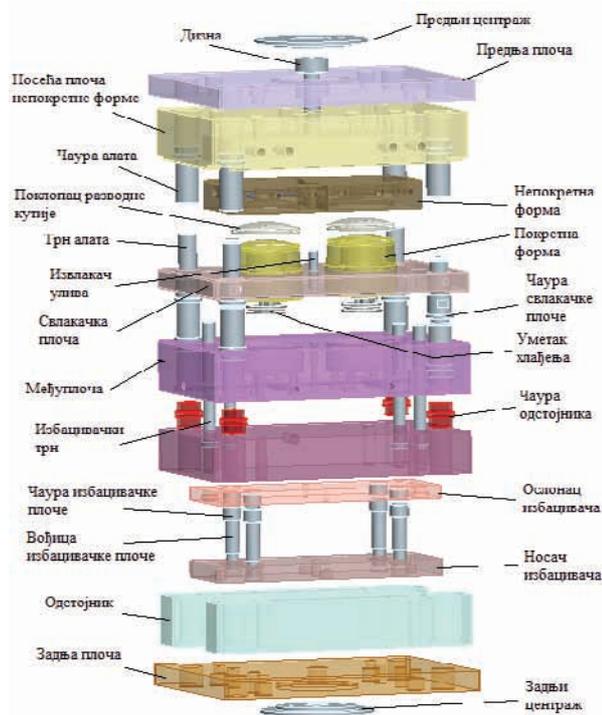
4. KONSTRUKCIJA POTREBNOG ALATA ZA BRIZGANJE POKLOPCA RAZVODNE KUTIJE

Kalup je namenski deo sistema za ubrizgavanje plastomera i u pravilu služi za proizvodnju jednog proizvoda.

Osnovni elementi alata za ubrizgavanje termoplasta jesu:

- ulivni sistem,
- kalupna šupljina,
- sistem za izbacivanje otpreska,
- sistem za vođenje kalupa,
- kućište,
- elementi za tempiranje kalupa.

Prilikom konstruisanja alata za ubrizgavanje (slika 5), potrebno je da se zna za koju mašinu je alat namenjen. Prvo se proverava da li mašina ima potrebnu silu zatvaranja alata i izbacivanja otpreska. Alat ne sme biti veći od veličine ploča za njegovo stezanje na mašinu.



Slika 5. Alat za ubrizgavanje termoplasta

Konstruisani alat za ubrizgavanje poklopca razvodne kutije sastoji se od tri dela podsklopa:

- nepokretni deo,
- pokretni deo,
- izbacivački deo.

Nepokretni sklop alata je najjednostavniji deo. On se vezuje za mašinu preko nepokretne stezne ploče, a centrira se pločom za centriranje. Najbitniji element ovog podsklopa jesu: dizna, trn za vođenje, nepokretna forma za formiranje površine otpreska.

Pokretni podsklop alata jeste dosta složeniji. Na njemu se nalazi veća polovina forme, sistem za hlađenje otpreska. Hlađenje otpreska vrši se preko umetka za hlađenje i forme, hladi se i spoljna i unutrašnja površina otpreska. Pokretno sklop vezuje se za mašinu preko pokretne stezne ploče i ploče za centriranje.

Unutar pokretnog podsklopa nalazi se podsklop za izbacivanje otpreska. Mašina svojim drugim dejstvom deluje na udarač koji pokreće sklop izbacivača i izbacuje otpresak iz kalupne šupljine. U ovom podsklopu alata kod ovog alata umesto samih izbacivača koristi se ploča pod nazivom svlačka koja će zameniti ulogu izbacivača.

Najvažniji deo alata koji se prvi konstruiše su forme koje služe za formiranje samog oblika proizvoda koji želimo da dobijemo. Na formama je bitno razvesti sistem hlađenja radi smanjenja vremena brizganja (izrada komada). Sistem hlađenja se istovremeno koristi za tempiranje alata na početku brizganja.

Kod alata prikazanog u radu rađen je spiralni umetak hlađenja radi što boljeg hlađenja jezgra formi. Kod ovog sistema voda kruži kroz spiralnu i vrši efikasnije hlađenje.

Kada su izrađene forme prema odabranom gabaritu. Rade se ostale ploče alata, pri čemu se obraća pažnja da dužina hoda izbacivanja reguliše se visinom odstojnika i debljinom izbacivačkih ploča, a sve to zavisi od visine proizvoda koji se brizga.

U ovom alatu korišćena je svlačka ploča zbog strukture komada i nemogućnosti postavljanja izbacivača za dati proizvod jer bi zbog korišćenja izbacivača bila opasnost od probijanja samog proizvoda, i ostavljanje vizuelnog traga koji bi uticao na estetiku proizvoda.

Sistem vođenja sastoji se od čaura i trnova, pri čemu se čaure postavljaju u pokretnu stranu alata, a trnovi u nepokretnu stranu alata. Kod ovog alata vođenje svlačke ploče se vrši preko vijaka koji nose svlačku ploču, a čije je stablo obrušeno i ovaj izbacivački trn služi kao vodeći stub.

Jedan od važnih delova alata jeste ulivna dizna. Dizna se koristi da bi se rastopljena masa sa mašine za brizganje dopremala u formu alata.

Prednja i zadnja ploča se izrađuju širih dimenzija zbog smeštanja alata na mašinu za brizganje i njihovo stezanje.

Međuploča se postavlja radi ojačanja konstrukcije.

Noseća ploča pokretne i nepokretne forme koristi se za smeštanje samih formi.

4.1. Proračun parametara za definisanje izbora mašine

Za poklopac razvodne kutije koristi se materijal Akrilonitril butadien stiren (ABS).

Definisanje potrebnih parametara:

- Zapremina otpreska:

gde je: $m_o = 4,2g$ – masa otpreska, $\rho = 1,14g/cm^2$ – gustina materijala. Na osnovu toga sledi:

$$V_o = \frac{m_o}{\rho} = 40.38 \text{ cm}^3 \quad (1)$$

➤ Teoretski kapacitet ubrizgavanja:

gde je: $k = 0.83$ – korekcionni faktor za materijal ABS, na osnovu toga sledi:

$$V_T = 2 \cdot \frac{0.9 \cdot m_o}{k \cdot \rho} = 87.9 \text{ cm}^3 \quad (2)$$

➤ Prečnik pužnog vijka:

Sila zatvaranja na osnovu teoretskog kapaciteta ubrizgavanja:

$$V_T = V_{TO} \cdot \left(\frac{F_C}{F_{CO}} \right)^{1.4} \quad (3)$$

gde je: $V_{TO} = 201 \text{ cm}^3$ – osnovni teoretski kapacitet, $F_{CO} = 1200 \text{ kN}$ – osnovna sila zatvaranja. Nakon toga sledi:

$$F_C = F_{CO} \cdot \sqrt[1.4]{\frac{V_T}{V_{TO}}} = 648 \text{ kN} \quad (4)$$

Na osnovu vrednosti sile zatvaranja F_C usvaja se prečnik pužnog vijka:

$$D_S = 40 \text{ mm} \quad (5)$$

Dužina pužnog vijka dobija se iz odnosa njegove dužine i prečnika:

$$\frac{L_S}{D_S} = \frac{20}{1} \quad (6)$$

Nakon toga sledi :

$$L_S = 20 \times D_S = 800 \text{ mm} \quad (7)$$

4.2. Izbor mašine za brizganje poklopca razvodne kutije

Mašina za ubrizgavanje termoplasta sastoji se od četiri jedinice ili sistema [3]:

- jedinica za zatvaranje kalupa,
- jedinica za ubrizgavanje,
- pogonske jedinice,
- upravljačke jedinice.

Na osnovu definisanih parametara izvršen je izbor mašine za brizganje datog proizvoda. Izabrana je mašina ENGEL VC 330/120 Tech (slika 6), na kojoj će se vršiti brizganje poklopca razvodne kutije. Ova mašina poseduje veoma dobre karakteristike, ima visok pritisak ubrizgavanja kao i odgovarajuću silu zatvaranja alata.



Slika 6. Mašina za ubrizgavanje termoplasta

5. ZAKLJUČAK

Poslednjih decenija proizvodnja prirodnih materijala ne može da zadovolji potrebe tržišta, pa je došlo do velike primene polimernih materijala. Sve više polimerni materijali zamenjuju kožu, drvo, staklo, metal, itd.

Tehnologija ubrizgavanja danas je jedna od najznačajnijih tehnologija prerade polimernih materijala. Ovom tehnologijom izrađuju se skoro svi ovi materijali: termoplasti, elastomeri, duroplasti, tako da se u jednom ciklusu od sirovine izrađuju praktično odmah upotrebljivi proizvodi.

U tom pogledu, prikazana konstrukcija alata zadovoljava sve potrebe izrade proizvoda poklopca razvodne kutije, kao i proračunom je dokazano da izbor mašine za brizganje poklopca odgovara njegovoj izradi.

6. LITERATURA

- [1] B. Perošević, “Kalupi za injeksiono presovanje plastomera (termoplasta)”, Beograd, 1988.
- [2] P. Croccela, “Predavanja sa seminara plastike u Italiji”, 2001.
- [3] M. Nađ, “Termoplastične mase prerade postupkom injeksionog prešanja”, Zagreb, 1974.
- [4] M. Nađ, “Polimerni materijali prerada postupkom injeksionog prešanja, puhanjem i ekstrudiranjem”, Zagreb, 1978.
- [5] R. Anđelić, “Alati za plastične mase”, Novi Sad, 1976.

Kratka biografija:



Miloš Tepić rođen je u Novom Sadu 1988. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mehanizacije i konstrukcionog mašinstva – Automatizovano projektovanje mašina odbranio je 2013.god.

PROCES RAZVOJA RAČUNARSKIH IGARA DEVELOPMENT PROCESS OF COMPUTER GAMES

Vedran Radivojkov, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – *Razvoj računarske igre je složen proces. Kako bi se razvila i implementirala složena 3D igra, potrebno je razviti ili upotrebiti neki već razvijeni game engine. Glavni uticaj na vizuelni kvalitet igre ima grafička oprema koja objekte treba da prikazuje grafički i u visokom kvalitetu.*

Abstract – *Development of a 3d computer game is a complex process. In order to develop a game, it is necessary to develop a game engine or use one already developed. The graphical engine which must provide high quality computer graphics as rendering has the biggest impact on the quality of the game.*

Cljučne reči: *Igra, Game engine, OpenGL, PhysX, realno vreme, simulacija.*

1. UVOD

Izrada računarske 3D igre obuhvata rešavanje mnoštva problema iz različitih oblasti programiranja kao što su: računarska 3D grafika, fizika, sinhronizacija resursa preko računarske mreže i veštačka inteligencija. Kako bi se proces izrade igara sveo na izvodljiv proces, potrebno je razviti ili koristiti prethodno razvijeni *game engine*. On predstavlja skup funkcionalnosti igre u vidu programa čijim se upotrebljavanjem, konfigurisanjem i dodatnim programiranjem izrađuje konkretna igra. Postojanje takvog rayvojnog seta nije neophodno ali je bez njegove upotrebe izrada komercijalne 3D igre gotovo nemoguća.

Posmatranjem postojećih *game engine* proizvoda na tržištu, zaključeno je da, u slučaju kvalitetnih produkata te vrste, postoji problem dostupnosti i licenciranja, dok je kod dostupnih i besplatnih proizvoda kvalitet niskog nivoa. U cilju istraživanja i učenja, u sklopu rada je izrađen novi *game engine* sa akcentom na implementaciju tehnika za savremeno iscrtavanje računarske 3D grafike i sinhronizaciju sa sistemima za simulaciju fizike i zvuka. Jedan od razloga za izradu sopstvenog razvojnog seta bila je potreba za istraživanjem odloženog iscrtavanja (eng: *Deferred rendering*) što je u vreme početka njegove izrade bilo moguće samo u nepristupačnim vodećim alatima za izradu 3D igara.

Za izradu sopstvenog *game engine* korištena je OpenGL biblioteka za grafiku, NVidia PhysX biblioteka za fiziku, FMod biblioteka za zvuk, Lua za pisanje skripti, DeviL za učitavanje različitih formata bitmapa, i RakNet biblioteka za podršku računarskim mrežama.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Dragan Ivetić, red.prof.

Prilikom izbora igre, u nedostatku resursa, odabrana je pucačka igra iz trećeg lica. Igrač kontroliše jedno vozilo i bori se protiv neprijateljski nastrojenih vozila kojima upravlja računar. Cilj igre je izvršavanje zadataka koji su dati igraču prilikom započinjanja misija.

2. IZRADA REŠENJA

Prilikom izrade rešenja, od značaja je upotreba efikasnih algoritama koji omogućavaju najveću eksploataciju raspoloživog hardvera.

2.1. Izrada prikaza grafike i odloženo iscrtavanje

Odloženo iscrtavanje predstavlja višekoračni algoritam koji iscrtava međurezultate čijom sa naknadnom obradom dobija krajnja boja. Geometrija se iscrtava u više nezavisnih tekstura, dok se krajnja boja svakog piksela dobija kombinovanjem piksela iz prethodno generisanih tekstura. Hardverska podrška za MRT (Multiple Render Targets) je, pri tome, od suštinskog značaja za performanse. Upotrebom odloženog iscrtavanja, parametri i pozicije svetala se prosleđuju šejderu piksela (eng: *pixel shader*) koji se izvršava prilikom iscrtavanja jednog ili više kvadrata sa ukupnim dimenzijama ekrana. Uticaj svakog svetla se računa u petlji unutar šejdera piksela, čime se može obezbediti veliki broj svetala i time obezbediti grafika visokog kvaliteta.

Osnovni skup tekstura za odloženo iscrtavanje čine:

- *Buffer* za odloženo iscrtavanje,
- *Buffer* boja piksela, i
- *Buffer* parametara materijala.

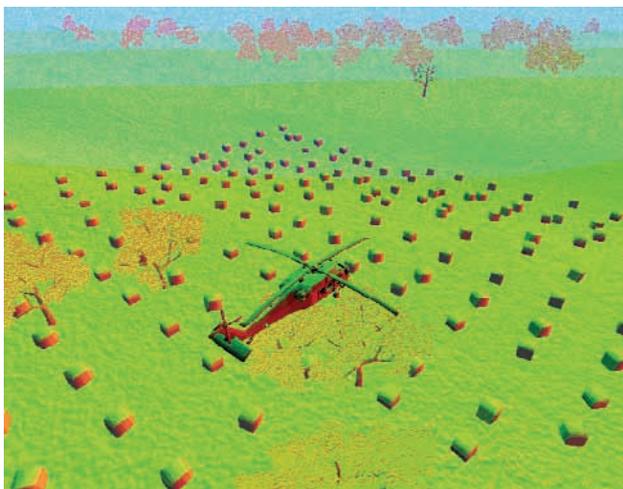
Buffer za odloženo iscrtavanje (eng: *deferred buffer*), je *buffer* kod kojeg upisane boje predstavljaju intenzitete normale piksela u koordinatnom prostoru ekrana po X i Y a opcionalno i po Z osi (pošto se jedinični vektor može rekonstruisati na osnovu ostalih komponenti), Slika 1.

Aproksimirana dubina piksela za upotrebu magle ili dubine pogleda, može se skladištiti u Blue ili Alpha komponentu. *Buffer* boja (eng: *color buffer*) čuva informacije o sirovim, neosenčenim i neosvetljenim bojama, alfa kanal nije neophodan ali se može koristiti za neke tehnike kao nosioc dodatnih informacija, Slika 2. *Buffer* parametara materijala (eng: *material parameters buffer*) čuva parametre materijala poput koeficijenata upijanja difuznog, ambijentnog, spekularnog svetla kao i količine refleksije, sjaja, zamućenja i slično, Slika 3. Kako bi se postiglo optimalno iskorišćenje, boje mogu da predstavljaju indeks, koji se prevodi u indeks materijala koji poseduje sopstvene osobine kojima se tada pristupa preko teksture.

Pikseli generisanih tekstura mogu se transformisati u prvobitni trodimenzionalni prostor. Za transformaciju u prvobitni prostor u kojem se računa osenčenost i

intenzitet osvetljaja piksela, minimalno je potrebna dubina koja se može očitati iz dubinskog bafera, kao i inverzne transformacije kamere.

Iako je perspektivna transformacija po prirodi nelinearna, ova transformacija pripada familiji transformacija kojima se može izračunati inverzna matrica. Značaj ove transformacije ogleda se u mogućnosti rekonstrukcije temena originalne trodimenzionalne scene na osnovu finalne boje i dubine piksela. Dubine piksela se mogu dobiti upotrebom modernih HD kamera sa dva senzora.



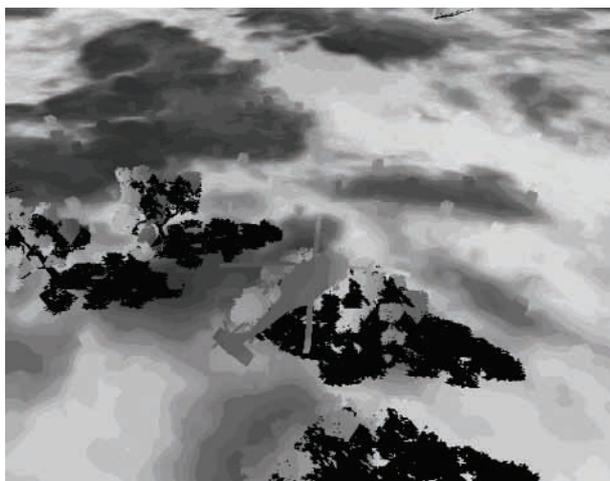
Slika 1. Izgled buffer-a za odloženo iscrtavanje.



Slika 2. Buffer boja.



Slika 3. Parametri materijala.



Slika 4. Kombinacija svih senki



Slika 5. SSAO - Screen Space Ambient Occlusion



Slika 6. Finalni buffer boja

Prema specifičnosti prikaza elemenata upotrebom odloženog iscrtavanja, objekti se dele na:

- puna i neprozirna tela (eng: *solid bodies*),
- puna prozirna tela (eng: *transparent*), i
- 2D GUI komponente.

Neprozirni objekti se iscrtavaju u sva tri *buffer*-a odjednom. Normale i dubina se beleže u prvu, sirova boja u drugu, parametri materijala u treću teksturu. Na osnovu dubina, boja i parametara piksela, izvode se senke, SSAO,

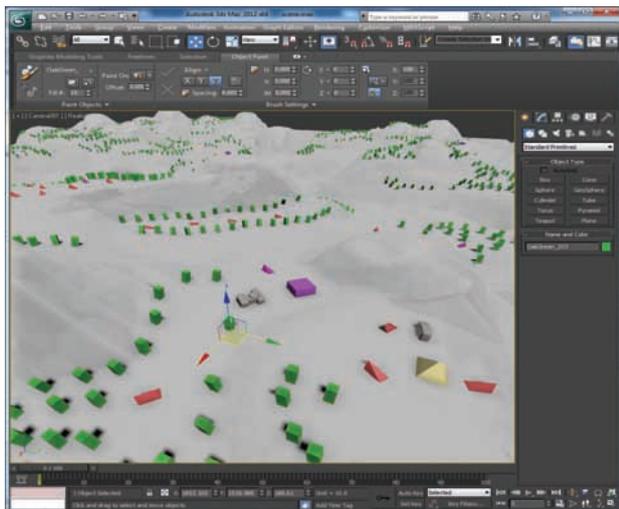
Slika 5, i uticaji svetla, a beleže u posebnim teksturama. Neposredno pre tehnika naknadne obrade kao što su sjaj i zamućenje, u finalni *buffer* se iscrtavaju prvo neprozirni a zatim i i prozirni objekti, Slika 6.

Prozirni objekti se mogu iscrtavati u zasebnu teksturu, pa se naknadno kombinovati sa neprovidnim delom scene u daljim fazama obrade.

GUI predstavljaju zasebne komponente jer je iscrtavanje velikog broja dugmića (eng: *Button*) i tekstova (eng: *Label*), a pogotovo unicode, veoma spor proces za interaktivno iscrtavanje grafike. GUI i 2D komponente se uglavnom crtaju u odvojene teksture (gui *buffer*) koje se ređe osvežavaju, a svaki frejm dodaju preko finalnog prikaza 3D grafike. GUI bafer se može osvežavati svakih N msec ili po potrebi, ili kada se sa iscrtavanjem scene završi pre isteka nekog predviđenog vremena.

2.2. Razvoj igre upotrebom *game engine*

Na svakoj igri se započinje od vizualizacije sveta igre. U slučaju 3D igre potrebno je predstaviti svet u tri dimenzije koji je izrađen u nekom od programa za izradu 3D grafičkih resursa. Logičke celine u izradi igre predstavljaju: izrada sveta, aktivnih učesnika, i izrada entiteta. Za izradu grafičkih resursa igre "roTor" korišćeni su: Earthsculptor za izradu terena, 3D Studio za postavku učesnika u nivou, Slika 7, i skinovanje animiranih modela, Lightwave i ZBrush za izradu 3d modela, Photoshop za obradu slika, i Motion Builder za izradu animacija za animirane modele.



Slika 7. Izrada nivoa za igru, program „3d studio max“.

Kako u ovom tipu igre, u najvećem broju slučajeva teren zauzima najveću površinu ekrana, teren mora biti što kompleksniji (ali bez narušavanja performansi igre). Kako bi se izbegla izrada editora terena, teren se generiše na osnovu slika kreiranih u Earthsculptor-u. Kako bi se očuvala vertikalna preciznost tačaka na terenu, neophodno je koristiti HDR slike (minimalno 16 bita po kanalu) omogućavajući 65536 različitih vertikalnih vrednosti. Gustina mreže terena u velikoj meri utiče na kvalitet i performanse te je bilo neophodno implementirati i dinamičko iscrtavanje nivoa preciznosti (eng: *Level of Detail - LOD*).

2.3. Sistem za rad sa fizikom

Potreba za implementacijom biblioteke za fiziku, u ovom slučaju NVidia PhysX, proistekla je iz optimizacija date

biblioteke koje omogućavaju simulaciju velikog broja fizičkih učesnika.

Biblioteka za fiziku omogućava efikasne mehanizme detekcije sudara, kao i reakcije na sudar tako da učesnici simulacije ostaju u fizikom dozvoljenim stanjima. U slučaju biblioteke PhysX, simulacija se odvija na posebnom jezgri procesora, ili na samoj NVidia grafičkoj kartici računara upotrebom CUDA tehnologije.

Osnovna podela fizičkih učesnika se vrši na statičke i dinamičke. Prilikom kretanja dinamičkog objekta, objekat vrši provere preseka sa drugim dinamičkim i statičkim učesnicima, dok se u slučaju mirovanja objekat "uspava". Ukoliko je objekat "uspavan", on se može "probuditi" spoljnom pobudom (prilikom kontakta sa dinamičkim telom), ili delovanjem sile. Oblici fizičkih učesnika aproksimirani su na više načina od kojih su najznačajniji: kvadar, sfera, cilindar, meš (eng: *mesh*), konveksni meš (eng: *convex mesh*) i visinska mapa (eng: *heightmap*).

U cilju ispravne/stabilne simulacije, upravljanje fizičkim učesnicima ne može se vršiti direktnim pozicioniranjem, nego se kontrola nad fizičkim telom postiže zadavanjem impulsa ili sile. Impulsi i sile mogu biti pravolinijske koje nastoje da vrše pomeranje tela, ili ugaone koje nastoje da vrše okretanje/rotaciju učesnika fizičke simulacije.

Osim učesnika simulacije, biblioteka za fiziku obezbeđuje i polja sila (eng: *force fields*), opruge (eng: *springs*), zglobove (eng: *joints*), kao i provere preseka (eng: *intersection tests*) na primer duži sa oblicima fizičkih učesnika obavestavajući o preseku na poziciji i pripadnosti fizičkom telu sa kojim je pronađen presek.

2.4. Optimizacije ponavljanja i instanciranje

Geometrija koja se iscrtava može se i sačuvati na grafičkom hardveru, dobijanjem identifikacionog broja (id) preko kojeg je moguće zatražiti iscrtavanje zapamćene geometrije. U najvećem broju slučajeva, geometriju je potrebno skladištiti na memoriju grafičku kartice a niz parametara koji definiše deformacije poslati kao fiksni niz parametara programibilnom procesu ili šejderu (eng: *shader*) koji se izvršava nad geometrijom u toku iscrtavanja. OpenGL ekstenzija koja omogućava snimanje geometrije na hardver, naziva se Vertex Buffer Object (VBO).

Potreba za instanciranjem geometrije proizilazi iz pada performansi grafičkog hardvera kada se funkcija za iscrtavanje poziva više hiljada puta po frejmu. Tehnike obuhvataju više načina kako je moguće prikazati više od jedne primitive pri jednoj naredbi za crtanje. Trivijalno ali i najmanje fleksibilno rešenje predstavlja grupisanje geometrije (statičko instanciranje) gde se grupa grafičkih resursa snimi i tretira kao jedan. Kod dinamičkog pseudoinstanciranja, kreira se niz višestrukih kopija originala koji se međusobno razlikuju samo po indeksu koji se sladišti u dodatnu uv mapu. Kod dinamičkog instanciranja upotrebljava se OpenGL ekstenzija `GL_ARB_draw_instanced` koja obavlja funkcionalnost pseudoinstanciranja na grafičkom hardveru. Nakon što je indeks svake instance u okviru šejdera temena (eng: *vertex shader*) dostupan, potrebno je proslediti niz transformacija objekta iz grupe. Ovakva postavka će vršiti transformaciju temena na osnovu sebi pridruženog indeksa..



Slika 9. Finalni izgled dve scene igre "roTor"

2.5. Tehnike rane eliminacije

Grafički adapter mora biti u stanju da iscrtava 30 do 60 slika u sekundi. Uloga procesora je između ostalog, i eliminisanje suvišnih zahteva prema grafičkim jedinicama. Uobičajeni algoritmi optimizacije vidljivosti objekata:

- Potential Visible Sets
- Quadrees / Octrees
- Binary Space Partitioning
- Portals & Occluders

Za upotrebu PVS algoritama potrebno je izvršiti konfigurisanje (ili konfigurisanje predviđanja) čija je međusobna vidljivost unapred definisana. Quadrees/Octrees je tehnika kojom se celokupni virtuelni prostor deli na četiri (quad) ili osam (oct) identična regiona. Deljenje se vrši rekurzivno, do nivoa kada svaki region sadrži najviše neki unapred zadati broj poligona ili objekata. Prilikom iscrtavanja ili proveravanja vidljivosti, tehnika podržava sistem rane eliminacije hijerarhijom. Ukoliko region nije vidljiv, tada i svaki njegov podregion nije vidljiv. BSP algoritam kreira binarno stablo sa poretkom ispred/iza.

Primitivi (trouglovi) moraju da budu striktno ispred ili iza drugih primitiva. Ukoliko se primitive seku, primitiva se mora podeliti na dve primitive (jedna ispred a druga iza primitive sa kojom je vršeno upoređivanje). Prilikom iscrtavanja, primitive se sortiraju od najbliže ka najdaljoj radi uštede na dubinskoj kompleksnosti. Dubinsku kompleksnost predstavlja "prefarbavanje" istih piksela, crtajući jednog preko drugog.

Upotrebom BSP stabala za statičku geometriju može se izbeći potreba za dubinskim baferom iscrtavajući od primitive od najdalje do najbliže. Portals & Occluders se uglavnom primenjuje u scenama koje predstavljaju unutrašnjost nekog dela sveta kako bi se eliminisao što veći broj objekata i svetala.

Portal predstavlja površinu koja spaja dva regiona, dok zaklon (eng: *occluder*) predstavlja površinu koja razdvaja dva regiona.

3. ZAKLJUČAK

Razvoj i izrada *game engine* je veoma nesiguran i dugotrajan proces i to nije uobičajena praksa. Kako u komercijalnim proizvodima te vrste težina zadatka

razvoja igre spada u domen dizajna i umetnosti, iz potrebe za istraživanjem i dubljim razumevanjem materije odabran je rad na sopstvenom. Period izrade *game engine* alata koji omogućuju primenu svih prethodno opisanih tehnika i algoritama, trajao je 30 meseci. Napredne tehnike i algoritmi prvobitno su razvijani iz potreba za razumevanjem a kasnije su u potpunosti softverski podržani.

Nakon perioda od 18 meseci izrade, ponovnim razmatranjem i analizom komercijalnih proizvoda, zaključeno je da je, za sadržinski manju igru, upotreba nepriuštvivih ili previše složenih *game engine* alata od malog značaja. Sagledavajući sve poznate algoritme i tehnike kao i algoritamske složenosti programskog koda potrebnog za izradu pojedinih vrsta igara, izabrana je arkadna pucačka igra.

Težina zadatka ogleđa se u razvoju brojnih vizuelnih komponenti koje je u svakom slučaju neophodno razviti za bilo koji tip igre. Koristeći razvijeno rešenje, rad na samoj igri je iznosio između 4 i 6 meseci, što predstavlja prihvatljivo vreme za izradu savremene igre.

Kao dalji rad na ovom zadatku, predstoji omogućavanje podrške za više igrača, više programskih niti, i više platformi usled sve veće ekspanzije konzola i prenosivih uređaja za igranje. Kako igra u trenutnom stanju predstavlja prototip igre, i tech demo za *game engine*, potrebno je potražiti izdavača ili omogućiti besplatno igranje i početi sa izradom sledeće iteracije same igre koja bi postala komercijalna.

4. LITERATURA

- [1] Oleg Shishkovtsov, GSC Game World, *GPU Gems* Chapter 9. *Deferred Shading in S.T.A.L.K.E.R.*, 5th Printing, vol. 1. Addison-Wesley: 2007.
- [2] GSC Game World, *GPU Gems*, 5th printing vol 1, Addison-Wesley: 2007.
- [3] GSC Game World, *GPU Gems 3*, vol. 1. Indiana, US, Addison-Wesley, Second printing, 2007.

Kratka biografija:



Vedran Radivojkov rođen je u Novom Sadu 1982. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Procesi razvoja računarskih igara 2013. god.

INVERTORI ZA SOLARNE ELEKTRANE INVERTERS FOR FOTOVOLTAIC SYSTEMS

Mladen Protić, Vladimir Katić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast - ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U radu je objašnjen princip rada fotonaponskih (FN) ćelija. Opisani su svi tipovi topologija FN sistema, koji se koriste u solarnim elektranama. Izvršena je klasifikacija svih tipova FN invertora. Urađena je detaljna analiza karakteristika (srednje vreme između dva kvara (MTBF), praćenje maksimalne radne tačke (MPPT), uticaj senke, efikasnost...), na osnovu kojih se određuje najpovoljniji izbor invertora, odnosno najpogodnija topologija FN sistema za projekat koji je potrebno realizovati.

Abstract - The paper presents a review of photovoltaic (PV) cells and panels. A detailed description of PV system topologies, which are used in PV plants are presented. A classification of different types of PV inverters is given. Detailed comparison of characteristics (Mean time between failure (MTBF), maximum power point tracking (MPPT), shade effects, efficiency...), which leads to the optimum PV plant topology and valid choice of inverter for the PV system.

Ključne reči: fotonaponski sistem, fotonaponski invertori, mikroinvertori, pouzdanost.

1. UVOD

U današnje vreme obnovljivi izvori energije imaju sve veću važnost u elektro-energetskom sistemu, a razvijene zemlje u velikoj meri podstiču njihovu upotrebu. Osnovni razlog ovih podsticaja proizilazi iz visoke cene fosilnih goriva uz njihov stalni porast, kao i veliko zagađenje okoline koje utiče na klimatske promene. U obnovljive izvore energije spadaju energija vode, vetra, biomase, Sunčevog zračenja, geotermalna, plime i oseke, morskih talasa i dr. Visoka cena opreme fotonaponskih (FN) sistema, koji su predstavljali osnovnu prepreku u daljem razvoju i unapređenju eksploatacije ove vrste energije, pokazuje značajan pad u poslednjih nekoliko godina. International Energy Agency je u svom izveštaju navela da je u periodu od 1996. od 2006. godine zabeležen je pad cena FN panela od preko 40%. [1]

2. ORGANIZACIJA SOLARNE ELEKTRANE

2.1. Tehnički opis

Solarna FN elektrana vrši konverziju energije sunčevog zračenja u električnu energiju. Zahvaljujući FN efektu, FN ćelije, koje predstavljaju osnovu FN sistema proizvode električnu energiju kada su izložene zračenju Sunca. Osnovni elementi FN elektrana su:

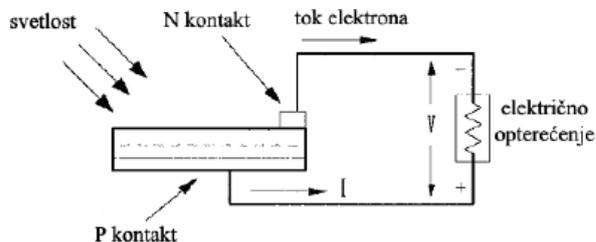
NAPOMENA:

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

fotonaponski moduli, invertori, sistemi za povezivanje i elementi zaštite. Najčešće je potrebno podići napon na više vrednosti zbog povezivanja elektrane sa srednje ili visokonaponskom mrežom, te se zbog toga koriste i transformatori.

2.2. Princip rada solarnih ćelija, fotonaponski efekat

Fotonaponski efekat je u stvari usmereno kretanje nosioca naelektrisanja kada se određeni materijal osvetli snopom fotona. Fotonaponske ćelije konvertuju svetlost u struju. Posebno konstruisan i dizajniran oblik p-n spoja, koji omogućava prostorno padanje svetla na što veću njegovu površinu, pri čemu svetlost (fotoni) ulaskom u materijal p-n spoja i prenosom svoje energije oslobađa slobodne nosioce naelektrisanja, elektrone i šupljine, naziva se fotonaponska ćelija. Pojava koja ima za posledicu oslobađanje slobodnih nosioca naelektrisanja pod dejstvom svetlosti i stvaranjem električnog toka, naziva se fotonaponski efekat (slika 1).



Slika 1: Fotonaponski efekat

3. NAČINI POVEZIVANJA FOTONAPONSKIH MODULA I TIPOVI TOPOLOGIJA PV SISTEMA

Najčešće se pojavljuju tri načina povezivanja FN panela u veće celine, odnosno u FN sistem:

1. sa centralnim invertorom
2. sa FN panelima u manjim nizovima
3. sa suplementacijom centralnog invertora DC/DC pretvaračima
4. sa ugrađenim mikroinvertorima

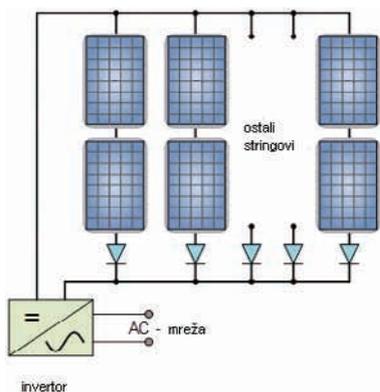
3.1. Sistemi sa centralnim invertorom

U svetu FN tehnologije, ubedljivo najčešće konfiguracije FN sistema su sistemi sa centralnim invertorom. FN paneli su organizovani u nizove, čiji DC napon na krajevima dostiže do 1000 V, zajedno su povezani na jedan snažni DC/AC inverter. Više manjih grana koje pripadaju jednom nizu, mogu takođe biti povezani paralelno pre konverzije u inverteru, kako bi se sistemu omogućila dodatna fleksibilnost i bolje performanse rada samog sistema.

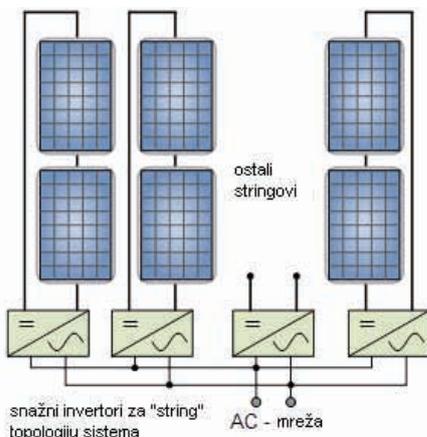
3.2. Sistem sa FN panelima u manjim nizovima

Drugi tip topologije FN sistema jeste organizacija panela u manje nizove koji imaju svoje zasebne invertore.

Fotonaponski moduli se električki povezuju na red, na taj način formirajući nizove fotonaponskih modula, slika 3.



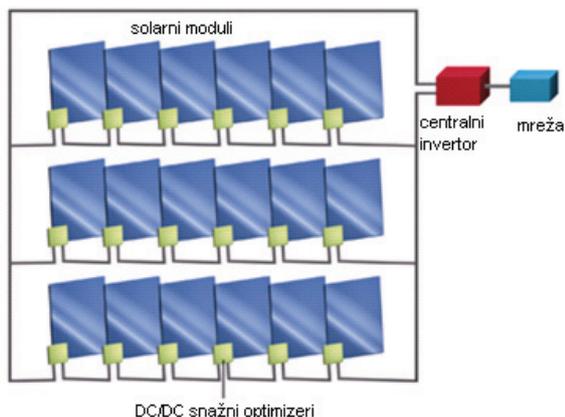
Slika 2: FN elektrana sa centralnim invertorom



Slika 3: Električna šema FN modula povezanih u niz

3.3. Sistem sa suplementacijom centralnog invertora DC/DC pretvaračima

Suplementacija centralnog invertora sa DC/DC konvertorima instaliranim na svaki FN modul pojedinačno praktično predstavlja implementaciju sistema sa centralnim invertorom radi boljeg praćenja radnih tačaka svakog FN panela posebno (slika 4). Postoji nekoliko tipova DC/DC optimizera, neki su vezani serijski u nizove, dok drugi stvaraju visoki napon i užičeni su paralelno. Centralni inverter i dalje vrši konverziju električne energije dobijene od FN niza u kompatibilnu AC snagu spoljne mreže, dok DC/DC kovertori vrše

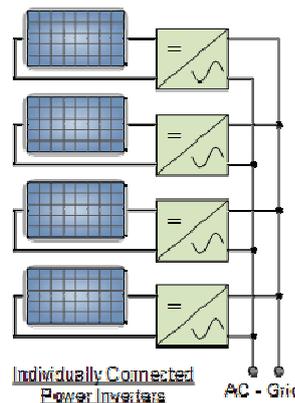


Slika 4: DC/DC konvertori integrisani sa centralnim invertorom

MPPT podešavanja na nivou panela. Time je omogućeno da svaki panel maksimalno iskoristi energije, bez mogućih smanjenja performansi pod uticajem drugih FN modula iz datog niza. Ima slične performanse kao i mikroinvertori, ali i dalje koristi centralni inverter. Ova konstrukcija FN elektrane je zanimljiva posebno ako se vrši adaptacija već postojećeg sistema, jer je potrebno izvršiti znatno manji broj izmena.

3.4. Sistemi sa ugrađenim DC/AC mikroinvertorima

Kod ovih sistema mikroinvertori se ugrađuju na zadnjoj strani kućišta svakog FN modula. Njihov zadatak je i obezbeđivanje MPPT na nivou modula (slika 5).



Slika 5: Izgled sistema koji koristi mikroinvertore

4. TIPOVI FN INVERTORA I FUNCIJA INVERTORA

4.1 Centralni inverter

Centralni inverter je najčešći izbor prilikom projektovanja FN sistema. Veličina sistema se zasniva na količini izdvojenih sredstava za projekat, ili može da se zasniva na proučavanju veličine računara za električnu energiju, ili pravljenjem spiska svih električnih uređaja u kući čiji rad treba da bude omogućen. Koristeći dijagram intenziteta solarnog zračenja kao i broja sunčanih sati za datu lokaciju, određuje se neophodna . Nakon toga, kada se utvrdi neophodna količina snage koju sistem treba da obezbedi, određuje se potreban broj solarnih panela u sistemu. Kada se utvrdi tačan broj solarnih panela u sistemu, kao i snaga koju će sistem obezbeđivati, može se utvrditi i odgovarajuća veličina invertora. Tradicionalno, koristi se jedan inverter za transformaciju električne energije celog FN sistema u sinusni napon koji koristi distributivna mreža. Inverter može biti ugrađen u zatvorenom prostoru, ili na otvorenom uz određeni stepen zaštite. Centralni invertori, uvek su trofazni, snage od 100kW do 1MW. Postoje dva koncepta: sa jednim invertorom ili tzv. *master-slave* koncept.

4.2. String invertori

String invertori su invertori manjih snaga, do 50kW. Mogu biti monofazni ili višefazni, ali se monofazni najčešće izvode do 10kW snage. Po konstrukciji su jako slični običnim centralnim invertorima.

4.3. Moduluski-integrirani konvertori

Moduluski-integrirani konvertori – MIC praktično predstavljaju implementaciju sistema sa centralnim

invertorom kako bi se omogućilo nadgledanje rada sistema i MPPT praćenje na nivou FN panela. Svaki panel ima svoj konverter, ali su ovi konverteri samo DC/DC prirode, i svi paneli, zajedno sa sebi dodeljenim konvertorima, su međusobno povezani serijski, i stvaraju zajednički DC niz. Za konekciju na mrežu koristi se samo jedan FN inverter. Integrisani konvertori (MIC) su se pojavili kao jedno od mogućih rešenja parcijalnog senčenja. Ovi konvertori za optimizaciju snage, vrše povezivanje pojedinačnog panela sa odgovarajućim nizom. Povezivanjem konvertora u serije, dobija se visoki DC napon na magistrali prema inverteru, dok se u međuvremenu vrši MPPT na nivou panela, tj. svaki panel ima svoje pojedinačno MPPT praćenje. Tipičan primer MIC konvertora na tržištu je *National Semiconductor's SolarMagic Power Optimizer*, čije su osnovne karakteristike 40 V_{DC}, 350 W sa ulaza od panela, dok su kompatibilni sa 600 V_{DC} i 1000 V_{DC} magistralma na svom izlazu. Koristi trosegmentnu *buck-boost* konverziju sa (buck, boost, and pass-through), sa maksimalnom efikasnošću od 99.5%. Iako MIC konvertori deluju privlačni zbog mogućnosti montiranja direktno na FN panel, problem je zahtevanje korišćenja komplikovane trosegmentne *buck-boost* konverzije pri ovoj topologiji sistema kako bi bila moguća MPPT konverzija pri svim operativnim uslovima. Pored toga, zbog visokog odnosa cena/vat MIC sistema, nije isplativo koristiti ovu topologiju prilikom izgradnje komercijalnih krovnih FN sistema većih razmera. Naime, zbog nemogućnosti uzemljenja FN panela, javlja se opasnost od velikih puzajućih napona preko FN panela, zbog čega nisu u mogućnosti da ispunе sve potrebne uslove.

4.4. Mikroinvertori za solarne elektrane

Mikroinvertori nude određene prednosti u pogledu fleksibilnosti, efikasnosti, i pouzdanosti i sigurnosti za fotonaponske panele. Njihova visoka cena i slabija efikasnost u prošlosti su ograničavale njihovu upotrebu.

Mikroinverter je znatno manji uređaj od centralnog invertra, i instalira se na zadnji deo solarnog panela. Oni se zatim međusobno povezuju u niz. Kada se mikroinverter poveže sa solarnim panelom, unija ove dve komponente se često zove i AC modul. Mikroinverter izvršava sve zadatke koje radi i centralni inverter:

1. efikasnu transformaciju jednosmernog u naizmjenični sinusni napon mrežnog oblika
2. sprečavanje "icelanding" efekta u sistemu
3. povećavanje efikasnosti sistema pomoću MPPT
4. nalaženje neophodne uslove NEC i UL

Jedna od ključnih prednosti mikroinvertora u odnosu na centralne, je njihov ekstremno jednostavan način ugradnje u sistem, čime se automatski štede vreme i novac potrebni za njihovu ugradnju. Oni se ugrađuju u kućište na zadnjem delu solarnog panela, sa jedne strane povezuje se na solarni panel, a sa druge paralelno sa ostalim mikroinvertorima. Svaki mikroinverter je u startu definisan sa koliko solarnih panela može da se poveže, pa ne postoji ograničenje u veličini niza. Ova vrsta sistema je sigurnija i za ljude koji su zaduženi za izgradnju samog sistema, jer ne mogu doći u kontakt sa jednosmernim strujama velikih napona (do 600V). Mikroinvertori omogućavaju da AC moduli praktično budu nezavisni i zasebni izvori električne energije, svaki optimizovan sam

za sebe, nezavisno od ostatka niza kome pripada. Ova modularnost omogućava da sistem bude više fleksibilan, jer se paneli mogu postepeno priključivati u sistem tokom dužeg vremenskog perioda, kako budžet projekta bude dozvoljavao. Pored toga, paneli mogu biti miksovani i uparivani od različitih proizvođača i različitih modela. Na kraju, mikroinvertori prenose podatke o proizvodnji energije svakog panela preko AC mreže, zbog čega analiza rada niza modula nije ograničena na ukupnu proizvodnju.

5. OSOBINE I PROBLEMI FOTONAPONSKIH INVERTORA

5.1. Efekat senke

FN sistemi su posebno osetljivi na senku, mala količina osenčenog područja ćelija može značajno smanjiti izlaznu snagu. Dok FN instalateri izbegavaju senčenja što je bolje moguće, postoje slučajevi kada je senčenje neizbežno. Ozbiljne razlike u solarnom zračenju može dovesti do odstupanja u praćenju tačaka maksimalne efikasnosti sistema, i tako dovesti do smanjenja ukupne efikasnosti. Većina proizvođača solarnih panela ne uključuju tehnologiju dizajniranu da ograniči uticaj senke na njihovu snagu. Na primer, imaju tri unutrašnje "bypass" diode. Za razliku od centralnih i string invertora i praćenja strujno-naponske I-V karakteristike celog sistema, mikroinvertori, kao i DC-DC pretvarači imaju sposobnost da prate MPP pojedinačno prate I-V krivu svakog panela zasebno. Ovaj fokus na svaki pojedinačni panel je praktično osobina mikroinvertora koja je njihova osnovna prednost u odnosu na konkurenciju. Problemi koji bi obično paralizovali centralni inverter, kao što su senka, prašina ili neusklađenost panela, sistem realizovan sa mikroinvertorima može lako da se prilagodi.

5.2. Efikasnost FN invertora

Efikasnost invertora opisuje gubitke koji nastaju prilikom konverzije jednosmerne u naizmjeničnu struju. Ovi gubici obuhvataju: gubitke nastale u transformatoru (u uređajima koji imaju transformator), gubitke u prekidačima, kao i gubitke na sopstvenu potrošnju invertora (upravljanje, kontrolam snimanje podataka itd.). Efikasnost invertora je definisana količnikom izlazne naizmjenične snage P_{ACout} i snage koja se dobija sa panela P_{DCin}:

$$\eta = P_{ACout} / P_{DCin} \quad (1)$$

$$\eta_{euro} = 0.03\eta_{5\%} + 0.06\eta_{10\%} + 0.13\eta_{20\%} + 0.1\eta_{30\%} + 0.48\eta_{50\%} + 0.2\eta_{100\%} \quad (2)$$

η predstavlja efikasnost invertora kada je ostvarena snaga $x\%$ od nominalne ulazne snage.

Od suštinske je važnosti da inverter bude efikasan, jer fotonaponski moduli imaju malu efikasnost, i potrebno je sačuvati svu proizvedenu energiju sa što manje gubitaka. Poželjno je da efikasnost invertora bude preko 95%. Trenutno na tržištu postoje invertori sa nominalnom efikasnošću od 98.6%.

5.3. MPPT praćenje

Uređaj za praćenje tačke maksimalne snage FN sistema, ili MPPT (eng. *maximum power point tracking*), je uređaj koji osigurava rad FN sistema u optimalnoj radnoj tački. Da bi prenos energije između FN sistema i invertora bio maksimalno efikasan, inverter mora pratiti tačku maksimalne snage FN sistema.

5.4. Pouzdanost FN invertora

Za učestanosti kvara λ , datih komponenti fotonaponskog sistema uzima se da su ovi λ koeficijenti nepromenljivi. Eksponencijalni oblik jednačine pouzdanosti, kada se uzme da je konstantna učestanost kvara sistema koja adekvatno opisuje ponašanje samih komponenta sistema, tada iznosi

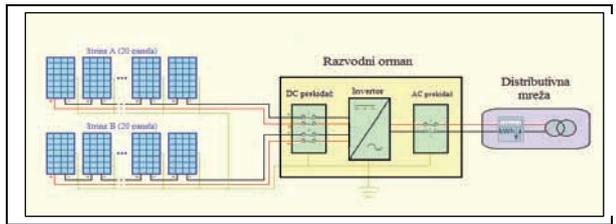
$$R(t) = e^{-\lambda \cdot t} \quad (3)$$

dok prosečan korisni život komponente i iznosi

$$MTTF = 1/\lambda \quad (4)$$

5.5. Pouzdanost FN sistema na zgradi FTN

Prikaz strukture, organizacionog koncepta FN elektrane Fakulteta tehničkih nauka prikazan je na slici 6.



Slika 6: Prikaz strukture, organizacionog koncepta FN elektrane Fakulteta tehničkih nauka [3]

Konfiguracija sistema FTN:

napon fotonaponskog niza (20 panela)	479 V
tip FN panela	JKM-240P
snaga FN modula	240 Wp
ukupna instalisana snaga solarnog sistema	9600 Wp
br serijski vezanih modula	20
br paralelno vezanih nizova	2
ukupan broj FN panela	40

Sa unetim podacima o učestanostima kvarova svih komponenta odgovarajućih sistema, dobijamo sledeće jednačine pouzdanosti [2]:

Jednačina pouzdanosti sistema sa centralnim invertorom:

$$R_{sys1} = e^{-0.1t} - e^{-0.1t} * (1 - e^{-(20*0.4)t}) \quad (5)$$

Jednačina pouzdanosti sistema sa string invertorom:

$$R_{sys2} = 1 - \{1 - [(1 - (1 - e^{-0.2t})^4)]\}^4 \quad (6)$$

Jednačina pouzdanosti sistema sa mikroinvertorima [2]:

$$R_{sys3} = [1 - (1 - e^{-0.14t})^{40}] \quad (7)$$

Jednačina pouzdanosti sistema sa DC/DC konvertorima:

$$R_{sys4} = e^{-0.1t} - e^{-0.1t} * (1 - e^{-(20*0.076)t})^2 \quad (8)$$

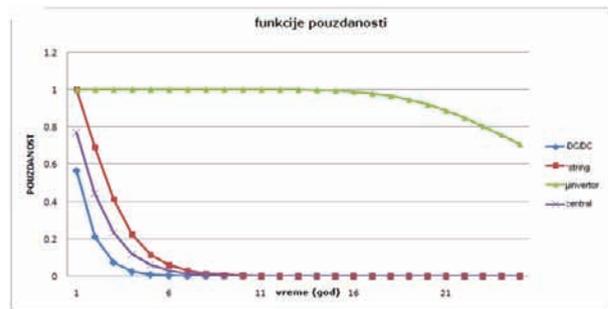
Izgled funkcija pouzdanosti sva četiri sistema (sistem sa centralnim invertorom, sa string invertorima, sa mikroinvertorima i sistema sa centralnim invertorom i DC/DC konvertorima predstavljene su na slici 7.

Na osnovu urađenog može se zaključiti da sistemi koji koriste module sa integrisanim invertorima imaju znatno veću potencijalnu pouzdanost u odnosu na druge konfiguracije sistema, posebno sistem sa centralnim invertorom.

Veliki broj invertora obezbeđuje da kvar jednog FN modula ili invertora ima samo manji inkrementalni efekat na ukupnu performansu sistema.

U Srbiji otkupna cena električne energije dobijene iz FN elektrane za povlašćene proizvođače iznosi 0,16 - 0,21 €/kWh. Procenjena godišnja proizvodnja električne

energije iz FN elektrane FTN iznosi 11.400 kWh, pa je godišnji prihod oko 2.622 €, pa će se investicija otplatiti za 8 do 10 godina [3].



Slika 7: Izgled funkcija pouzdanosti sva 4 FN sistema

6. ZAKLJUČAK

Bez obzira na izbor invertora, FN sistemi će uvek biti ekonomski isplativi. Svi troškovi izgradnje i održavanja FN sistema bili bi, kako je prikazano ranije u radu, nadoknađeni u prvih 10 godina rada sistema, dok bi u narednim periodima fotonaponski sistem stvarao profit. Dobar izbor invertora bi mogao samo da smanji period otplate izgradnje sistema.

LITERATURA:

- [1] M. Mirković, „Eksploataciona karakteristika obnovljivih izvora energije“, Diplomski rad, Elektrotehnički fakultet, Beograd, 2011. http://emp.etf.rs/html/diplomski/mikica_mirkovic.html
- [2] W.M. Rohouma, I.M. Molokhia, A.H. Esuri: „Comparative study of different PV modules configuration reliability“, *Desalination*, Vol.209, 2011, pp.122-128, http://www.academia.edu/1814863/Comparative_study_of_different_PV_modules_configuration_reliability
- [3] V.A. Katić, Z.J. Čorba, B.P. Dumnić, D.M. Milićević, „Projektovanje i realizacija krovne fotonaponske elektrane FTN Novi Sad“, Projekat, FTN Novi Sad, 2011.

Kratka biografija:



Mladen Protić rođen je u Užicu 1985. godine. Srednju Elektrotehničku školu Radoje Marić u Užicu završio je 2004. godine. Diplomski master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti mikroracunarska elektronika – energetika, elektronika i telekomunikacije završio 2013. 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.

PRENOS HD SIGNALA UŽIVO PREKO 4G LTE MREŽE LIVE HD SIGNAL TRANSMISSION USING 4G LTE NETWORK

Danka Lemez, Željens Trpovski, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast - ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj - *Koncept prenosa videa preko mobilnih mreža promenio je način izveštavanja. Bonding mobilna tehnologija zasniva se na prenosu komprimovanog video sadržaja (koji se dobija iz H.264 koda) preko više mobilnih modema. Umesto oslanjanja na jedan nepouzdan link, bonding tehnologija koristi nekoliko mobilnih linkova u cilju povećanja propusnog opsega i postizanja željenih performansi. Video koder koduje video iz kamere, deli ga u pakete sa podacima, a potom prenosi grupe paketa preko različitih modema. Prijemnik u studiju slaže pakete u ispravan redosled i tako rekonstruiše komprimovani video materijal, koji se potom uživo uključuje u program, postavlja na server za online pregled ili se arhivira.*

Abstract – *The concept of video transmission using cellular networks has changed the way of reporting. Bonding cellular technology is based on the transmission of compressed video (that comes from H.264 encoder) across several mobile modems. Instead of relying on a single unreliable link, bonding technology use several mobile links to increase bandwidth and achieve the desired performance. Video encoder encodes video from camera, divides it into packets of data and transmits groups of packets over different modems. The receiver in the studio arranges packets in the correct order and reconstructs the compressed video material. Video file then can go live, be placed on the server for online viewing or be archived.*

Ključne reči: *Mobilna bonding tehnologija, 4G LTE mreža, HD signal, H.264/AVC MPEG 4 standard za kompresiju.*

1. UVOD

Reporteri su uvek imali poteškoće prilikom prenosa snimljenog materijala do TV studija. Nekada su kasete sa snimljenim materijalom do studija prenosili ljudi, pa su vesti stizale sa velikim kašnjenjem, ali njihova prednost se ogledala u velikom kapacitetu. Poslednjih nekoliko decenija, prenos materijala do studija se svodi na upotrebu satelita, koji se uglavnom mogu koristiti bilo gde, i mikrotalasa koji su naročito korisni u gradskim područjima. Danas ljudi očekuju informacije o najnovijim vestima u roku od nekoliko sekundi, a reporterima i reportažnim vozilima je potrebno najmanje sat vremena da stignu na mesto događaja i da se pripreme za izveštavanje.

Usluge 4G mreže i velika popularnost *smart* telefona su doprineli tome da je gotovo nemoguće da se neki korisnik

korisnik ovih usluga ne zadesi u blizini nekog bitnog događaja i ne fotografiše zanimljive scene ili snimi video klip koji će potom da *upload*-uje na neku društvenu mrežu i podeli ga sa prijateljima. Tako vesti danas dolaze do krajnjih korisnika tj. publike.

Zahvaljujući tehnologiji mobilnog *bonding*-a, reporteri su u mogućnosti da se preko mobilne mreže uživo uključe u program i publici omoguće video HD kvaliteta ili da video istog kvaliteta pošalju direktno u studio. Tajna korišćenja mobilne mreže je spajanje nekoliko odvojenih mobilnih modema i paketski prenos video materijala preko različitih konekcija. Prijemnik u studiju slaže pakete u ispravan redosled i tako rekonstruiše komprimovani video materijal, koji se potom uživo uključuje u program, postavlja na server za *online* pregled ili se arhivira.

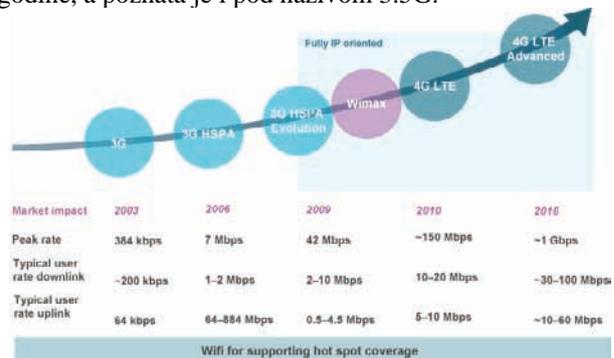
2. RAZVOJ MOBILNIH TELEKOMUNIKACIONIH SISTEMA

Prva generacija mobilnih telekomunikacionih sistema bila je zasnovana na analognim tehnologijama i ograničena samo na govorne usluge, dok je druga generacija bila digitalna i razvijena sa ciljem da obezbedi bolji kvalitet signala i veće brzine prenosa.

GSM Association procenjuje da tehnologije opisane u GSM standardu danas koristi 80% globalnog mobilnog tržišta, koje obuhvata više od 5 milijardi ljudi u više od 212 zemalja i teritorija sveta [1].

Kako je prelazak sa 2G na 3G sisteme podrazumevao ogromna ulaganja, nastali su prelazni sistemi i to su GPRS i EDGE. Pod 3G-om se podrazumevaju standardi UMTS (kao evropsko rešenje) i CDMA2000 koji se najviše koristi u Severnoj Americi i Južnoj Koreji. Danas se 3G pre svega koristi za proširenje kapaciteta GSM mobilne mreže.

Paketski prenos podataka velikom brzinom ili HSPA je tehnologija nastala spajanjem dva protokola mobilne telefonije, HSDPA i HSUPA. Predstavljena je 2002.-e godine, a poznata je i pod nazivom 3.5G.



Slika 1. Razvoj mobilnih komunikacija

NAPOMENA:

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

Evolved HSPA ili *HSPA+* je unapređena verzija *HSPA* tehnologije, poznata i pod nazivom *3.75G* i predstavljena krajem 2008.-e godine. Tehnički, performanse se postižu korišćenjem *MIMO* tehnike, modulacije višeg reda (*64QAM*) ili kombinovanjem više ćelija u jednu, *Dual-Cell HSDPA* tehnikom.

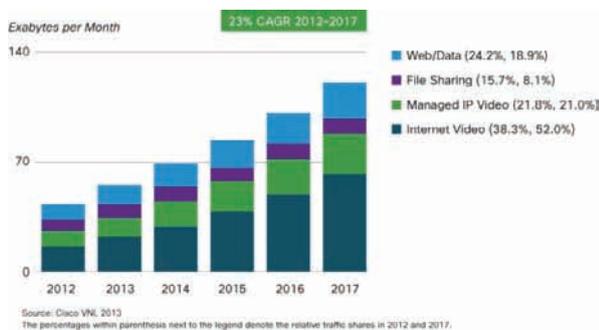
LTE je predstavljen u *3GPP* specifikaciji *Release 8*, sa prvom komercijalnom upotrebom u decembru 2009.-e godine u Oslu i Štokholmu. Očekivane brzine su najmanje 100 Mb/s na *downlink*-u i 50 Mb/s na *uplink*-u, sa kašnjenjem manjim od 10 ms. *LTE-Advanced* (Slika 1) predstavlja evoluciju *LTE* mreže i zadovoljava prvobitno definisane kriterijume mreže četvrte generacije. Očekivane maksimalne brzine su do 1 Gb/s na *downlink*-u i do 500 Mb/s na *uplink*-u, a potpuni prelazak na *LTE-A* mreže se očekuje najranije u 2014.-oj godini [1].

3. MOBILNA BONDING TEHNOLOGIJA

Pre dvadeset godina, kada bi se desio neki važan događaj, lokalni posmatrači bi ili pozvali policiju ili lokalne medije. Obzirom na prenosivost potrebne tehnologije, radio reporteri bi verovatno prvi prenosili vesti, a nakon stizanja *TV* ekipa i podešavanja opreme, počelo bi prikazivanje slika na kanalima *TV* mreža. Samo zaista značajni događaji bi opravdali hiljade dolara koje su *TV* stanice trebale da izdvoje za novinare i uspostavljanje satelitske veze kako bi obezbedile prenos "uživo".

Do 2001.-e godine pojavili su se Internet i e-mail, pa se ubrzao proces obaveštavanja i tehničke ekipe su se mobilisale mnogo brže, ali i pored toga su novinari i saradnici morali da putuju do mesta događaja i podešavaju opremu pre snimanja, a sve je to podrazumevalo mnogo utrošenog vremena.

Danas se situacija potpuno promenila i vesti se šire zahvaljujući društvenim mrežama. Kada se desi neki događaj, posmatrači su u mogućnosti da *tweet*-uju sa svojih telefona o događaju kojem su upravo prisustvovali i čitavu vest upotpune fotografijom ili video klipom. Tako priča dolazi do publike za vreme koje je nekada bilo potrebno da se novinske agencije obaveste da vest postoji. Ipak, i u elektronskim medijima postoji potreba za kvalitetom, a *live streaming* sa mobilnog telefona je obično ograničen *uplink* mogućnostima konekcije *smart* telefona. Tako je došlo do razvoja mobilne *bonding* tehnologije koja je tokom poslednjih par godina značajno promenila emitovanje vesti i izveštavanje uopšte.

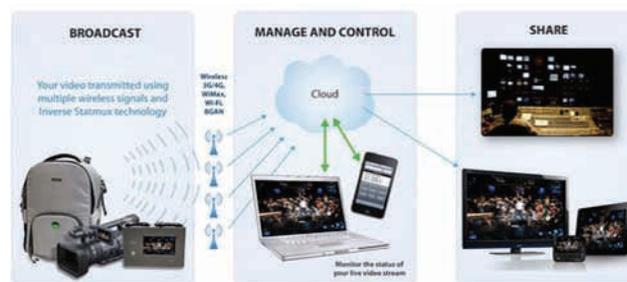


Slika 2. Globalni korisnički IP saobraćaj

Prema istraživanju koje je Cisco objavio krajem maja ove godine, video će predstavljati više od 50% Internet saobraćaja [2] u 2017.-oj godini (Slika 2). Zbog toga je

jasna težnja velikih kompanija da omoguće gledanje videa visokog kvaliteta u svakom trenutku i na svakom mestu. Na Olimpijskim igrama u Londonu 2012.-e godine je samo u prvoj nedelji prikazivanja 41% video sadržaja isporučeno na telefone i tablete [3], a 1.5 milion ljudi je *download*-ovalo *BBC*-evu aplikaciju za mobilne telefone [4].

Bonding mobilna tehnologija zasniva se na prenosu komprimovanog video sadržaja preko više mobilnih modema (Slika 3). Umesto oslanjanja na jedan nepouzdan link, *bonding* tehnologija koristi nekoliko mobilnih linkova u cilju povećanja propusnog opsega i postizanja željenih performansi. Video koder koduje video iz kamere, deli ga u pakete sa podacima, a potom prenosi grupe paketa preko različitih modema. Prijemnik u studiju slaže pakete u ispravan redosled i tako rekonstruiše komprimovani video materijal, koji se potom uživo uključuje u program, postavlja na server za *online* pregled ili se arhivira. Ukoliko neki linkovi ne rade, saobraćaj se automatski raspoređuje preko preostalih linkova što se dešava za manje od 100 ms, tako da se prekid ne primećuje.



Slika 3. Tok podataka u bonding tehnologiji

Pod visoko kvalitetnim video signalom se podrazumeva video bez prekida, a mobilni linkovi su sami po sebi nestabilni i podložni promenama. Prenos videa preko nestabilnog linka može dovesti do pojave crnog ekrana, video pauze, pikselizacije, audio problema, izgubljene sinhronizacije između video i audio sadržaja i mnogih drugih problema. Parametri koji utiču na performanse, kao što su raspoloživost propusnog opsega, vreme čekanja, gubici ili sve to zajedno, mogu se promeniti u milisekundi.

Brzine prenosa mogu mnogo da variraju u zavisnosti od mesta, doba dana i broja ljudi na određenom mestu. Jedan od zadataka *bonding* uređaja je da na svakih nekoliko milisekundi proveri svaki link po pitanju propusnog opsega, kašnjenja i stope gubitaka. Tako se u realnom vremenu na najbolji način donosi odluka o izboru linka za sledeći paket u nizu [5].

Emiteri žele zagarantovan propusni opseg na zahtev, ali takvi aranžmani mogu da budu preskupi i dovedu do povrede pravila neutralnosti. Iz tog razloga, standardna reportažna vozila su ostala osnovni alat za pouzdano izveštavanje, ali je njihova visoka cena otvorila vrata *bonding* mobilnoj tehnologiji, koja je možda manje pouzdana, ali ipak dovoljno pouzdana u novoj eri mobilnog izveštavanja.

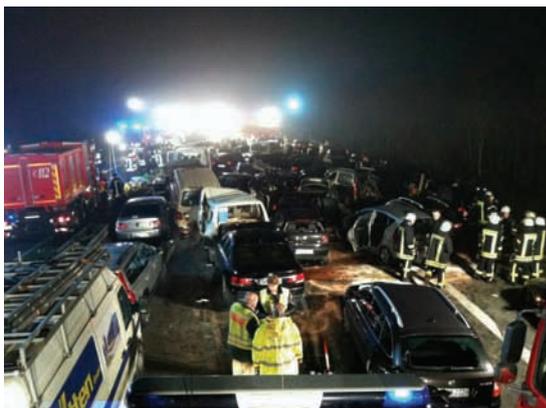
Na Slici 4 prikazan je *interface Teradek*-ovog softvera *Sputnik*. Zelene i plave linije na grafu pokazuju efektivni protok preko dva 4G modema koja su registrovala signal.

Njihovim kombinovanjem dobija se protok od 4308 Kb/s što je predstavljeno žutom linijom na grafu.



Slika 4. Interface Teradek-ovog Sputnik softvera

Izveštavanje uživo sa terena je najzastupljenija primena *bonding* tehnologije i TV stanice je koriste za najnovije vesti, *live* prenos velikih sportskih događaja, ali i univerzitetskih mečeva, konferencija za novinare, za izveštavanje o vremenskim uslovima, sa mesta saobraćajnih nesreća (Slika 5), sa ulica, iz unutrašnjosti objekata, iz brodova i helikoptera, dok je kamera stacionarna i dok je TV ekipa u pokretu.



Slika 5. Saobraćajna nesreća na autoputu u Nemačkoj u decembru 2011.-e godine

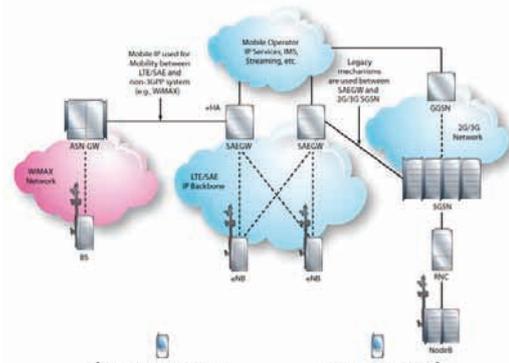
Bonding sistemi se razlikuju po tome za koliko mogu smanjiti rizike i u kojoj meri mogu povećati performanse. Najpoznatiji proizvođači ove opreme su: *LiveU* (Slika 6), *Dejero*, *Integrated Microwave Technologies (Nucomm)*, *TVU Networks*, *Streambox*, *Teradek* i *Mobile Viewpoint* [6].



Slika 6. LU-70 ranac kompanije LiveU

4. 4G LTE

Glavne komponente arhitekture LTE mreže (Slika 7) su: korisnički terminal (UE), evoluirana UMTS zemaljska radio pristupna mreža (E-UTRAN) i evoluirano paketsko jezgro mreže (EPC) [7].



Slika 7. Arhitektura LTE mreže

Mobilni terminal komunicira sa baznom stanicom preko radio kanala. Tip komunikacije je dupleks, jer je moguć istovremeni prijem i predaja signala, i na strani mobilnog terminala i na strani bazne stanice. Dupleks se može ostvariti sa frekvencijskom raspodelom (FDD) ili sa vremenskom raspodelom (TDD). Kod FDD moda, brzine prenosa i za *uplink* i za *downlink* su fiksne i obično jednake, što ga čini pogodnim za govorne usluge. [7] Kod TDD moda rada, sistem se može prilagoditi onom vremenu koje je potrebno za *uplink* i *downlink*, što ga čini pogodnim za aplikacije poput web pretraživanja. [7] Prenos podataka se zasniva se na OFDMA postupku na *downlink*-u i SC-FDMA postupku na *uplink*-u. Raspoređivanje resursa na *uplink*-u obavlja se u baznoj stanici, a odluke se donose na osnovu kvaliteta usluga, statusa privremene memorije korisničke opreme, kvaliteta pojedinih *uplink* kanala, mogućnosti korisničke opreme itd. [8].

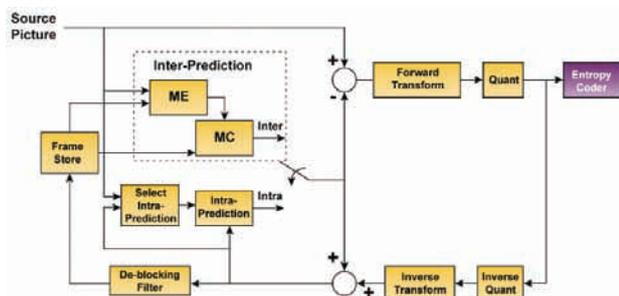
LTE je dizajniran tako da bazna stanica i mobilni uređaj mogu koristiti više antena za radio prenos i prijem signala. Poenta upotrebe više antena je poboljšanje karakteristika sistema u pogledu povećanja broja korisnika ili ćelija, pokrivenosti ili povećanja protoka, bez povećanja širine propusnog opsega. Pri primeni u slabo opterećenim uslovima ili u malim ćelijama, prostorno multipleksiranje obezbeđuje veoma visoke brzine prenosa podataka i efikasnije korišćenje radio resursa. [9] U više opterećenim uslovima ili u velikim ćelijama, osnovni kvalitet kanala ne dozvoljava obimno prostorno multipleksiranje, pa je u tom slučaju, najbolje koristiti više predajnih antena za *beamforming* jednog niza kako bi se poboljšao kvalitet signala. [9] Uobičajena struktura u LTE mrežama je 2x2 MIMO struktura, pri čemu prvi broj označava broj predajnih antena, a drugi, broj prijemnih antena.

Nezavisna kompanija za analitiku mobilnih komunikacija, *Root Metrics*, je 11.-og marta ove godine objavila rezultate performansi LTE mreže glavnih operatera u Severnoj Americi. Rezultati su dobijeni na osnovu 725.000 uzoraka podataka zabeleženih u drugoj polovini 2012.-e godine. [10] Sa prosečnom brzinom *download*-a od 18.6 Mb/s, *AT&T* se našao na prvom mestu, dok je prosečna brzina *upload*-a *AT&T* mreže bila 9 Mb/s [10].

AT&T je u proseku omogućavao maksimalnu brzinu preuzimanja od 57.7 Mb/s i maksimalnu brzinu *upload*-a od 19.6 Mb/s [10]. Na drugom mestu se našao Verizon, ali preko 90% populacije Severne Amerike je u mogućnosti da koristi Verizon LTE mrežu, što ga svrstava na prvo mesto kada je u pitanju pokrivenost signalom [10].

5. H.264/AVC MPEG-4 STANDARD

H.264/AVC je video kodni standard koji su zajedno razvili ITU VCEG grupa i ISO MPEG grupa. Prva verzija standarda je odobrena 2003.-e godine i u poređenju sa prethodnim standardima, H.264/AVC obezbeđuje poboljšanje performansi kompresije video signala, efikasnije kodovanje video sadržaja i niže bitske protoke uz mnogo prihvatljiviji perceptualni kvalitet. Koncept koji se sreće kod H.264/AVC-a je razdvajanje strukture kodeka na dva odvojena sloja, na sloj za kodovanje videa i sloj koji predstavlja mrežu. [11] AVC/H.264 koder (Slika 8) je baziran na istim principima kao i prethodni standardi za kompresiju podataka, odnosno na hibridu intra i inter kodovanja.



Slika 8. Struktura H.264/AVC koda

Intra predikcija zahteva podatke samo iz tekućeg okvira. H.264/AVC koristi prostorno usmerenu predikciju gde su pojedine vrednosti prediktovane na osnovu već dekodovanih i potpuno rekonstruisanih susednih vrednosti odbiraka. Inter predikcija predstavlja proces predikcije bloka lumentnih i hrominentnih uzoraka na osnovu prethodno kodovane i prenesene slike. Ovaj proces podrazumeva selektovanje regiona predikcije, generisanje i oduzimanje bloka predikcije od originalnog bloka uzoraka radi formiranja bloka ostataka koji se koduje i prenosi.

Transformacija se vrši *Integer* transformacijom koja predstavlja aproksimaciju diskretne kosinusne transformacije (DCT) na rezidualnom bloku veličine 4×4 ili 8×8 . Nakon transformacije vrši se kvantizacija tj. svaki koeficijent se deli celobrojnom vrednošću. Kvantizacija smanjuje preciznost transformacijskih koeficijenata u zavisnosti od parametra kvantizacije (QP). Ako QP ima visoku vrednost, više koeficijenata će biti jednako nuli, što rezultuje visokim stepenom kompresije, ali i lošim kvalitetom dekodovane slike. Nakon kvantizacije, koeficijenti se preraspoređuju u cik-cak redosled, entropijski koduju i, uz podatke o načinu kodovanja, predaju mrežnom apstraktnom sloju za čuvanje ili prenos.

H.264/AVC standard koristi dve alternativne metode entropijskog kodovanja: prilagodljivo VLC kodovanje zasnovano na sadržaju (CAVLC) i računarski zahtevnije

prilagodljivo binarno aritmetičko kodovanje zasnovano na sadržaju (CABAC) [11].

Jedna od karakteristika kodovanja na osnovu blokova jeste neželjeno kreiranje vidljivih blokovskih struktura. Iz ovog razloga H.264 u petlji kodovanja koristi adaptivni *deblocking* filter koji ublažava ivice blokova i tako poboljšava izgled dekodovanih *frame*-ova [11].

Kada QP ima malu vrednost, vrlo je verovatno da svaki malo veći gradijent preko ivice bloka predstavlja obeležje slike koje treba sačuvati, a kada je QP veći i blokovske smetnje imaju značajniji udeo u slici [11].

6. ZAKLJUČAK

Glavne prednosti *bonding* tehnologije su mogućnost izveštavanja sa različitih lokacija i manji troškovi u odnosu na klasične načine izveštavanja. Mobilni operateri konstantno usavršavaju opremu i poboljšavaju usluge koje nude korisnicima, a usavršavaju se i *bonding* uređaji, pa su tako sve češće pojave *bonding* uređaja koji se montiraju na telo kamere, čime se postepeno iz upotrebe potiskuju rančevi.

Bonding tehnologija može da se primeni na razne načine i tako promeni i olakša obavljanje standardnih zadataka i njena upotreba u budućnosti može biti samo veća jer će omogućavati brz prenos videa sve boljeg kvaliteta.

7. LITERATURA

- [1] <http://www.wikipedia.org>
- [2] Cisco VNI: Forecast and Methodology, 2012–2017
- [3] Dom Robinson, *Olympic Diary: Online and Mobile Viewing Shatters Records*, <http://www.streamingmediaglobal.com>
- [4] Cait Oriordan, *Digital Olympics: week one in numbers*, <http://www.bbc.co.uk>
- [5] Ken Zamkow and Meir Schrieber: *Covering sports with cellular bonded video*, <http://broadcastengineering.com>
- [6] Dr. Rony Ohayon and Baruch Altman: *Cellular bonding*, <http://broadcastengineering.com>
- [7] Christopher Cox, *An introduction to LTE, LTE, LTE-Advanced, SAE and 4G mobile communications*, John Wiley & Sons, Ltd., Publication, United Kingdom, 2012.
- [8] *Analiza učinaka digitalnog odašiljanja televizije na spektar frekvencija u VHF i UHF pojasu* (Studija), Zagreb, 2009.
- [9] Tamara Muškatirović, *LTE Radio Interfejs*, INFOTEH-JAHORINA Vol. 10, Ref. B-II-1, p. 129-133, March 2011.
- [10] Patrick Linder, *Lightning-fast data speeds and expanding coverage (A 4G LTE performance review)*, <http://rootmetrics.com>
- [11] Iain E. Richardson, *The H.264 advanced video compression standard*, John Wiley & Sons, Ltd, Publication, United Kingdom, 2010.

Kratka biografija:



Danka Lemez rođena je u Sarajevu 1984. god. Diplomski-master rad odbranila je 2013. godine na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Telekomunikacije.

PRENOS PODATAKA KOD SAVREMENIH BANKOMATA**TODAY'S ATM DATA TRANSMISSION**Siniša Trbojević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast - ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj - U ovom radu opisan je prenos podataka prilikom transakcije na bankomatu između platne kartice i čitača kartica. Predočene su neke od poznatih mogućnosti za zloupotrebu platne kartice kao posledice propusta u dizajnu i aplikaciji bankomata kao i nepažnje samog korisnika prilikom korišćenja bankomata.

Abstract - This paper describes data transmission between payment cards pay and card reader during ATM transaction. It also presents some of the known possibilities for ATM fraud as a result of flaws in ATM design and application as well as carelessness of the ATM user.

Ključne reči: prenos podataka, platna kartica, bankomat, zloupotreba platne kartice.

1. UVOD

Pojavom elektronskog bankarstva, koje omogućuje raspolaganje finansijskim sredstvima bez odlaska u banku i elektronske trgovine, koja omogućuje kupovinu i prodaju robe, servisa i informacija putem Interneta, kao dominantni oblici korišćenja elektronskog novca još uvek su se zadržali elektronski transfer sredstava (*EFT – Electronic Funds Transfer*) na tački prodaje (*POS – Point of Sale*) pomoću instaliranih terminala u trgovačkoj i uslužnoj mreži i na drugom mestu kao oblik korišćenja elektronskog novca je upotreba bankomata (*ATM – Automated Teller Machine*).

2. DEFINICIJA BANKOMATA

Bankomat (*ATM – Automatic Teller Machine*) predstavlja elektronski, mini-bankarski šalter, koji korisnicima omogućava da u svako doba dođu do svog novca bez čekanja u redu, 365 dana u godini, 24 časa dnevno.

Upotreba bankomata za podizanje novca je suprotna suštini namene platnih kartica, jer pomaže plaćanje gotovinom, a ne elektronskim novcem, ali bankomat je i dalje važna karika u lancu elektronskog plaćanja.

U prilog tome govori činjenica da se njihov broj u Evropi povećava iz godine u godinu **Sl.1.**

Bankomate po načinu montaže možemo podeliti na:

- bankomate kroz zid (*Throuh The Wall*) i
- unutrašnje bankomate (*Lobby*),

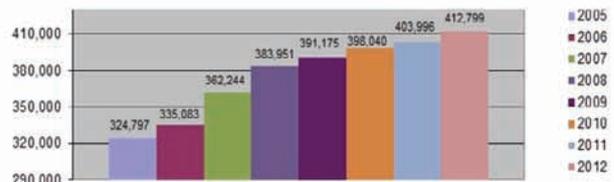
a na osnovu korisničkih funkcija:

- monofunkcionalne i
- multifunkcionalne.

NAPOMENA:

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

European ATM Numbers



Slika 1. Broj bankomata u Evropi u periodu od 2005. do 2012. godine [1]

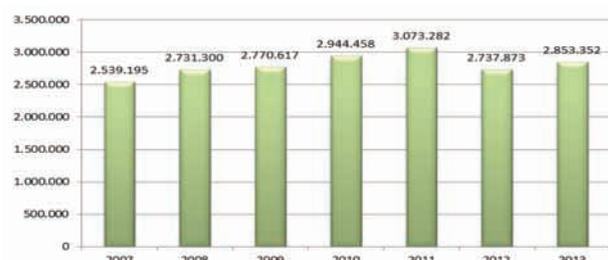
3. PODELA PLATNIH KARTICA I NJIHOVE UOPŠTENE KARAKTERISTIKE

Na osnovu načina vođenja računa sa sredstvima, platne kartice možemo podeliti na: kreditne, debitne, *SVC (Stored Value Card)* kartice, gift kartice, fleet, loyalty kartice, kompanijske kartice.

Na osnovu tehnologije čuvanja podataka na kartici platne kartice se mogu podeliti na:

- **Kartice sa magnetnom trakom** (*Magnetic Stripe Cards*) – su kartice kod kojih se na poleđini nalazi magnetna traka na kojoj su zapisani podaci
- **Čip kartice** – (*Integrated Circuit Card - ICC*) kartice koje mogu da procesiraju podatke, mogu da prime ulazne podatke, procesiraju ih i generišu izlazne podatke, a na osnovu načina razmene informacija između čitača i čipa kartice delimo ih na:
 - **Kontaktne čip kartice** - vrsta čip kartica kod kojih je potrebno da se ostvari fizički kontakt između čipa i čitača da bi podaci bili očitani
 - **Bezkontaktne čip kartice** – su posebna vrsta čip kartica kod kojih je dovoljno da se prinesu na malu udaljenost od čitača da bi podaci bili očitani.

Na grafiku **Sl.2.** prikazano je kretanje broja aktivnih kartica u Republici Srbiji u periodu od 2007. do 2012. godine.

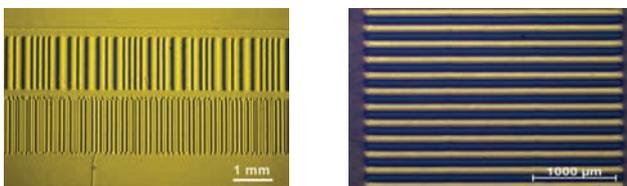


Slika 2. Broj aktivnih kartica u Republici Srbiji [2]

Za broj aktivnih kartica uzet je broj u posljednjem kvartalu godine, a za 2013. godinu broj aktivnih kartica u prvom kvartalu, gde se pod aktivnom karticom smatra kartica koja je napravila bar jednu transakciju u izvještajnom periodu

Kartice sa magnetnom trakom

IBM je 1960. uspeo da razvije karticu sa magnetnom trakom za potrebe sigurnosnih sistema vlade USA i to se smatra pretečom današnjih platnih kartica sa magnetnom trakom. Izgled i karakteristike današnjih kartica strogo su definisane ISO standardima. Kada se feromagnetski materijal izloži dejstvu magnetnog polja on postaje trajno namagnetisan, ovaj princip je iskorišćen za zapis podataka na magnetnu traku **SI. 3.** Podaci se magnetne trake očitavaju se prilikom provlačenjem magnetne trake pored magnetne glave za čitanje.



Slika 3. Prikaz sačuvanih podataka na magnetnoj traci (snimljeno sa CMOS-MagView)[3]

Magnetna traka se sastoji od tanke plastične trake na kojoj se nalaze tri staze feromagnetnog materijala. Svaka staza je površine 0.71 cm². Za finansijske transakcije koriste se prve dve staze koje sadrže potrebne podatke da se izvrši transakcija i namenjene su samo za čitanje podataka (read only). Treća staza se retko koristi i neka njena polja se mogu ažurirati (Read/Write).

Magnetic Stripe Encoding

0.223"	TRACK	Recording Density (Bits per inch)	Character Configuration (including parity bit)	Information Content (including control characters)
0.110"	1 IATA	210	7 bits per character	79 alphanumeric characters
0.110"	2 ABA	75	5 bits per character	40 numeric characters
0.110"	3 THRIFT	210	5 bits per character	107 numeric characters

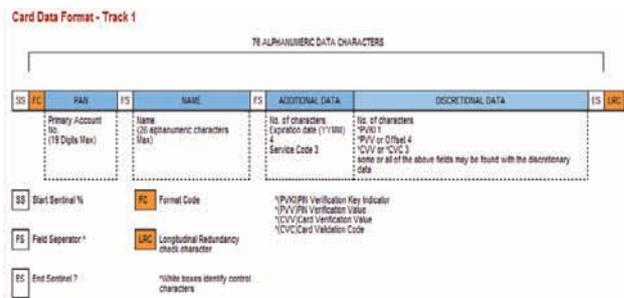
Card Data Format - Track 1

Slika 4. Rasparted staza na magnetnoj traci[4]

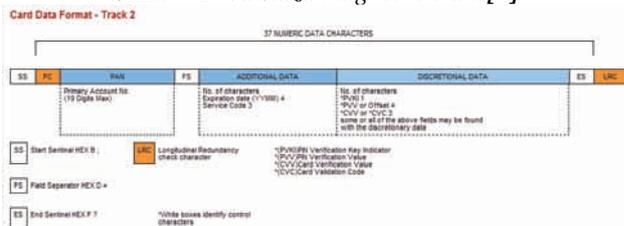
Prva staza razvijena je od strane International Air Transportation Association (IATA) sa gustom bitova 210 bpi. Podaci su kodirani DEC SIXBIT kodom (u suštini to su ASCII karakteri 32-95 kodirani kao 0-63). Podaci su zapisani u više formata.

Format A rezervisan je za izdavaoca kartice (Issuer), format B je prikazan na slici **SI. 4.**, C-M rezervisani za upotrebu ANSI Potkomiteta Ks X3B10, N-Z koji su dostupni za korišćenje od strane pojedinačnih izdavalaca kartica.

Format druge staze razvila je American Bankers Association(ABA) i predstavlja 5-bitnu šemu (4 bita podataka i 1 bit parnosti) koja ima 16 mogućih karaktera – brojevi 0-9 i karakteri: ; < = > ?.



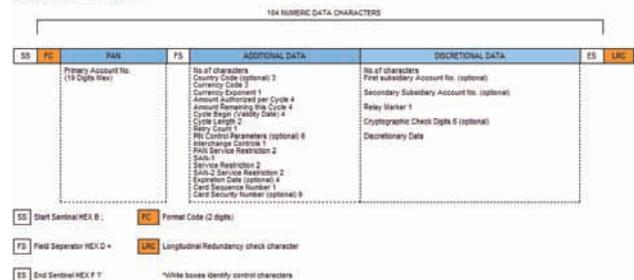
Slika 4. Prva staza magnetne trake[4]



Slika 5. Druga staza magnetne trake[4]

Format treće trake **SI. 6.** razvila je kompanija Thrift-Savings predstavlja 5-bitnu šemu (4 bita podataka i 1 bit parnosti) koja ima 16 mogućih karaktera – brojevi 0-9 i karakteri: ; < = > ?. Na njoj se nalaze osnovne i dodatne finansijske informacije.

Card Data Format - Track 3



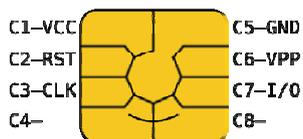
Slika 6. Treća staza magnetne trake[4]

Magnetna traka nije pogodna za čuvanje osetljivih podataka bilo ko sa pristupom odgovarajućem uređaju (bankomatu, POS terminalu) može čitati, upisivati ili brisati podatke, daljnji razvoj i poboljšanja realno nisu mogući, nemogućnost postojanja više aplikacija na kartici sve su ovo razlozi zbog kojih je došlo do opadanja njene zastupljenost pojavom čip kartica.

Čip kartice

Čip kartice – (Integrated Circuit Card - ICC) kartice koje mogu da procesiraju podatke, mogu da prime ulazne podatke, procesiraju ih i generišu izlazne podatke, a na osnovu načina razmene informacija između čitača i čipa kartice delimo ih na:

- Kontaktne čip kartice - vrsta čip kartica kod kojih je potrebno da se ostvari fizički kontakt između čipa SI. 7. i čitača da bi podaci bili očitani
- Bezkontaktne čip kartice – su posebna vrsta čip kartica kod kojih je dovoljno da se prinesu na malu udaljenost od čitača da bi podaci bili očitani.



Slika 7. Kontakti na čipu EMV kartice [5]

C1	Napajanje (VCC)	C5	Ground (GND)
C2	Reset (RST)	C6	Programabilni napon za upis na trajnu memoriju (VPP) – ne koristi se za postojeću klasu kartica
C3	Clock (CLK)	C7	Input/output (I/O)
C4	Ne koristi se	C8	Ne koristi se

Kada se kontaktna čip kartica ubaci u čitač pa do trenuka kada se ukloni iz čitača, komunikacija između terminala i kartice se odvija u nekoliko faza:

- Ubacivanje kartice u čitač, galvansko spajanje kontakata čitača i kartice i aktivacija kontakata na čipu kartice
- Resetovanje čipa i uspostavljanje komunikacije
- Izvršenje transakcije razmenom podataka između terminala i kartice
- Deaktivacija kontakata i uklanjanje kartice

Osnovne komponente bezkontaktnog sistema su bezkontaktni čitač (PCD – Proximity Coupling Device) i bezkontaktna čip kartica (PICC – Proximity IC Card).

Unutar bezkontaktno čip kartice se nalazi antena čiji krajevi su povezani sa integrisanim kolom. Čitač i kartica u blizini čitača se ponašaju kao transformator.

Naizmjenična struja prolazi kroz prvi kalem (antena čitača) i generiše elektromagnetno polje koje indukuje struju u drugom kalem (antena kartice) koja se po principu diodnog ispravljača konvertuje u jednosmernu struju za napajanje integrisanog kola kartice.

Osim napajanja integrisanog kola kartice, ovaj sistem se koristi i za prenos podataka, tako što se noseći signal modifikuje modulišućim signalom koji predstavlja električni ekvivalent poruke.

4. PREVARE NA BANKOMATIMA

Krajnji cilj počinioca napada na bankomat je da se domognu kaseta sa novcem koje se nalaze u donjem delu bankomata i/ili da se domognu poverljivih podataka o transakcijama.

Ove napade možemo podeliti na:

- Zloupotrebu kartica na bankomatima - ove prevare možemo podeliti u tri grupe:
 - Krađu podataka sa kartice- skimming (ATM skimming)
 - Krađu kartice (Card trapping)
 - Krađu novčanica prilikom isplate (Cash trapping)
- Fizičko obijanje bankomata - u ovu grupu spadaju napadi koji imaju za cilj da uz upotrebu brutalne fizičke sile dođu u posed novca iz bankomata

Najpoznatija i najčešća prevara je skimming odnosno snimanje podataka sa magnetne trake platne kartice prilikom njenog korišćenja na bankomatu. Skimeri snimaju podatke o transakcijama u internoj memoriji sa/bez mogućnosti slanja putem mobilne telefonije. Proizvođači bankomata pokušavaju da dizajnom ulaza u čitač bankomata spreče montažu skimera ili da ga bar učine uočljivijim.

Na **Sl. 8.** prikazan je izgled prednje maske čitača kartica i skimer uređaj koji je na njemu pronađen.



Slika 8. Bankomat sa i bez skimer uređaja [6]

Da bi se klonirala kartica, a zatim zloupotrebila na bankomatu potrebno je pored podataka sa magnetne trake da se zabeleži podatak o odgovarajućem PIN-a. Do PIN-a se prilikom transakcije na bankomatu može doći:

- Nepažnjom klijenta
- Montiranjem skrivenih kamera
- Lažna PIN tastatura - koja se postavlja na postojeću PIN tastaturu bankomata i snima PIN-ove koje korisnik unosi pokušavajući da završi započetu transakciju
- Termalne kamere – koje reaguju na temperaturu, efikasne su za raspoznavanje ukucanih PIN kodova zbog toga što ih ne zavarava skrivanje rukom prikom unošenja PIN koda.

Proizvođači bankomata da bi smanjili uspešnost skimminga preporučuju pored pomenutih i sledeće mere:

- Ugradnju anti-skimera koji detektuju prisustvo stranih uređaja montiranih na ulaz čitača
- Čitače kartica koji imaju mogućnost promene brzine i smera transporta kartice kroz čitač (jitter)
- Ugradnje uređaja koji emituje signal koji stvara zaštitno polje oko ulaza u čitač i na taj način ometa čitanje podataka skimer uređaja
- Antifrod uređaj koji sprečava da se na njega montira skimmer
- Monitoring bankomata uz specijalan softver i hardver koji omogućava upravljanje i kontrolu rada bankomata
- Video nadzor bankomata

Krada kartica

Princip na kome se zasniva ova prevara je jednostavan postavlja se mehanička prepreka-petlja u otvor čitača kartice koja dozvoljava korisniku ubacivanje kartice, ali

sprečava put kartice nazad do korisnika po završenoj transakciji, koji posle izvesnog vremena gubi strpljenje i pretpostavljajući da je bankomat pokvaren ili da mu je oduzeo karticu, odlazi do banke da reklamira zadržanu karticu.

Za to vreme, lopov izvlači petlju zajedno sa karticom. Najpoznatija petlja je libanska petlja (Lebanese loop).

Zamke za kartice možemo podeliti u grupe:

- Petlje (Loops)
- Polu-petlje (Half Loops)
- Zaglavljivači (Jam Traps)
- Zalisci (Flaps)
- Blokiranjem taster na tastaturi bankomata

Blokiranjem taster na tastaturi bankomata-da bi zarobili i uzeli karticu, kriminalci koriste super lepak da zalepe «enter» ili neki drugi taster na tastaturi za unos PIN-a da bi je blokirali.

Da bi se dobila informacija o PIN-u lopovi mogu da koriste neke načine kao i za prevaru sa skimming uređajem.

Krada novčanica prilikom isplate

Cilj ove prevare je da se onemogućí korisniku da uzme isplaćeni novac. To se postiže tako što se zablokira izlaz novčanicama prilikom isplate i spreči njihovo povlačenje u retracts kasetu, prilikom isteka time out-a.

Izlaz modula za isplatu novčanica blokira se specijalno napravljenim maskama koje zaklanjaju isplaćene novčanice da ih korisnik bankomata ne vidi.

Fizički napadi

Uključuje bilo koju vrstu fizičkog oštećenja neke od komponenti bankomata u pokušaju da se dođe do novca ili podataka o transakcijama.

Meta fizičkog napada može biti krađa celog bankomata, izolovani napad na donji deo bankomata gde se nalazi sef sa novcem ili gornji deo gde se nalazi čitač kartica. Mere zaštite koje je potrebno sprovesti da bi se bankomat zaštitio od fizičkog napada:

- Postavljanje bankomata u specijalna postolja
- Ugradnja senzora (vibracija, toplota, otvorena vrata sefa) uz monitoring i video nadzor
- Kasete za novac sa mastilom

5. ZAŠTITNE MERE

Da bi se prevare na bankomatima svele na minimum potrebno je sprovesti mere tehničke i ne-tehničke prirode. Tehničke mere podrazumevaju:

- Nadogradnju postojećih i/ili montažu novih uređaja koji će onemogućiti prevare na bankomatima.
- Praćenje transakcija podizanja gotovine na bankomatima falsifikovanim karticama (Counterfeit – Skimmed). Zavisno od trenutka otkrivanja prevare ove mere možemo podeliti na:
 - Pasivne mere (Near Real Time)
 - Aktivne mere (Real Time)

Pasivne mere se sprovode tek kada se utvrdi da je kartica zloupotrebljena i na taj način se sprečava zloupotreba većih razmera.

Aktivne mere za razliku od pasivnih sprovode se u realnom vremenu, sprečavaju isplatu sumljivih transakcija na bankomatu

Ne-tehničke mere podrazumevaju:

- Obuku službenika banke kako bi mogli samostalno vršiti inspekciju bankomata
- Edukaciju korisnika u cilju što sigurnijeg korišćenje bankomata
- Bezbednost lokacije na kojoj se nalazi bankomat
- Montaža bankomata treba da omogućí korisniku što sigurnije korišćenje

6. ZAKLJUČAK

Finansijske institucije da bi sprovele zaštitne mere potrebno je da se zamene stari modeli bankomata novim sa instaliranim uređajima za sprečavanje zloupotreba, da se uvede sistemska kontrola praćenja transakcija u cilju detektovanja sumljivih transakcija, ali to je zahteva značajna novčana ulaganja.

Kriminalcima sa druge strane ostaju na raspolaganju jednostavna i jeftina oprema za izvođenje prevara. Nažalost ukoliko se sprovedu sve mere zaštite protiv zloupotreba kartica na jednom mestu samo će se prebaciti težište kriminalnih grupa na drugu manje zaštićenu lokaciju.

Više tehnički sofisticirano rešenje, ne samo za sprečavanje krađe kartica već i za druge više sofisticirane vrste prevare, bio bi uvođenje biometrijske tehnologije kao sredstvo za identifikaciju korisnika kartice.

7. LITERATURA

- [1]<https://www.european-atm-security.eu>
- [2]<http://www.nbs.rs>
- [3]<http://en.wikipedia.org>
- [4]<http://www-01.ibm.com/>
- [5]<http://www.emvco.com>
- [6]<http://krebsonsecurity.com/>
- [7]<http://www.wincor-nixdorf.com>
- [8]<http://www.diebold.com>
- [9]<http://www.zeta.rs/>
- [10]<http://www.bankinfosecurity.com>
- [11]EMV - Integrated Circuit Card – Specifications for Payment Systems, Book 1, November 2011, Book 1
- [12]EMV - Integrated Circuit Card – Specifications for Payment Systems, Version 4.3, November 2011, Book 3
- [13]<https://tmdsecurity.com/>
Svi podaci preuzeti u junu 2013.

Kratka biografija

Siniša Trbojević rođen je u Zadru 1974. god. Diplomski-master rad odbranio je 2013. godine na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Osnovi telekomunikacija.

OPTIMALNE POZICIJE REGULATORA NAPONA U DISTRIBUTIVNIM MREŽAMA**OPTIMAL VOLTAGE REGULATOR PLACEMENT IN DISTRIBUTION NETWORK**Stanislav Adamović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U radu je prikazan izbor optimalnih lokacija regulatora napona u radijalnim distributivnim mrežama i izbor optimalnih pozicije njihovih regulacionih sklopki. U elektroenergetskim sistemima, naponski regulatori pomažu smanjenju gubitaka snage, poboljšavaju kvalitet energije krajnjih potrošača i smanjuju padove napona na deonicama.

Abstract – This paper presents selection of optimal locations and selections of tap setting for voltage regulators in radial distribution systems. In power systems, voltage regulators help to reduce energy losses, and improve to energy quality of electric utilities and compensations the voltage drops thought distributions lines.

Ključne reči: OVRP, DSDR, Optimalne pozicije naponskih regulatora

1. UVOD

Osnovni cilj funkcije za izbor optimalnih lokacija regulatora napona (Optimal Voltage Regulator Placement – OVRP) glasi: Pojačati mrežu dodatnim regulatorima napona čijom bi se primenom unapredile mogućnosti postojeće regulacije napona. Odnosno njihovom primenom omogućilo bi se da se profil napona održava u zadatim granicama, da se dodatno smanje gubici aktivne snage i da se u toku primene optimizacione funkcije Distribution System Demand Response (DSDR) ostvari ušteda dodatna MW.

Pritom ograničenja su da se za ponuđeno optimalno rešenje u svakom momentu (bez obzira na nametnuti režim: napone izvora distributivne mreže i potrošnju potrošača), može formirati režim u kojem su naponi na svim čvorovima u napred zadatim granicama i da ni jedan element nije preopterećen [1,2,3,4].

U radu je kroz teorijske osnove i primere, obrađena problematika pronalaženja optimalnih mesta za ugradnju jednog i dva naponska regulatora (VR). Osnovna ideja je da VR treba postaviti tako da maksimalno spuste profil napona i na taj način omoguće dobijanje minimalne injektirane snage. Takav pristup je u potpunosti u skladu sa idejom koja je primenjena pri realizaciji optimizacione funkcije DSDR.

Nakon uvoda u drugom delu, razmatra se izbor optimalne pozicije VR u skladu sa zahtevima optimizacione funkcije DSDR. Na osnovu analize većeg broja primera definisani su kriterijumi na osnovu kojih se mogu odrediti izvodi i

gde na tim izvodima je optimalno postaviti VR.

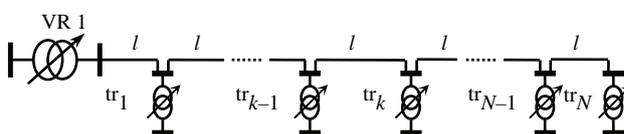
U poglavlju 3, izvedeni su matematički modeli za pronalaženje optimalnog mesta za postavljenje jednog VR.

Pritom razmatrani su primeri jednostavne DM sa deset deonica i deset potrošača, gde je ravnomerno raspoređeno opterećenje modelovano potrošačima konstantne struje.

U poglavlju 4, primenom programskog jezika Fortran, programskog paketa Matlab 6.5 i algoritma za sumiranje struja, izvršena je verifikacija matematičkog modela za pronalaženje optimalnih pozicija jednog, odnosno dva VR. Razmatrani su primeri izbora optimalneih pozicija za jedan, odnosno dva VR u radijalnim distributivnim mrežama (DM) sa 10 jednakih deonica i 10 potrošača (modelovani kao konstantna impedansa). Za takav primer opterećenje na izvodu je ravnomerno raspoređeno. Takođe je razmatran primer DM da glavnim i pomoćnim izvodom. Izvod ima ukupno 140 deonica i potrošača. Sve deonice na glavnom fideru (100 deonica) imaju jednake podužne parametre. Opterećenje potrošača na njihovim krajevima je međusobno jednako (modelovano je kao konstantna impedansa). Pomoćni izvod je priključen na glavni izvod iza 50 deonice. On ima 40 deonica koje su duže nego one na glavnom izvodu. Opterećenje potrošača na njihovim krajevima je takođe međusobno jednako. Za taka primer takođe je razmatrana postavka dva VR, VR2 je postavljen na glavni izvod ispred mesta spajanja da pomoćnim izvodom, dok je VR3 postavlje na početak pomoćnog izvoda.

2. POSTAVKA PROBLEMA

Razmatra se jednostavna DM prikazana na slici 2.1, ona se sastoji od 10 deonica jednakih dužina i parametara. Na kraju svake deonice se nalazi po jedan potrošač čija je snaga opterećenja P_i , $i=1, 2, 3, N$.



Slika 2.1 – Jednostavna DM sa deonica i 10 transformatora SN/NN

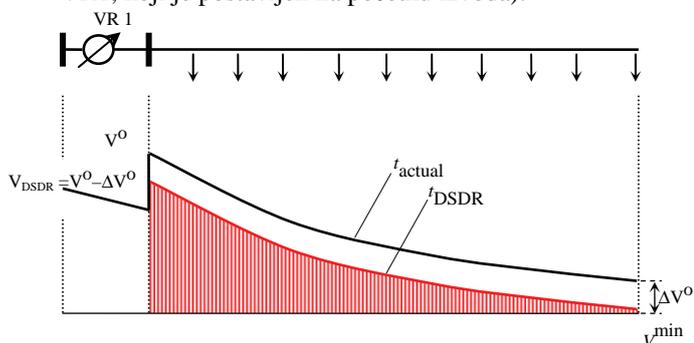
Potrebno je odrediti optimalne lokacije VR2, tako da se njegovom postavkom maksimizuje efekti DSDR-a – da se dobije minimalno injektiranje aktivne snage u razmatranu DM, odnosno da se omoguće ušteda dodatni MW [5]. Dva osnovna pitanja glase: na koji izvod i na kojem mestu postaviti dodatni VR.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Goran Švenda, vanr. prof.

Na koji izvod postaviti prvi novi VR?

Za razmatrani primer, bez dodatnih VR maksimum koji može da se postigne prikazan je na slici 2.1. Taj maksimum je ostvaren spuštanjem napona za ceo razmatran izvod (promenom pozicije regulacione sklopke VR1, koji je postavljen na početku izvoda).

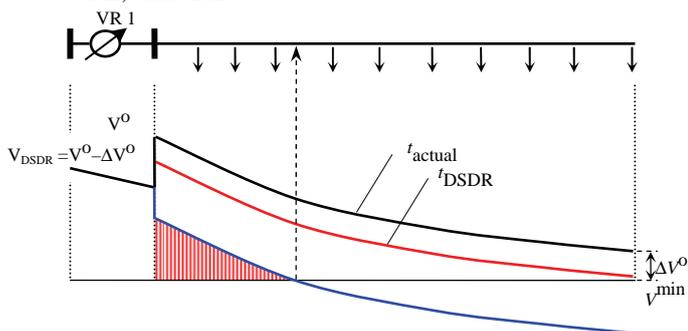


Slika 2.1 – Profili napona: osnovni (crna linija), DSDR (crvena linija)

Ukoliko se razmatra transformatorska stanica sa više izvoda mogu se iskoristiti sledeća pravila: rangirati izvode s najvećom preostalom snagom/energijom (najvećom devijacijom napona, s prosečno najvećim odstupanjem od minimalnog napona, s najmanjom šrafiranom površinom na slici 2.1 - s najmanje ravnim naponskim profilom).

Gde na vodu i kakav VR?

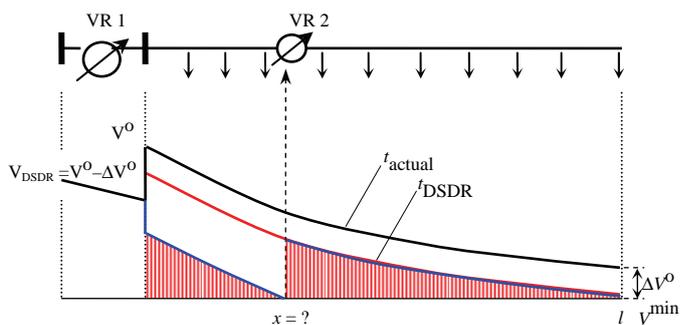
Pre svega treba proveriti maksimalne mogućnosti postojećeg VR1 – koliko bi on mogao maksimalno da spusti profile napona bez obzira na naponska ograničenja. Praktično to znači Maksimalno spustiti napon sa VR1, a da napon na njegovim sabirnicama ostane iznad minimalno dozvoljenog napona, plava linija na slici 2.2. Na mestu gde profil napona (plava linija) preseca minimalno dopuštene granice napona potrebno je ugraditi VR2, slika 2.2.



Slika 2.2 – Profili napona: osnovni (crna linija), DSDR (crvena linija), minimalni profil napona (plava linija)

U sledećem koraku potrebno je da se od postojećih tipova VR izabere onaj koji omogućava da se profile napona od VR2 do kraja izvoda održava na vrednostima iznad minimalne dopuštene vrednosti. Odnosno potrebno je postaviti VR koji omogućava da se profil napona iza VR2 podigne na prethodnu optimalnu vrednosti, crvena linija, slika 2.3.

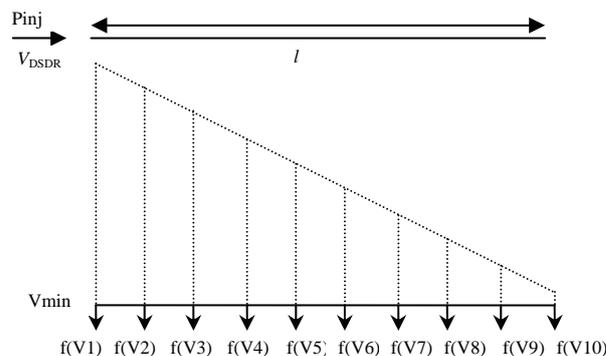
Postupak može da se nastavi sa ugradnjom još jednog VR3 (između VR2 i kraja voda), još jednog VR4 (između VR3 i kraja izvoda), itd.



Slika 2.3 – Profili napona: osnovni (crna linija), DSDR (crvena linija) i profil napona (plava linija) sa VR2 ugrađenim na optimalnom mestu

3. MATEMATIČKI MODEL

U ovom delu prikazan je postupak (matematički model) za izbor optimalnog mesta na koje treba postaviti VR. U tu svrhu razmatra se jednostavna DM u kojoj je opterećenje ravnomerno raspoređeno duž celog voda, slici 2.1.

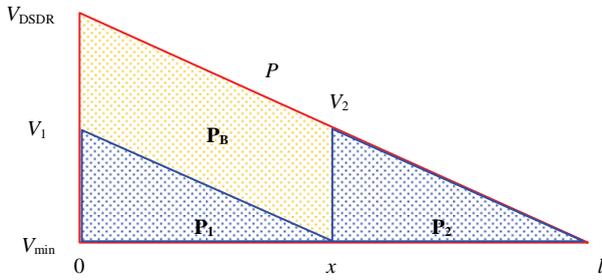


Slika 3.1 – Profil napona na SN vodu, opterećenje je ravnomerno raspoređeno duž celog izvoda ($N=10$)

Profil napona jednostavne DM s deset deonica i deset potrošača $N=10$, prikazan je na slici 3.1. Pritom urađena je aproksimacija da napon linearno opada od početka do kraja voda. Potrošači su modelovani kao konstantna struja tako da promena napona ne utiče na promenu struje potrošača. Posledica je da ukupna injektirana snaga u prvom čvoru zavisi direktno od raspodele napona na vodu [5]. Aktivna snaga injektirana u DM ($Pinj$) jednaka je sumi snaga potrošača i gubitaka snage. Svi potrošači su modelovani kao konstantna struja ($Iconst$). Smatra se da ukupni gubici snage ($Ploss$) ne zavise od promene profila napona.

$$Pinj = \sum_{i=1}^n Iconst \cdot Vi + Ploss \quad (3.1)$$

Prethodno postavljen problem može da se predstavi i rešava kao problem geometrije, slika 3.2 Pritom, problem glasi: kako u crveni trougao postaviti dva pravougaona trougla (plavi trouglovi), tako da zbir njihovih osnovica bude jednak osnovici crvenog trougla i da su pritom hipotenuze sva tri trougla međusobno paralelne.



Slika 3.2 – Izbor optimalnog mesta za postavljanje jednog naponskog regulatora

Dakle, benefit postavke jednog VR, sa stanovišta DSDR-a (MW benefita) definisan je razlikom površina trouglova:

$$P_B = P - (P_1 + P_2) \quad (3.1.1)$$

$$P_B = V_{DSDR} \cdot \frac{x}{l} \cdot (l - x) \quad (3.1.2)$$

$$P_B'(x) = 0 \Rightarrow x = V_{DSDR} \cdot \frac{l}{2V_{DSDR}} = \frac{l}{2} \quad (3.1.3)$$

$$P_B''(x) = -2 \frac{V_{DSDR}}{l} < 0 \quad (3.1.4)$$

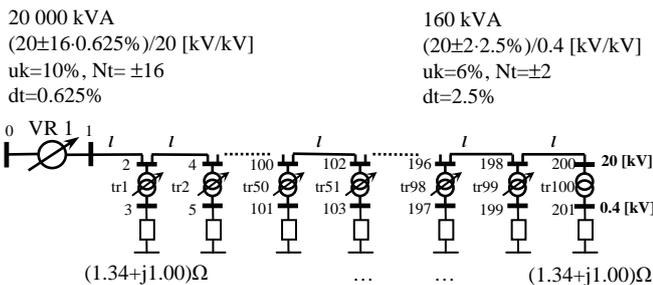
Dakle, ukoliko se novi regulator postavi na sredini voda $X=l/2$, površina P_B ima maksimalnu vrednost, odnosno ušteda injektirane snage – MW benefit je najveći [4].

4. VERIFIKACIJA MODELA

Razmatra se primer u kojem su potrošači modelovani konstantnom impedansom i opterećenje je ravnomerno raspoređeno. Konstantna kompleksna impedansa potrošača prikazana programskim kodom Fortran: [zn=cmplx (1.344582, 1.008381)].

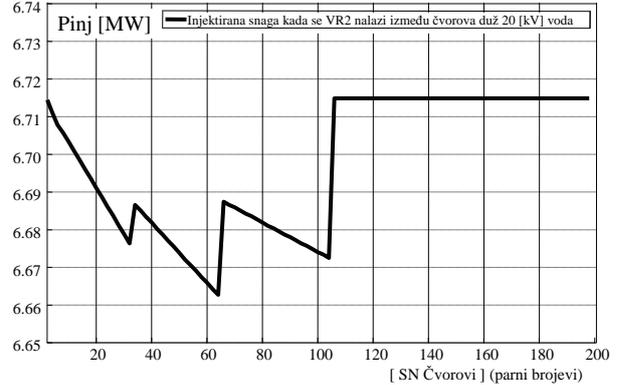
4.1 DM – samo glavni izvod

Razmatra se DM bez pomoćnog izvoda, slika 4.1.1. VR1 napaja 100 transformatora SN/NN. Transformatori su povezani deonicama jednakih dužina ($l=90$ m) i jednakih vrednosti podužnih parametara ($r=0.209 \Omega/\text{km}$, $x=0.117 \Omega/\text{km}$, $b=116.0 \mu\text{S}/\text{km}$). Stepen regulacije za VR1 na početku 20 kV voda iznosi $\Delta T_{vr1} = 0.625\%$, za VR2 SN/SN koji se nalazi između 20 kV čvorova iznosi $\Delta t_{vr2} = 0.3125\%$ i za transformator 20/04 kV/kV iznosi $\Delta t_{tr} = 2.5\%$. Za svaku različitu konfiguraciju mreže, odnosno lokaciju i broj VR, treba odrediti optimalne pozicije regulacionih sklopki za koje će vrednosti napona biti najbliže minimalno dopuštenim vrednostima napona (tada se dobila minimalna injektirana snaga).

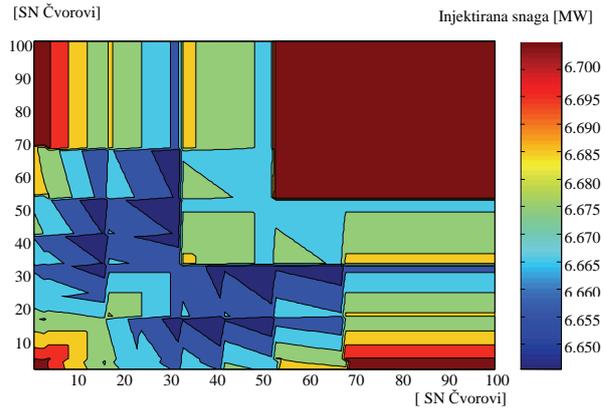


Slika 4.1.1 – DM sa 100 transformatora SN/NN i VR1 na početku 20 kV voda

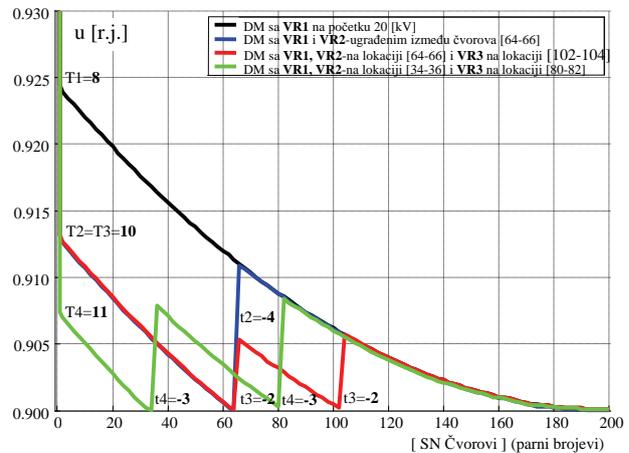
Na slici 4.1.2 prikazan je dijagram minimalne injektirane aktivne snage koja može da se ostvari u zavisnosti od položaja dodatnog VR. Sa tog dijagrama je očitana optimalna lokacija VR2. Na isti način na slici 4.1.3 prikazane su vrednosti injektirane snage u zavisnosti od položaja VR. Kombinacije naglašene tamno plavom bojom predstavljaju optimalne lokacije za VR2 i VR3. Slika je formirana primenom Matlab 6.5, naredba contourf (x, y, matrica100x100, 6). Konačno, na slici 4.1.4 dati su dijagrami relativne vrednosti napona koje mogu da se ostvare za optimalne lokacije VR.



Slika 4.1.2 – Injektirana snaga u zavisnosti od položaja VR2 duž 20 kV voda



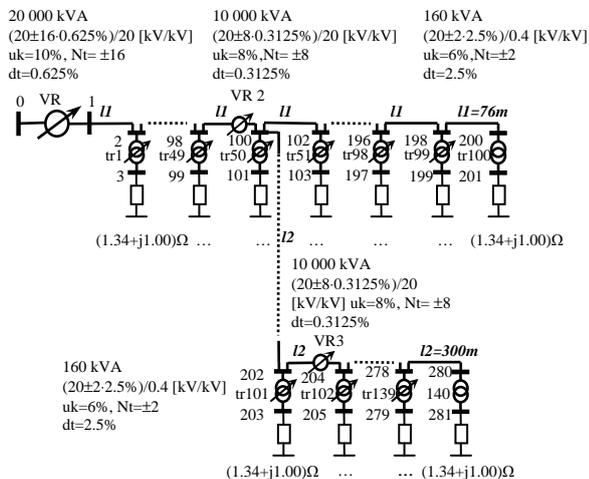
4.1.3 – Aktivna snaga injektirana u čvor br. 1 u zavisnosti od položaja VR2 i VR3 duž 20 kV voda



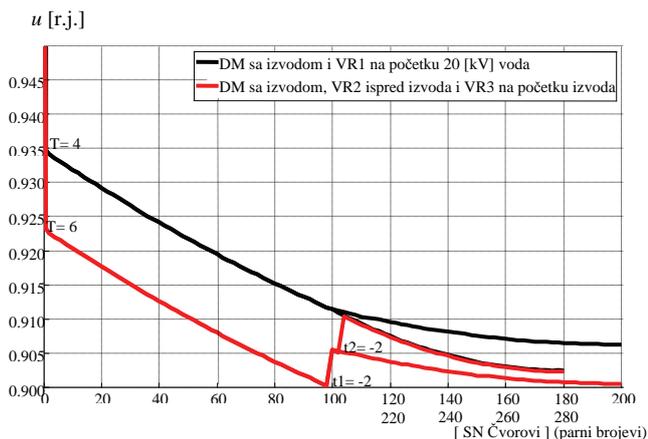
Slika 4.1.4 – Relativne vrednosti napona na SN vodu bez VR, s jednim VR između čvorova [64-66], s dva VR između čvorova [64-66] i [102-104] i s dva VR između čvorova [34-36] i [80-82].

4.2 DM – glavni i pomoćni izvod

Razmatra se DM sa glavnim i pomoćnim izvodom prikazana na slici 4.2.1. Naponski regulatori su ugrađeni ispred mesta na kojem se spajaju glavni i pomoćni izvodi i na početku pomoćnog izvoda. Dužina 100 deonica glavnog SN izvoda je 76 km. Dužina 40 deonica pomoćnog SN izvoda je 12 km.



Slika 4.2.1 – Distributivna mreža sa glavnim i pomoćnim izvodom



Slika 4.2.2 – Relativne vrednosti napona SN čvorovima DM mreže sa: VR na početku voda (VR1) - crni grafik i tri VR (prvi na početku voda VR1, drugi ispred izvoda VR2 i treći na početku izvoda) - crveni grafik

Aktivna injektirana snaga za crni grafik sa slike 4.2.2 ima vrednost 9.2434 MW, dok za crveni grafik ona ima vrednost od 9.0831 MW. Ugradnjom VR2 ispred mesta na kojem se spajaju glavni i pomoćni izvod i VR3 na početku pomoćnog izvoda ostvaruje se benefit od 0.1603 [MW]

5. ZAKLJUČAK

Na osnovu dobijenih rezultata može se uočiti:

- Ako opterećenje na potrošačima nije ravnomerno raspoređeno, optimalne pozicije ugradnje VR se pomeraju ka delovima DM gde su opterećenja na potrošačima najveća. Sledi da je za takve primere najbolje da se spušta profil napona u oblasti potrošača s najvećim opterećenjem.

- Ako su opterećenja na potrošačima ravnomerno raspoređena, vrednost MW benefita ugradnje VR raste sa povećanjem nagiba profila napona.
- Ako opterećenja na potrošačima nisu ravnomerno raspoređena, vrednost MW benefita ugradnje VR zavisi od nagiba profila napona i mogućnosti VR da spusti profil napona u oblasti najvećih opterećenja na potrošačima.
- U zavisnosti od načina na koji su modelovani potrošači značajno se menjaju vrednosti režima DM. U slučaju da su potrošači modelovani impedansom, ugradnja VR, odnosno spuštanje naponskog profila, bitno utiče na smanjenje modula struja, smanjuju se gubici snage i snage na potrošačima. Najmanje vrednosti injektirane snage se dobijaju kada su potrošači modelovani impedansom. U slučaju da potrošači modelovani strujom, ugradnja VR, odnosno spuštanje naponskog profila, ne utiče bitno na smanjenje modula struja, samo se menjaju kapacitivne struje koje zavise od napona i očne admitanse voda, neznatno se smanjuju gubici snage, smanjuju se snage na potrošačima.

6. LITERATURA

- [1] A.S.Safigianni, G.J.Salis: Optimum Voltage Regulator Placement in a Radial Power Distribution Network; *IEEE Trans. on PS*, Vol.15, No.2, May 2000.
- [2] J.E.Mendoza, D.A.Morales, R.A.López, E.A.López, J-C.Vannier, C.A.Coello: Multiobjective Location of Automatic Voltage Regulators in a Radial Distribution Network using a Micro Genetic Algorithm; *IEEE Trans. on PS*, Vol. 22, No. 1, February 2007.
- [3] P.V.V.RamaRao, S.Sivanagaraju, P.V.Prasad: Voltage Regulator Placement In Radial Distribution Network Using Plant Growth Simulation Algorithm; *16th National Power Systems Conference*, 15th-17th December, India, 2010.
- [4] G.Vulasala, S.Sirigiri, R.Thiruveedula: Genetic Algorithm based Voltage Regulator Placement in Unbalanced Radial Distribution Network; *Mediamira Science Publisher, ACTA Electrotechnica*, Vol. 50, No. 4, July - September 2009, Košice, Slovak Republic, pp: 253-259.
- [5] G.S.Švenda: *Optimal voltage regulator placement*, radni materijal, Schneider Electric DMS NS, LCC, Novi Sad, Srbija, 2012.

Kratka biografija:



Stanislav Adamović rođen je u Banja Luci 1983. god., osnovnu i srednju školu je završio u Novom Gradu. Trenutno je apsolvent na fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu na odseku za elektroenergetiku, smer elektroenergetski sistemi. Oblast interesovanja su vezane za analiza elektroenergetskih sistema, specijalizovani softver u elektroenergetici, itd.



IMPLEMENTACIJA MODULA ZA GDA PRISTUP MODELU
ELEKTROENERGETSKOG SISTEMA ZASNOVANOM NA CIM-U

MODULE IMPLEMENTATION FOR GDA ACCESS OF ELECTRIC POWER SYSTEM
CIM-BASED DATA MODEL

Siniša Kovačev, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – *Ovaj rad predlaže jedno rešenje za implementaciju modula za pristup podacima elektroenergetskog sistema koji su organizovani po CIM modelu. Modul se oslanja na GDA servise za dobavljanje podataka. Rešenje pruža jednostavan i pregledan način prikaza podataka i omogućava kretanje kroz model praćenjem veza između entiteta.*

Abstract – *This paper proposes a solution for the implementation of module for data access to electric power system data organized as CIM-based model. The module is based on GDA services for fetching data. The proposed solution provides a simple and transparent way of displaying information and allows navigation through the model by following links between the entities.*

Ključne reči: *Softver elektroenergetskih sistema, Modeliranje elektroenergetskog sistema, Generički pristup podacima*

1. UVOD

Svedoci smo ubrzanog razvoja nauke, tehnike i različitih privrednih grana koje se oslanjaju na elektroenergetske sisteme. Jedna od posledica takvog razvoja jeste i usložnjavanje ovih sistema, te se javlja potreba za naprednim softverskim paketima koji bi njima upravljali. Cilj programerskih kompanija je razviti softver koji će zauzimati što manje prostora za skladištenje podataka, odnosno radne memorije, a istovremeno dati modularna rešenja za vizualizaciju, analizu, simulaciju, nadzor i upravljanje elektroenergetskim sistemom.

Takođe, na konkurentnom tržištu softvera veoma je bitno da kvalitetan proizvod bude isporučen u što kraćem roku i da nema grešaka.

Softverska komponenta, čiji predlog implementacije je deo ovog rada, između ostalog može poslužiti i razvojnim inženjerima softvera za elektroenergetske sisteme da jednostavno i brzo dođu do detaljnih podataka iz korišćenog modela i da na taj način efikasno testiraju funkcionalnosti koje su razvili.

Osmišljena je tako da se kao modul jednostavno može uključiti u DMS (Distribution Management System) softver, otkrivajući detalje modela koji su potrebni ostatku softvera.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je dr Aleksandar Erdeljan, vanr.prof.

Rešenje eliminiše potrebu za eksternim alatima koji se koriste za proveru podataka i tako ubrzava proces uočavanja grešaka i debugovanja. Za rad ovaj modul se oslanja na model podataka i pristup podacima iz modela zasnovan na međunarodnim standardima, pa je pre upoznavanja sa njegovim detaljima potrebno upoznati ove standarde.

Potreba za standardizacijom javila se jer su tradicionalni programski paketi za elektroenergetske sisteme koristili sopstvene, specifične modele. Postojanje mnoštva različitih modela podataka je otežalo istovremeno korišćenje softvera različitih proizvođača unutar jedne kompanije i razmenu podataka između više kompanija. Različite modele podataka je bilo potrebno prilagođavati i konvertovati jedne u druge. Ove teškoće su dovele do stvaranja standardizovanih modela podataka, kao najpraktičnijeg rešenja.

2. MODEL PODATAKA

Međunarodni standard koji se koristi za modelovanje elektroenergetskih sistema je CIM (Common Information Model) definisan kao IEC 61970-301 standard. Uopštenost i mogućnost lakog proširivanja mu obezbeđuju prednost i čine osnovom za razvoj modela koji služi za integraciju sa drugim sistemima.

2.1. CIM model

CIM model je opisan upotrebom UML-a (Unified Modeling Language) i predstavlja realne objekte u elektroenergetskoj industriji (provodnici, signali, transformatori, veze između uređaja itd). Modelovanje sistema UML dijagramima obezbeđuje standardizovan način za predstavljanje resursa pomoću klasa i njihovih atributa kao i međusobnih veza.

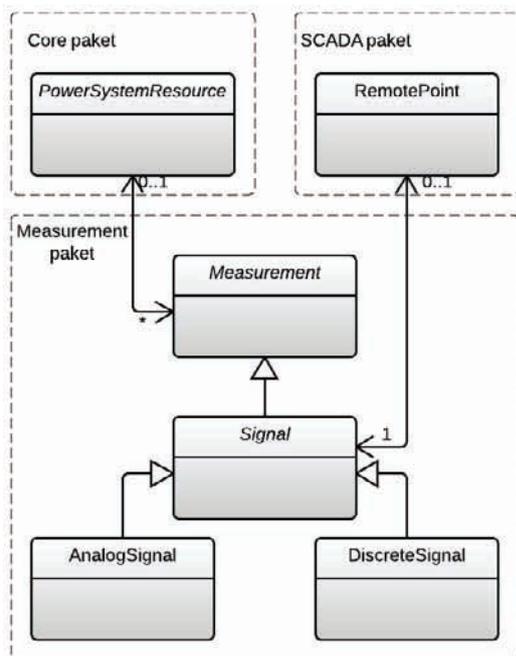
Klase su organizovane u hijerarhiju pomoću veza, nasleđivanja i sadržavanja i tako oslikavaju strukturu stabla, što je veoma bitno za implementaciju modula čija je namena dobavljanje podataka o modelu. Osnovne operacije nad modelom podrazumevaju pretragu ovog stabla praćenjem veza između objekata.

Zbog kompleksnosti strukture, klase su grupisane u pakete zavisno od uloge koje imaju u elektroenergetskom sistemu. Standard se sastoji od osam glavnih paketa, a sve klase nasleđuju IdentifiedObject iz Core paketa. Značajno je pomenuti i klasu PowerSystemResource iz istog paketa koju nasleđuju sve klase koje se tiču fizičkih elemenata mreže.

CIM je dovoljno opširan da obuhvati potrebne informacije za pouzdan rad elektroenergetskog sistema, i stoga se intenzivno koristi kao standard za razmenu podataka među kompanijama. Ali zbog glomaznosti i zbog potrebe da se u nekim situacijama definišu specifičnosti mreže, CIM se proširuje dodatnim klasama tako da model ostane kompatibilan ali podrži tražene osobine. Za detaljne informacije o CIM-u pogledati literaturu [1, 2].

2.2. DMS model

Model podataka koji ovaj rad koristi, DMS model, zasniva se na CIM-u i uvodi neka proširenja. Od posebnog značaja za ovaj rad je proširenje paketa Measurement. Ovaj paket opisuje podatke o merenim vrednostima koji se razmenjuju između DMS-a i eksternih sistema kao što je SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition). Centralna klasa ovog paketa je Signal i modeluje merenje koje je povezano sa eksternim sistemom preko RemotePoint objekta. Signal može biti diskretan ili analogni a može imati definisan tip koji mu daje semantiku koju DMS interpretira. U ovom modelu se opisuju statičke definicije signala, odnosno merenja, a konkretne izmerene vrednosti se čuvaju u drugom, takozvanom dinamičkom modelu. Na slici 1. se vidi osnovni sadržaj paketa Measurement sa opisanim vezama.



Slika 1. Measurement paket

3. GENERIČKI PRISTUP PODACIMA

Sofisticirani DMS sistem se sastoji iz većeg broja distribuiranih heterogenih aplikacija (aplikacija pisanih na različitim jezicima) koje koriste podatke, pa je pored standardnog modela podataka neophodno definisati i standardni interfejs koji će obezbediti jednoobrazan pristup podacima iz modela. Ovaj interfejs implementiraju servisi koji primaju upite, u pozadini rukuju CIM podacima i daju ih klijentima na raspolaganje upakovane u standardne strukture podataka. Fizička implementacija skladištenja CIM podataka tako postaje nebitna sa stanovišta pristupa.

3.1. UMS-DAF

Utility Management System – Data Access Facility je specifikacija koja opisuje jednoobrazni pristup podacima u obliku upita definisanih terminima resurs (Resource), osobina (Property) i vrednost (Value). Resurs može biti bilo šta što se u sistemu može jednoznačno identifikovati (deo opreme, prekidač...) i identifikuje se strukturom ResourceID. Osobina je neki aspekt resursa koji se može opisati i ima konkretnu vrednost (lokacija prekidača), identifikuje se strukturom PropertyID. Osobina ima domen, odnosno skup resursa na koje se primenjuje i opseg, odnosno skup vrednosti koje može da ima. Veze između resursa se formiraju preko osobina čiji je domen skup resursa a opseg skup ResourceID-jeva. Vrednost je elementarni podatak neke osobine, definisan tipom SimpleValue. SimpleValue je unija osnovnih CORBA tipova. Rezultati upita koje DAF specificira su tipa ResourceDescription, koji sadrži vrednosti traženih osobina datog resursa. Jednostavni ResourceDescription se sastoji od identifikatora resursa (ResourceID), identifikatora osobine (PropertyID) i vrednosti osobine (SimpleValue struktura popunjena konkretnom vrednošću). Za bolje razumevanje navedenih pojmova data je tabela 1. sa analogijama između DAF i relacionog modela.

Tabela 1. Analogije: DAF – relacioni model

DAF	Relacioni model
Resource	Row
Property	Column
Value	Field value
ResourceID	Key value
ResourceDescription	Row value

3.2 GDA

GDA (Generic Data Access) je nastao kao proširenje DAF specifikacije i objavljen je kao IEC 61970-403 standard. Pored osnovnih koncepata i upita koji su definisani u DAF specifikaciji (GDA ih naziva Resource query), GDA dodaje mogućnost postavljanja naprednih upita korišćenjem filtera i spajanja (Filtered query i Extended query). Specifikacije osnovnih funkcija navedene su u tabeli 2. a više detalja je u literaturi. [3,4]

Tabela 2. Specifikacija GDA Resource Query funkcija

ResourceDescription GetValues (ResourceID, List<PropertyID>)
ResourceDescription GetExtentValues (List<PropertyID>, ClassID)
ResourceDescription GetRelatedValues (List<PropertyID>, Association, ResourceID)
ResourceDescription GetDescendentValues (List<PropertyID>, List<Association> path, List<ResourceID> sources, List<Association> tail)

4. IMPLEMENTACIJA MODULA ZA PRISTUP PODACIMA

U prethodnim poglavljima su izloženi potrebni detalji modela od značaja za modul i servisi preko kojih se dolazi do podataka, pa je sada moguće predstaviti i realizovani modul.

Iz potrebe za brzo i efikasno dobijanje detaljnih informacija o elementima elektroenergetske mreže javila se ideja za razvoj modula, koji je na jednostavan način moguće uključiti u DMS sistem i koji omogućava kretanje kroz hijerarhiju modela, prikazujući sve property-je i njihove vrednosti koji postoje u modelu a vezani su za dati resurs. Poseban naglasak je stavljen na jednostavno dobavljanje podataka o merenjima i signalima. Ovu softversku komponentu ćemo zvati ModelBrowser, a njen korisnički interfejs je prikazan na slici 2.



Slika 2. UI ModelBrowser-a

4.1. Opis korišćenja

Tipičan slučaj korišćenja ModelBrowser-a počinje prevlačenjem nekog elementa sa grafičke predstave mreže. Tom prilikom ModelBrowser izvlači resourceID elementa, preko GDA servisa dobavlja sve podatke vezane za taj element i prikazuje ih u tabelarnoj formi. Tabela sadrži dve kolone, prva kolona sadrži naziv property-ja u formatu koji se koristi u kodu, odnosno naziv iz enumeracije. Druga kolona je popunjena vrednostima odgovarajućih property-ja, a u slučaju da je vrednost kolekcija podataka oni se prikazuju u listi. Kretanje kroz model podrazumeva praćenje veza od elementa do elementa. ModelBrowser to podržava klikom na property čija je vrednost resourceID sledećeg

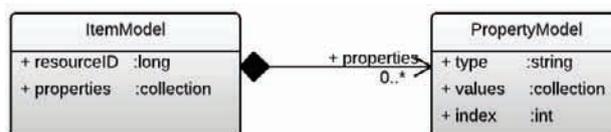
elementa. Kako bi pregledno prikazivao kretanje i omogućio vraćanje koraka u nazad postoji history odeljak, koji prikazuje neograničen broj prethodno pristupanih elemenata i back opcija koja se vraća na prethodni element. Kako su signali i njihove dinamičke vrednosti od posebnog interesa za DMS za brzo dobijanje informacija o svim signalima vezanim za tekući element korisnik može da odabere opciju GetAllSignals. ModelBrowser tada vrši pretragu podstabla opreme počevši od izabranog elementa i daje tabelarni prikaz svih pronađenih signala.

4.2. Opis okruženja

Za razvoj ModelBrowsera korišćeno je .NET okruženje i programski jezik C#. Moguće ga je dinamički uključiti u ostatak DMS sistema kao dll. ModelBrowser sadrži sopstvenu formu za prikaz podataka koja se oslanja na WPF (Windows Presentation Foundation) sistem uz poštovanje MVVM (Model View ViewModel) šablona. Ovaj šablon doprinosi jasnom razdvajanju funkcionalnosti i korisničkog interfejsa dajući čitljiviji kod. Za dobavljanje podataka ModelBrowser očekuje postojanje GDA servisa. GDA servis je u okviru sistema implementiran kao WCF (Windows Communication Foundation) servis pa je za uspostavu veze sa njim potrebno koristiti specificiran interfejs [5,6].

4.3. Opis implementacije

Osnovna funkcionalnost ModelBrowsera, dobavljanje svih property-ja traženog resursa, realizovana je pozivanjem GDA servis funkcije GetValues. Potrebni podaci za poziv ove funkcije su resourceID za traženi resurs i lista propertyID-jeva. ResourceID je moguće direktno uneti u za to predviđeno polje ili je moguće prevući element sa grafičke predstave šeme pri čemu ga ModelBrowser sam izvlači iz prevučenog objekta. Da bi prevlačenje bilo moguće objekti u grafičkoj predstavi šeme moraju u sebi sadržati ResourceID. Zatim se izračunavaju propertyID-jevi na osnovu tipa resourceID-a i prosleđuju kao parametar funkciji GetValues. Rezultat se dobija u vidu objekta ResourceDescription koji je dizajniran da bude generički i da podrži sve tipove podataka. Iz njega se podaci izvlače tako što im se prvo utvrdi tip a zatim pozove metoda za dobijanje podataka datog tipa iz ResourceDescription-a. Ovi podaci se za dalji rad smeštaju u sopstveni ModelBrowser-ov jednostavan model podataka (slika 3.) koji je potreban da bi se ispoštovao MVVM šablon a time se i značajno olakšava kasnije manipulisanje podacima. Kako bi tip propertyja bio čitljiv za korisnika postoje enumeracije koje mapiraju tip na string predstavu, sa jasnim semantičkim značenjem. Prilikom smeštanja podataka u PropertyModel za tip se uzima string predstava iz enumeracije.



Slika 3. Model podataka ModelBrowser-a

Dodatna funkcionalnost za dobavljanje svih signala vezanih za odabrani resurs podrazumeva prolazak kroz podstablo modela počevši od odabranog resursa praćenjem veza preko resourceID-ova. Traže se property-ji PowerSystemResource-Measurement koji označavaju da resurs ima za sebe vezan Measurement a time i signal (Slika 1). Model u suštini predstavlja strukturu n-arnog stabla, pa se za pretragu mogu koristiti poznati algoritmi, npr. depth-first, breadth-first... Kada je u pitanju n-arno stablo algoritmi su najčešće rekurzivni, jer je širina i dubina stabla nepoznata. U slučaju ModelBrowsera odabran je rekurzivni algoritam depth-first čiji veoma uprošćeni pseudokod sledi:

```
listaSignala pretraga(resourceID){
  propertiji = dobaviSvePropertijeResursa
  za svaki properti iz propertiji{
    ako je properti.tip=kontejnerskiTip
      pretraga(properti.vrednostResourceID)
    ako je properti.tip=measurement
      listaSignala.dodaj(properti.vrednost)
  }
}
```

Da bi algoritam funkcionisao potrebno je definisati koji tipovi propertija su kontejnerski, sa podstablama za pretragu, a za to je neophodno detaljno poznavanje CIM modela. Na primer, ako je na nekom prekidaču prisutan property koji je veza ka zaštitnoj opremi, taj property smatramo kontejnerskim jer će sadržati listu resourceID-jeva koji imaju čitavo podstablo zaštitne opreme koja na sebi ima Measurement za kojim tragamo. Ili transformator sa propertijem tap-changer kojeg takođe smatramo kontejnerskim, i sl. Ovakvih primera ima mnogo i za njihovo uočavanje je potrebno dobro poznavanje modela.

4.4 Mogućnosti optimizacije

Primenom navedenog algoritma na model sa velikim brojem signala pretraga može da potraje neprihvatljivo dugo. Na primer, pretraga traje nekoliko minuta kada zatražimo sve signale sa feeder-a koji sadrži mnoštvo opreme u sebi. Za ovakve slučajeve moguće je uvesti određene optimizacije poznavajući detalje modela. Model u nekim delovima sadrži redundantne informacije pa je algoritam potrebno modifikovati tako da prepoznaje te situacije i odabere najkraći put za pretragu. Primer feedera je odličan za demonstraciju optimizacije ovog tipa pretrage jer sadrži property tipa Circuit_Equipment koji pak, na jednom mestu, sadrži sve resourceID-jeve opreme vezane za taj feeder. Tako da kada algoritam prepozna ovu situaciju neće ulaziti u rekurziju i pretraživati kontejnersku opremu nego samo dobiti podatke za Circuit_Equipment property.

Drugi način optimizacije je primena FilteredQuery GDA upita, pri čemu se jednim pozivom dobavlja segment podstabla opreme. Formiranjem preciznih filtera možemo preskočiti veliki broj rekurzivnih poziva. Međutim, sa ovim pristupom treba biti oprezan jer se lako može desiti da se određene situacije previde, ne dobave se svi signali i ovo može biti izvor problema. Kako su situacije za

primenu ove vrste optimizacije retke i specifične, a ModelBrowser je namenjen za opšte korišćenje van realnog vremena, postignute performanse sa prvom vrstom optimizacije potpuno zadovoljavaju. Druga vrsta optimizacije je bila eksperimentalnog tipa i ostavljena je za neka buduća unapređenja razvijenog modula.

5. ZAKLJUČAK

Zahvaljujući implementaciji ModelBrowser modula koji se lako može uključiti u ostatak DMS sistema eliminiše se potreba za eksternim alatima za prikaz detaljnih podataka iz modela. Podrškom prevlačenja elemenata sa grafičke predstave mreže otklanja se potreba poznavanja glomaznih identifikatora elemenata (resourceID-ja). Praćenje veza između elemenata omogućeno je jednostavnim klikom na red u tabeli koji predstavlja povezanu opremu. *History view* i *back* opcije daju pravi osećaj kretanja kroz strukturu modela, i to: praćenjem veza preko kojih se dolazi do tekućeg prikazanog elementa i omogućavaju da se vratimo korak u nazad. Kako su u DMS sistemu signali povezani sa opremom veoma bitni, mogućnost da za svaki element dobijemo sve signale sa opreme koja je povezana na taj element je veoma korisna. Upotrebom ModelBrowsera se znatno skraćuje vreme pregleda signala.

6. LITERATURA

- [1] Dr Alan W. McMorran, *An Introduction to IEC 61970-301 & 61968-11: The Common Information Model*. Institute for Energy and Environment, University of Strathclyde, Glasgow UK, 2007
- [2] IEC – International Electrotechnical Commission, *Draft IEC 61970: Energy Management System Application Program Interface (EMS-API) – part 301: Common Information Model*, 2005
- [3] Object Management Group, *Utility Management System (UMS) Data Access Facility Specification*, 2005
- [4] IEC – International Electrotechnical Commission, *Draft IEC 61970: Energy Management System Application Program Interface (EMS-API) – part 403: Generic Data Access*, 2005
- [5] Andrew Stellman, Jennifer Greene, *Head First C#, O'Reilly Media*, 2007
- [6] Gary McLean Hall, *Pro WPF and Silverlight MVVM*, Apress, 2010

Kratka biografija:



Siniša Kovačev rođen je u Somboru 1984. god. Apsolvent je na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, smer Računarske nauke i informatika.

**IMPLEMENTACIJA KORISNIČKIH PRAVILA ZA STATIČKU ANALIZU
PROGRAMSKOG KODA****CUSTOM RULES IMPLEMENTATION FOR STATIC PROGRAM CODE
ANALYSIS**Branko Jovanović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U ovoj tezi diskutovan je značaj statičke analize programskog koda i razmotrena primena FxCop alata za razvoj korisničkih pravila za statičku analizu programskog koda.

Abstract – This thesis discusses importance of static program code analysis and considers using of the FxCop tool for development of custom rules for static program code analysis.

Ključne reči: *statička analiza, FxCop, Security Development Lifecycle, Common Weakness Enumeration*

1. UVOD

Statička analiza programskog koda je analiza softvera koja se izvodi bez njegovog pokretanja (analiza koja se vrši prilikom pokretanja softvera naziva se dinamička analiza). Izraz statička analiza programskog koda se uobičajeno primenjuje za analizu koja se izvršava korišćenjem nekog od automatskih alata razvijenih posebno za tu namenu. Statička analiza programskog koda je proces detekcije grešaka u softveru, pri čemu se analiza najčešće izvodi nad nekim oblikom izvornog programskog koda i, u ređem slučaju, nad objektnim modelom softvera [1].

Cilj svakog proizvođača softvera jeste razvijanje kvalitetnog programskog koda i softvera koji radi pouzdano. Na putu do tog cilja nalaze se brojne prepreke od kojih su neke od najvažnijih vreme i novac. Bitan faktor u smanjivanju vremena i cene razvoja i održavanja softvera, jeste rana detekcija grešaka i defekata. O važnosti rane detekcije grešaka i defekata govori činjenica da se sa svakom fazom razvoja softvera cena njegove ispravke višestruko povećava [2]. Statička analiza programskog koda se nameće kao jedna od uspešnih metoda za rano detektovanje grešaka i defekata u programskom kodu samim tim sto se može primeniti u ranim fazama njegovog razvoja.

2. OPIS REŠAVANOG PROBLEMA**2.1 Primena statičke analize**

Jedan od najstarijih i najsigurnijih metoda za detekciju defekata jeste združeni pregled programskog koda.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Miroslav Hajduković, redovni profesor.

Vrši se na taj način što dva ili više programera zajednički pažljivo čitaju izvorni kod i predlažu načine za njegovo poboljšanje. Ovaj proces otkriva greške ili delove programskog koda koji mogu izazvati greške u budućnosti. Takođe, smatra se da autor programskog koda ne bi trebao davati dodatna objašnjenja kako delovi programskog koda funkcionišu. Izvršavanje programskog algoritma bi trebalo biti jasno iz programskog koda i komentara. U suprotnom programski kod je potrebno unaprediti. Pregled programskog koda najčešće daje odlične rezultate, jer su programeri skloni lakšem uviđanju tuđih grešaka nego svojih [2].

Krucijalna mana združenog pregleda programskog koda jeste njegova ekstremno visoka cena. Potrebno je u regularnim intervalima organizovati više programera kako bi vršili pregled novog programskog koda kao i pregled programskog koda nakon obavljenih prepravki. Sa jedne strane, zbog velike uspešnosti metode, poželjno je što češće vršiti pregled programskog koda, a sa druge strane to nije moguće zbog toga što ona zahteva puno resursa.

Zbog svega navedenog alati za statičku analizu programskog koda se nameću se kao alternativno rešenje. Mogu se koristiti od početnih faza razvoja softvera i tako vrlo rano otkriti greške i defekte. Alati za statičku analizu programskog koda omogućuju automatski pregled programskog koda. Oni bez problema obrađuju velike količine programskog koda, i pored direktnog otkrivanja grešaka, mogu preporučiti delove programskog koda koje bi trebalo da pregleda programer. Ovakvi alati naravno ne mogu u potpunosti zameniti pregled od strane programera, ali imaju odličan odnos koristi i cene, zbog čega je njihova upotreba postala uobičajena praksa u mnogim kompanijama [2].

Statička analiza programskog koda ima i druge primene. Ona se koristiti u kompanijama za kontrolu i obuku zaposlenih, koji nisu upoznati sa pravilima i standardima programiranja u okviru kompanije. Takođe, rezultati statičke analize programskog koda mogu se koristiti kao jedan od dokaza i pokazatelja kvaliteta programskog koda [2].

2.2 Vrste statičke analize programskog koda

Statička analiza programskog koda može se podeliti na tri osnovne vrste [3].

- Statička analiza zasnovana na šablonima vrši skeniranje i proveru programskog koda tražeći šablone za koje se zna da prouzrokuju defekte ili smanjuju kvalitet programskog koda. Ovo uključuje i proveru primene programerskih standarda, industrijskih standarda kao i

procedura u okviru kompanije. Detektovanje lošeg programskog koda pri samom nastanku i njegovo ispravljanje značajno umanjuju potrebu za kasnijim testiranjem i ispravljanjem i time umnogome šteti resurse.

- Statička analiza zasnovana na toku podataka simulira sve putanje izvršavanja programa prolazeći kroz sve komponente i fajlove. Može se posmatrati kao testiranje bez samog izvršavanja programskog koda i može detektovati potencijalne probleme koji bi se pojavili pri izvršavanju.
- Izračunavanje metrike programskog koda se najmanje primenjuje i koristi se za prikaz metričkih karakteristika programskog koda (broj linija koda, povezanost klasa, itd). Ova metoda omogućuje procenu kompleksnosti programskog koda i na taj način ukazuje na podložnost defektima i greškama. Tako se može skrenuti pažnja na programski kod koji bi potencijalno trebalo da pregledaju programeri.

2.3 Prednosti i mane statičke analize programskog koda

Prednosti statičke analize programskog koda su mnogobrojne [2].

- Omogućava rano otkrivanje grešaka, defekata i slabosti u programskom kodu, što značajno smanjuje cenu razvoja celog projekta.
- Obezbeđuje veliku pokrivenost programskog koda, analizirajući čak i delove programskog koda koji se jako retko izvršavaju i koji inače verovatno ne bi bili testirani.
- Omogućava otkrivanje skrivenih grešaka, koje bi se inače otkrile tek nakon dužeg perioda eksploatacije.
- Ne zavisi od kompajlera koji se koristi niti od okruženja u kojem se program pokreće.
- Veoma je efikasna u otkivanju formalnih grešaka, nastalih prilikom unosa ili grešaka koje nastaju prilikom pogrešnog kopiranja programskog koda.

Mane odnosno ograničenja statičke analize programskog koda nastaju uglavnom kao posledica činjenice da se analiza izvodi bez izvršavanja analiziranog programskog koda [2].

- Statička analiza najčešće slabo prepoznaje i otkriva greške vezane za "curenje memorije" kao i greške koje mogu nastati u konkurentnom programiranju. Otkrivanje ovakvih grešaka najčešće zahteva izvršavanje programskog koda koji se analizira. Implementacija algoritama za statičku analizu, koji bi otkrivali takve greške, veoma je komplikovana i takvi algoritmi bi zauzimali suviše memorije i procesorskog vremena.
- Druga, potencijalno velika mana statičke analize jeste pojava lažnih alarma. To je pojava da alat prijavljuje grešku ili defekat na delu programskog koda koji je zapravo ispravan. Samo programer pregledom programskog koda može utvrditi da li se zaista radi o ispravnom programskom kodu ili o grešci, što dovodi do neželjenog trošenja resursa.

2.4 Statička analiza programskog koda u kompanijama

Zbog svih nabrojanih prednosti, sve veći broj kompanija za razvoj softvera odlučuje da primeni statičku analizu

programskog koda na svoje proizvode. Većini je primarni fokus na izboru alata za statičku analizu. Međutim, postoje i druge odluke na putu do uspešne primene ove metode. Veliki je procenat slučajeva gde se statička analiza počinje primenjivati na već postojeću, najčešće veliku bazu programskog koda. U takvim slučajevima početna količina prijavljenih grešaka može obeshrabriti. Zbog toga je potrebno puno pažnje posvetiti izboru početne grupe pravila, koja će se proveravati, a kasnije tu grupu postepeno proširivati. U slučaju velikog broja grešaka prilikom početnih analiza, programeri često bivaju obeshrabreni da ispravljaju pronađene greške i da u budućnosti vrše nove analize.

Druga bitna stavka prilikom uvođenja statičke analize jeste kako automatizovati proces. Statička analiza ne sme izazvati dodatni trud, niti neplanirani utrošak resursa. Ona mora biti pravilno uvedena u razvojni proces i o resursima za njeno izvođenje se mora voditi računa u fazi planiranja. Kompanija se mora snažno posvetiti izgradnji infrastrukture, koja će omogućiti automatizaciju ovog procesa. Regularno bi u jednakim intervalima (najbolje posle svakog radnog dana) trebalo izvršavati sledeće korake [3]:

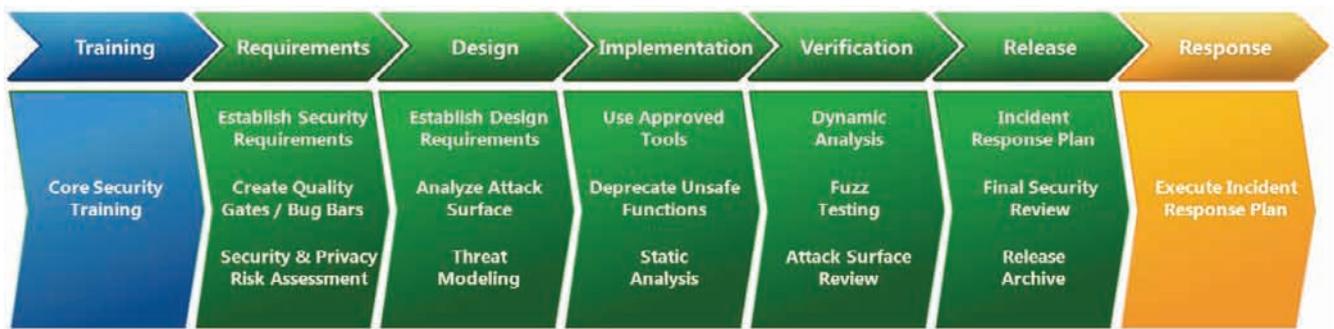
- Skeniranje izvornog programskog koda kako bi se identifikovao novo-pridošli programski kod i omogućio uvid u izmene baze programskog koda.
- Novo-pridošli programski kod i izmene potrebno je analizirati alatom za statičku analizu.
- Za sve nastale povrede pravila moraju se identifikovati programeri koji su odgovorni za njihov nastanak i moraju se generisati i distribuirati obaveštenja.
- Nakon dobijanja obaveštenja, svaki programer mora izvršiti izmene, kako bi se povrede pravila otklonile.

Više je faktora koji utiču na izbor alata za statičku analizu. Postoje alati koji su vezani za samo jedan programski jezik, dok takodje postoje oni koji podržavaju više programskih jezika. Neki alati su više specijalizovani za otkrivanje određene vrste problema. Takođe tu je i finansijski momenat, jer neki alati su komercijalne prirode, dok su drugi besplatni. Sve ovo treba imati u vidu prilikom odabira odgovarajućeg alata.

2.5 Statička analiza programskog koda kao deo SDL-a

Security Development Lifecycle (SDL) je proces koji pokriva sigurnosni aspekt razvoja softvera. Kombinujući holistički i praktični pristup, SDL teži smanjivanju broja i ozbiljnosti slabosti koje se javljaju u softveru. On uvodi koncepte sigurnosti i privatnosti u sve faze razvojnog procesa [4].

SDL je zasnovan na tri osnovna koncepta: edukacija, kontinuirani proces unapređenja i odgovornost. Kontinuirana edukacija i obuka su od kritične važnosti u toku razvoja softvera. Ulaganje u nova znanja kompanijama omogućava pravovremenu reakciju na promene i sigurnosne rizike koji se svakodnevno javljaju. Kako sigurnosni rizici nisu statična kategorija, SDL naglašava važnost razumevanja uzroka i posledica sigurnosnih propusta i zahteva svakodnevnu evaluaciju rizika i uvođenje novih rešenja za nastale rizike [4].



Slika 2.1. Uprošćeni SDL model

Slika 1. prikazuje uprošćeni model SDL-a na kome se može videti da statička analiza predstavlja jedan od procesa koji se obavljaju u implementacionom delu ciklusa. Statička analiza se u okviru SDL-a koristi za pregled programskog koda i proveru primene sigurnosnih standarda i procedura.

2.6 Statička analiza programskog koda i CWE lista

Sve više standarda po pitanju pouzdanosti softvera nalažu da sofver, koji se isporučuje, bude oslobođen poznatih sigurnosnih propusta i mana.

To je jedan od razloga što sve više razvojnih timova koriste alate za detekciju i otklanjanje ovih propusta. **Common Weakness Enumeration (CWE)** je formalna lista tipičnih slabosti koje se pojavljuju u softveru [5]. Kreirana je od strane programerske zajednice i namenjena je razvojnim timovima i pojedincima kako bi:

- Služila kao uobičajeni jezik za opis sigurnosnih propusta u okviru arhitekture, dizajna i programskog koda softvera.
- Služila kao mera efikasnosti sigurnosnih alata.
- Obezbedila osnovni standard za identifikaciju, smanjenje i prevenciju sigurnosnih propusta.

Statička analiza je jedan od metoda identifikacije i prevencije propusta koji se nalaze na CWE listi. Ovaj standard se koristi prilikom ocenjivanja efikasnosti različitih alata za statičku analizu, a mnogi od njih koriste CWE listu kao referencu prilikom identifikacije propusta.

3. IMPLEMENTACIJA REŠENJA

3.1 Uvod u FxCop

Razvojem **FxCop** alata **Microsoft** je razvoj softvera u **.NET** programskim jezicima podigao na viši nivo. Alat je razvijen da vrši statičku analizu programskog koda i proverava povrede širokog spektra razvojnih standarda i konvencija. Pravila koja su uključena u sam **FxCop** oslanjaju se na **Microsoft's Framework Design Guidelines**.

Za razliku od tradicionalnih alata za statičku analizu (kao npr Lint za C jezik), **FxCop** ne analizira direktno izvorni kod. Umesto toga on analizira binarni **Common Intermediate Language (CIL)** koji generiše **.NET** kompajler i nalazi se u okviru paketa (EXE ili DLL datoteke). Analiza se zasniva na bogatom skupu meta podataka koji su deo CIL-a. Takvom analizom **FxCop**

izbegava vezivanje za bilo koji **.NET** jezik, odnosno može se bez modifikacija koristiti za analizu bilo kojeg od njih. Prva verzija **FxCop**-a izdata je nedugo nakon izdavanja samog **.NETFramework 1.0** 2002 godine. Nakon toga izdato je više novih verzija, pri čemu je svaka donosila značajna unapređenja po pitanju načina upotrebe, lepeze pravila i performansi. Na taj način **FxCop** je osetno unapredio razvojne i testne procedure u okviru samog **Microsoft**-a. **FxCop** se trenutno isporučuje u dve verzije. Kao samostalni alat, koji je besplatan za korišćenje, ili u okviru **VisualStudio** alata, kroz **CodeAnalysis** opciju. Najveća pogodnost **FxCop**-a jeste što nije ograničen samo na pravila koja je obezbedio **Microsoft**, već dozvoljava izradu korisničkih pravila. To je omogućeno kroz dva **.NET** paketa, koja se isporučuju uz alat i koja obezbeđuju okruženje za razvoj novih pravila. Mana je što **Microsoft** nikada nije obezbedio dokumentaciju za razvojno okruženje, a i način funkcionisanja se kroz verzije menjao.

Više je motiva za izradu korisničkih pravila, ali dva su najvažnija:

- Česta je situacija da alat za statičku analizu ne poseduje pravila koje bi registrovala problem koji se želi otkloniti.
- Kompanijama je često potreban način za proveru primene nekih procedura, šablona i standarda, ustanovljenih u okviru kompanije.

U narednim poglavljima opisana su implementirana korisnička pravila.

3.2 EmptyCatchBlock pravilo

EmptyCatchBlock pravilo je implementirano kako bi se rešio CWE-391: **Unchecked Error Condition** prekršaj sa CWE liste. Ovo pravilo analizira programski kod, pronalazi i prijavljuje sve prazne **Catch** blokove. Motivacija za izradu ovog pravila jeste česta pojava da programeri ignorišu uhvaćene izuzetke i ostavljaju prazne **Catch** blokove. Ovakvo ponašanje može dovesti do previda nastalih uslova i stanja tokom izvršavanja programskog koda. Minimalno što bi trebalo učiniti radi ispravljanja ovog prekršaja jeste logovati nastali izuzetak, kako bi se kasnije, u slučaju rešavanja problema, znalo gde je i zašto on nastao.

3.3 UnusedMethod pravilo

UnusedMethod pravilo je implementirano kako bi se rešio CWE-561: **Dead Code** prekršaj sa CWE liste. Ovo pravilo analizira programski kod, pronalazi i prijavljuje

sve metode koje nisu iskorišćene u okviru paketa, niti mogu biti pozvane van njega. Ovakve pojave nastaju najčešće iz dva razloga. Jedan slučaj je da su metode nastale u toku razvojnog procesa kao privremene ili test metode, a nakon toga su zaboravljene i nisu obrisane. Drugi razlog je, kada dodje do promena u dizajnu, pa metoda izgubi svoju ulogu ili bude zamenjena nekom drugom metodom.

3.4 *HardCodedPassword* pravilo

HardCodedPassword pravilo je implementirano kako bi se rešio CWE-259: *Use of Hard-coded Password* prekršaj sa CWE liste. *HardCodedPassword* pravilo analizira programski kod, pronalazi i prijavljuje lozinke kojima je vrednost dodeljena direktno u kodu. Pojava da programeri ispisuju vrednosti lozinki u okviru programskog koda veoma je opasna sa aspekta bezbednosti softvera. Neovlašćeno lice, koje bi pribavilo programski kod na uvid, na taj način bi saznalo poverljive podatke koje bi moglo iskoristiti za dalje vršenje nedozvoljenih radnji i pristup osetljivim podacima. Na taj način može se naneti velika šteta korisniku softvera. Dva su najčešća slučaja, kada se koriste lozinke u okviru programskog koda. Prvi je kada sistem poseduje mehanizam za autentifikaciju koji proverava lozinke. Drugi je kada se sistem povezuje sa drugim sistemom ili komponentom, pa za to koristi lozinku koja je sačuvana u kodu. U oba slučaja, ukoliko dođe do kompromitovanja ovih lozinki, propust se teško otkriva, a i nakon otkrivanja teško se otklanja i korisnik je često primoran da privremeno ugasi sistem.

3.5 *MissingXMLValidation* pravilo

MissingXMLValidation pravilo je implementirano kako bi se rešio CWE-112: *Missing XML Validation* prekršaj sa CWE liste. Ovo pravilo analizira programski kod, pronalazi i prijavljuje metode u kojima je izvršeno učitavanje neke XML datoteke, a nije urađena njena validacija. Po zadatoj proceduri, u svakoj metodi, u kojoj se učitava neka XML datoteka, neophodno je izvršiti validaciju te datoteke po priloženoj šemi. Ovo pravilo je odličan primer pravila koje proverava primenu nekog programerskog standarda, šablona ili druge procedure ustanovljene od strane kompanije.

4. ZAKLJUČAK

Statička analiza programskog koda pokazala se poslednjih godina kao tehnologija koja, ako se implementira pravilno, značajno utiče na povećanje kvaliteta softvera. Početne verzije alata za statičku analizu programskog koda nisu imale puno mogućnosti, ali je konstantno razvijanje i unapređivanje dovelo ove alate do visokog nivoa pouzdanosti. Oni sada čine potpuno funkcionalne alate koji se uveliko koriste u radu na velikim projektima i u svetskim vodećim kompanijama u razvoju softvera. Koristi, koji se ostvaruju upotrebom ovih alata, pored povećanja kvaliteta programskog koda, najbolje se izražavaju kroz uštedu vremena i novca kao najvažnijih resursa u razvoju softvera. Posledica navedenih činjenica je sve veći broj pobornika i korisnika statičke analize

programskog koda, koji ovu tehnologiju svakodnevno uključuju u svoje razvojne procese.

Neka od najvažnijih komercijalnih rešenja prerasla su u složene sisteme koji, pored statičke analize programskog koda, uključuju i druge metode ispitivanja i analize. Time se višestruko povećava kvalitet i otklanja veliki broj mana i nedostataka razvijanog softvera. Međutim, upotreba ovih komercijalnih rešenja je skupa, najčešće se naplaćuje po broju linija programskog koda ili broju reči. Cena njihove upotrebe na ozbiljnim projektima može preći i nekoliko miliona evra i samo mali broj najvećih svetskih kompanija može da priušti takve proizvode i cenovno opravda njihovo korišćenje.

Zbog toga se veliki broj razvojnih timova okreće besplatnim rešenjima. Imajući u vidu da je cilj ovog rada bila statička analiza programskog koda pisanog u C# jeziku, odabran je *FxCop* alat kao jedan od najboljih kada su u pitanju besplatna rešenja za statičku analizu *.NET* programskog koda. Razvio ga je *Microsoft* i on podržava sve *.NET* programske jezike. Posebna pogodnost je i to što je prirodno podržan u *VisualStudio* alatu kroz *CodeAnalysis* opciju koja je dostupna u svim verzijama ovog alata počevši od verzije 2012.

Prva tri implementirana korisnička pravila su opšteg tipa, imaju široku primenu u razvojin timovima koji rade u C# programskom jeziku. Mogu otkloniti neke defekte koji su česti u programskom kodu i bitno uticati na kvalitet i pouzdanost finalnog proizvoda. Četvrto implementirano pravilo je vezano za proveru primene zadatog razvojnog šablona. Nakon implementacije svih pravila izvršeno je testiranje komercijalnog softvera i utvrđen je veliki broj prekršaja, koji su potom ispravljeni, a koji su ugrožavali sigurnost i robusnost softvera.

Važno je istaći da se većina zadataka i korisničkih pravila, koji se postavje pred *FxCop*, može biti implementirana na više bitno različitih načina. Zbog toga se planiranju i implementaciji mora pristupiti pažljivo, a implementirana pravila poželjno je testirati, kako bi se uporedili rezultati i performanse analize.

5. LITERATURA

- [1] *Wikipedia, Static Code Analysis*, http://en.wikipedia.org/wiki/Static_code_analysis
- [2] *Static Code Analysis*, <http://www.codeproject.com/Tips/344663/Static-code-analysis>
- [3] *When, Why and How: Code Analysis*, <http://www.codeproject.com/Articles/28440/When-Why-and-How-Code-Analysis-Access-Control>
- [4] *Microsoft Security Development Lifecycle*, <http://www.microsoft.com/security/sdl/default.aspx>
- [5] *Common Weakness Enumeration*, <http://cwe.mitre.org/about/index.html>

Kratka biografija:



Branko Jovanović je rođen 1981. godine u Novom Sadu. Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu je upisao 2000. godine. Diplomirao je 2012. godine na usmerenju Primenjene računarske nauke i informatika.

**JEDNA REALIZACIJA INTELIGENTNOG UPRAVLJANJA RECIRKULACIJOM VODE
KOTLA NA BIOMASU****AN APPLICATION OF INTELIGENT WATER RECIRCULATION CONTROL OF
BIOMASS BOILER**

Branislav Ivić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu projektovan je fuzzy regulator za upravljanje ventilom na recirkulaciji vode. Teorijski su objašnjeni fuzzy regulatori, njihova struktura i način projektovanja, kao i genetski algoritmi, korišćeni za njihovu optimizaciju. Sistem je simuliran upotrebom svih projektovanih regulatora i diskutovani su dobijeni rezultati. U cilju poboljšanja performansi regulatora vršena je njihova optimizacija upotrebom genetskih algoritama. Optimizovane su funkcije pripadnosti fuzzy regulatora. Optimizovani regulatori su primenjeni u simuliranom sistemu, a dobijeni rezultati diskutovani. Isprobano je prepodešavanje parametara genetskih algoritama i testirano kako utiče na optimizaciju fuzzy regulatora i same optimizacione algoritme. Na kraju su predložene smernice za dalje istraživanje ove oblasti.

Abstract – In this paper attention paid to design of fuzzy logic controller for water recirculation valve control. In theory explained fuzzy controllers, their structure and their design, as well as genetic algorithms, used for their optimization. The system with designed fuzzy controllers is simulated and scores are discussed. In order to improve performance, controllers are optimized using genetic algorithms. Membership functions of controllers are optimized. Optimized controllers are tested and the results are discussed. Also, parameters of genetic algorithms was changing and their influence tested. At the end proposed directions for further research.

Ključne reči – Fuzzy regulator temperature, Genetski algoritmi, Recirkulacija, Kotao na biomasu.

1. UVOD

Proteklih godina fuzzy logika se pokazala kao potencijalno dobra u širokom pojasu industrijske automatizacije. Tradicionalni sistemi modelovanja i analize su često previše precizni za neke probleme. Porastom kompleksnosti sistema nailazi se na veoma komplikovana rešenja. Kako bi kompleksnost problema bila manje zastrašujuća, uvode se odgovarajuća pojednostavljena za ostvarivanje zadovoljavajućih i prihvatljivih rezultata. Teorija fuzzy skupova pominje se još davne 1965. godine od strane Lofti A. Zadeh-a, kada je proširena teorija klasičnih skupova [1]. Fuzzy skupovi predstavljaju posebne ne tradicionalne skupove kojima neke vrednosti mogu da pripadaju u određenoj meri.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Filip Kulić, vanredni profesor.

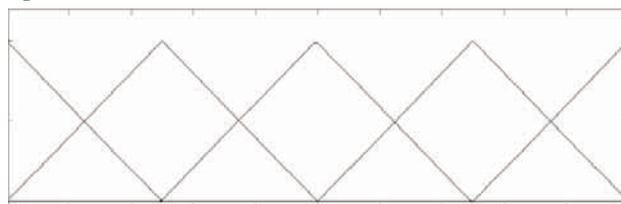
Ovaj način pristupa pokazao se veoma efikasan, jer se ne postavlja tačna granica između vrednosti, što je približno ljudskom razmišljanju (spoljna temperatura, brzina vozila, itd). Međutim, ovakav način predstavlja dosta problema u projektovanju, kao što su sledeći: koje ulaze koristiti, koliki broj, koje funkcije pripadnosti, koja pravila odlučivanja, itd.

U ovom radu je teorijski i praktično objašnjeno projektovanje fuzzy regulatora i njihova optimizacija genetskim algoritmima, kako bi se doprinelo razjašnjenju nedovoljno istražene oblasti.

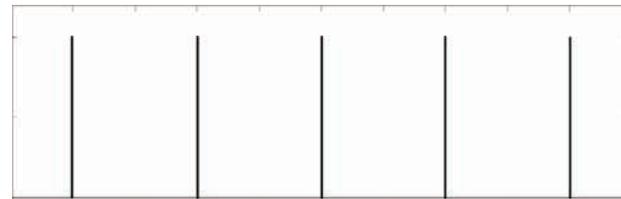
2. FUZZY LOGIČKI REGULATOR

Upravljački sistem je uređaj ili skup uređaja koji vrše direktno upravljanje ili regulišu ponašanje drugih uređaja ili sistema. Postoje dve uobičajene klase upravljačkih sistema: logički i linearni. Takođe postoje i fuzzy logički, koji pokušavaju da objedine jednostavnu logiku sa linearnim upravljanjem.

Najčešće korišćeni tipovi fuzzy regulatora su: Mamdani i Sugeno. Glavna razlika između ova dva tipa je taj da je izlaz Sugeno tipa realna vrednost, dok su kod Mamdani tipa regulatora to funkcije pripadnosti. Ispod su prikazani izlaz mamdani tipa regulatora (Slika 1). i izlaz Sugeno tipa (Slika 2.)



Slika 1. Izlaz Mamdani regulatora



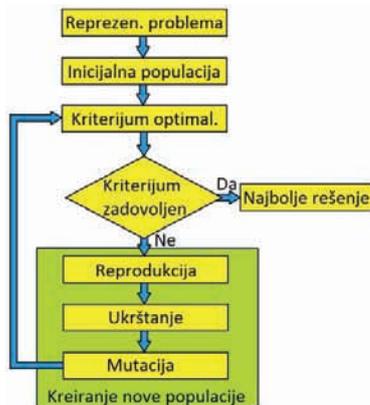
Slika 2. Izlaz Sugeno regulatora

Pri ulazu realnih vrednosti u regulator vrši se fazifikacija tih vrednosti, tj. prevođenje realnih u regulatoru razumljive vrednosti.

Svaki fuzzy regulator sadrži mehanizam za odlučivanje i bazu pravila na osnovu čega vrši regulaciju. Izlaz iz fuzzy regulatora nije razumljiv procesu, pa se vrši njegova defazifikacija, tj. prevođenje u realne vrednosti.

3. GENETSKI ALGORITMI

Genetski algoritmi su vrsta pretrage koja koristi operacije prirodne selekcije i genetike u svrhu navođenja kroz prostor pretrage. Osmišljeni su tako da oponašaju procese u prirodi vezane za evoluciju, genetiku i prirodnu selekciju. Da li će jedinka preživeti i ostaviti potomstvo u velikoj meri zavisi od toga koliko dobro može da iskoristi svoje osobine u datom okruženju. Slično kao u prirodi, genetski algoritmi pokušavaju da nađu najbolji hromozom manipulišući sa hromozomskim materijalom i ne udubljujući se preterano u optimizacioni problem koji se rešava. Ovakvi postupci mogu da reše kompleksne probleme, a da pri tome nemaju uvid u prirodu problema. Spadaju u grupu stohastičkih metoda, koje ne koriste derivacije (izvode funkcija). Ovi algoritmi dokazani su, teorijski i empirijski, kao robusna pretraga kompleksnog prostora, nudeći realan pristup problemima koji zahtevaju efikasnu i efektivnu pretragu. Algoritam izvršavanja genetskih algoritama prikazuje redosled operaciju koje moraju da se ispoštuju (Slika 3).



Slika 3. Algoritam izvršavanja genetskih algoritama

Osnovne tri operacije genetskih algoritama su selekcija-odabir „roditelja“, ukrštanje-kombinovanje gena oba roditelja, i mutacija-izmena gena. Da bi genetski algoritmi bili što efikasniji, neophodno je dobro odrediti kriterijumsku funkciju.

4. PROJEKTOVANJE FUZZY REGULATORA

Potrebno je projektovati fuzzy regulator za upravljanje ventilom za vodu. Ventil se nalazi na vodovodnoj cevi, koja spaja cev kroz koju protiče topla voda (zagrejana u kotlu) i cev kroz koju protiče hladna voda (vraćena od potrošača). Za projektovanje i simulaciju regulatora korišćen je programski paket Matlab.

4.1. Povezano istraživanje

Za projektovanje regulatora korišćeni su regulatori iz literature [2], [3] i [4]. Korišćeni regulatori su projektovani za upravljanje temperaturnim procesima, a tip je mamdani.

Regulator [2] projektovan je za upravljanje temperaturnim procesom i za održavanje temperature procesa na 70 °C, i to dok je ulazna temperatura u proces u opsegu 40 do 100 °C. Regulator [3] korišćen je za upravljanje ventilom na izmenjivaču, koji služi za hlađenje vazduha. Ventil reguliše protok vode kroz izmenjivač. Regulator [4] upravlja radom grejača, koji se koristi za zagrevanje vode. Pojačavanjem snage grejača temperatura vode raste, i obrnuto.

4.2. Optimizacija fuzzy regulatora

U cilju poboljšanja performansi regulatora, urađena je njihova optimizacija. Optimizovane su funkcije pripadnosti fuzzy regulatora (njihov oblik i širina), a upotrebom genetskih algoritama. Kao podloga za optimizaciju korišćen je rad [5]. Kodiranje parametara vršeno je upotrebom sivog kodiranja. Kriterijumska funkcija je izračunata kao suma vremena uspona, vremena smirenja, sume kvadratne greške i preskoka. Svaki sabirak množen je ponderisanim koeficijentom, tako da je udeo vremena smirenja 40%, sume kvadratne greške 30%, vremena uspona 20% i preskoka 10%.

$$z = a * V_{smirenja} + b * \sum_{i=1}^n (Y - Yi)^2 + c * V_{uspona} + d * P \quad (1)$$

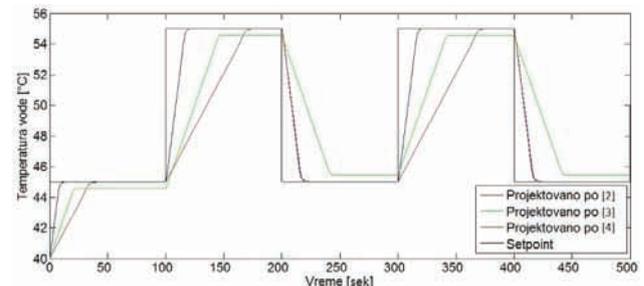
Parametri genetskih algoritama su:

- Mutacija-uniformna sa pragom mutacije 0.001
- Ukrštanje-u dve tačke sa verovatnoćom 0.7
- Selekcija-stohastička uniformna
- Elitizam – 0
- Populacija – 20

Ovi parametri su preuzeti iz [5], a u cilju testiranja uticaja parametara i poboljšanja optimizacije isprobane su optimizacije sa drugim vrednostima.

5. REZULTATI I DISKUSIJA

Upotrebom projektovanih regulatora [2], [3] i [4] dobijeni su i upoređeni odzivi (Slika 4.)



Slika 4. Poređenje odziva regulatora [2], [3] i [4]

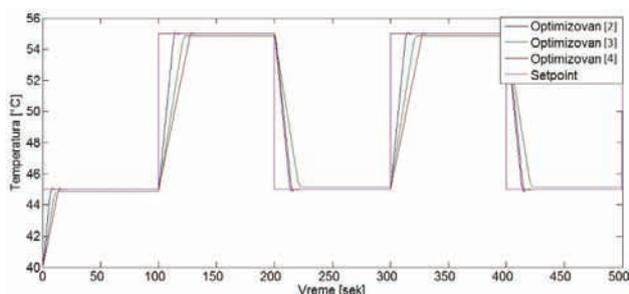
Performanse regulatora vidljivo se razlikuju (Tabela 1). Najbolji rezultati postignuti su upotrebom regulatora [2], dobijeni su simulacijom sistema kada se željena temperatura menja sa 45 na 55 °C.

Tabela 1. Performanse regulatora [2], [3] i [4]

	Regulator [2]	Regulator [3]	Regulator [4]
Vreme smirenja [s]	15.3	41.3	63.6
Suma kvadratne greške [°C]	5930.4	15465	23672
Vreme uspona [s]	13.2	36.6	56.4
Preskok [%]	0	0	0

U cilju poboljšanja performansi regulatora urađena je optimizacija funkcija pripadnosti, a upotrebom genetskih algoritama. Optimizacija je uticala na oblik funkcija pripadnosti i njihovu širinu. Podešavanje parametara genetskih algoritama urađeno je na osnovu [5]. Dobijeni

oblik funkcija pripadnosti primenjen je na projektovane regulatore, testirani su na modelovanom sistemu i prikazani rezultati (Slika 5.)



Slika 5. Poređenje optimizovanih regulatora [2], [3] i [4]

Posmatrane performanse regulatora su poboljšane u odnosu na početne (Tabela 2.).

	Regulator [2]	Regulator [3]	Regulator [4]
Vreme smirenja [s]	12.2	19.6	24.9
Suma kvadratne greške [°C]	4727.1	7420.8	9372.1
Vreme uspona [s]	10.5	17.2	22
Preskok [%]	0.16	0	0.1458

Kriterijumska funkcija sastoji se iz 4 sabirka, a to su vreme smirenja, suma kvadratne greške, vreme uspona i preskok. Udeo ovih sabiraka je redom 40%, 30%, 20% i 10%. Uglavnom su poboljšane svi članovi kriterijumske funkcije, sem preskok, koji je povećan kod regulatora [2] i [4]. Obzirom da preskok nosi najmanji udeo u kriterijumskoj funkciji član je narušen u cilju poboljšanja članova sa većim udelom. Za testiranje uticaja parametara genetskih algoritama na kvalitet rešenja isprobane su kombinacije sa promenom istih. Menjana je verovatnoća ukrštanja, prag mutacije, elitizam i veličina populacije. Prvo je isprobano sa fiksnom veličinom populacije od 20 jedinki i dobijena je poboljšana vrednost kriterijumske funkcije (Tabela 3.).

Tabela 3. Najbolji izbor parametara

Verovatnoća ukrštanja	Prag mutacije	Elitizam	Vrednost kriterijumske f-je
0.9	0.005	0	3994.4

Uticaj veličine populacije ispitan je korišćenjem verovatnoće ukrštanja 0.9, praga mutacije 0.005 i elitizma 0 (Tabela 4.). Iz tabele 4. zaključeno je da povećanjem veličine populacije može da se dobije manja vrednost kriterijumske funkcije, ali ne uvek.

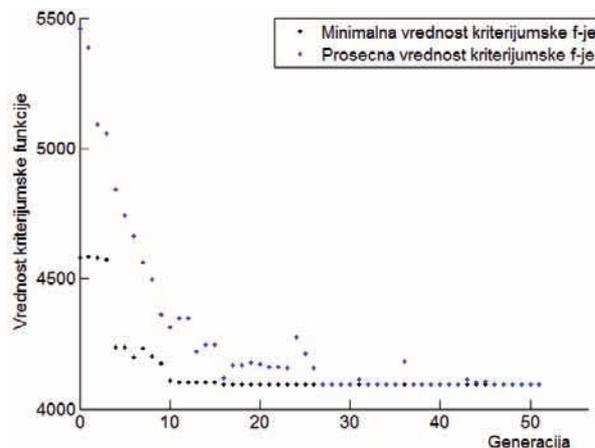
Na vrednost kriterijumske funkcije dosta uticaja ima i početna populacija. Ukoliko je nasumičnim odabirom vršena, krajnji rezultat može biti lošiji ili bolji pri svakom pokretanju optimizacije za iste vrednosti parametara.

Tabela 4. Uticaj veličine populacije

Veličina populacije	Vrednost kriterijumske funkcije
10	4732.1
20	4053
30	4063.3
40	4030.2
50	3995.9
60	3995.6
70	3997.8
80	4028.3
90	3994.4
100	4019.9

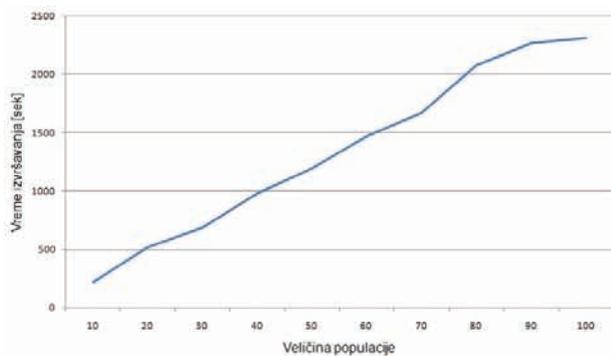
Za optimizaciju vršenu u radu, povećanjem veličine populacije nije dobijen bolji rezultat. Interesantna činjenica je ta da je za iste vrednosti parametara genetskih algoritama dobijena veća vrednost kriterijumske funkcije nego u prethodnom pokretanju. Ovaj deo objašnjava uticaj početne populacije na krajnje rešenje.

Obzirom da genetski algoritmi kroz generaciju konvergiraju ka najboljem rešenju, to je i prikazano (Slika 6.)



Slika 6. Kriterijumska funkcija kroz generacije

Veličina populacije dosta utiče na brzinu izvršavanja genetskih algoritama. Sa porastom veličine populacije raste i vreme potrebno za izvršavanje genetskih algoritama, i obrnuto. Potrebno je odrediti veličinu populacije tako da rešenje bude zadovoljavajuće, a da se dužina izvršavanja optimizacije svede ne minimum (slika 7.). Vreme potrebno za izvršavanje genetskih algoritama dobijeno je upotrebom računara koji sadrži procesor Intel Pentium Core2Duo na 2.4GHz, RAM memorije 4 GB. Korišćeni operativni sistem je Windows 7 Professional x86. Za računare jačih karakteristika vreme izvršavanja genetskih algoritama verovatno je kraće.



Slika 7. Uticaj veličine populacije na vreme izvršavanja

6. ZAKLJUČAK

U radu su projektovani fuzzy regulatori na osnovu literature [2], [3] i [4]. Napravljen je model sistema i simulirani projektovani regulatori. Sva tri projektovana regulatora su za upravljanje različitim temperaturnim procesima. Konkretno za sistem opisan u radu, najbrže vreme smirenja, vreme uspona i sumu kvadratne greške postiže regulator projektovan na osnovu literature [2]. Regulator [3] ima manje vreme smirenja pri promeni željene vrednosti na veću, u odnosu na promenu na manju. Tako da je vreme smirenja regulatora [3] manje od regulatora [4] pri dostizanju željene vrednosti veće od trenutne, dok za postizanje manje ima manje vreme smirenja.

U cilju poboljšavanja performansi regulatora urađena je optimizacija genetskim algoritimima. Optimizacijom su izmenjene funkcije pripadnosti regulatora, a optimizacija je urađena na osnovu [5]. Optimizacijom regulatora poboljšano je vreme smirenja, vreme uspona i suma kvadratne greške, što je bilo i za očekivati.

Dalji razvoj optimizacije mogao bi da bude optimizacija baze pravila, pojačanja regulatora, broja funkcija pripadnosti, izmena kriterijumske funkcije, kao i nekog drugog oblika funkcije pripadnosti. Isprobana je optimizacija sa promenom parametara optimizacionih algoritama.

Menjan je prag mutacije, verovatnoća ukrštanja, elitizam i veličina populacije. Dobijeni rezultati upoređeni su sa rezultatima dobijenim korišćenjem parametara [5], i dobijena su još manja vremena smirenja i uspona, kao i manja suma kvadratne greške, dok je preskok povećan.

Izvršavanje optimizacionih algoritama zahteva dosta vremena, tako da bi veći broj kombinacija parametara zahtevao previše vremena za optimizaciju.

Za korišćen računara, prikazan je uticaj veličine populacije na izvršavanje genetskih algoritama.

7. LITERATURA

- [1] L. Zadeh „Fuzzy Sets”, *Information and Control Journal*, Volume 8, Issue 3, pp 338-353, 1965.
- [2] S. Basu „Realization of Fuzzy Logic Temperature Controller”, *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, Volume 2, Issue 6, pp 151-155, 2012.
- [3] R. Navale, R. Nelson „Use of genetic algorithms to develop an adaptive fuzzy logic controller for a cooling coil”, *Energy and Building Journal*, Volume 42, Issue 5, pp 708-716, 2009.
- [4] R. Aguilar, V. Muñoz and Y. Callero „ Control Application Using Fuzzy Logic: Design of a Fuzzy Temperature Controller”, in A. Mohamed: „*Design of a Fuzzy Inference System – Theory and Applications*”, InTech, 2012.
- [5] J. Byrne „GA-Optimization of a Fuzzy Logic Controller”, *M. Eng Project Report*, School of Electronic Engineering, D. C. U., 2003.

Kratka biografija:



Branislav Ivić rođen je 28.7.1988. godine u Sremskoj Mitrovici, Republika Srbija. U rodnom mestu 2003. godine završio je osnovnu školu „Boško Palkovljević Pinki” i osnovnu muzičku školu „Petar Krančević”. Iste godine upisuje gimnaziju „Ivo Lola Ribar”, koju završava 2007. godine. Nakon završene srednje škole upisuje se na Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, odsek elektrotehnika i računarstvo, smer računarstvo i automatika, usmerenje automatika i upravljanje sistemima. Osnovne akademske studije završio je 14. septembra 2011. godine i nastavlja obrazovanje upisom master akademskih studija istog usmerenja.

МАТЕМАТИЧКО МОДЕЛОВАЊЕ РЕЛУКТАНТНЕ МАШИНЕ
MATHEMATICAL MODELING OF SWITCHED RELUCTANCE MACHINE

 Предраг Бомештар, Борис Думнић, Ђура Орос, *Факултет техничких наука, Нови Сад*
Област – ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И РАЧУНАРСТВО

Кратак садржај – *Тема овог рада јесте извођење математичког модела релуктантне машине. Добијени модел треба да је универзалан тј. да ради подједнако добро за различите конструкције релуктантне машине (различити број фаза, полова...). Приказана су два приступа за прорачун зависности флукса од струје и позиције ротора: на основу конструкцијских карактеристика и на основу мерених величина. Резултати симулације су упоређени са резултатима већ готовог модела у програмском пакету Matlab.*

Abstract – *The subject of this work is developing of mathematical model of switched reluctance machine. Resulted model should be universal that is it should work well for different motor constructions (different number of phases, poles...). Two approaches for calculation of flux-current-rotor position dependance has been shown: the one based on construction characteristics and the other one based on measured values. The simulation results has been compared with results of built in Matlab model.*

Кључне речи: *Релуктантна машина, Моделовање, Matlab-Simulink*

1. УВОД

Релуктантне машине су настале пре више од 150 година. Због своје природе која захтева компликовани систем управљања, нису могле бити искоришћене у свом пуном потенцијалу. Тек последњих неколико деценија, интензивним развојем енергетске електронике и прекидачких компоненти, ове машине поново буде интересовање. Због своје робусности, ниске цене производње, поузданости, али и ефикасности, оне постају конкурентне једносмерним и асинхроним машинама у све већем броју погона. У циљу сагледавања свих карактеристика саме машине како током устаљеног стања тако и током одговарајућих прелазних појава неопходно је поседовати одговарајући математички модел. Математички модел треба да буде довољно уопштен, али и да истовремено што верније одсликава појаве у самој машини како би се на прави начин сагледале све њене карактеристике пре самог пуштања у рад.

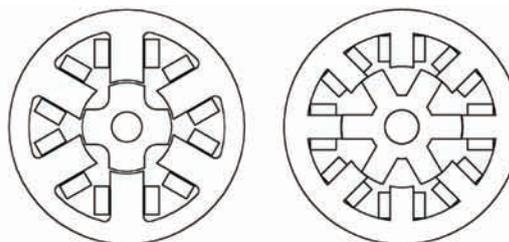
2. ОПИС И ПРИНЦИП РАДА РЕЛУКТАНТНИХ МАШИНА

Релуктантне машине по својој природи спадају у синхроне машине.

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је др Ђура Орос, доцент.

Међутим за разлику од осталих синхроних машина које имају побуду и на ротору и на статору, релуктантне машине имају побуду само на статору. Ротор не садржи намотаје, направљен је од феромагнетног материјала и има различит број полова у односу на статор. Протицањем струје кроз намотаје на статору, ротор тежи да се постави у такав положај да је магнетни отпор путање флукса минималан. На слици 1. су приказани упрошћени попречни пресеци релуктантне машине са 6 полова на статору и 4 пола на ротору (слика 1. лево) и 8 полова на статору и 6 полова на ротору (слика 1. десно). Са већим бројем полова добија се боља моментна карактеристика машине односно присутна је мања таласност момента.



Слика 1. *Попречни пресек релуктантне машине са 6/4 и 8/6 полова*

Основне једначине које описују релуктантну машину су једначина напонске равнотеже (1), израз за момент конверзије (5) и једначина кретања (6).

$$u = Ri + \frac{d\psi(\theta, i)}{dt}, \quad (1)$$

Флуксни обухват представља се као производ струје и индуктивности:

$$\psi = i \cdot L(i, \theta). \quad (2)$$

Сменом израза (2) у (1) следи да је:

$$u = Ri + L(\theta, i) \cdot \frac{di}{dt} + i \frac{dL(i, \theta)}{dt} \quad (3)$$

$$u = Ri + L(\theta, i) \cdot \frac{di}{dt} + \omega_m i \frac{dL(i, \theta)}{d\theta} \quad (4)$$

где је ω_m механичка брзина обртања ротора.

Момент релуктантне машине дат је изразом:

$$T_e(i, \theta) = \int_0^i \frac{d\psi(i, \theta)}{d\theta} di. \quad (5)$$

Једначина кретања приказана је следећим изразом:

$$T_e - T_l = J \frac{d\omega_m}{dt} + k\omega_m, \quad (6)$$

где је T_l момент оптерећења, J момент инерције, а k укупан коефицијент трења.

3. ПРОРАЧУН ОСНОВНИХ ПАРАМЕТАРА

У циљу реализације математичког модела релуктантне машине неопходно је да се на основу вредности флукса и позиције ротора као улазних величина прорачунају вредности струје машине као излазне величине. Такође, у наредном кораку потребно је за улазне величине струју и позицију ротора израчунати момент машине као излазни податак. Постоје два различита начина прорачуна основних параметара машине.

3.1. Прорачун основних параметара коришћењем конструкцијских карактеристика машине

Овај начин је посебно погодан при самом конструисању машине јер се прилично добро може предвидети и израчунати расподела флукса у машини, а самим тим и момент машине.

Да би се на овај начин могле израчунати вредности индуктивности за различите позиције ротора, потребно је познавати основне димензије машине као и карактеристике материјала од којих су направљени ротор и статор, тј. њихове $B-H$ карактеристике. За посматрани статорски и роторски пол потребно је поделити све могуће положаје ротора на три основна: када нема преклапања полова статора и ротора, када су полови делимично преклопљени и када се има потпуно преклапање полова. Затим се за сваки од три региона путања флукса дели на тубе којима се апроксимира укупни флукс. Прорачунавају се дужине туба и њихови попречни пресеци кроз сваки део машине. Познавајући врсту материјала од које је машина направљена као и путање флукса, може се прорачунати индуктивност сваке путање сваког од три региона. На основу тога се зна укупна индуктивност за сваку позицију ротора па се даље лако израчунавају елементи табеле струје, а након тога и табеле момента.

3.2. Прорачун основних параметара коришћењем мерених величина

Овај начин је релативно једноставнији и доста краћи у односу на претходни. У овом случају довољно је познавати свега неколико мерених вредности да би се прилично прецизно израчунала зависност флукса у машини од струје и позиције ротора.

Зависност флукса од позиције ротора се изражава Фуријеовим редом где се довољно прецизним сматра коришћење само прва три члана реда. Коефицијенти ових чланова се добијају на основу мерења за поравнату, непоравнату и средњу позицију ротора. Индуктивност фазе статора машине може се упрошћено приказати Фуријеовим редом као:

$$L(i, \theta) = \sum_0^{\infty} C_n(i) \cos(nN\theta) \\ = C_0(i) + C_1(i) \cos(N\theta) + C_2(i) \cos(2N\theta). \quad (7)$$

У претходном изразу N је број полова ротора, а C_0 , C_1 и C_2 коефицијенти Фуријеовог реда. Ови коефицијенти се израчунавају на основу вредности индуктивности при три основне позиције ротора: поравнате L_a (потпуно преклапање полова), непоравнате L_u (пол статора на средини између два пола ротора) и средње L_m (пол ротора на средини између две претходно описане позиције). Тада је:

$$C_0 = 1/2 [1/2(L_a + L_u) + L_m], \quad (8)$$

$$C_1 = 1/2(L_a - L_u), \quad (9)$$

$$C_2 = 1/2 [1/2(L_a + L_u) - L_m]. \quad (10)$$

Множењем израза за индуктивност (7) са струјом добија се израз за флукс где се нови коефицијенти Фуријеовог реда флукса рачунају слично као код индуктивности. На основу овога добијају се вредности флукса ψ_a, ψ_m, ψ_u при поравнатој, средњој и непоравнатој позицији ротора редом. Са слике 2 се може видети да је крива флукса при непоравнатој позицији ротора линеарна функција:

$$\psi_u = L_u \cdot i. \quad (11)$$

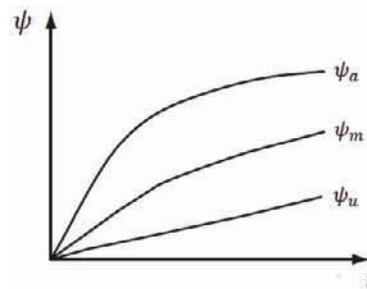
Криве ψ_a и ψ_m ће се апроксимирати функцијом *arcus tanges* тако да је:

$$\psi_a = \frac{\tan^{-1}(a_1 \cdot i)}{a_2}, \quad (12)$$

$$\psi_m = \frac{\tan^{-1}(m_1 \cdot i)}{m_2}. \quad (13)$$

Константе a_1 , a_2 , m_1 и m_2 из претходног израза могу се одредити на следећи начин: потребно је извршити избор две тачке са криве флукса за поравнату позицију где је прва ψ_{a1} она за коју је вредност флукса три до четири пута већа од вредности струје i_1 при којој се има тај флукс, а друга тачка ψ_{a2} она за коју се има максимална струја i_2 . Тада се коришћењем интерполације константа a_1 одређује из односа:

$$\frac{\psi_{a2}}{\psi_{a1}} = \frac{\tan^{-1}(a_1 i_2)}{\tan^{-1}(a_1 i_1)}. \quad (14)$$



Слика 2. Криве флукса за три позиције ротора

Вредност константе a_2 се релативно лако одређује знајући вредност константе a_1 и користећи израз (12). На сличан начин се проналазе и вредности константи m_1 и m_2 .

Полазећи од основне формуле за момент и користећи се изразом за флукс исказан преко *Фуријеовог* реда, момент машине се може представити изразом:

$$T_e = -\frac{1}{2} N \sin(N\theta) \left[\int_0^i \psi_a di - \int_0^i \psi_u di \right] - N \sin(2N\theta) \left[\frac{1}{2} \int_0^i \psi_a di + \frac{1}{2} \int_0^i \psi_u di - \int_0^i \psi_m di \right]. \quad (15)$$

Појединачни чланови претходног израза се могу израчунати помоћу израза за апроксимацију флукса (11), (12) и (13) на следећи начин:

$$\int_0^i \psi_a di = \frac{1}{a_1 \cdot a_2} \left[(a_1 i) \tan^{-1}(a_1 i) - \frac{1}{2} \ln|1 + (a_1 i)^2| \right], \quad (16)$$

$$\int_0^i \psi_m di = \frac{1}{m_1 \cdot m_2} \left[(m_1 i) \tan^{-1}(m_1 i) - \frac{1}{2} \ln|1 + (m_1 i)^2| \right], \quad (17)$$

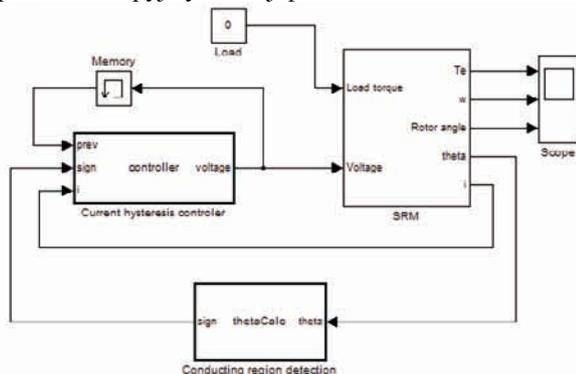
$$\int_0^i \psi_u di = \int_0^i L_u i di = \frac{1}{2} L_u i^2. \quad (18)$$

4. МОДЕЛ ПОГОНА У ПРОГРАМСКОМ ПАКЕТУ MATLAB/SIMULINK

4.1. Модел релуктантне машине

Структура симулационог модела релуктантне машине реализована у програмском пакету Matlab/Simulink приказана је на слици 3. Основни делови модела су струјна табела, моментна табела, механички подсистем и блок за прорачун углова.

На улаз струјне табеле доводе се вредности флукса и тренутне позиције ротора. Елементи струјне табеле су вредности израчунате у претходно описаном прорачуну основних параметара. За доведене вредности на излазу из струјне табеле добијају се вредности струје у свакој фази машине.



Слика 3. Блок дијаграм релуктантне машине

Моментна табела за улаз има тренутне вредности струје и позиције ротора. Као и струјна, и моментна

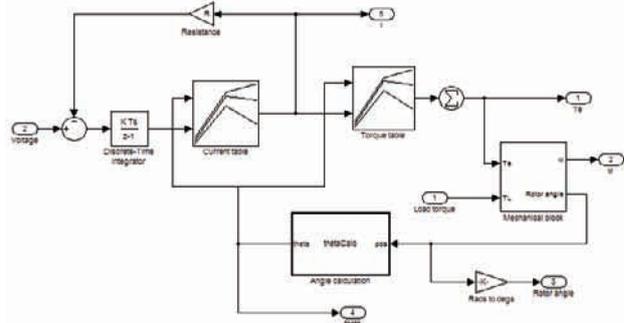
табела је генерисана у делу за прорачун параметара. Излаз моментне табеле је момент по фази машине који се има за задату струју и позицију ротора.

Блок за прорачун углова на улазу има апсолутну позицију ротора. Овај блок израчунава тренутне углове за сваку статорску фазу између пола те фазе и њему најближег роторског пола. Излаз је вектор тих углова који се даље води на улаз струјне и моментне табеле.

4.2. Модел управљачке структуре

Овај део реализованог симулационог система састоји се од блока за детекцију региона вођења фаза и струјног хистерезисног регулатора, слика 4.

Блок за детекцију региона вођења као улаз узима вредности углова за све фазе између њихових полова и најближег роторског пола. На основу ових информација проверава се да ли је угао у опсегу вођења тј. да ли је тренутак за паљење фазе или не и ова информација се чува у променљивој која се има као излаз из блока.



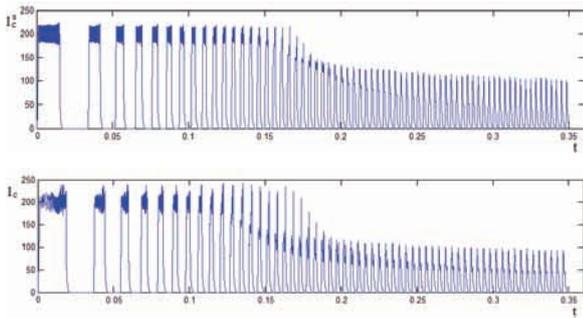
Слика 4. Блок дијаграм целокупног погона

Струјни хистерезисни регулатор проверава да ли се струја сваке фазе креће у задатом опсегу и у зависности од тога генерише вектор сигнала напона на излазу. Улаз овог блока су вредности струје у претходном кораку симулације, као и претходно стање напона и променљива која даје информацију о региону вођења сваке фазе.

5. РЕЗУЛТАТИ СИМУЛАЦИЈА

У овом поглављу приказани су резултати спроведених симулација. Извршено је и поређење резултата са резултатима симулације добијеним на типском моделу из библиотеке програмског пакета *Matlab/Simulink*. Називни подаци обе машине као и сви други параметри у систему су идентични. Ради се о трофазним машинама са 6/4 полова. Време симулације је 0,35s што је довољно да се машина залети и прође кроз прелазне процесе који се желе приказати. На слици 5 приказане су струје фаза „c“ да би се приказао почетак симулације, јер је стартна позиција ротора таква да та фаза прва почиње да води. Прво је приказана струја већ постојећег *Matlab*-овог модела, а затим струја машине моделоване у овом раду.

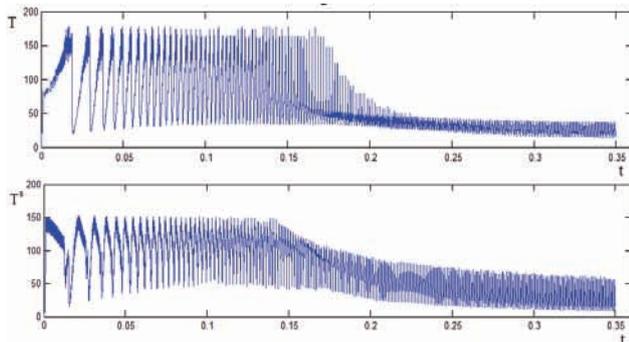
Задата максимална струја која се има при покретању машине је 200A. Струјни хистерезисни регулатор би ту вредност требао држати унутар задатих граница од 190A до 210A.



Слика 5. Таласни облици струја два модела

На сликама се види мало одступање од тих граница што је резултат саме природе хистерезисног регулатора.

У тренутку око 0,15 s након обављеног залетања машине, струја почиње да пада. Струја машине моделоване у овом раду пада на нешто нижу вредност у односу на *Matlab*-ов модел што је резултат разлике у струјној табели која постоји услед апроксимација зависности флукса *arcus tangens* функцијом у реализованом моделу.



Слика 6. Таласни облици момента два модела

На слици 6 приказани су таласни облици момента добијени из модела машине из *Matlab*-ове библиотеке (горе) и модела релизованог у овом раду (доле). Може се приметити добро поклапање одзива са нешто већом вредности момента која се има у самом тренутку старта из готовог модела у односу на модел реализован у овом раду.

На графицима је изражена и велика таласност момента што је делом последица прорачуна у самом моделу, али главни разлог је заправо сама природа машине.

Имајући у виду прекидачки рад машине, за очекивати је да због сталног паљења и гашења напајања појединих фаза машине, момент у тренутку паљења фазе порасте, а у тренутку гашења опадне. Пошто се те промене тј. паљење и гашење напајања фаза дешавају на десетине пута у секунди, укупни момент машине има изражену таласност.

У тренутку 0,15s након почетка симулације, примећује се пад момента код обе машине. Момент машине моделоване у овом раду опада нешто брже од *Matlab*-овог модела, има нешто мању вредност и мању таласност што је добар резултат јер се машина у овом огледу пушта у рад неоптерећена.

6. ЗАКЉУЧАК

Релуктантне машине се по начину рада разликују од конвенционалних машина. У последње време услед убрзаног развоја енергетске електронике и прекидачких компоненти ове машине постају све више доступне и исплативе због своје робусности и других особина. Врло је битно имати добар модел машине на којем се може спровести прелиминарно тестирање на нове задате услове пре него што се сама машина пусти у погон. У овом раду представљен је један начин развоја модела машине.

Показан је начин прорачунавања основних параметара машине помоћу мерених величина. Приказани приступ је релативно једноставан и доста краћи од другог приступа заснованог на познавању конструкционих карактеристика машине. У овом раду извршено је теоријско разматрање и реализација симулационог модела. Добијени резултати упоређени су са резултатима симулације већ постојећег модела релуктантне машине у *Matlab*-у. Остварен је добар степен поклапања добијених резултата што указује на то да релизовани модел верно одсликава појаве у машини и да представља ефикасан алат за истраживање у овој области.

7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] R. Krishnan, „*Switched reluctance motor drives: Modeling, Simulation, Analysis, Design and Applications*”,
- [2] Praveen Vijayraghavan, „*Design of Switched Reluctance Motors and Development of a Universal Controller for Switched Reluctance and Permanent Magnet Brushless DC Motor Drives*”,
- [3] H.-P. Chi, R.-L. Lin and J.-F. Chen, “*Simplified flux-linkage model for switched-reluctance motors*”,
- [4] T.J.E.Miller, „*Electronic Control of Switched Reluctance Machines*“.

Кратка биографија:



Предраг Бомештар рођен је 1986. године у Апатину. Дипломски- мастер рад је одбранио на Факултету техничких наука у Новом Саду 2013. године из области Електротехнике и рачунарства – Енергетска електроника и електричне машине.



Борис Думнић рођен је у Билећи, Р. Српска, 1976. год. Докторирао је на Факултету техничких наука 2013. год. Област интересовања су електромоторни погони, енергетска електроника и обновљиви извори електричне енергије.

Ђура Орос рођен је у Руском Крстуру 1957. године. Докторирао је на Факултету техничких наука 2008. год. Област интересовања су електричне машине и електромоторни погони.

PRIMENA FERITA U PROJEKTOVANJU METAMATERIJALA U MIKROSTRIP ARHITEKTURI**APPLICATION OF FERRITES TO THE DESIGN OF MICROSTRIP METAMATERIALS**

Čongor Mesaroš, Norbert Čeljuska, Nikolina Janković, Vesna Crnojević Bengin,
Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

Oblast - ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratik sadržaj – U ovom radu analizirane su mogućnosti korišćenja ferita u projektovanju metamaterijala u mikrostrip arhitekturi. Određeni su S parametri i ekstrahovani efektivna permitivnost i permeabilnost strukture, u funkciji oblika ferita. U svim slučajevima, ferit YIG (Yttrium-Iron-Garnet) je implementiran u konvencionalnu mikrotalasnu dielektričnu podlogu Taconic CER-10, a simulacije su izvršene pomoću programskog paketa CST Microwave Studio. Za ekstrakciju parametara korišćen je programski paket Matlab.

Abstract – This paper presents the possibility of application of ferrites to the design of microstrip metamaterials. S parameters of the structure have been determined and effective permittivity and permeability extracted as a function of the shape of the ferrite. In all cases YIG (Yttrium-Iron-Garnet) ferrite has been inserted in a conventional microwave substrate (Taconic CER-10). Simulations have been carried out using CST Microwave Studio simulator whilst Matlab was used for parameter extraction.

Ključne reči: ferit, metamaterijal, mikrostrip, YIG, negativna permeabilnost, negativna permitivnost.

1. UVOD

Razvoj mikrotalasnih kola je danas uslovljen od strane tržišta kako minimizacijom fizičkih dimenzija tako i poboljšanjem performansi. Ovi kontradiktorni zahtevi predstavljaju sve veće izazove današnjim inženjerima i usmeravaju istraživanja ka novim tehnologijama.

Jedan takav pravac istraživanja nudi implementacija ferita kao jedinične ćelije metamaterijala u dielektričnu podlogu mikrostripa. Na taj način, ferit svojim fizičkim osobinama doprinosi da čitava struktura pokazuje nove karakteristike, do sada neostvarene u praksi.

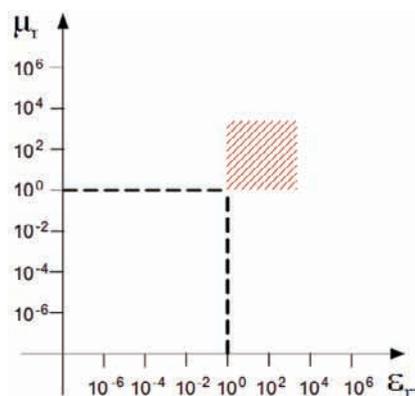
Ponašanje materijala u elektromagnetnom polju se opisuje pomoću dielektrične permitivnosti ϵ i magnetne permeabilnosti μ . U prirodi ne postoje materijali za bilo koju kombinaciju permitivnosti i permeabilnosti, kao što je prikazano na slici 1, gde je sa šrafiranim kvadratom označen mali deo prostora ϵ - μ koji se može naći u prirodi [1].

Sa druge strane, pokazano je da se feriti odlikuju negativnom magnetskom permeabilnošću u nekom opsegu učestanosti [4].

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je dr Vesna Crnojević Bengin, vanr. prof.

U ovom radu, analiziramo kako se komad ferita može implementirati u konvencionalno mikrotalasno kolo u mikrostrip arhitekturi, i kako se na taj način mogu ostvariti nekonvencionalne vrednosti efektivnih parametara ovako napravljenog metamaterijala. Analizirano je ponašanje komada YIG (Yttrium-Iron-Garnet) ferita u funkciji oblika ferita.



Slika 1. Šrafirani kvadrat pokazuje oblast ϵ i μ materijala koji se mogu naći u prirodi [1].

2. TEORIJSKE OSNOVE**2.1. Metamaterijali**

Metamaterijali su veštačke periodične strukture kod kojih se periodično ponavljaju jedinične ćelije, a dimenzije jediničnih ćelija su znatno manje od talasne dužine talasa koji se prostire (reda desetine talasne dužine). Zahvaljujući ovome, metamaterijali se mogu posmatrati kao homogene sredine sa efektivnom permitivnošću ϵ_{eff} i efektivnom permeabilnošću μ_{eff} [1].

U prirodi možemo naći fenomene gde materijali pokazuju negativnu vrednost permitivnosti ili permeabilnosti u nekim opsezima učestanostima reda THz, dok feriti na optičkim učestanostima pokazuju negativnu vrednost permeabilnosti. Materijali koji imaju negativnu permitivnost ili permeabilnost se nazivaju jednostruko-negativnim (*eng* single-negative), pošto je samo jedan od dva parametra materijala negativan u posmatranom opsegu učestanosti. Jednostruko negativni metamaterijali, usled činjenice da li je ϵ_{eff} ili μ_{eff} negativan, pokazuju imaginarnu konstantu prostiranja, te podržavaju samo prostiranje evanescentnih komponenti talasa [1].

U slučaju da su i efektivna permitivnost i efektivna permeabilnost negativne u nekom opsegu učestanosti, dobijamo tzv. duplo-negativni metamaterijal, u literaturi često nazivan i *left-handed* (LH) metamaterijal.

Generalno, postoje dva pristupa za projektovanje LH metamaterijala [3]:

- rezonantni pristup i
- pristup preko teorije vodova (*transmission lines*, TL).

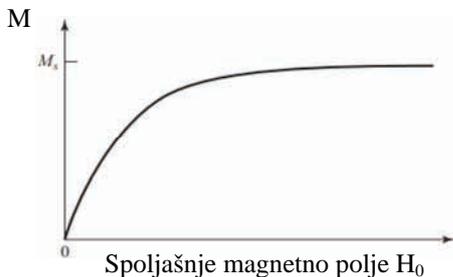
Rezonantni pristup rezultuje metamaterijalom koji podržava LH prostiranje samo u uskom opsegu učestanosti, dok LH metamaterijali zasnovani na vodovima omogućavaju širi opseg učestanosti [1].

2.1. Feriti

Najrasprostranjeniji feritni materijali u mikrotalasnim aplikacijama su ferimagnetska jedinjenja, kao što je YIG (*yttrium iron garnet*) i kompozitni materijali gvožđa sa nekim od materijala, kao što su aluminijum, kobalt, mangan i nikal.

Suprotno od feromagnetskih materijala, feriti pokazuju visoku otpornost i značajne anizotropne osobine na mikrotalasnim učestanostima. Magnetna anizotropnost se javlja usled interakcija polarišućeg magnetskog polja i magnetnih momenata dipola. Polarišuće polje usmerava sve magnetne dipole u feritu i time se dobija nenulti magnetni dipolni moment, koji stvara rezonanciju na učestanosti koja zavisi od jačine polarišućeg polja.

Kako se spoljašnje magnetno polje povećava, sve više magnetnih dipola će se usmeriti prema linijama spoljašnjeg polja sve dok se ne usmere svi dipoli. Za ovakav materijal se kaže da je postigao magnetnu saturaciju. Slika 2 prikazuje uticaj spoljašnjeg polja (x osa) na magnetni moment (y osa).



Slika 2. Uticaj magnetnog polarišućeg polja, H_0 , na magnetni moment ferita [2].

Cirkularno polarizovan signal, kome se smer polarizacije poklapa sa smerom poređanih dipola usred polarišućeg polja, imaće jaču interakciju sa dipolnim momentom, dok će obrnuto polarizovani signal imati drastično veće slabljenje. Kroz ferit sa magnetno polarišućim poljem mikrotalasni signal se prostire različito u različitim smerovima. Zbog ovog efekta se feriti mogu koristiti za projektovanje izolatora, cirkulatora i žiratora. Dodatni stepen slobode projektovanja nam pruža mogućnost kontrole interakcije pomoću jačine polarišućeg polja [2].

3. FERIT KAO JEDINIČNA ČELIJA METAMATERIJALA U MIKROSTRIP ARHITEKTURI

Do sada, feriti su korišćeni za projektovanje trodimenzionalnih metamaterijala [4]. Ovakvi materijali se mogu koristiti za manipulaciju talasa koji se prostire, ali ne u strukturama za vođenje talasa, koje su od

najvećeg značaja za projektovanje mikrotalasnih kola i komponenata. Stoga, u ovom radu, analiziramo mogućnosti korišćenja ferita u strukturama za vođenje talasa, odnosno u mikrostrip arhitekturi. U svim slučajevima, komad YIG ferita je implementiran u konvencionalnu mikrotalasnú dielektričnu podlogu Taconic CER-10. Širina mikrostrip linije je jednaka 1.22 mm, odnosno impedansa linije bez prisustva ferita je jednaka 50Ω . Sve simulacije izvršene su pomoću programskog paketa CST Microwave Studio

Analizirani su tri različita oblika ferita: kvadar, cilindar i lopta. Pošto je uticaj polarišućeg polja različit za različite oblika ferita, u simulacijama je menjana i jačina polarišućeg polja.

Unutrašnje magnetno polje je zavisno od oblika ferita i njegova orijentacija se prilagođava orijentaciji spoljašnjeg polja:

$$\vec{H} = \vec{H}_e - N\vec{M}, \quad (1)$$

gde \vec{H} predstavlja vektor jačine unutrašnjeg magnetnog polja, \vec{H}_e vektor jačine primenjenog polarišućeg polja, \vec{M} je vektor magnetizacije, dok N predstavlja faktor demagnetizacije [2]. Faktor demagnetizacije se može rastaviti na jedinične vektore prostornih koordinata (2):

$$N = N_x + N_y + N_z. \quad (2)$$

U zavisnosti od oblika ferita menja se i vektor demagnetizacije, slika 3.

Oblik	N_x	N_y	N_z
Tanak disk ili ploča	0	0	1
Tanak štap	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0
Lopta	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$

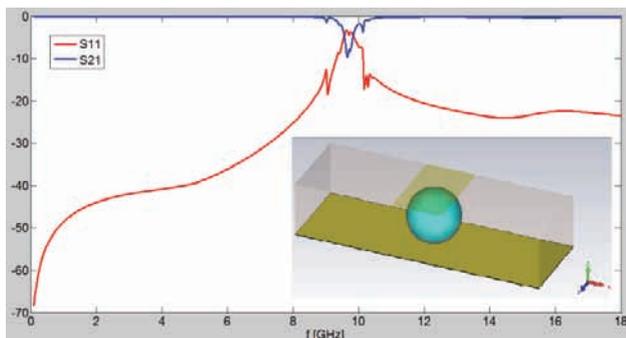
Slika 3. Faktor demagnetizacije za nekoliko oblika ferita [2].

3.1. Ferit u obliku lopte

S parametri ferita u obliku lopte, slika 4, pokazuju na pojavu viših modova pored osnovnog dominantnog moda. Ferit je implementiran ispod mikrostrip voda, unutar dielektrika. Polarišuće polje je postavljeno duž y-ose, odnosno normalno na uzemljeni sloj.

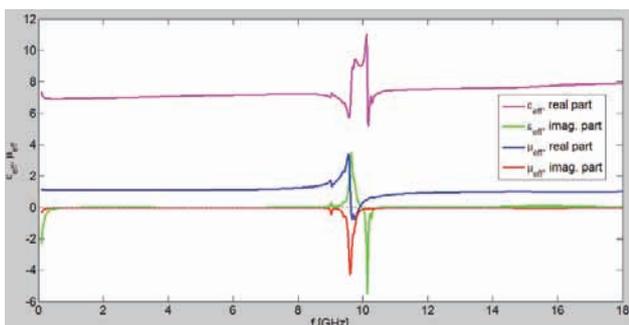
Ferit je pobuđen tako da se magnetna rezonancija javlja na učestanosti 8.4 GHz, sa slike 4 se vidi da se ta rezonantna učestanost pomerila na 9.95 GHz zbog postojanja mikrostrip voda i uzemljenog sloja.

Slika 5 prikazuje zavisnost efektivne permitivnosti i permeabilnosti čitave strukture u funkciji učestanosti. Prisustvo ferita daje negativne vrednosti permeabilnosti u blizini rezonantne učestanosti, ali je ferit u obliku lopte



Slika 4. S parametri strukture sa implementiranim feritom u obliku lopte.

neupotrebljiv u praksi pošto ne postoji tehnologija kojom bi se mogla implementirati u supstrat mikrostripa.

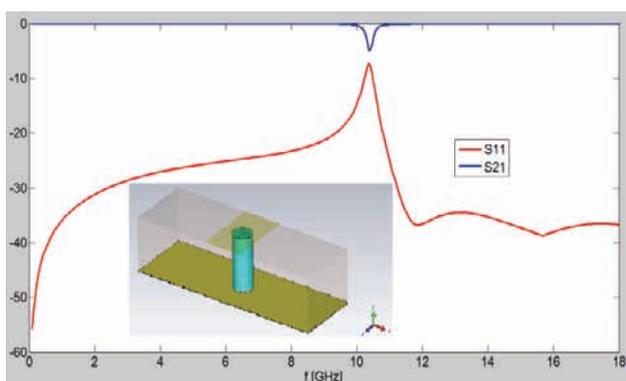


Slika 5. Zavisnost realnog i imaginarnog dela ϵ_{eff} i μ_{eff} ferita u obliku lopte u funkciji frekvencije.

3.2. Ferit u obliku cilindra

Za implementaciju cilindričnog oblika ferita u mikrostrip postoji tehnološki postupak za razliku od oblika lopte. Slika 6 prikazuje S parametre strukture sa cilindričnim feritom u funkciji učestanosti.

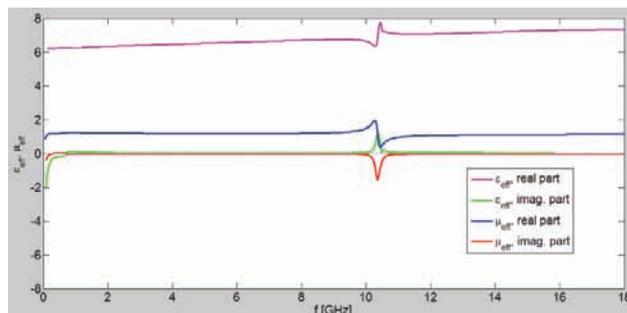
Rezonanca se javlja na 10.3 GHz, ali je uneseno slabljenje preveliko za praktične primene.



Slika 6. S parametri strukture sa implementiranim feritom u obliku cilindra.

Slika 7. prikazuje vrednosti ekstrahovane efektivne permitivnosti i permeabilnosti strukture. U bliskoj okolini rezonantne učestanosti prisustvo ferita je uticalo na vrednosti efektivne permeabilnosti.

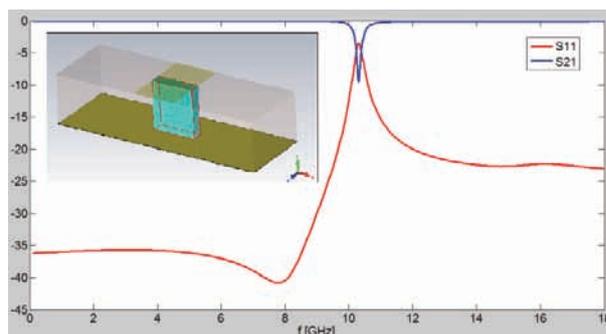
Međutim, usled slabe pobude, ova promena nije dovoljno velika da rezultuje negativnom efektivnom permeabilnošću.



Slika 7. Zavisnost realnog i imaginarnog dela ϵ_{eff} i μ_{eff} ferita u obliku cilindra u funkciji učestanosti.

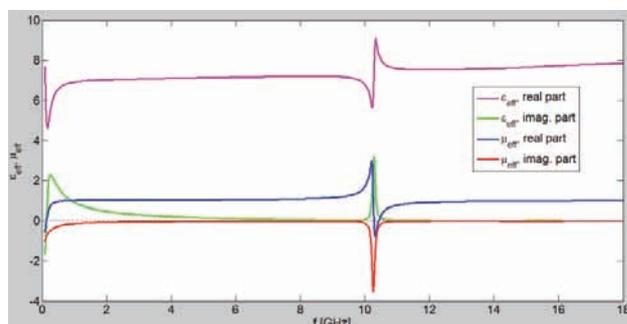
3.3. Ferit u obliku ploče

Najveću slobodu projektovanja daje ferit u obliku ploče, postavljen ispod mikrostripa. Slika 8 prikazuje S parametre strukture sa implementiranim feritnom pločom ispod mikrostrip linije. Širina ploče je ista kao i širina mikrostrip linije (1.22 mm), dužina ferita je 0.3 mm a visina se poklapa sa visinom supstrata (1.27 mm). Dobijene vrednosti koeficijenta refleksije S_{11} i transmisije S_{22} pokazuju da se ovakva struktura može koristiti u praksi.



Slika 8. S parametri strukture sa implementiranim feritom u obliku ploče.

Efektivna permeabilnost pokazuje negativne vrednosti u okolini magnetne rezonantne učestanosti, slika 9, kao što je to bio slučaj i kod ferita u obliku lopte.



Slika 9. Zavisnost realnog i imaginarnog dela ϵ_{eff} i μ_{eff} ferita u obliku ploče u funkciji frekvencije.

4. FILTAR PROPUSNIK OPSEGA ZASNOVAN NA PREDLOŽENOJ JEDINIČNOJ ČELIJI

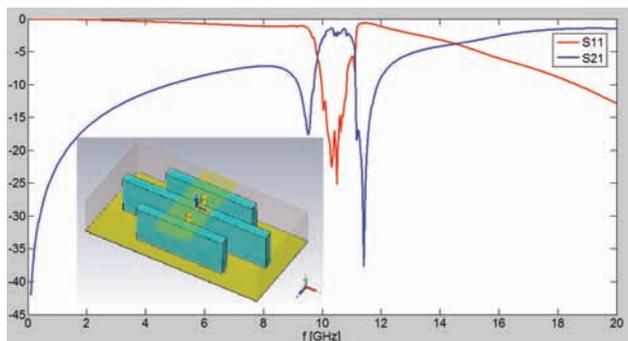
Upotrebom superpozicije projektovana je struktura koja sadrži feritnu ploču (koja rezultuje negativnom

permeabilnošću) ali i metalne vie (koje rezultuju negativnom efektivnom permitivnošću). Pažljivim izborom dimenzija, određene su učestanosti na kojima efektivni parametri pokazuju ekstremne vrednosti i time je ostvaren propusni opseg. Predložena struktura prikazana je na umetnutoj slici na slici 10. Struktura se sastoji od tri feritne ploče i dve vie. Dimenzije feritnih ploča su optimizovane i iznose:

Ferit 1 i 3: $3 \times 1,27 \times 0,3$,

Ferit 2: $5 \times 1,27 \times 0,3$,

Dimenzije su date u milimetrima.



Slika 10. S parametri strukture sa feritima i bakarnim stubovima.

Kao što se može videti sa slike 10, ovakva struktura se ponaša kao filter propusnik opsega. Uneseno slabljenje filtra je oko -1.5 dB. Širina propusnog opsega filtra je 1850 MHz oko centralne učestanosti 10.5 GHz. Odziv takođe pokazuje da je filtarska karakteristika eliptična, odnosno da postoje dve transmisionne nule pozicionirane na 9.55 GHz i 11.4 GHz.

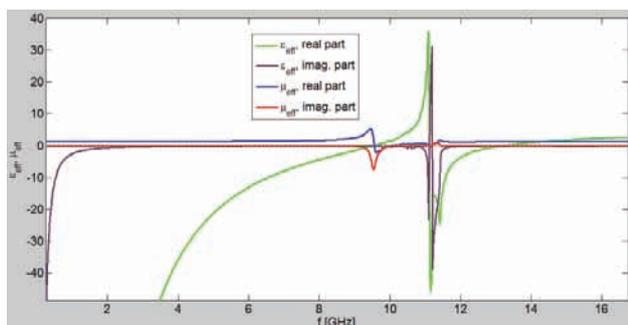
Da bismo razumeli mehanizme nastanka ovih transmisionih nula, analizirani su realni i imaginarni delovi ϵ_{eff} i μ_{eff} , slika 11.

Može se zaključiti da je dobijeni propusni opseg po prirodi duplo-pozitivan.

Transmisiona nula pozicionirana na nižoj učestanosti javlja se usled velike vrednosti imaginarnog dela efektivne permeabilnosti, dok se druga transmisiona nula javlja jer struktura pokazuje jednostruko negativno ponašanje.

Takođe, planiramo da u nastavku istraživanja optimizujemo predloženu strukturu tako da podržava LH prostiranje.

Ovo se može ostvariti redizajnom vie ili redizajnom samog ferita odnosno polarišućeg polja.



Slika 11. Zavisnost realnog i imaginarnog dela ϵ_{eff} i μ_{eff} sistema

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu analizirane su mogućnosti implementacije ferita u mikrostrip kolo. Analizirani su različiti oblici ferita: sfera, cilindar i ploča. Kako su dimenzije čitavog kola višestruko manje od talasne dužine, ono se može smatrati homogenim, ondonso jediničnom ćelijom metamaterijala, te se može izvršiti ekstrakcija njegovih efektivnih parametara. Ekstrakcijom efektivnih parametara dobijene su vrednosti realnog i imaginarnog dela relativne permitivnosti i relativne permeabilnosti strukture. Pokazano je da se ferit različito ponaša u funkciji od oblika, te da se za praktične primene može koristiti samo ferit u obliku ploče.

Dalje, superpozicijom ferita u obliku ploče i metalnih via, realizovan je metamaterijal koji podržava prostiranje talasa i pokazuje filtarske karakteristike. Predložena struktura se odlikuje postojanjem dve transmisionne nule, što je čini veoma pogodnom za projektovanje filtera propusnika opsega.

6. LITERATURA

[1] V. Crnojević-Bengin, "Nove konfiguracije fraktalnih i LH mikrostrip rezonatora", doktorska disertacija, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, februar 2006.

[2] David M. Pozar, "Microwave Engineering", Fourth edition, University of Massachusetts at Amherst, 2012.

[3] Nader Engheta, Richard W Ziolkowski, "Metamaterials: Physics and Engineering Explorations", 2006.

[4] A. Lai, C. Caloz, and T. Itoh, "Composite right-left-handed transmission line metamaterials," *IEEE Microw. Magazine*, vol. 5, no. 3, pp. 34-50, Sept. 2004.

Kratke biografije:



Čongor Mesaroš rođen je u Somboru 1987. god. Diplomski-master rad odbranio je 2013. godine na fakultetu tehničkih nauka iz oblasti elektrotehnike i računarstva – Mikroelektronika.



Norbert Čeljuska rođen je u Somboru 1985. god. Diplomski-master rad je odbranio na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti akustičnih metamaterijala. Trenutno radi na doktorskoj disertaciji iz oblasti primene metamaterijala u akustici.



Nokolina Janković rođena je u Splitu 1984. god. Diplomski-master rad na temu površi visoke impedanse odbranila je 2008. godine na Fakultetu tehničkih nauka. Trenutno radi kao istraživač na Departmanu za energetiku, elektroniku i telekomunikacije u oblasti mikrotalasnih pasivnih kola i primene metamaterijala.



Dr Vesna Crnojević-Bengin odbranila je magistarski rad na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu 1997. godine. Doktorsku disertaciju iz oblasti mikrotalasa odbranila je 2006. godine. Trenutno je zaposlena kao vanredni profesor na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu.

**RAZVOJ SOFTVERA ZA UPRAVLJANJE MATRICAMA EKVIVALENCIJE
STUDIJSKIH PROGRAMA U PROJEKTU MEĐUNARODNE RAZMENE STUDENATA****A DEVELOPMENT OF A SOFTWARE FOR MANAGAMENT OF STUDY PROGRAM
EQUIVALENCE MATRICES IN AN INTERNATIONAL STUDENTS' EXCHANGE PROJECT**

Željka Ivetić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – Rad daje prikaz razvoja softverskog rešenja za upravljanje matricama ekvivalencije predmeta u međunarodnom programu razmene studenata. U prvom delu rada je dat opis dosadašnjih procesa upravljanja matricama i zahteva prema softverskom rešenju. Zatim sledi opis načina implementacije kao i korisničkog interfejsa i funkcionlanosti krajnjeg rešenja.

Abstract – In the paper we present a development of a software for management of course equivalence matrices in an international students' exchange program. In the first part, we describe the current processes of management of matrices, as well as the software requirements. Then, it follows a presentation of our approach to the software implementation, as well as a description of its user interface and functionality.

Ključne reči: Razmena studenata; Matrice ekvivalencije predmeta; Java Swing; Hibernate; MySql.

1. UVOD

Campus Europae (CE) predstavlja međunarodni program mobilnosti studenata koji se bavi razmenom studenata osnovnih i master studija između univerziteta uključenih u CE mrežu [1]. Jedan od bitnih problema ovakve organizacije jeste: kako napraviti jasan pregled pokrivenosti studijskih programa matičnog i stranog univerziteta i kako studentu automatski dati garanciju prilikom biranja predmeta, da će mu odslušana godina na stranom univerzitetu biti u potpunosti priznata na matičnom. Trenutno rešenje koje se koristi jeste evidencija ekvivalencije predmeta univerziteta iz CE mreže koja se čuva u *excel* fajlovima. Ti *excel* fajlovi predstavljaju takozvane matrice ekvivalencije. Svaki red u *excel* fajlu sadrži osnovne podatke o jednom predmetu.

Ekvivalencije predmeta se kreiraju tako što jedan profesor otvori listu svojih predmeta, i izloži sadržaje tih predmeta, drugi profesor, takođe gledajući listu svojih predmeta, pronalazi predmete koji su ekvivalentni tim predmetima i tako popuni kolonu *equivalent* u *excel* fajlu, čime kreira matricu zavisnosti svojih predmeta prema predmetima drugog univerziteta. Svaka uspostavljena ekvivalencija predstavlja jednu kombinaciju, a kombinaciju čine jedan predmet ili grupa predmeta. Primer uspostavljene ekvivalencije prikazan je na slici 1.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Ivan Luković, red. prof.

U formuli ekvivalencije ';' predstavlja logički operator ILI (OR), dok '&' predstavlja logički operator I (AND).

	A	H
1	id	equivalent
4	e4	e346; e697 & e711; e68; e128

Slika 1. Primer ekvivalencije predmeta

Saglasno tome, značenje zapisa prikazanog na slici 1. je sledeći: predmet sa šifrom e4 može biti uspešno zamenjen predmetom e346 ili spojem predmeta e697 i e711, ili predmetom e68, ili e128.

Campus Europae je dinamičan projekat koji se razvija iz godine u godinu. Mreža univerziteta se širi, dodaju se novi studijski programi i predmeti, i postaje sve teže održavati matrice u čitljivom i konzistentnom stanju. Česte promene studijskih programa, menjanja sadržaja predmeta, brisanje predmeta, zahtevaju ručno ažuriranje matrica ekvivalencije. Ono što dodatno otežava situaciju jesu interne šifre predmeta u okviru CE (kolona *id* na slici 1.). Ukoliko npr. obrišemo jedan predmet, kao posledica načina strukturiranja podataka nametnutog tehnologijom *Excel* tabela, moraćemo da promenimo sve šifre predmeta koji se nalaze ispod obrisanog, kao i na svim mestima gde se te šifre pojavljuju (kolona *equivalent*), pošto šifre predmeta, osim slovne oznake CE programa, sadrže i redni broj reda u *excel* fajlu, radi lakšeg pronalaženja predmeta.

Cilj ovog rada jeste rešenje navedenih problema razvojem softverskog rešenja koje će unaprediti procese upravljanja matricama ekvivalencije predmeta u studijskim programima, održati njihov integritet i dati precizne informacije profesorima, a samim tim i studentima, o tome kako će se određeni predmet uspešno zameniti nekim drugim predmetom, ili kombinacijom predmeta na stranom univerzitetu.

S druge strane, uvođenje ovakvog softverskog rešenja u praksu, nameće korisnicima jedan novi način rada u odnosu na dosadašnju praksu unosa podataka u *excel* fajlove, a takođe nameće i potrebu za jedinstvenom administracijom baze podataka.

Pored uvoda ovaj rad sadrži još četiri odeljka. Drugi odeljak ovog rada opisuje specifikaciju zahteva korisnika prema softverskom rešenju. U trećem odeljku je opisana specifikacija šeme baze podataka i način implementacije softverskog rešenja. Četvrti odeljak sadrži primere upotrebe softverskog rešenja. U okviru petog odeljka dat je zaključak rada sa pregledom šta je planirano, a šta je od toga ostvareno, kao i daljih pravaca u razvoju rešenja.

2. SPECIFIKACIJA ZAHTEVA

2.1. Funkcionalni zahtevi

Funkcionalni zahtevi opisuju šta se očekuje od sistema da treba da radi, odnosno koje funkcionalnosti treba da podržava. Zahtevi od strane korisnika su sledeći:

- podrška za dve vrste korisnika sistema,
- evidencija podataka o univerzitetima,
- evidencija podataka o studijskim programima,
- evidencija podataka o predmetima,
- evidencija ekvivalencije predmeta i
- preuzimanje i predaja podataka.

Dve vrste korisnika rade sa matricama ekvivalencije. To su akademski koordinatori odnosno profesori, i administrativni koordinatori svakog univerziteta. Administratori će imati puno pravo izmene svih podataka, dok profesori mogu da menjaju podatke samo u okviru svog univerziteta i CE programa.

Osim pregleda, unosa, čuvanja i izmene osnovnih podataka o univerzitetima, studijskim programima i predmetima potrebno je omogućiti i kopiranje studijskih programa i predmeta.

Npr. ukoliko korisnik treba da unese neki novi predmet koji je sličan već nekom postojećem predmetu, potrebno mu je omogućiti opcije kopiranja samog predmeta, ali i kopiranja svih veza postojećeg predmeta. Umesto da korisnik iznova unosi podatke o predmetu, kao i veze ekvivalencije, biće dovoljno da ispravi samo neke postojeće.

Tako da sistem treba da podrži kopiranje čitavog predmeta, čitavog predmeta zajedno sa postojećim vezama ekvivalencije, ili samo veza ekvivalencije. Takođe sistem treba da podrži i kopiranje studijskih programa zajedno sa odabranim predmetima.

Preuzimanje i predaja podataka se odnosi na uvoz podataka iz *excel* fajla u bazu podataka, i obrnuto.

2.2. Nefunkcionalni zahtevi

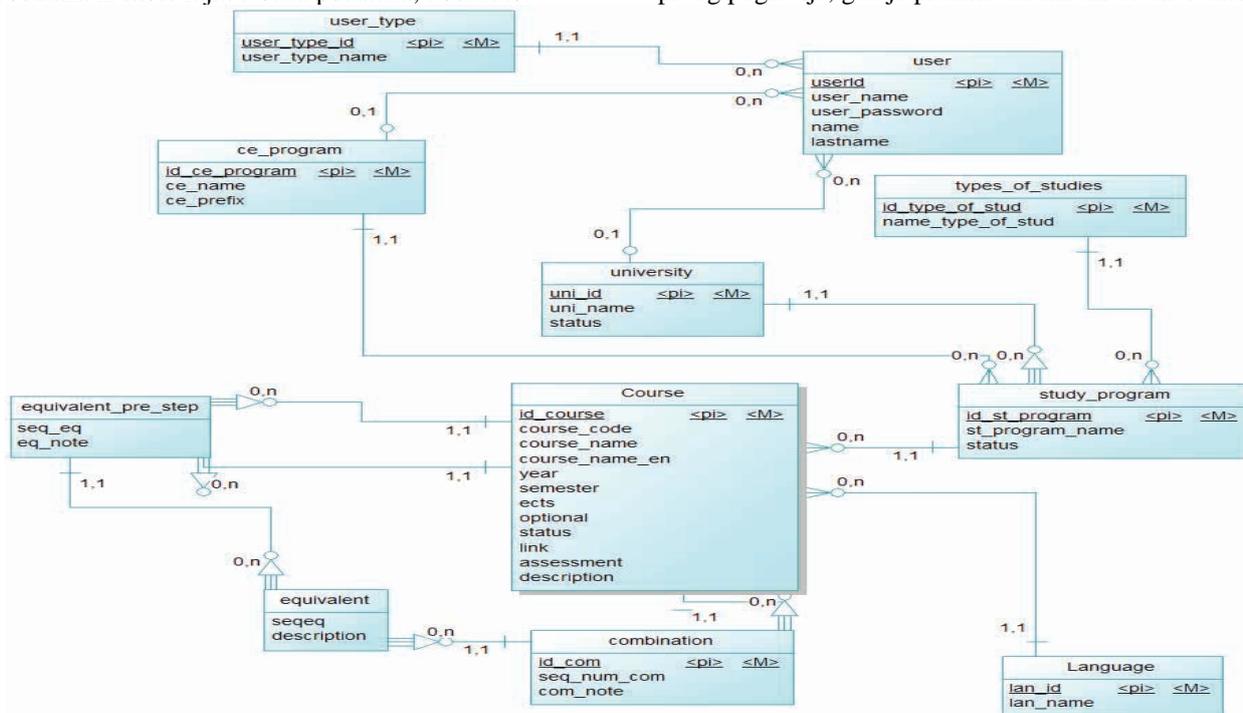
Sistem će predstavljati višekorisničku aplikaciju, koja će pristupati jednoj bazi na udaljenom serveru i podržavaće 30 istovremenih korisnika. Takođe, sistem treba biti realizovan na platformi otvorenog koda (*open source*) iz komercijalnih razloga, a s druge strane, treba organizovati takav sistem baze podataka koji podržava transakcioni, višekorisnički rad, implementaciju ograničenja podataka na serveru i mogućnost centralizovanog upravljanja podacima.

3. OPIS REŠENJA PROBLEMA

3.1. Konceptualni model šeme baze podataka

Na slici 2. prikazan je dijagram konceptualnog modela šeme baze podataka. Uz pomoć *Sybase Power Designer 12.5* alata isprojektovana je konceptualna, zatim i implementaciona šema baze podataka, namenjena za podršku realizacije matrica ekvivalencije predmeta. Proučavajući korisničke zahteve, i matrice ekvivalencije tj. postojeće *excel* fajlove, izdvojeni su sledeći tipovi entiteta koji opisuju posmatrani sistem. Tip entiteta *University* predstavlja jedan univerzitet u okviru CE. Svaki univerzitet sadrži svoje studijske programe. Oni su predstavljeni tipom entiteta *Study Program*, koji su identifikovani preko univerziteta. Svaki studijski program takođe pripada i određenom studijskom nivou (osnovne ili master studije), to je tip entiteta *Types_of_study* i određenom CE programu, tip entiteta *CE program*. Studijski programi sadrže svoje predmete, što je opisano tipom entiteta *Course*. Ključnu tačku za razumevanje ovog modela šeme baze, predstavljaju tipovi entiteta *Equivalent_pre_step* i *Combination*. Njima su predstavljene veze između predmeta. *Equivalent_pre_step* je tip entiteta koji predstavlja jedan međukorak u pravljenju ekvivalencija predmeta.

Ukoliko se vratimo na primer ekvivalencije predmeta iz prvog poglavlja, gde je predmet sa šifrom *e4* ekvivalentan



Slika 2. Dijagram konceptualnog modela šeme baze podataka

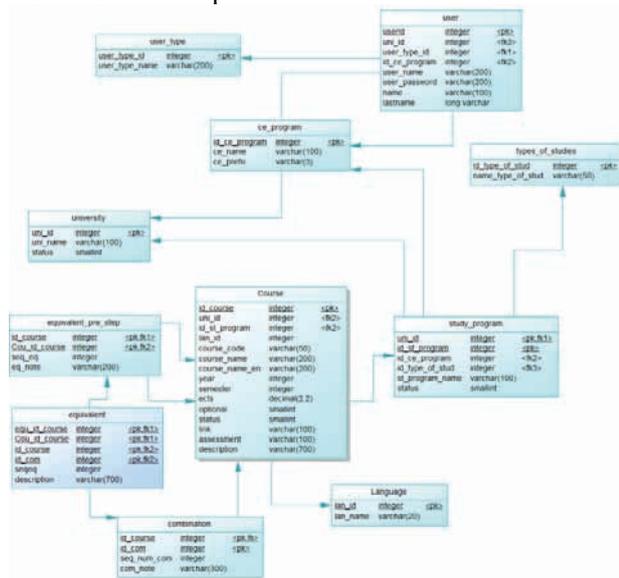
jednoj od prikazanih kombinacija *e346;e68;e128;e697&e711*, tada tip entiteta *Equivalent_pre_step* predstavlja svaku moguću vezu predmeta *e4* i predmeta *e346, e68, e128, e697, e711* bez informacije na koji način su mu ti predmeti ekvivalentni. Sve moguće kombinacije su predstavljene tipom entiteta *Combination*.

Veza između ova dva tipa entiteta, *Equivalent*, daje informaciju na koji način su kombinacije napravljene od raspoloživih parova predmeta koje opisuje *Equivalent_pre_step*.

Tip entiteta *User* predstavlja korisnika sistema, a *User_Type* određuje da li je korisnik profesor ili administrator.

3.2. Implementacioni model šeme baze podataka

Na slici 3. prikazan je dijagram implementacionog modela šeme baze podataka.



Slika 3. Dijagram implementacionog modela šeme baze podataka

3.3. Arhitektura i implementacija softverskog rešenja

Aplikacija je implementirana na osnovu troslojne arhitekture, koja podrazumeva da se aplikacija sastoji od tri sloja:

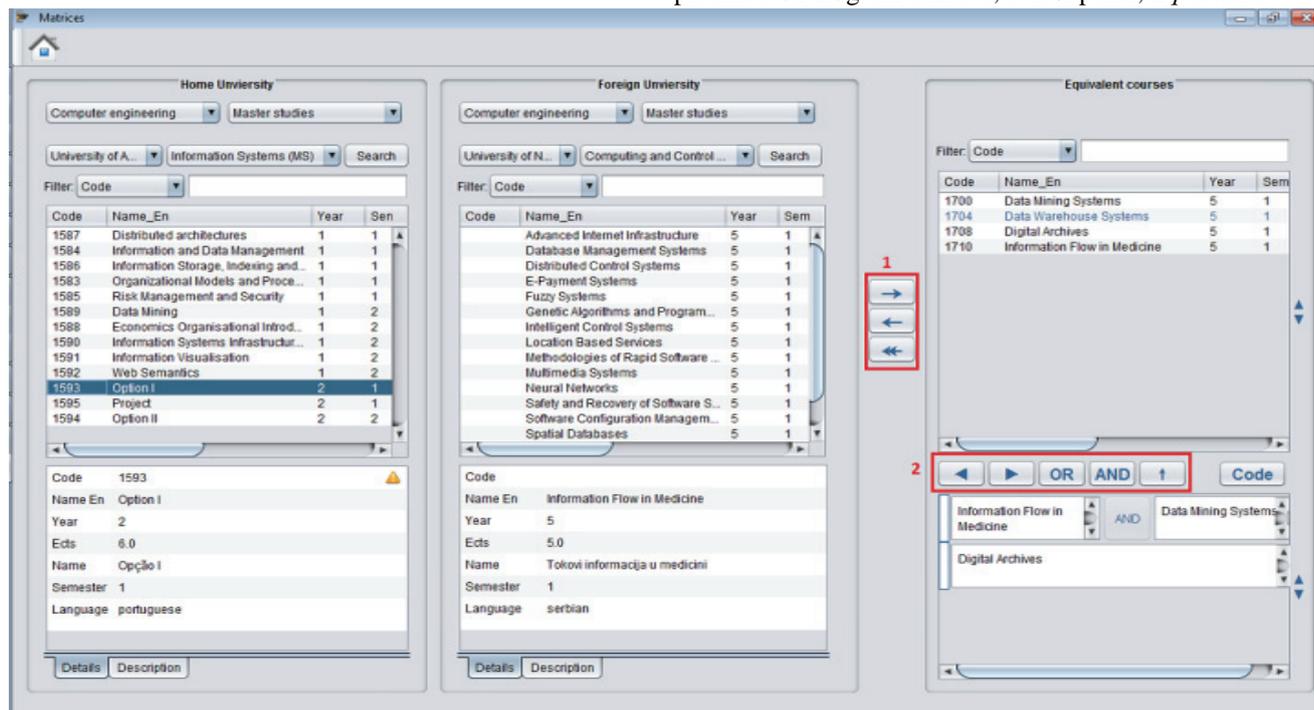
- Prezencionog sloja (*presentation layer*) - ovaj sloj sadrži objekte korisničkog interfejsa (forme za pregled, unos, izmenu, brisanje podataka).
- Sloja poslovne logike (*buisness logic layer*) - ovaj sloj obavlja obradu podataka i sadrži ključne objekte koji sinhronizuju procese prezentacionog i sloja podataka.
- Sloja podataka (*data layer*) - ovaj sloj čine objekti za komunikaciju sa bazama podataka, tj. sistemom za upravljanje bazama podataka.

Konkretna realizacija baze podataka je izvršena na *SUBP MySQL 5.5*[2], dok je softversko rešenje implementirano u razvojnom okruženju *Eclipse*, u programskom jeziku *Java*. Grafički korisnički interfejs je kreiran pomoću komponenti *Java Swing* [3] biblioteke.

Hibernate [4] korišćen je kao alat za objektno-relaciono mapiranje. Takvi alati obavljaju automatsko preslikavanje (mapiranje) relacionog modela baze podataka na objektni model unutra aplikacije.

4. PRIMER UPOTREBE REŠENJA

Pored formi za evidenciju univerziteta, studijskih programa, predmeta i korisnika, i forme za izvoz/uvoz podataka iz *excel* fajlova, izdvaja se forma za evidenciju ekvivalencije predmeta, što čini jednu od glavnih funkcionalnosti ovog softverskog rešenja. Dizajn forme odgovara logici rada profesora sa *excel* fajlovima, pri popunjavanju matrica ekvivalencije. Forma je prikazana na slici 4. Sastoji se iz tri celine, odnosno tri panela. Prvi panel, *Home university*, sadrži predmete domaćeg univerziteta, tj univerziteta za čije predmete tražimo ekvivalencije, dok drugi panel, *Foreign university*, sadrži predmete stranog univerziteta, a treći panel, *Equivalent*



Slika 4. Forma za evidenciju ekvivalencije predmeta

courses, sadrži pronađene ekvivalencije predmeta na stranom univerzitetu, za odabrani predmet u Home university pregledu predmeta. U prvom panelu, *Home university*, profesor odabira željeni CE program, studijski nivo, univerzitet i studijski program za čije predmete traži ekvivalencije. Pomoću dugmeta *Search* u tabeli dobija pregled svih predmeta po odabranim kriterijumima pretrage. Klikom tastera miša na jedan od predmeta iz tabele, dobijaju se prikazani podaci o njemu u tabeli ispod. Zatim se biraju predmeti sa stranog univerziteta, na drugom panelu, na isti način kao i u slučaju predmeta sa domaćeg univerziteta. U panelu *Equivalent courses* nalaze se dve tabele. Prva tabela predstavlja međukorak pri pravljenju ekvivalencije. Na primer, neka je potrebno napraviti ekvivalenciju, za izabrane univerzitete sa slike 4., predmeta *Option 1* i predmeta *Digital Archives*, ili zbiru predmeta *Information Flow in Medicine* i *Data Mining System*. Tada se selektuje predmet *Option 1* u prvom panelu, pronađu sva tri predmeta iz date ekvivalencije, i redom prebace u prvu tabelu na trećem panelu. Opcije označene brojem 1 na slici 4. služe za prebacivanje predmeta sa drugog panela na treći, i obrnuto. Ovim pravljenjem pomenutih kombinacija nije završeno. Treba željene kombinacije spustiti u drugu tabelu na trećem panelu. Opcije AND i OR, u grupi opcija označene brojem 2 na slici 4. služe upravo za to. Svaki red u ovoj tabeli predstavlja jednu kombinaciju, i redovi se dodaju pomoću opcije OR, dok opcija AND dodaje predmete u označenoj kombinaciji. Tasteri levo i desno u ovoj grupi tastera služe sa menjanje redosleda selektovanog predmeta u kombinaciji kojoj pripada.

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu je ukratko prikazan način rada organizacije za međunarodnu razmenu studenata u oblasti upravljanja matricama ekvivalentnih predmeta i razvoj softverskog rešenja za upravljanje tim matricama.

Implementirano softversko rešenje predstavlja višekorisničku aplikaciju, koja pruža konzistentne podatke koji se čuvaju na jednom mestu, dostupne svim korisnicima. Omogućuje jednostavnije održavanje postojećih podataka, kao i dodavanje novih podataka, olakšano i raznim funkcionalnostima vezanim za kopiranje predmeta i studijskih programa. Uspostavljanje veza između predmeta je znatno olakšano, kao i kasnije uklanjanje predmeta koje sadrže veze ekvivalencije. Problemi koji su postojali uklanjanjem predmeta, ubacivanjem novih, ili menjanjem statusa na neaktivan, sada su u potpunosti rešeni, bez gubljenja tačnosti podataka i dovođenja u nekonzistentno stanje. Predmeti, kao i univerziteti i studijski programi su određeni svojim šiframa koje su konstantne. Dizajn forme za pravljenje ekvivalencije predmeta, podseća na dosadašnji ručni sistem pravljenja ekvivalencija, što omogućava korisniku da se lakše prilagodi novom rešenju. Ono što čini ovo rešenje fleksibilnim je i mogućnost korišćenja *excel* fajlova u formatu u kojem su do sada korišćeni, tako da će svi članovi CE i dalje moći da sarađuju međusobno bez obzira da li su počeli sa korišćenjem softvera ili ne. Ovo omogućuju realizovane funkcije uvoza podataka iz *excel* fajlova u bazu, kao i funkcije izvoza u *excel* fajl. Jedino što će korisnici ubuduće morati da vode računa, jeste da

excel fajl popune sa što manje mogućih grešaka, pošto uvoz tzv. "prljavih" podataka nije omogućen.

Neki od pravaca daljeg razvoja bili bi sledeći:

- Prevođenje opisane aplikacije u *web* aplikaciju tako da korisnici ne bi morali da instaliraju aplikaciju na svom računaru, već jednostavno joj pristupe putem *web browser-a*.
- Razvijanje funkcije koja će automatski pronaći skupove ekvivalentnih predmeta koji mogu da zamene čitavu godinu na stranom univerzitetu. Tako će studentu biti omogućeno da odabere paket predmeta, umesto da sam pronalazi predmete koje će da sluša.
- Razvoj funkcije za generisanje različitih izveštaja i sprovođenja analiza o određenim univerzitetima, odnosno studijskim programima. Npr. može biti važno prikazati za određeni univerzitet broj ekvivalencija prema drugom univerzitetu i ukupan broj ECTS bodova koje ekvivalencije nose za određenu godinu i studijski program.
- Automatsko uparivanje ekvivalentnih predmeta, na osnovu ključnih reči koje se nalaze u opisu sadržaja predmeta, ili čak i celokupnih tekstualnih opisa sadržaja. Sistem bi sam pronalazio i predlagao ekvivalencije, ukoliko su sadržaji predmeta slični. Određivanje sličnosti predmeta po sadržaju, na taj način, bio bi problem koji zahteva primenu različitih metoda računarske inteligencije.

Opisano softversko rešenje omogućuje CE-u jasan pregled uspostavljenih ekvivalencija predmeta, uz minimizovan napor njihovog održavanja, i samim time automatsku potvrdu studentima, prilikom biranja predmeta na stranom univerzitetu, da će im odslušana godina biti u potpunosti priznata. Očekuje se da će jasna garancija priznate godine, motivisati veći broj studenata da pristupe programu razmene studenata.

6. LITERATURA

[1] O programu Campus Europae preuzeto sa sajta Univerziteta u Novom Sadu

<http://www.uns.ac.rs/sr/campusEuropae/index.html>

[2] MySQL 5.5 Reference Manual

<http://dev.mysql.com/doc/refman/5.5/en/index.html>

[3] The Swing Tutorial

<http://docs.oracle.com/javase/tutorial/uiswing/index.html>

[4] Hibernate Reference Documentation

<http://docs.jboss.org/hibernate/core/3.6/reference/en-US/html/>

Kratka biografija:



Željka Ivetić rođena je u Kninu 1989. god. Fakultet tehničkih nauka upisala je 2007. god. Diplomski rad iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Računarske nauke i informatika odbranila je 2011. god. Master rad iz iste oblasti odbranila je 2013. god.

**DETEKCIJA I KVANTIFIKACIJA APNEJE NA OSNOVU EKG i SpO₂ SIGNALA
DETECTION AND QUANTIFICATION OF APNEA BASED ON ECG AND SpO₂**Neda Pištinjat, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – *Da bi se pronašla efikasna i validna alternativa detektovanju apneje pomoću polisomnografije (PSG), u ovom radu istražujemo detekciju apneje u realnom vremenu pomoću elektrokardiograma (EKG) i signala zasićenosti hemoglobina kiseonikom (SpO₂). U eksperiment je uključeno 9 različitih algoritama za klasifikaciju. Bolji rezultati u detekciji apneje dobijaju se na osnovu obeležja dobijenih iz SpO₂ signala, dok korišćenje samo obeležja iz EKG signala ne daje zadovoljavajuće rezultate. Najbolju osetljivost i tačnost (98,6 %) postiže klasifikator SVM (Support Vector Machine) sa obeležjima iz SpO₂ signala. Ovi rezultati su dodatno poboljšani korišćenjem kombinovanja klasifikatora AdaBoost metodom koja kombinacijom četiri SVM klasifikatora postiže osetljivost i tačnost od 99,13 %.*

Abstract – *This paper investigates real-time sleep apnea detection based on electrocardiograph (ECG) and saturation of oxygen saturation signals (SpO₂) in order to find an efficient and reliable alternative to polysomnography (PSG). We include nine machine learning algorithms in our classification experiment. It is shown that our proposed SpO₂ features outperform the ECG features in terms of diagnostic ability. The highest sensitivity and accuracy (98,6 %) are achieved with the SVM classifier (Support Vector Machine) based on SpO₂ features. These results are further improved by using AdaBoost method for combining classifiers, and when four SVM classifiers are combined sensitivity and accuracy are increased up to 99,13 %.*

Ključne reči: *Naivni Bajesov klasifikator, Support vector machine, elektrokardiograf (EKG), izdvajanje obeležja, zasićenost hemoglobina kiseonikom (SpO₂), apneja*

1. UVOD

Apneja je poremećaj disanja u toku sna [2] prisutan kod oko 2% ženske populacije i 4% muške populacije srednjih godina.

Apneja se može lečiti, ali se pokazalo da čak 90% obolelih od ove bolesti nisu svesni svoje bolesti i ne podvrgavaju se lečenju. Lečenje predviđa nazalnu ventilacionu terapiju, pri čemu je veoma važna rana dijagnostika bolesti.

Prema definiciji, apneja predstavlja učestale prestanke disanja duže od 10 sekundi. Oboleli osećaju pospanost u toku dana i umor što može dovesti do depresije, gubitka pamćenja nesreća u saobraćaju. Štaviše, netretirana apneja može dovesti do raznih srčanih oboljenja, kardiovaskularnih poremećaja i infarkta. Za detekciju apneje standardno se koristi polisomnografija koja se izvršava u specijalno opremljenim laboratorijama gde ispitanici moraju da prespavaju noć ili dve, a oprema koja se koristi je vrlo skupa. Tokom noći mnoštvo senzora i žica je prikačeno za ispitanikovo telo. Signale koji se dobijaju mora da analizira doktor specijalista da bi se došlo do konačne dijagnoze. Neudobnost, komplikovanost kao i cena detektovanja pomoću polisomnografije, barijere su zbog kojih se ona ne koristi često i zbog čega postoji veliki broj obolelih bez dijagnoze. Prema tome postoji potreba za jednostavnom, relativno jeftinom i pouzdanom alternativom za detekciju apneje, na osnovu signala korelisanih sa respiracijom kao što su EKG i SpO₂ čije je snimanje pristupačno i izvodi se u ambulantskim uslovima. Respiratorna sinusna aritmija i ostale karakteristike EKG signala u toku udisaja i izdisaja omogućavaju detekciju apneje pomoću ovog signala. Modulacija srčanog ritma u toku respiracionog ciklusa naziva se respiratorna sinusna aritmija RSA i zahvaljujući njoj moguće je izvesti informacije o disanju na osnovu EKG signala. RR intervali (intervali između uzastopnih R pikova QRS kompleksa) se sužavaju tokom udisaja i šire tokom izdisaja, a i amplituda EKG signala varira tokom jednog ciklusa disanja zbog toga što se i same elektrode za snimanje EKG signala pomeraju zajedno sa grudnim košem prilikom disanja.

U ovom radu utvrđuje se pouzdanost detekcije apneje na osnovu EKG i SpO₂ signala, kako bi se pronašla adekvatna zamena metodi polisomnografije. Na osnovu raspoloživih anotiranih signala [1] predloženi algoritmi vrše klasifikaciju delova signala u trajanju od jednog minuta s obzirom na to da li je u njemu uočen prestanak disanja duži od 10 sekundi ili nije. Kao ulaz za klasifikatore korišćena su obeležja dobijena iz EKG signala i SpO₂ signala. Takođe je pomoću PCA analize (*Principal Component Analysis*) redukovano brojeve obeležja sa ciljem da se utvrdi sa kojim brojem dimenzija se dobijaju najbolji rezultati pri čemu se brzina treniranja i testiranja klasifikatora znatno povećava.

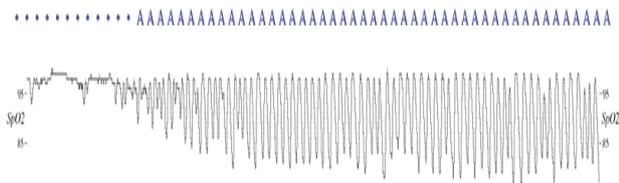
2. KORIŠĆENI PODACI I METOD**2.1. Podaci**

U ovom radu su korišćeni EKG signali i SpO₂ signali dostupni na sajtu PhysioNet-a [1]. Korišćena je baza *Apnea-ECG Database* iz 2000. godine. Ukupno je dostupno 35 anotiranih snimaka EKG signala u trajanju

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Tatjana Lončar-Turukalo, docent.

od 5h do 8h, pri čemu samo 8 signala uz EKG signal imaju i sinhrono snimljen S_pO_2 signal. U anotacionim fajlovima svaki minut u kojem je primećen prestanak disanja duži od 10 s obeležen je sa A odnosno sa slovom N ukoliko nije. Signali su predstavljeni sa 10 bita po odmerku i odabirani sa 100 Hz. Na Slici 1 prikazan je jedan anotiran snimak S_pO_2 signala.



Slika 1 - SpO_2 signal dužine 1h sa obeleženim apneja minutima

2.2. Korišćeni klasifikatori

U fazi klasifikacije korišćeni su klasifikatori ugrađeni u alatu PRTTools u MATLABu. Devet klasifikatora je uključeno u ovaj eksperiment:

- SVM je tehnika za klasifikaciju zasnovana na ideji vektorskih prostora. SVM mapira podatke u visokodimenzioni prostor i konstruiše hiperravan koja odvaja minute u kojima je uočen prestanak disanja od minuta u kojima nije uočen. Naročito se upotrebljava u situacijama kada je broj dimenzija podataka veliki.
- Klasifikator k -najbližih suseda dodeljuje nekom podatku klasu koja se najčešće pojavljuje u grupi njegovih k najbližih suseda.
- Korišćen je i višeslojni perceptron (*multi layer perceptron*, *MLP*), veštačka neuralna mreža koja ima jedan ulazni sloj, jedan izlazni i sloj i jedan ili više skrivenih slojeva neurona.
- Stablo odluke se koristi u statistici i mašinskom učenju. Stablo se koristi za predikciju, a zapažanja (obeležja) o uzorcima se koriste za određivanje klase uzorka. U ovakvoj strukturi stabla listovi predstavljaju oznake klase, a grane predstavljaju vrednosti obeležja koja dovode do tih klasa. Stablo odluke se često koristi u klasifikaciji. Cilj je stvoriti model koji predviđa vrednost uzorka (klasu kojoj pripada) na osnovu nekoliko ulaznih promenljivih. Tačke grananja predstavljaju testiranje određenog atributa.
- Pazenovi prozori su tipičan primer neparаметarskih modela koji ne pretpostavljaju nikakvu raspodelu uzoraka i kod kojih složenost modela raste sa porastom trening skupa.
- Jedan od korišćenih klasifikatora jeste i Naivni Bajesov klasifikator kod koga je ključna pretpostavka o nezavisnosti između atributa A_i i tada važi:
$$P(A_1, A_2, \dots, A_n | C) = P(A_1 | C) \dots P(A_n | C) \quad (1)$$
gde se pojedinačne vrednosti $P(A_i | C)$ mogu lako izračunati za $i = 1, 2, \dots, n$ iz podataka za trening. Naivni Bajesov klasifikator klasifikuje nepoznate uzorke na osnovu Bajesove teoreme i trening podataka, ali uz jednu značajnu pretpostavku – nezavisnost. Naivni Bajesov klasifikator označava instance (A_1, A_2, \dots, A_n) klasom C^* ukoliko važi:

$$\max_{C_j} \{P(C_j) * \prod_{k=1}^n P(A_k | C_j)\} = P(C^*) \prod_{k=1}^n P(A_k | C^*) \quad (2)$$

2.3. Kombinovani klasifikatori

Pokazalo se da se performanse pojedinačnih metoda klasifikovanja koje nisu dobre mogu značajno poboljšati ako se iskombinuje više takvih “slabih” (h) u jedan “jak” (H) klasifikator.

Dve najpopularnije metode su *bagging* [3] i *adaboost* [4].

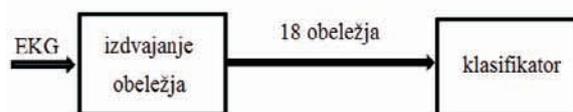
- *Bootstrap agregacija (bagging)* je meta algoritam za mašinsko učenje dizajniran da poboljša stabilnost i tačnost mašinskog učenja. Takođe smanjuje varijansu i pomaže izbegavanju nadprilagođavanja na skup podataka za trening. I ako se obično upotrebljava kod stabla odluke može biti korišćen i sa bilo kojom drugom metodom.
- AdaBoost (skraćeno od *adaptive boosting*) je meta algoritam za mašinsko učenje koji se može koristiti u kombinaciji sa drugim metodama u cilju poboljšanja performansi klasifikatora. AdaBoost je adaptivna u smislu da se novi klasifikatori grade uzimajući u obzir pogrešno klasifikovane primere. Ova metoda je osetljiva na šum i vrednosti koje značajno odstupaju od predviđenih. Često pokazuje kao dosta bolja od ostalih metoda u sprečavanju nadprilagođavanja na trening skup. Klasifikatori koji se koriste mogu biti slabi (imati veliku grešku pri klasifikaciji) ali više takvih slabih klasifikatora mogu značajno poboljšati konačni model.
- Od kombinovanih metoda se koristi još i MLRC (*Multi-response Linear Regression Combiner*) kombinovani klasifikator. Ukoliko originalni problem ima K klasa, on se konvertuje u K odvojenih problema, nakon čega vrši klasifikaciju jedan-naspram svih, na primer kada posmatramo klasu c , uzorak iz te klase će imati labelu 1 dok će uzorci iz svih ostalih klasa imati labelu 0. Drugačije rečeno, ova funkcija postavlja MLP model za svaku klasu i koristi te modele da proceni verovatnoću da primer pripada svakoj od klasa na osnovu čega odlučuje kojoj klasi pripada taj primer.

2.4. PCA (Principal Component Analysis)

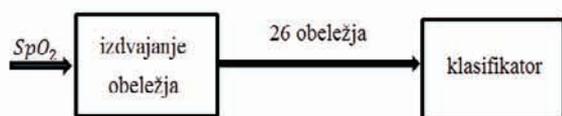
Cilj PCA analize jeste da smanji dimenzionalnost prostora, a da pri tome sačuva rasipanje (varijansu) podataka u više-dimenzionom prostoru. PCA pomaže u rešavanju problema dimenzionalnosti koji kaže da za svaku veličinu uzorka postoji maksimalan broj obeležja nakon kojeg dalji porast rezultuje opadanjem performansi željenog klasifikatora. Takođe smanjivanjem broja obeležja povećavamo značajno brzinu treniranja i testiranja klasifikatora.

3. IZDVAJANJE OBELEŽJA

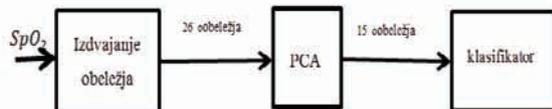
U toku ovog rada, za klasifikaciju su, kako je već rečeno, korišćena obeležja koja su dobijena na osnovu EKG signala (18 obeležja) i S_pO_2 signala (26 obeležja) prikazana u Tabelama 1. i 2., respektivno. Obeležja EKG signala su delom dobijena i na osnovu detektovanih R i S pikova i dužina RR intervala. Uz pomoć PCA analize rađena je redukcija dimenzionalnosti u cilju pronalaska optimalnog broja obeležja.



Slika 2 - Detekcija apneje na osnovu EKG signala



Slika 3 - Detekcija apneje na osnovu S_pO_2 signala



Slika 2 - Detekcija apneje na osnovu S_pO_2 signala i smanjenja dimenzionalnosti sa 26 na 15 pomoću PCA analize

Tabela 1 - obeležja dobijena iz EKG signala

Dmean_ecg	Srednja vrednost apsolutnih razlika srednjih vrednosti segmenata dužine 12 s EKG signala u toku jednog minuta
Dmean_R	Srednja vrednost apsolutnih razlika srednjih vrednosti amplituda R pikova u segmentima od 12 s u toku jednog minuta
Dstd_RR	Standardna devijacija apsolutnih razlika srednjih vrednosti RR intervala u segmentima od 12s u toku jednog minuta
mean_R	Srednja vrednost amplitude R pikova u toku jednog minuta
mean_RS	Srednja vrednost amplitude RS u toku jednog min
std_RS	Standardna devijacija RS amplitude u toku 1 min

Tabela 2 - Obeležja dobijena iz S_pO_2 signala

corr_ S_pO_2	Korelacioni koeficijent semplova u toku 1 min
Dmean_ S_pO_2	Delta indeks: 1-min prosek apsolutne razlike srednjih vrednosti segmenata od 12 s S_pO_2 signala
mean_ S_pO_2	Srednja vrednost 1 min S_pO_2 signala
min_ S_pO_2	Minimalna vrednost S_pO_2 signala u toku 1 min
numZC_ S_pO_2	Broj preseka S_pO_2 signala u toku 1 min sa osnovnom linijom koja u ovom slučaju predstavlja srednju vrednost S_pO_2 signala za taj minut
std_ S_pO_2	Standardna devijacija S_pO_2 signala u toku 1 min
ODIxy_ S_pO_2 , $x \in \{2,3,4,5\}$ i $y \in \{1,3,5\}$	Broj koliko se puta dogodilo da je S_pO_2 signal u nekom minutu ispod osnovne linije za minimum vrednost x-a i to minimum u sekundi u kontinuitetu (osnovna linija predstavlja srednju vrednost najvaćih 20 % vrednosti S_pO_2 signala u tom minutu)
ODISx_ S_pO_2 , $x \in \{2,3,4\}$	Broj semplova koji se nalaze za minimum vrednost x-a ispod osnovne linije (ista je osnovna linija kao i kod ODIxy_ S_pO_2 -a)
tsax, $x \in \{70, 80, 85, 90, 95\}$	Vreme koliko je S_pO_2 signal bio ispod praga x

4. REZULTATI

Za svaku klasifikaciju kao i za svaku grupu obeležja su u tabelama date vrednosti krosvalidacije gde je $k = 10$, osetljivosti, preciznosti i tačnosti čije su definicije date ispod

$$\text{osetljivost} = \frac{TP}{TP+FN} \quad (2)$$

$$\text{preciznost} = \frac{TP}{TP+FP} \quad (3)$$

$$\text{tačnost} = \frac{TP+TN}{P+N} \quad (4)$$

TP je broj tačno klasifikovanih apneja minuta, FN broj apneja minuta koji su klasifikovani kao minuti bez apneje, FP je broj minuta bez apneje koji su klasifikovani kao apneja minuti, P i N predstavljaju stvaran broj apneja i minuta bez apneje respektivno. Osetljivost reprezentuje sposobnost korektnog detektovanja apneja minuta. U pogledu detektovanja apneje mi smo najviše zainteresovani za pronalaženje algoritama koji imaju veliku osetljivost jer onda se smanjuje opasnost od velikog broja nedetektovanih apneja minuta. Bitnije je da smanjimo FN nego FP greške što će nam i dati veću osetljivost. Preciznost nam govori o odnosu tačno prepoznatih apneja minuta i svih minuta koji su klasifikovani kao apneja-minuti, tj. govori o pouzdanosti da je klasifikovan apneja minut dobro klasifikovan. Tačnost predstavlja odnos dobro klasifikovanih minuta sa ukupnim brojem minuta.

Tabela 3 - Rezultati klasifikacije dobijeni na osnovu obeležja iz S_pO_2 signala

KLASIFIKATOR	oset. (%)	prec. (%)	tač. (%)
Naivni Bajes	95,83	98,46	95,83
Neuralne mreže	98,96	98,73	98,96
SVM (polinom. kernel)	98,96	98,27	98,96
Stablo odluke	45,31	97,63	45,31
nmsc	98,61	98,27	98,61
mlrc	98,04	98,54	98,09
AdaBoost (N=4, Naivni Bajes)	97,05	98,49	97,05
AdaBoost (N=4, treec)	98,44	98,27	98,44
AdaBoost (N=, SVM)	99,13	100	99,13
Bagging(N=100, Naivni Bajes + SVM)	98,96	98,27	98,96
Bagging(N=100, Naivni Bajes + stablo odluke)	98,44	98,27	98,44

Ako se koriste obeležja dobijena na osnovu S_pO_2 signala najbolje rezultate daje AdaBoost metoda koja kombinuje 4 SVM klasifikatora, i time povećava osetljivost u odnosu na jedan SVM klasifikator sa 98,96% na 99,13%.

Što se tiče običnih klasifikatora (bez kombinovanja) najbolji rezultat se dobija korišćenjem SVM klasifikatora sa polinomijalnim kernelom. Generalno, rezultati koji se dobijaju korišćenjem obeležja dobijenih na osnovu S_pO_2 signala su vrlo dobri.

Uglavnom su svi navedeni klasifikatori imali osetljivost oko 98% što je dobro i pokazuje da je jako malo apneja minuta klasifikovano pogrešno.

Tabela 4 - Rezultati klasifikacije dobijeni na osnovu obeležja iz EKG signala

KLASIFIKATOR	oset. (%)	prec. (%)	tač. (%)
kNN (k = 2)	77,67	96,63	77,76
kNN (k = 3)	80,83	96,28	80,83
kNN (k = 4)	79,21	96,54	79,21
kNN (k = 5)	81,93	96,42	81,93
Naivni Bajes	86,36	96,51	86,36
SVM (polinomijalni kernel)	26,79	95,67	26,79
AdaBoost (N = 10, Naivni Bajes)	87,12	97,81	82,88
Bagging(N=10, Naivni Bajes + parzenov prozor)	82,57	96,44	82,57

U tabeli 4 se vide rezultati za klasifikacije kada su obeležja dobijena samo na osnovu EKG signala. Generalno su rezultati lošiji nego kada se obeležja dobijaju na osnovu S_pO_2 signala, čak za oko 15 % u proseku je gora osetljivost kada se koriste samo EKG signali. Kada se koriste obeležja iz EKG signala najbolje rezultate, što se tiče osetljivosti, daje Naivni Bajesov klasifikator. Znatno bolje performanse pokazuje i klasifikator k najbližih suseda kada se koristi sa obeležjima dobijenim iz EKG signala, koji sa obeležjima iz S_pO_2 signala nije imao ni za jedno k osetljivost iznad 12%. SVM koji je sa obeležjima iz S_pO_2 signala dao najbolje rezultate ovde se ne pokazuje kao dobar.

U sledećoj tabeli su dati rezultati kada se nakon dobijanja obeležja iz S_pO_2 signala smanji dimenzionalnost na 15. Time se značajno smanjuje vreme treniranja klasifikatora što je vrlo bitno.

Tabela 5 - Rezultati klasifikacije dobijeni na osnovu obeležja iz S_pO_2 signala pri čemu je dimenzionalnost smanjena pomoću PCA analize sa 26 na 15

KLASIFIKATOR	oset. (%)	prec. (%)	tač. (%)
Naivni Bajes	91,33	98,20	91,32
Neuralne mreže	97,57	98,26	97,57
SVM(pol. kernel)	98,96	98,27	98,96
nmsc	98,01	98,27	98,61
mlrc	98,44	98,27	98,44
AdaBoost (N=4, SVM(pol. kernel)	99,13	100	99,13
Bagging (N= 100, Naivni Bajes + SVM(pol. kernel)	98,96	98,27	98,96

Eksperimentalno je utvrđen minimalan broj obeležja, a da pri tom ne dođe do pogoršavanja performansi i došlo se do broja 15. Iz tabele 5 vidimo da se osetljivost nije puno promenila. Isto se događa i kada broj obeležja iz EKG signala smanjimo sa 18 na 12.

5. ZAKLJUČAK

Loše posledice apneje mogu biti veoma velike i ova bolest se često pojavljuje pogotovo kod starije muške populacije. Rana dijagnostika ove bolesti u njenom ranom stadijumu je od velikog značaja za dalji tok lečenja, međutim skupa i nepraktična metoda polisomnografije predstavlja veliku dijagnostičku prepreku.

U ovom radu testirani su razni klasifikatori i isprobana brojna obeležja EKG i S_pO_2 signala u cilju ispravne detekcije broja minuta u kojima je uočen prestanak disanja duži od 10s. EKG i S_pO_2 signali snimaju se znatno lakše jeftinije i pristupačniji su široj populaciji, budući da neophodne uređaje poseduje gotovo svaka ambulanta. Klasifikovanjem na osnovu obeležja koja su dobijena iz S_pO_2 signala, dobijaju se bolji rezultati nego kada se obeležja dobijaju na osnovu EKG signala. Kada se koriste obeležja dobijena iz S_pO_2 signala, najveća osetljivost od 98,96% postiže se SVM klasifikatorom sa polinomijalnim kernelom.

Ovaj rezultat je moguće popraviti na 99,13 % AdaBoost metodom koja kombinuje više SVM klasifikatora. Što se tiče tačnosti i ona je najveća kada se koristi SVM klasifikator. Kada se koristi EKG signal dobijaju se u proseku lošiji rezultati za oko 15%, a najbolje rezultate kod običnih klasifikatora postiže Naivni Bajes kod koga je osetljivost u tom slučaju 86,36%. Brzina treniranja klasifikatora je povećana smanjivanjem broja obeležja pomoću PCA analize uz zadržavanje performansi klasifikatora.

Kada se broj dimenzija kod klasifikacije pomoću S_pO_2 signala smanji sa 26 na 15 najbolji rezultat za osetljivost od 99,13% ostaje nepromenjen, i ostali klasifikatori imaju iste ili slične greške kao kada se koristi 26-dimenzioni prostor. Slično se dešava i kod klasifikacije na osnovu EKG signala, pri čemu je najbolja osetljivost smanjena za 4,15 % i isto se postiže korišćenjem naivnog Bajesovog klasifikatora.

Rezultati pokazuju da se utvrđivanje apneje na osnovu EKG i S_pO_2 može vršiti u ambulantnim uslovima. Na ovaj način bi se omogućila rana dijagnostika ovog oboljenja i sprečile njegove posledice. Sasvim sigurno bi se pokazalo da znatno veći broj ljudi pati od ove bolesti.

6. LITERATURA

- [1] "CinC Challenge 2000 data sets: Data for development and evaluation of ECG-based apnea detectors", (2000). Available at: www.physionet.org/physiobank/database/apnea-ecg/
- [2] Baile Xie, Hlaing Minn, "Real-Time Sleep Apnea Detection by Classifier Combination"
- [3] Leo Breiman, "Bagging Predictors", Technical Report No. 421, Department of Statistic, University of California, Berkeley, 1994
- [4] Robert E. Schapire and Yoav Freund, "Boosting: Foundations and Algorithms", MIT Press, 2012

Kratka biografija:



Neda Pištinjat rođena je u Zrenjaninu 1989. godine. Osnovne studije je završila na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva 2012. godine. Trenutno student master studija na Katedri za telekomunikacije i obradu signala.

**ALGORITMI ZA DETEKCIJU ZAJEDNICE U MOBILNIM DRUŠTVENIM MEŽAMA
COMMUNITY DETECTION ALGORITHMS IN MOBILE SOCIAL NETWORKS**Vukašin Daskalović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U ovom radu opisane su mobilne društvene mreže (MSN) kao mobilni komunikacioni sistemi fokusirani na društvene potrebe korisnika. Razmatraju se osnovni tipovi arhitekture i osnovna društvena svojstva MSN. Akcenat je stavljen na algoritme za centralizovanu detekciju zajednica u društvenim mrežama budući da klasterizacija korisnika može da se iskoristi za unapređenje skalabilnosti mreže i optimizaciju rutiranja u MSN.

Abstract – The paper reviews mobile social networks (MSN) as communication systems focusing on social needs of the users. The basic architectures and social properties of MSN are given. The algorithms for centralized community detection are explained in more details since user clustering might be used to improve scalability and optimize routing.

Ključne reči: Mobilne društvene mreže, detekcija zajednice, modularnost.

1. UVOD

Načini na koji ljudi interaguju jedni sa drugima još uvek nije u potpunosti razumljiv. Međutim, iako društvene odnose ne možemo tačno definisati, oni imaju neka veoma specifična svojstva. Možda je najinteresantiji primer fenomen „malog sveta“. Naime, društvene mreže koje ljudi grade odlikuju se visokim stepenom klasterizacije, odn. ljudi koji pripadaju nekoj zajednici teže izgradnji bliskih veza sa članovima te zajednice, ali pritom uobičajeno imaju i nekoliko veza sa drugim zajednicama, pri čemu su te veze raspoređene na gotovo slučajan način.

Društvenu mrežu čine skupovi ili grupe ljudi sa nekim obrascem kontaktiranja ili interakcija, koji formiraju smislene socijalne odnose. Nakon evolucije interneta nastale su ubrzo i prve društvene mreže zasnovane na samom Internetu, tzv. *web-based social networks*.

Revolucija je nastupila preko posebnih društvenih sajtova. Stvoreni su *Online Social Networks* (OSN) sistemi kao što je na primer *Facebook*. Ovi sistemi omogućavaju ljudima sa zajedničkim interesima da formiraju virtualne društvene zajednice.

Danas, ove društvene mreže sve više postaju mobilne, odnosno koriste se na mobilnim uređajima krajnjih korisnika formirajući tako mobilne društvene mreže (*Mobile Social Networks* – MSN) [1]. Mobilne društvene mreže su mobilni komunikacioni sistemi koji se ne fokusiraju samo na ponašanje već i na socijalne potrebe korisnika.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Tatjana Lončar-Turukalo, docent.

2. ARHITEKTURA I KOMPONENTE MSN-A**2.1. Arhitektura MSN-A**

Veliki uspeh Web baziranih društvenih mreža kao i činjenica da su one dovele do zamene fizičkih lokacija virtualnim zajednicama, naveo je istraživače da primene slične funkcionalnosti i u mobilnim mrežama. Posledično bi bilo moguće proučavati zavisnost fizičke lokacije čvora i njegovih socijalnih interakcija. Otvaranje mogućnosti za druženje i komunikaciju velikog broja ljudi nije lagan zadatak, stoga su definisane tri osnovne arhitekture MSN prema načinu na koji korisnici mogu da šalju i pristupaju informacijama u MSN:

- **Centralizovani MSN** je tip arhitekture koji se najčešće koristi. Sve informacije koje su u vezi sa članovima društvenih mreža čuvaju se na udaljenim serverima koji pripadaju nekom od provajdera servisa. Krajnji čvorovi koriste bežičnu infrastrukturu, da bi pristupili udaljenim servis provajderima u cilju komunikacije sa drugima ili promene ličnih podataka. Prednost je pružanje kvalitetne usluge preko trenutno postojeće infrastrukture. Međutim, model klijent-server može izazvati tzv. uska grla, jer sav saobraćaj treba da prođe kroz čvorište.

- Kod *distribuiranih MSN-a* imamo potpuno odsustvo centralizovanih servera. Mobilni korisnici mogu da komuniciraju samo povezivanjem sa drugim korisnicima. Stoga, mrežni uređaji sami moraju da čuvaju i rutiraju podatke dok pravo odredište ne bude pronađeno.

- **Hibridni MSN** je kombinacija dve pomenute arhitekture u smislu da uprkos postojanju centralizovanih servera koji sadrže sve društvene informacije, direktna razmena podataka između čvorova je takođe moguća. Velika prednost hibridne arhitekture je da se može uspostaviti vrlo lako proširujući gotovo svaki postojeći centralizovani ili distribuirani MSN.

2.2. Komponente MSN-a

- **Mobilni uređaji** - omogućavaju korisnicima da pristupe i menjaju dostupne sadržaje i pristupaju društvenim grupama. Prisutni su svim tipovima arhitekture.

- **Mrežna infrastruktura** - fiksna ili mobilna infrastruktura koja obezbeđuje komunikaciju između izvora i odredišta. Uključuje npr. bazne stanice mobilne telefonije, pristupne čvorove.

- **Provajderi sadržaja** - centralizovani serveri skladište i distribuiraju društveni sadržaj, uglavnom koristeći mrežnu infrastrukturu kako bi bio dostupan mobilnim korisnicima. Društveno svesni algoritmi se koriste da bi se obezbedila sigurnost i privatnost podataka. Ove komponente nisu prisutne u distribuiranim MSN.

3. DRUŠTVENA SVOJSTVA U MSN

Iako mobilne društvene mreže mogu uključivati različite sisteme i tehnologije, ne koriste se u svim slučajevima osobine svojstvene društvenim mrežama. Međutim u slučajevima sa ograničenom infrastrukturom, kao kod distribuiranih MSN, specifična društvena svojstva postaju značajna jer identifikovanje i korišćenje osobina ponašanja ljudi igra veliku ulogu u poboljšanju mehanizama usmeravanja i efikasnosti.

Za potrebe proučavanja društvenih mreža koristi se teorija grafova. Na ovaj način alati koji se koriste za analize grafova mogu biti implementirani za manipulaciju društvenim mrežama i formulaciju problema predviđanja budućih susreta. Da bi se pristupilo analizi društvene mreže neophodno je definisati osnovna društvena svojstva i metrike.

Najvažnija društvena svojstva u MSN-u su:

- *Društvene veze* predstavljaju značajne društvene interakcije karakterisane kombinacijom količine vremena, intenzitetom emocija, intimnošću, pravilnošću i društvenom homogenošću.
- *Društveni susedi* su skup čvorova sa kojim je host povezan preko određenih društvenih veza, po mogućnosti jakih.
- *Zajednica* je grupisanje entiteta koji su povezani jedni sa drugima, bilo direktnom vezom ili putem nekog posrednika

4. METRIKE U MSN

Centralnost (*centrality*) predstavlja najbitniju metriku koja kvantifikuje relativni značaj temena u grafu, stoga je veoma korisna mera za kategorizaciju pojedinaca unutar društvene mreže. Najčešće korišćene mere centralnosti su:

- *Degree Centrality* je broj direktnih veza koje uključuju dati čvor. Za svaki čvor p_i definiše se funkcija a , $a(p_i, p_j) = 1$, samo ukoliko postoji direktan link između ta dva čvora:

$$C_D(p_i) = \sum_{k=1}^N a(p_i, p_k) \quad (1)$$

- *Closeness Centrality* je recipročna vrednost srednje udaljenosti čvora do ostalih dostupnih čvorova, pri čemu se najkraća putanja između dva čvora reprezentuje funkcijom $d(p_i, p_j)$. Ova mera korisna je radi procene vremena potrebnog da bi se informacija od datog čvora raširila ka svim ostalim čvorovima u mreži.

$$C_C(p_i) = \frac{N-1}{\sum_{k=1}^N d(p_i, p_k)} \quad (2)$$

- *Betweenness Centrality* je procenat najkraćih puteva između parova ostalih čvorova koji prolaze kroz dati čvor. Samim tim ova mera odslikava relativni značaj čvora i njegovih veza. Ako sa $g_{jk}(p_i)$ označimo broj putanja između čvorova p_j i p_k koje prolaze kroz p_i i sa g_{jk} ukupan broj putanja između njih, tada se betweenness definiše kao:

$$C_C(p_i) = \frac{\sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^{j-1} g_{jk}(p_i)}{\sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^{j-1} g_{jk}} \quad (3)$$

- *Koeficijent klasterizacije* opisuje koliko dobro su povezane i prepoznatljive zajednice u mreži [1].

- *Sebičnost* obuhvata akcije koje imaju za cilj da maksimizuju lični profit, a protivno opštem dobru [1].

5. ALGORITMI ZA CENTRALIZOVANU DETEKCIJU ZAJEDNICE

Glavni problem uvođenja strukture zajednice u MSN leži u algoritmu detekcije zajednice. Centralizovane metode za detekciju zajednice pretpostavljaju potpuno poznavanje cele mreže i njenih veza. Na ovaj način centralni entitet u mreži može da identifikuje zajednice. Algoritmi za distribuiranu detekciju zajednice su druga klasa algoritama koja omogućava mobilnim uređajima da sami detektuju zajednicu u kojoj se nalaze [1].

5.1 Girvan-Newman algoritam

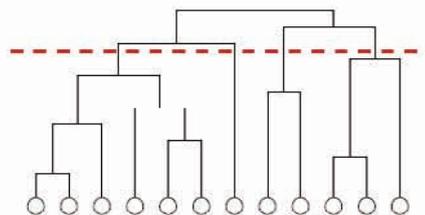
Jedan od najpoznatijih centralizovanih algoritama je *Girvan-Newman* algoritam [2]. Osnovni zahtevi koje treba da ispuni algoritam su pronalaženje "prirodne" podele među temenima bez potrebe za preciziranjem koliko zajednica treba da postoji, ili organičavanjem njihove veličine i veza među njima. *Girvan* i *Newman* su predložili algoritam koji ispunjava ove zahteve i koji ima tri karakteristike: (1) koristi metod eliminacije, u kom se veze progresivno uklanjaju iz mreže; (2) veze koje trebaju biti uklonjene su izabrane izračunavanjem *betweenness*-a kao što je prikazano ranije, sa ciljem da se uklone veze preko kojih se povezuje najviše parova čvorova; (3) vrednost *betweenness*-a se preračunava nakon uklanjanja svake veze.

Girvan-Newman algoritam podrazumeva jednostavno izračunavanje *betweenness*-a svih grana u mreži i uklanjanje one sa najvećom vrednošću, jer su upravo to veze među zajednicama, ponavljajući ovaj proces dok ne ostane nijedna grana. Ukoliko dve ili više grana imaju istu najveću vrednost jedna od njih se na slučaj bira za uklanjanje ili se istovremeno uklanjaju sve.

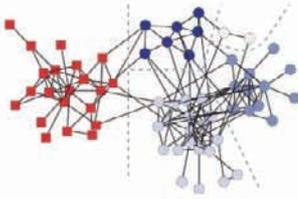
Celokupni napredak algoritma, od samog početka pa do kraja može biti predstavljen kao dendrogram (Slika 1). Krugovi na slici predstavljaju pojedinačna temena koja se udružuju, što se pomeramo naviše u sve veće i veće zajednice. Broj zajednica dobija se presekom dendrograma na proizvoljnom nivou zavisno od potrebe.

Ovaj algoritam je znatno korisniji nego neki drugi za opšte mrežne analize, zato što nam omogućava da podelimo mrežu na proizvoljan broj zajednica. Osim toga, neke mreže treba podeliti grubo u nekoliko zajednica i onda dalje deliti u veći broj manjih zajednica.

Kao primer, na Slici 2 predstavljeni su rezultati primene algoritma na mrežu društvenih interakcija unutar grupe delfina. Algoritam u ovom slučaju prvo deli mrežu u dve grupe koje su predstavljeni kvadratima i krugovima, a onda je dodatno moguće deliti grupe na podgrupe.



Slika 1. Hijerarhijsko stablo ili dendrogram ilustruje grupisanje čvorova u zajednice



Slika 2. Struktura zajednice unutar grupe delfina

Postoje dve osnovne mane ovog algoritma. Prva je, da ne daje opis na koliko tačno zajednica mreža treba da bude podeljena. Da bi se rešio ovaj problem, Girvan i Newman su predložili korišćenje mere pod nazivom **modularnost** (*modularity*), numerički indeks koji pokazuje koliko je dobra partikularna podela. Za podelu na g grupa, definiše se matrica e dimenzija $g \times g$, čije komponente e_{ij} predstavljaju delove grana originalne mreže koje povezuju čvorove u grupi i sa onima u grupi j . Zatim se modularnost definiše kao:

$$Q = \sum_i (e_{ii} - (\sum_j e_{ij})^2) = Tre - \|e^2\| \quad (4)$$

Gde $\|e\|$ označava zbir svih elemenata e . Fizički, Q je frakcija svih grana koje leže unutar zajednice minus očekivana vrednost ove veličine u grafu sa istom raspodelom na zajednice, ali u kojoj su veze između čvorova slučajne. Vrednost $Q = 0$ ukazuje da su veze u zajednici slabe, kao da su čvorovi povezani na slučajan način, dok maksimalna vrednost $Q=1$ ukazuje na jaku strukturu zajednice. Drugi glavni nedostatak ovog algoritma je brzina. Kako postoji m grana koje treba ukloniti u celini i svako ponavljanje algoritma zahteva $O(mn)$ vremena, najgori slučaj je kada trajanje iznosi $O(m^2n)$, ili $O(n^3)$ na retkom grafu.

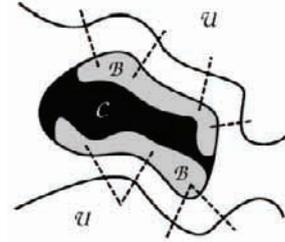
5.2 Clauset algoritam

Da bi se rešio problem male brzine algoritma, brojni autori su predložili izmene osnovnog pristupa. *Clauset* [3] je jedan od prvih koji je unapredio algoritam. Počevši od izolovanih čvorova, veze originalnog grafa se iterativno dodaju tako da izazovu najveće moguće povećanje modularnosti za svaki korak. U ovom pristupu uvedena je **lokalna modularnost**, kao opšta mera lokalne društvene strukture za grafove u kojima postoji nedostatak globalnog znanja i mora se istraživati svaki čvor ponaosob. *Clauset*-ov metod je aglomerativan i teži maksimizaciji lokalne modularnosti.

Pretpostavimo da razmatramo graf G u kojem poznajemo jedan skup čvorova i njihove veze, taj skup čvorova označavamo sa C . Ovo implicitno podrazumeva da u mreži postoje i drugi čvorovi, koji pripadaju skupu U , a o kojima ne znamo ništa sem njihove povezanosti sa C . Jedini način da nešto saznamo o okolini U je da posetimo neki čvor iz te okoline, saznamo sve njegove veze i priključimo ga kao poznatog skupu C , a njegove veze van tog skupa uključimo u U . Označimo sa B podskup skupa C koji sačinjavaju čvorovi sa bar jednom vezom ka susedima iz U . Skup B čini granicu skupa C kao što je prikazano na Slici 3. Ukoliko sa B označimo matricu susedstva sa granicom, pri čemu $B_{ij}=1$ samo ukoliko su čvorovi i i j povezani i bar jedan od njih je iz skupa B , tada se lokalna modularnost definiše na sledeći način :

$$R = \frac{\sum_{ij} B_{ij} \delta(i, j)}{\sum_{ij} B_{ij}} = \frac{I}{T} \quad (5)$$

gde $\delta(i, j)$ ima vrednosti 1 kada je $p_i \in B$ i $p_j \in C$, ili 0 u drugim slučajevima. Ovde je T broj grana koje imaju jednu ili više krajnjih tačaka u B , dok I predstavlja broj onih grana koje nemaju krajnje tačke u U .



Slika 3. Ilustracija podele apstraktnog grafa lokalne zajednice C , njena granica B i veze koje povezuju B sa uglavnom nepozatim susedima U

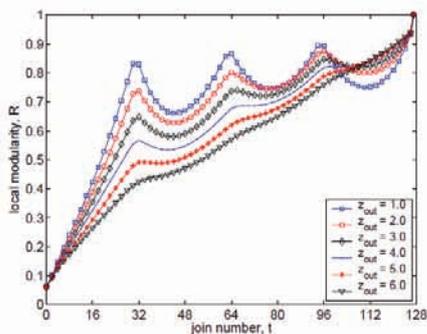
U početku se izvorni čvor postavi u zajednicu, $p_0=C$, a njegove susedi u U . Na svakom koraku, algoritam dodaje u C (i u B , ako je potrebno) susedne čvorove što rezultira velikim porastom (ili najmanjim padom) R , razbijajući veze nasumično. Za svaki čvor $p_j \in U$, računamo ΔR_j koje odgovara promeni lokalne modularnosti kao rezultat pridruživanja p_j u C . Promena lokalne modularnosti se računa kao :

$$\Delta R_j = \frac{x - R_y - z(1 - R)}{T - z + y} \quad (6)$$

gde je x broj grana u T koje su završavaju u p_j , y je broj veza koje će biti dodate u T aglomeracijom p_j (tj. stepen p_j je $x+y$) i z je broj grana koje će biti ukolonjene iz T aglomeracijom. Čvor za koji izračunamo najveću pozitivnu promenu se pridružuje. Konačno, moramo dodati u U sve novootkrivene čvorove i ažurirati R . Ovaj proces se nastavlja sve dok se ne nagomila do ukupnog broja čvorova ili bude otkirivena čitava oblast. ΔR_j zavisi od trenutne vrednosti R , a y i z odgovaraju p_j , za svaki korak algoritma će biti potrebno vreme proporcionalno broju čvorova u U . Tako, u principu, ako sa k označimo broj čvorova u posmatranom skupu C , vreme rada algoritma je $O(k^2)$ za retke grafove kod kojih je broj čvorova n približno jednak broju veza među njima m .

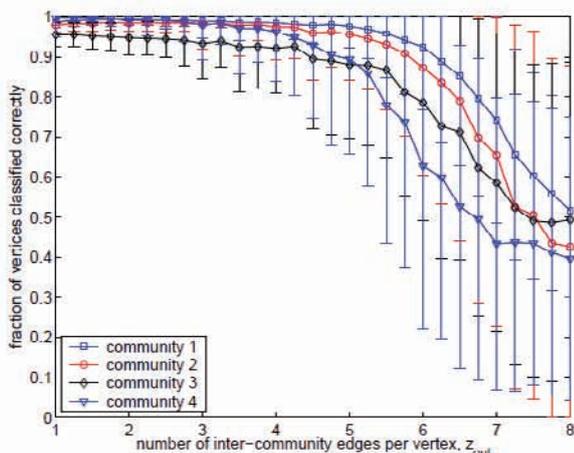
5.2 Analiza Clauset algoritma

Clauset algoritam je testiran na računarski generisanim slučajnim grafovima poznate strukture. Grafovi imaju 128 čvorova, podeljenih u 4 zajednice jednake veličine. Očekivani stepen svakog čvora je z , koji je sačinjen od unutrašnjih i spoljasnih veza u odnosu na zajednicu kojoj čvor pripada $z = z_{in} + z_{out}$. Ako z držimo konstantno na $z=16$, pomoću z_{out} moguće je uticati na oštrinu granice zajednice. Slika 4 pokazuje lokalnu modularnost kao funkciju broja koraka u algoritmu t , data je prosečna vrednost nad 500 generisanih grafova. Prikazani su samo rezultati za $z_{out} < 7$. Oštre granice između zajednica odgovaraju maksimumima u lokalnoj modularnosti. Kad z_{out} raste, oštre granice polako nestaju, a maksimumi lokalne modularnosti postepeno opadaju.



Slika 4. Zavisnost lokalne modularnosti od broja koraka u Clauset-ovom algoritmu za razicite vrednosti z_{out} .

Slika 5 pokazuje frakciju dobro klasifikovanih čvorova Clauset-ovim algoritmom za svaku od četiri zajednice kao funkciju od z_{out} . Grafovi pokazuju da ovaj algoritam klasifikuje oko 50% čvorova ispravno, čak i kad je struktura zajednice slaba, odnosno $z_{out} = 8$. Rezultati postignuti na ovom skupu generisanih grafova slični su rezultatima koji postižu drugi algoritmi.



Slika 5. Deo ispravno klasifikovanih čvorova u zavisnosti od broja spoljašnjih po čvoru

5.3. Diskusija

Postoji velik broj algoritama koji pretpostavljaju poznavanje strukture grafa i efikasno vrše detekciju zajednice, kao što je Girvan-Newman algoritam. Međutim, malo je algoritama koji se bave mrežama koje su ili prevelike da bi na njih bili primenjivi klasični centralizovani algoritmi ili su poput World Wide Web-a preveliki i suviše dinamični grafovi da bi se njihova struktura poznavala tačno u svakom trenutku. Clauset-ov algoritam daje meru strukture zajednice koja zavisi prvenstveno od topologije jednog poznatog dela grafa, istražujući pritom graf čvor po čvor. Analiza algoritma na računarski generisanim grafovima ukazala je da algoritam ima podjednako dobre performanse kao i algoritmi koji raspolažu sa globalnim informacijama o mreži [2].

Clauset metoda pokazuje skromne performanse kod neusmerenih i nepoderisanih grafova. Ovo postaje još još uočljivije ukoliko su sistemi veći a zajednice manje.

6. PRIMENE MSN

Detekcija zajednica bitna je ne samo za potrebe rutiranja poruka među članovima društvene mreže već i u mnogim drugim MSN primenama. Postojanje zajednica je jedno od najkarakterističnijih obeležja socijalnog aspekta

ponašanja, stoga se zajednice mogu koristiti u svakom aspektu budućeg razvoja MSN. Neke od najpopularnijih kategorija MSN aplikacija su sledeće :

- **Društveni servisi** - ovo je najčešća kategorija MSN aplikacija. U ovakvim aplikacijama, članovi imaju mogućnost deljenja svojih informacija, stavova, kao i ličnih datoteka.
- **Saobraćajne mreže** – veoma neiskorošćen izvor interakcije u društvenom umrežavanju. Ljudi imaju tendenciju da koriste iste puteve i da putuju određenim destinacijama, sa istaknutom periodičnošću.
- **Prenosi MSN** - ljudi nose uređaje sposobne da prikupljaju i razmenjuju informacije koje se odnose na njihove društvene interakcije. Prenosi MSN može da se koristi ne samo za modelovanje ponašanja i zabavne svrhe, već i da pomogne korisnicima u njihovim svakodnevnim aktivnostima
- **Sistemi predlaganja** - ovi sistemi, praćenjem ponašanja korisnika i korišćenjem ključnih informacija dostupnih na mobilnim uređajima, mogu da preporuča korisnicima razne teme ili proizvode. Na neki način, trebali bi da predvide sledeći korisnikov korak i pomognu mu u pronalaženju potrebnih informacija.

7. ZAKLJUČAK

MSN predstavlja novi izazov za istraživačke zajednice i industriju. Glavna prednost jeste mogućnost da sami članovi društvenih mreža mogu da učesvuju u njihovom unapređivanju. Veoma je važno da se MSN smatra kao veza između tradicionalne žično bazirane društvene mreže i bežične mobilne mreže. Preovladava uverenje da se samo kroz hibridni pristup mogu obezbediti ogromne mogućnosti MSN-a koje će biti u potpunosti eksploatisane. Neosporan je značaj infrastrukture za mobilne mreže, ali sa druge strane, sveprisutnost mobilnih uređaja otvara nove horizonte za eksploataciju. Treba naglasiti da je MSN ipak korisnički orijentisan komunikacioni sistem bez obzira na arhitekturu.

Pronalaženje načina za podelu može rasvetliti organizaciju složenih sistema i njihovih funkcija. Iz tog razloga, detektovanje zajednica u mrežama je postao ključni problem u nauci o mrežama..

8. LITERATURA

- [1] N.Vastardis, K.Yang "Mobile Social Networks: Architectures, Social Properties and Key Research Challenges", IEEE Communications Surveys & Tutorials, in press
- [2] M. Newman, M. Girvan, "Finding and evaluating community structure in networks" Physical Review E 69, 2, 026113, 2004
- [3] A. Clauset, "Finding local community structure in networks," Physical Review E, vol. 72, no. 2, pp. 026132+, Aug. 2005.

Kratka biografija

Vukašin Daskalović rođen je 1989. godine u Leskovcu. Diplomski master rad na temu " Algoritmi za detekciju zajednice u mobilnim društvenim mrežama" iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Telekomunikacioni sistemi odbranio je 2013. godine na Fakultetu tehničkih nauka.

MULTIVARIJABILNA MULTISKALARNA ENTROPIJA**MULTIVARIATE MULTISCALE ENTROPY**Borislav Meši, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – Rad prikazuje detaljnu analizu novo-predložene metode multivariabilne multiskalarne entropije kao i njene prednosti u odnosu na druge statistike koje procenjuju regularnost i kompleksnost signala. Validacija metode rađena je na eksperimentalno na snimljenim kardiovaskularnim signalima Wistar pacova izloženih ambijentalnom stresu.

Abstract – This paper presents the detailed analysis of recently introduced Multivariate Multiscale Entropy (MMSE), method for signal complexity analysis. The benefits of the method and its advantages over other regularity statistics are also discussed in this paper. Validation of MMSE method is done on experimentally obtained cardiovascular signals of male Wistar rats exposed to the environmental shaker stress.

Cljučne reči: kompleksnost, regularnost, uzoračka entropija, multiskalarne entropija, multivariabilna multiskalarne entropija.

1. UVOD

Napredak postignut u multimodalnim senzorskim sistemima omogućuje bolji uvid u kompleksna svojstva posmatranih dinamičkih sistema. Samim tim postoji potreba za naprednom analizom snimljenih signala, utvrđivanjem njihove strukturne kompleksnosti i međusobnih korelacija, kako bi se stekla saznanja o dinamičkom sistemu koji ih generiše.

Kompleksnost signala je veoma važno svojstvo u mnogim oblastima. U biomedicinskim istraživanjima je utvrđeno da kompleksnost signala odslikava fiziološki status pacijenta, pa je procena kompleksnosti od značaja u kliničkim ispitivanjima.

Ipak, ne postoji jedinstven način za definisanje kompleksnosti, niti postoji definicija koja se konzistentno koristi u literaturi. Neki autori kompleksnim smatraju svaki signal koji nije konstantan ili periodičan kompleksnim, dok se većina slaže da ni predvidivi (periodični, deterministički) signali, niti potpuno nepredvidivi (slučajni, nekorelisani slučajni) signali, nisu potpuno kompleksni. U praksi, najzastupljenije metode za procenu kompleksnosti signala su aproksimativna entropija (*ApEn*) [1] i entropija uzorka (*SampEn*) [2]. Pomenute statistike predstavljaju meru regularnosti, odn. procenjuju predvidivost signala. Signali koji sadrže slične paterne koji se ponavljaju, smatraju se predvidivim signalima, i imaju manju brojnu vrednost

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Tatjana Lončar-Turukalo, docent.

ovih statistika, samim tim navodeći na zaključak da su manje kompleksni. *ApEn* i *SampEn* imaju maksimalnu vrednost za potpuno slučajne signale, čime se izvodi pogrešan zaključak da slučajni signali ili surogat signali nastali proizvoljnom permutacijom odmeraka originalnog signala, imaju veću strukturnu kompleksnost. Kako bi se ovaj problem prevazišao uvodi se multiskalarne entropija (*MSE*) [3], metoda koja vrši procenu entropije uzorka preko više vremenskih skala i čija je vrednost mala i za determinističke i za nekorelisane signale, a velika za korelisane stohastičke procese. *MSE* metoda analizira svaki signal zasebno, bez mogućnosti da utvrdi strukturnu kompleksnost u sistemima sa više promenljivih. Iz tih razloga predlaže se proširenje metode na višekanalni (ili multivariabilni) slučaj, tkz. multivariabilna multiskalarne entropija (*MMSE*) [4]. Zbog svoje mogućnosti da analizira višekanalne signale kao i da detektuje međukanalnu korelaciju, *MMSE* metoda je korišćena i u eksperimentalnom delu ovog rada za analizu kardiovaskularnih signala srčanog ritma i sistolnog pritiska prilikom izlaganja ambijentalnom stresu. Multivariabilna entropijska analiza mogla bi da pruži odgovor o eventualnoj promeni strukturne kompleksnosti kardiovaskularnih signala usled izlaganja akutnom i horničnom stresu i na taj način pruži uvid u mehanizme razvijanja hipertenzije.

2. EKSPERIMENTALNI PODACI

Eksperiment čiji su rezultati korišćeni u radu rađen je na Medicinskom fakultetu u Beogradu i u skladu su sa etičkim pravilima ove ustanove. Eksperimenti su rađeni nad muškim Wistar pacovima (NRM) koji su činili kontrolnu grupu i nad granično hipertenzivnim pacovima (BHR). Svi pacovi bili su težine 330 ± 20 g i raspolagali vodom i hranom ad libitum.

U ovom eksperimentu, životinje su izložene ambijentalnom stresu polaganjem na platformu koja se tresla sa učestanošću od 200 ciklusa po minutu. Izlaganje stresu se odvijalo nasumično 18 puta dnevno u trajanju od tri uzastopna dana u nizu. Krvni pritisak je radiotelemetrijom meren u različitim fazama izlaganja životinja stresu. Shodno tome snimljene su sledeće grupe signala :

- BASE - kardiovaskularni signali pre izlaganja stresu (pacovi u normalnom stanju).
- FS - kardiovaskularni signali za vreme prvog izlaganja stresu.
- PFS - kardiovaskularni signali odmah nakon prvog izlaganja stresu.

- PLS - kardiovaskularni signali nakon poslednjeg izlaganja stresu.

Ulaz u program su dvokanalni signali, gde prvi kanal predstavlja sistolni krvni pritisak, a drugi pulsni interval. Pulsni interval (PI) je dobijen iz signala arterijskog krvnog pritiska kao interval između maksimuma u signalu krvnog pritiska.

Predobrada signala sastoji se od vizuelnog pregleda i uklanjanja uočenih artefakata. Signali pacova sa tragovima nestabilnog zdravstvenog stanja isključeni su iz dalje analize. Veoma spora komponenta signala je uklonjena detrendizacijom i signal je potom normalizovan. Konačan broj preostalih životinja po grupi, čiji signali su analizirani jeste 6 za BHR i 7 za NRM grupu.

2. ENTROPIJA UZORKA

Entropija uzorka (*SampEn*) je statistički indeks za ocenu kompleksnosti signala. Ova metoda je široko rasprostranjena u mnogim istraživanjima, jer obezbeđuje kvantitativne informacije o regularnosti eksperimentalnih signala, koji često obiluju šumom i kratkog su trajanja.

Izračunavanje entropije uzorka zahteva prethodno poznavanje parametara: m (dimenzija proširenja), parametra r , koji predstavlja maksimalno dozvoljeno rastojanje između paterni (uzoraka) dužine m i parametra vremenskog kašnjenja τ . U originalnom radu [1] koji uvodi aproksimativnu entropiju (*ApEn*), predloženo je da parametar r ima vrednost od 0.1 do 0.25 standardne devijacije signala σ , $\tau=1$ i da m ima vrednost 1 ili 2 za signale dužine od 100 do 5000 odmeraka. *SampEn* predstavlja poboljšanje *ApEn* metode koje treba da eliminiše pristrasnost i nekonzistentnost aproksimativne entropije. Međutim, zavisnost *SampEn* od izbora parametara ostaje kao nedostatak. Problemi vezani za izbor parametara analiziraju se u nekoliko radova, koji pružaju uputstva za izbor parametara u cilju dobijanja nepristrasne procene regularnosti [5, 6].

2.1. SampEn algoritam.

Richman i *Moorman* su uveli Sample Entropy (*SampEn*) kao uslovnu verovatnoću da će dve sekvence od m uzastopnih odmeraka, koje su slične jedna drugoj u određenoj toleranciji r , ostati slične i u narednom, $m+1$ odmerku [2]. Za razliku od *ApEn* metode poređenje odmerka sa samim sobom se ne uzima u obzir. Posledično, ova metoda predstavlja nepristrasan estimator koji je nezavisan od dužine vremenskih serija.

Za dati signal $x(n)=x(1),x(2),\dots,x(N)$, gde N predstavlja ukupan broj odbiraka signala (dužinu signala), *SampEn* algoritam se može predstaviti kao :

1. Za m -vektore, $X_m(1)$ do $X_m(N-m+1)$ definisane jednačinom :

$$X_m(i)=[x(i),x(i+1),\dots,x(i+m-1)] \quad i=1,N-m+1 \quad (1)$$
2. Definišemo rastojanje $d[X_m(i), X_m(j)]$ između vektora $X_m(i)$ i vektora $X_m(j)$ kao maksimum

apsolutne razlike između njihovih respektivnih skalarnih komponenti

$$d[X_m(i),X_m(j)] = \max_{k=0,m-1} [|x(i+k) - x(j+k)|] \quad (2)$$

3. Definisati za svako i , $i=1,N-m+1$ broj vektora dužine m na rastojanju manjem od r od $X_m(i)$

$$B_i^m(r) = \frac{1}{N-m-1} \times \text{broj } d_m[X(i), X(j)] \leq r \quad i \neq j \quad (3)$$

4. Slično, definišemo za svako i , $i=1,\dots,N-m+1$ broj vektora dužine $m+1$ na rastojanju manjem od r od $X_{m+1}(i)$

$$A_i^m(r) = \frac{1}{N-m-1} \times \text{broj } d_{m+1}[X(i), X(j)] \leq r \quad i \neq j \quad (4)$$

5. Definišemo

$$B^m(r) = \frac{1}{N-m} \sum_{i=1}^{N-m} B_i^m(r) \quad (5)$$

$$A^m(r) = \frac{1}{N-m} \sum_{i=1}^{N-m} A_i^m(r) \quad (6)$$

6. Vrednost *SampEn* metode za signale konačne dužine se računa kao :

$$\text{SampEn}(m,r,N) = -\ln\left(\frac{A^m(r)}{B^m(r)}\right) \quad (7)$$

3. MULTISKALARNA ENTROPIJA

Multiskalarna entropija (*Multiscale entropy MSE*) je nova metoda za merenje kompleksnosti signala konačne dužine. Ovaj metod može biti primenjen na razne fizičke fenomene i na fiziološke signale i može biti korišćen zajedno sa različitim metodama merenja entropije.

Razlog za uvođenje *MSE*, jeste zapažanje da tradicionalne metode za procenu entropije koje mere samo kroz jednu prostornu skalu (originalni signal), pretenduju da prikažu manju entropiju za vremenske fiziološke signale (kao što je *pulsni interval (PI)*) koji tipično sadrže korelacije kroz više vremenskih skala, nego za surogat signale formirane permutacijom odmeraka originalnog signala. Procesom generisanja surogat signala uništava se korelacija i degradira se informacioni sadržaj originalnog signala. Ako je pretpostavka da veća entropija karakteriše veću kompleksnost, dolazimo da pogrešnog zaključka da surogat signali imaju veću kompleksnost od originalnog signala. *MSE* metoda, nasuprot tome, pokazuje da originalni signal ima veću kompleksnost nego surogat signali, otkrivajući zavistnost entropije od vremenskih skala.

Vremenska serija X ima veću kompleksnost od vremenske serije Y ako su za većinu skala, vrednosti entropije za signal X veće od vrednosti signala Y .

MSE metoda sastoji se od sledeće dve procedure :

1. *Coarse-graining* proces. Za dati signal, *coarse-grained* vremenski signali se konstruišu usrednjavanjem podataka u nepreklopujućem prozoru povećavajući dužinu τ . Elementi novonastale vremenske serije $y_j^{(\tau)}$ izračunavaju se preko sledeće jednačine.

$$y_j^{(\tau)} = \frac{1}{\tau} \sum_{i=(j-1)\tau+1}^{j\tau} x_i \quad (8)$$

gde τ predstavlja skalu i $1 \leq j \leq N/\tau$. Dužina dobijenog signala za skalu τ je N/τ . Za skalu 1, dobijeni signal jednak je originalnom signalu.

2. *SampEn* se izračunava za svaku skalu nad odgovarajućim novodobijenim vremenskim serijama nastalim opisanim procesom usrednjavanja, i iscrtava se na grafiku u funkciji skale.

4. MULTIVARIABILNA MULTISCALE ENTROPY METODA

Multivariabilna Multiscale Sample Entropy (MMSE) je multivariabilno unapređenje MSE metode [4]. MMSE procenjuje kompleksnost kroz različite vremenske skale, za različite dimenzije proširenja m , vremensko kašnjenjem τ , različite amplitude signala u različitim promenljivim.

Metoda je pogodna za linearne i nelinearne signale u slučajevima kad postoji korelacija više promenljivih, kao i za kompleksne signale sinhronizovane kroz više skala i na taj način omogućava analizu multivariabilnih podataka.

MMSE analiza se izvršava po sledećem algoritmu:

1. Definišemo privremene skale povećavajući dužinu *coarse graining* višekanalnih vremenskih serija $\{x_{k,i}\}_{i=1}^N, k = 1, 2, \dots, p$, gde p označava broj kanala, dok N predstavlja broj uzoraka signala u svakom kanalu. Nakon toga za svaku skalu τ , elementi *multivariabilne coarse-grained* vremenske serije se izračunavaju preko :

$$y_{k,j}^{(\tau)} = \frac{1}{\tau} \sum_{i=(j-1)\tau+1}^{j\tau} x_{k,i} \quad (9)$$

gde je $1 \leq j \leq N/\tau$ i $k=1, \dots, p$

2. Izračunavamo multivariabilnu uzoračku entropiju (*MSampEn*), za svaku dobijenu vremensku seriju $y_{k,j}^{(\tau)}$, i iscrtavamo je u funkciji skale.

4.1 Multivariabilna entropija uzorka (MSampEn)

Za računanje *MSampEn*, podsetićemo se multivariabilne teorije proširenja, da za p -kanalni signal $\{x_{k,i}\}_{i=1}^N, k = 1, 2, \dots, p$, multivariabilni vektor proširenja je baziran na kompozitnom vektoru kašnjenja :

$$X_m(i) = \left[\begin{array}{c} x_{1,i}, x_{1,i+\tau_1}, \dots, x_{1,i+(m_1-1)\tau_1}, x_{2,i}, x_{2,i+\tau_2}, \\ \dots, x_{2,i+(m_2-1)\tau_2}, x_{p,i}, x_{p,i+\tau_p}, \dots, x_{p,i+(m_p-1)\tau_p} \end{array} \right]$$

gde je $M = [m_1, m_2, \dots, m_p] \in \mathbb{R}^p$ je vektor proširenja, $\tau = [\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_p]$ vektor vremenskog kašnjenja i kompozitni vektor $X_m(i) \in \mathbb{R}^m$, gde je $m = \sum_{k=1}^p m_k$.

Za p -kanalni signal $\{x_{k,i}\}_{i=1}^N, k = 1, 2, \dots, p$ *MSampEn* statistika se računa na sledeći način:

- 1) Potrebno je formirati $(N-n)$ kompozitne vektore kašnjenja $X_m(i) \in \mathbb{R}^m$ gde je $i=1, 2, \dots, N-n$ i $n = \max\{M\} \times \max\{\tau\}$.
- 2) Definišemo rastojanje između vektora $X_m(i)$ i $X_m(j)$ preko jednačine: $d[X_m(i), X_m(j)] = \max_{l=1, \dots, m} \{|x(i+l-1) - x(j+l-1)|\}$
- 3) Za dati vektor $X_m(i)$ i prag odlučivanja r , traži se broj sličnih vektora $d[X_m(i), X_m(j)] \leq r, j \neq i$, a zatim se procenjuje njihova relativna učestalost $B_i^m(r)$ i definiše se njihova suma:

$$B^m(r) = \frac{1}{N-n} \sum_{i=1}^{N-n} B_i^m(r) \quad (10)$$

- 4) Proširimo dimenziju kompozitnog vektora kašnjenja sa m na $m+1$. Ovo može biti izvedeno na p različitih načina, pošto se prostor definisan vektorom $M = [m_1, m_2, \dots, m_k, \dots, m_p]$ može proširiti u bilo koji prostor $[m_1, m_2, \dots, m_k+1, \dots, m_p]$ ($k=1, 2, \dots, p$) na p različitih načina. Tako dobijamo ukupno $p \times (N-n)$ vektora $X_{m+1}(i) \in \mathbb{R}^{m+1}$, gde je $X_{m+1}(i)$ vektor proširenja kome je povećana dimenzija sa m_k na (m_k+1) .
- 5) Za dobijeni $X_{m+1}(i)$ traži se broj sličnih vektora Q_i , takvih da $d[X_{m+1}(i), X_{m+1}(j)] \leq r, j \neq i$, a potom se procenjuje relativna učestalost $B_i^{m+1}(r) = \frac{1}{p(N-n)-1} Q_i$ i ukupan broj

$$B^{m+1}(r) = \frac{1}{p(N-n)} \sum_{i=1}^{p(N-n)} B_i^{m+1}(r) \quad (11)$$

- 6) Konačno za prag r , *MSampEn* se računa kao:

$$MSampEn(M, \tau, r, N) = -\ln \left[\frac{B^{m+1}(r)}{B^m(r)} \right] \quad (12)$$

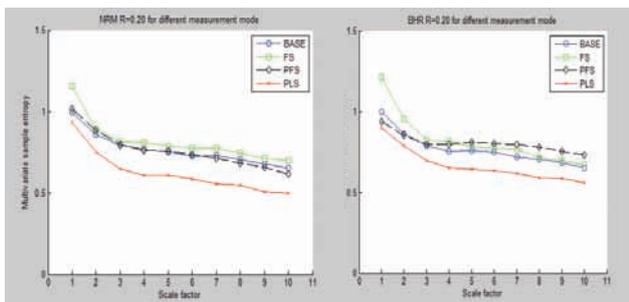
5. REZULTATI

MMSE analiza vršena je za svaku životinju iz obe eksperimentalne grupe, a potom su dobijeni rezultati usrednjeni i prikazani grafički (srednja vrednost i standardna devijacija). Pored razlika između dve različite grupe životinja, združeni signali SBP i PI su poređeni i sa odgovarajućim surogat signalima.

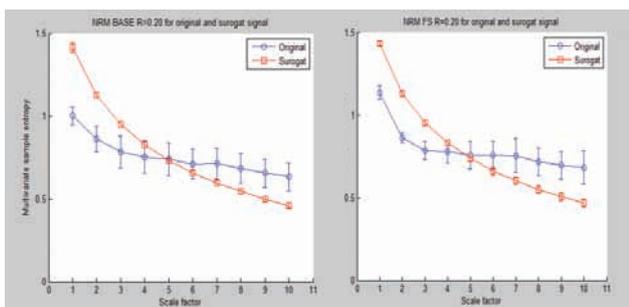
Surogat signali se generišu permutovanjem odmeraka originalnog signala kako bi se eliminisale prisutne korelacije, različite permutacije se koriste za SBP i PI surogate. Za svaki originalni signal generisano je po 10 surogat signala.

Na slikama su grafički prikazane MMSE vrednosti za NRM i BHR grupe pacova, poredeći signale različitih faza merenja međusobno, kao i sa odgovarajućim fazama surogat signala. MMSE analiza je izvršena za različite vrednosti parametra r , dok su parametri m i τ , bili konstantni, sa vrednostima 2 i 1 respektivno.

Na slici 1. prikazan je uporedni prikaz signala različitih faza merenja za BHR i NRM grupu za parametar $r=0.2$. Analizom rezultata, vidimo da FS grupa signala ima najveću kompleksnost, što je i očekivano pošto su to signali nastali u toku izlaganja životinje stresu. U BHR grupi uočava se i povećana kompleksnost nakon prvog izlaganja stresu.



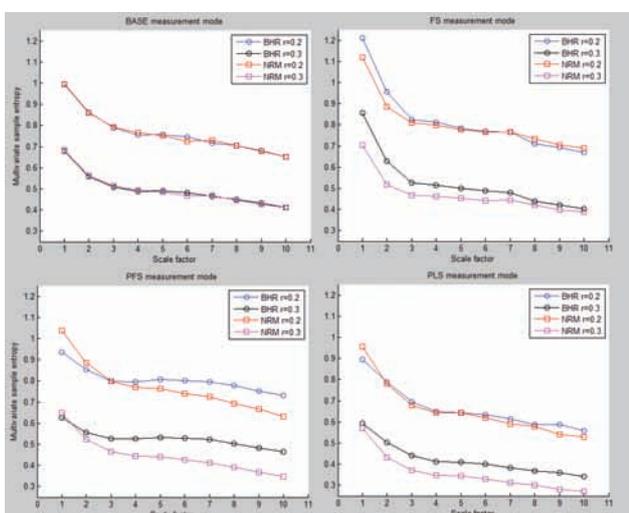
Slika 1. NRM i BHR grupa pacova, uporedni prikaz MMSE vrednosti za različite grupe signala



Slika 2. NRM grupa pacova, uporedni prikaz originalnog i surogat signala za grupu signala BASE i FS

Slika 2. prikazuje poređenje MMSE rezultata originalnog i surogat signala za NRM grupu pacova i signale iz grupe BASE i FS za parametar $r=0.2$. Kao što je trebalo pokazati, surogat signali na nižim skalama imaju veću vrednost *SampEn*, nego originalni ali uzimajući u obzir i vrednosti *SampEn* na višim skalama vidimo da originalni signal ima veću kompleksnost zbog prisustva korelacije.

Slika 3. prikazuje poređenje rezultata za različite grupe pacova, za grupe signala BASE, FS PFS i PLS i vrednosti parametra $r=0.2$ i $r=0.3$. Ovde možemo primetiti da pacovi iz grupe BHR imaju veću kompleksnost od NRM grupe, za grupe signala FS, PFS i PLS, naročito je to primetno za veće vrednosti parametra r , dok je kompleksnosti obe grupe životinja za BASE grupu signala (pre izlaganja stresu) gotovo jednaka.



Slika 3. Upoređivanje MMSE vrednosti za različite grupe pacova i grupe signala za $r=0.2$ i $r=0.3$

6. ZAKLJUČAK

U radu je prikazan pregled metoda za merenje kompleksnosti signala baziranih na entropiji. Iako su ove metode veoma zastupljene, razvijala su se njihova unapređenja, kako zbog mana u njihovom dizajnu tako i zbog specifičnosti signala koji se meri. Multivarijabilna multiskalarna entropija je takvo unapređenje, pogodno za kompleksnu analizu signala, koji su obično višekanalni, korelisani, i bogati šumom. Inherentna kompleksnost takvih signala čini MMSE najpogodnijom metodom za analizu kompleksnosti jer je u stanju da detektuje dugotrajnu autokorelaciju i međukanalnu korelaciju.

U eksperimentalnom delu ovog rada, korišćena je MMSE metoda za procenu kompleksnosti kardiovaskularnih signala pacova podeljenih u dve grupe BHR i NRM tokom izlaganja stresu. Ulazni signal predstavljao je dvokanalni signal koji se sastojao od vrednosti krvnog pritiska u maksimumu, i vremenskog intervala između otkucaja. Ovi signali su međusobno korelisani što se detektuje MMSE metodom pokazuje se da je kompleksnost merenog signala za pacove iz grupe BHR veća u odnosu na NRM grupu nakon izlaganja stresu.

Analiza podataka nakon i tokom izlaganja stresu ukazuje da BHR i NRM životinje reaguju na stres na sličan način, međutim BHR životinje su sklone da razviju posledice usled dugotrajnog izlaganja stresu.

7. LITERATURA

- [1] S.M. Pincus: "Approximate entropy as a measure of system complexity", Proc Natl Acad Sci USA; Vol. 88:pp 2297-2301, 1991
- [2] JS. Richman, J.R. Moorman: *Physiological time-series analysis using approximate entropy and sample entropy*, Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol. 278 (6) (2000) H2039–H2049
- [3] M. Costa, A. Goldberger, C.K. Peng, Multiscale entropy analysis of biological signals, Physical Review E, vol.71, 021906, 2005
- [4] M.U. Ahmed i D. P. Mandic: Multivariable multiscale entropy, IEEE Signal Processing Letters, vol.19, no.2, 2012
- [5] A. Boskovic, T. Loncar-Turukalo, O. Sarenac, N. Japundzic-Zigon, D. Bajic, "Unbiased entropy estimates in stress: A parameter study", Computers in Biology and Medicine 42 (2012) 667–679.
- [6] S. Lu, X. Chen, J.K. Kanters, I.C. Solomon, K.H. Chon, "Automatic selection of the threshold value for approximate entropy", IEEE Trans. Biomed. Eng. 55 (8) (2008) 1966–1972..

Kratka biografija:



Borislav Meši rođen je u Sarajevu 1988. god. Diplomski-master rad Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – obrada biomedicinskih signala, odbranio je 2013.god.



POSLOVNO IZVEŠTAVANJE PRIMENOM *OBIEE* ALATA NAD *OLTP* I *ESSBASE*
IZVORIMA PODATAKA U PODSISTEMU JAVNIH NABAVKI

BUSINESS REPORTING BY AN APPLICATION OF *OBIEE* TOOLS OVER *OLTP* AND
ESSBASE DATA SOURCES IN THE PUBLIC PROCUREMENT SUBSYSTEM

Stevan Bunardžić, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

Oblast - ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu predstavljen je hibridni model za potrebe poslovnog izveštavanja, u podsistemu javnih nabavki, koji omogućuje objedinjavanje podataka iz različitih izvora podataka (*OLTP* i *Essbase*) u jedan jedinstveni repozitorijum izveštaja (*OBIEE*). Osim toga, dat je pregled paketa Oracle Business Intelligence Foundation Suite 11g i alata od kojih se sastoji, sa naglaskom na Oracle BI Enterprise Edition (*OBIEE*).

Abstract – This paper presents a hybrid model made for the purpose of business reporting, in the public procurement subsystem, which allows an integration of data from different data sources (*OLTP* and *Essbase*) into a single unified repository of reports (*OBIEE*). Furthermore, we give an overview of the package Oracle Business Intelligence Foundation Suite 11g and tools it consists of, emphasizing the Oracle BI Enterprise Edition (*OBIEE*).

Ključne reči: Hibridni model izveštavanja, Javne nabavke, BI, *OBIEE*, *Essbase*

1. UVOD

Javne nabavke predstavljaju proces snabdevanja preduzeća potrebnim resursima (dobra, usluge ili radovi) za obavljanje poslovanja. Njihov osnovni cilj je redovno snabdevanje proizvodnje uz što niže troškove. Izvedeni ciljevi javnih nabavki su: ekonomičnost nabavke, držanje zaliha na optimumu i minimalni troškovi nabavke.

Glavna motivacija za nastanak ovog rada predstavlja nemogućnost dobijanja kvalitetnih i pravovremenih informacija o tome koliko preduzeće troši, na koje resurse i sa kojim dobavljačem, što onemogućava donošenje kvalitetnih strateških odluka u oblasti kao što su javne nabavke. Za strateško odlučivanje uglavnom se ne koriste informacije o svakodnevnom poslovanju, već zbirni podaci iz određenog vremenskog perioda.

Cilj ovog rada jeste da ponudi jedno rešenje za poslovno izveštavanje, u oblasti za javne nabavke, primenom alata poslovne inteligencije. Rešenje podrazumeva razvoj poslovnog izveštavanja nad *OLTP* i *Essbase* izvorima podataka. Posebno je stavljen naglasak na praktične detalje realizacije takvog sistema korišćenjem *OBIEE* alata, kao i na kreiranje konkretnih poslovnih izveštaja.

Essbase predstavlja alat za podršku odlučivanju koji je optimizovan za poslovno planiranje, multidimenzionalnu

analizu i izveštavanje menadžementa. *Essbase* je multidimenzionalni sistem za upravljanje bazama podataka (eng. *Multidimensional Database Management System*, skraćeno *MDDBMS*) koji obezbeđuje multidimenzionalnu bazu podataka (*Essbase* kocka) nad kojom mogu da se nadgrade analitičke aplikacije.

Oracle BI Enterprise Edition (*OBIEE*) se koristi za napredno poslovno izveštavanje nad hibridnim modelom. Prednosti ovog alata u odnosu na standardne izveštajne alate su što omogućava interakciju sa podacima i postavljanje upita bez prethodne potrebe za poznavanjem sintakse upitnih jezika. Takođe pri kreiranju krajnjih izveštaja nije potrebno poznavanje modela baze podataka. Posledica ovoga jeste da izveštaji ne predstavljaju statičan prikaz podataka i ne odgovaraju na jedno zadato pitanje, već se jednostavnim postavljanjem dodatnih upita, podaci na njima transformišu, i samim tim jedan izveštaj može odgovoriti na više pitanja. Pored toga, korisnik ovog softvera mora da raspolaze informatičkim znanjem i resursima.

2. OPIS PROBLEMA

Tradicionalni izveštaji su često statički i ne dozvoljavaju korisnicima interaktivno istraživanje različitih izvora podataka. Ukoliko postojeći izveštaj ne poseduje neophodne informacije da se donese odluka, menadžerima ne preostaje ništa drugo nego da pošalju zahtev za novim izveštajem. Osim što su teški za kreiranje i ažuriranje, izveštaji zasnovani na *SQL*-u su zahtevni i sa aspekta angažovanja resursa. U mnogim preduzećima važne odluke se donose i na nižim hijerarhijskim nivoima, što znači da je gotovo svakom zaposlenom u preduzeću potreban brz pristup podacima.

U ovom radu je prikazan hibridni model za potrebe poslovnog izveštavanja, u podsistemu javnih nabavki, koji omogućuje objedinjavanje podataka iz različitih izvora podataka (*OLTP* i *Essbase*) u jedan jedinstveni repozitorijum izveštaja (*OBIEE*).

2.1. Hibridni model izveštavanja

Pojam hibridnog modela izveštavanja podrazumeva različite izvore podataka (u ovom slučaju *OLTP* i *Essbase* kocka) i napredno poslovno izveštavanje iz *OBIEE*-a alata, što se može videti na slici Slika 1. Glavni značaj ovog modela je u mogućnosti objedinjavanja podataka iz različitih izvora u jedan jedinstveni izveštaj.

Potreba za hibridnim izveštavanjem se javlja zato što korisnici različitih sistema i aplikacija unutar preduzeća tokom rada koriste skup izveštaja vezanih za pojedini sistem ili aplikaciju. Na taj način se dolazi do situacije da

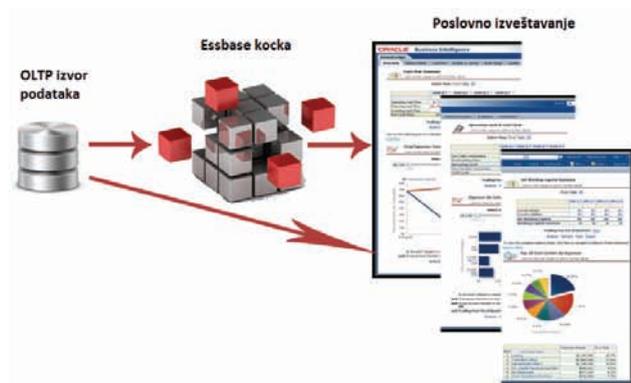
NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Ivan Luković, red.prof.

se jednom delu podataka pristupa kroz jedan skup izveštaja, dok se drugom sistemu se pristupa putem potpuno drugog skupa izveštaja.

Upotrebom OBIEE alata za poslovno izveštavanje nad hibridnim modelom, kao alata za vizualizaciju, omogućava se kreiranje izveštaja koji pružaju pogled na podatke prema odabranom kriterijumu. Moguće je jednostavno uporediti podatke iz različitih sistema, bez obzira na izvor podataka, a da pritom ne treba voditi računa o tome iz kog sistema dolaze.

Hibridni model izveštavanja korišćen u ovom radu podrazumeva poslovno izveštavanje iz OLTP i Essbase izvora podataka u podsistemu javnih nabavki. On je uveden sa ciljem da potencijalni korisnik upozna prednosti i mogućnosti takvog sistema kako bi pronašao interes za njegovu primenu u svom poslovanju, kao i mogućnosti dobavljanja kvalitetnih i pravovremenih informacija iz tako velikog skupa podataka što ima poseban značaj pri donošenju strateških odluka.



Slika 1. Hibridni model izveštavanja

3. OPIS KORIŠĆENIH ALATA

3.1. Oracle BI Foundation Suite 11g

Oracle Business Intelligence Foundation Suite 11g je paket proizvoda koji pruža niz funkcionalnosti koje uključuju, između ostalog, *ad hoc* upite i analize, interaktivne kontrolne table (eng. *dashboards*), izveštavanje u preduzeću, multidimenzionalni OLAP (MOLAP), kartice rezultata (eng. *scorecards*), prediktivnu analitiku na integrisanoj platformi, itd. Oracle BI Foundation Suite omogućava pristup podacima na više načina: putem *web* orijentisanog korisničkog interfejsa, putem portala, mobilnih uređaja i *Microsoft Office* paketa.

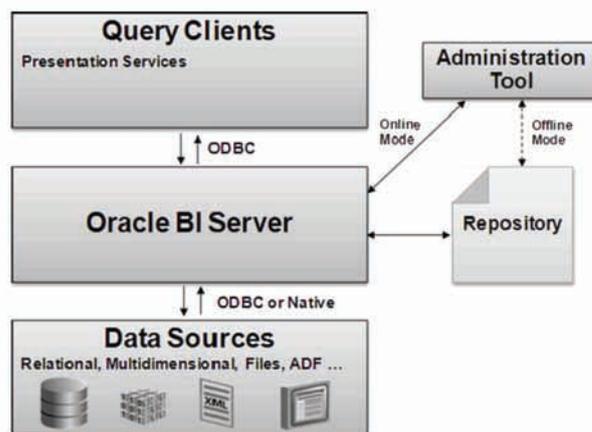
Oracle BI Foundation Suite 11g se sastoji od:

- Oracle BI Enterprise Edition (OBIEE),
- Oracle BI Publisher,
- Oracle Essbase,
- Oracle Scorecard and Strategy Management i
- Oracle Essbase Analytics Link (EAL).

Za potrebe poslovnog izveštavanja koristi se OBIEE pa će o njemu biti više reči u sledećem odeljku.

3.2. Oracle BI Enterprise Edition 11g

OBIEE 11g predstavlja centralnu komponentu Oracle BI Foundation Suite-a za kreiranje *ad hoc* upita, izveštaja i interaktivnih kontrolnih tabli (eng. *dashboards*). Slika 2 prikazuje arhitekturu Oracle BI Server-a i ostalih BI komponenti koji su deo Oracle BI Foundation Suite-a.



Slika 2. Oracle BI Server arhitektura

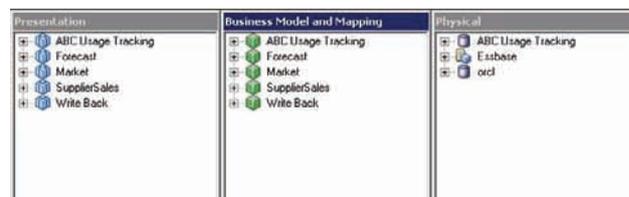
Prezentacioni servisi (eng. *Presentation services*) sastoje se od klijenata za upite (eng. *query clients*) koji uključuju editor analiza (eng. *Analysis Editor*) i interaktivne kontrolne table (eng. *dashboards*). *Analysis Editor* omogućava korisnicima sa odgovarajućim privilegijama da prave i modifikuju analize.

Analiza može da predstavi informacije u različitim formatima kao što su tabele, pivot tabele, grafici, mape, itd. Analize se čuvaju u prezentacionom katalogu (eng. *presentation catalog*) i mogu se integrisati u bilo koji *dashboard*. *Dashboards* omogućava krajnjem korisniku pristup analitičkim informacijama, uključujući i rezultate analiza koje su napravljene u *Analysis Editor*-u.

Klijenti za upite šalju "logički" SQL, koji Oracle BI Server prevodi i generiše optimizovane upite, pristupajući jednom ili više izvora podataka, nakon čega dobijene podatke po potrebi agregira, transformiše i vrši potrebna izračunavanja. Posle toga vrši pripremu podataka koji će se prezentovati krajnjem korisniku kroz neku od aplikacija kao što su *Analysis Editor* ili *dashboards*. Svi metapodaci koji su potrebni da bi server mogao da generiše upite se nalaze u repozitorijumu (eng. *repository*).

Izvori podataka (eng. *data sources*) sadrže podatke koje korisnici treba da analiziraju i mogu biti različitih formata, kao što su: relacione baze, OLAP baze, tekst fajlovi, multidimenzionalni izvori podataka kao što je *Essbase*, itd.

Repozitorijum se sastoji od tri sloja, koji se kreira uz pomoć Oracle BI Administration Tool-a. Glavni prozor Administration Tool-a pruža grafički prikaz tri sloja repozitorijuma (Slika 3).



Slika 3. Izgled tri sloja repozitorijuma

U okviru fizičkog sloja (eng. *physical layer*) kreiraju se konekcije ka svim fizičkim izvorima podataka. Fizički sloj se tipično kreira preuzimanjem metapodataka iz baza podataka ili drugih izvora podataka. Većina osobina vezana za sam izvor podataka je konfigurisana prilikom importa metapodataka. Posle prihvata podataka, moguće je definisati ostale attribute fizičkog izvora podataka kao

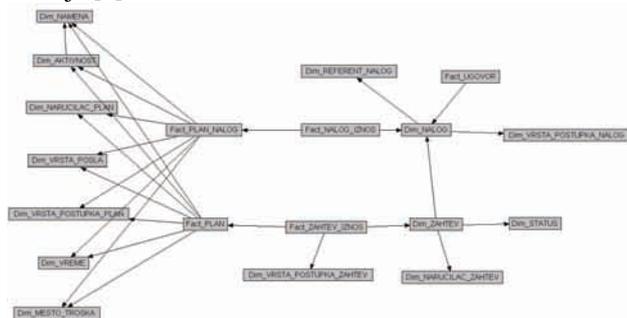
što su relacije između tabela koje ne postoje u samom izvoru podataka.

Logički sloj (eng. *business model and mapping layer*) definiše poslovne (ili logičke) modele podataka i specificira mapiranja između poslovnog modela i šema u fizičkom sloju. U ovom sloju, fizičke šeme su uprošćene i reorganizovane da bi se formirala osnova za pogled na podatke od strane poslovnih korisnika. Poslovni modeli mogu imati više fizičkih izvora podataka. U *Oracle BI Administration Tool*-u, logički sloj se koristi da se definiše značenje i sadržaj svakog fizičkog izvora podataka u uslovima poslovnog modela. *Oracle BI Server* koristi definicije tih poslovnih modela da izabere odgovarajući izvor podataka za svaki zahtev. Logički sloj modeluje način na koji poslovni objekti funkcionišu: usklađene dimenzije (eng. *conformed dimensions*) i hijerarhije, mere (uključujući agregaciona pravila, kompleksna poslovna izračunavanja, dimenzionalnost i vremenske serije (eng. *time series*)), sigurnost podataka i definicije rečnika [1].

Prezentacioni sloj (eng. *presentation layer*) je poslednji nivo apstrakcije u OBIEE-u repozitorijumu i omogućava da se dodatno pojednostavi poslovni model za krajnje korisnike. Pojednostavlјivanje prikaza podataka olakšava korisnicima da prave upite na osnovu njihovih poslovnih potreba. Eventualne lokalizacije se takođe rade u prezentacionom sloju.

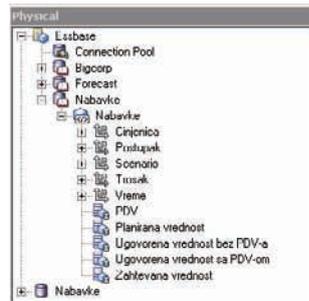
4. RAZVOJ OBIEE REPOZITORIЈUMA

U okviru fizičkog sloja repozitorijuma kreirana je konekcija ka transakcionoj (OLTP) bazi podataka *Oracle 10g* u kojoj se nalaze potrebni podaci za kreiranje izveštaja. U okviru ove konekcije koristi se šema sa nazivom NABAVKE iz koje su uveženi metapodaci tabela i pogleda. Kada su uvežene definicije izvora podataka, aktuelni podaci nisu premešteni. Podaci ostaju u fizičkom izvoru podataka. Nad svim objektima koji se koriste u fizičkom sloju kreirani su alijasi (eng. *alias*). Alijasi se obično koriste kada se jedna dimenzija istovremeno pojavljuje više puta u istoj tabeli činjenica. Alijasi su međusobno povezani i prikazani na slici 4. Relacija između alijasa je predstavljena kao linija sa strelicom na “jedan” strani kod “više-prema-jedan” relacije [2].



Slika 4. Transakciona OLTP šema

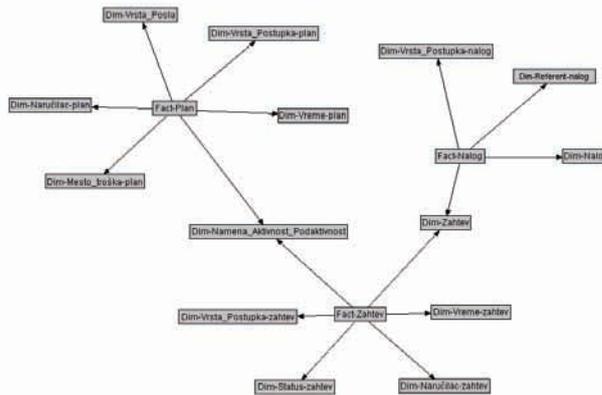
Pored konekcije ka transakcionoj bazi, kreirana je konekcija ka multidimenzionalnoj *Essbase* bazi podataka, koja sadrži zbirne podatke na višem nivou agregacije. Nakon što su metapodaci *Essbase* izvora podataka importovani, mapirani su u fizičkom sloju na način koji podržava *Oracle Business Intelligence* logički model. Importovani metapodaci su prikazani na slici 5.



Slika 5. Essbase kocka u fizičkom sloju

U logičkom (poslovnom) sloju fizička šema je uprošćena i reorganizovana da bi se od transakcione OLTP šeme dobila zvezdasta šema.

Poslovni modeli su uvek dimenzionalni, za razliku od objekata u fizičkom sloju. Poslovni model koji se koristi za podsistem javnih nabavki prikazan je na slici 6. i sastoji se od tri zvezdaste šeme koje su međusobno povezane deljenim dimenzijama i čine šemu tipa sazvežđa (eng. *constallation schema*). Model se sastoji od: 3 tabele činjenice, 14 tabela dimenzija i 2 deljene dimenzije. Granularnost tabela činjenica i dimenzija je na najnižem nivou koju omogućava OLTP baza podataka, što obezbeđuje dodavanje dimenzija u ovaj model bez posledice na postojeće izveštaje [3].



Slika 6. Poslovni (logički) model

U prezentacionom sloju se otkrivanju samo oni podaci koji imaju smisla za krajnje korisnike. Prezentacioni sloj organizuje podatke na način koji korisnici zamišljaju podatke i vrši preimenovanje podataka u zavisnosti od grupe korisnika kojima je potreban.

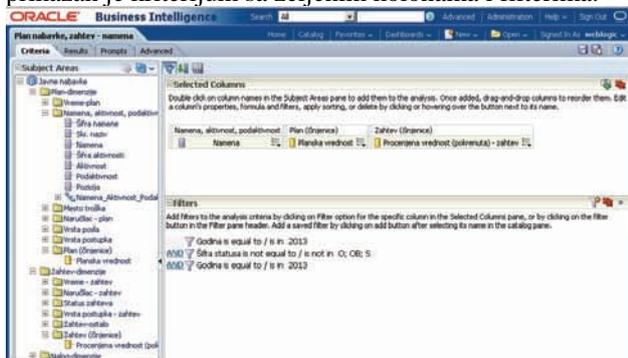
Na slici 7. prikazano je mapiranje objekata iz prezentacionog sloja na *web* interfejs i ugnježdavanje tabela u foldere, što se koristi zbog bolje preglednosti. U ovom slučaju postoje tri foldera koji organizuju podatke po zvezdastim šemama prikazanim u logičkom sloju.



Slika 7. Mapiranje prezentacionog sloja na web interfejs

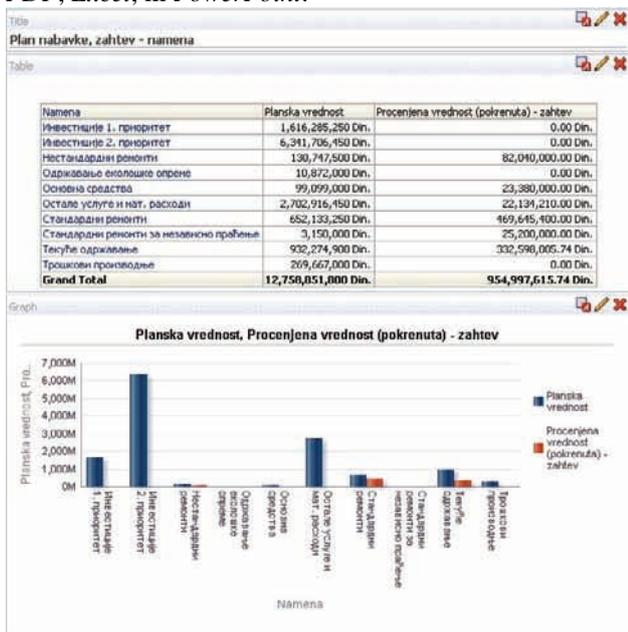
5. POSLOVNO IZVEŠTAVANJE

U ovom poglavlju biće prikazani neki od izveštaja koje korisnik može da napravi na osnovu kreiranog OBIEE repozitorijuma, a koji mogu da se koriste za praćenje javnih nabavki. Za potrebe prezentovanja podataka korišćen je *Oracle BI Analysis Editor* u okviru kojeg su kreirani upiti, filteri i kriterijumi pretrage. Na slici 8. prikazan je kriterijum sa željenim kolonama i filterima.



Slika 8. Kriterijum za izveštaj

Izveštaj na slici 9. predstavlja rezultat prethodno kreiranog kriterijuma i prikazuje planiranu vrednost i pokrenutu vrednost sa zahteva za 2013. godinu, koje su grupisane po nameni. Izveštaj se sastoji od tabele u gornjem delu i grafičkog dijagrama u donjem. Kreirani izveštaj moguće je eksportovati u željeni format, npr. *PDF*, *Excel*, ili *PowerPoint*.



Slika 9. Plan nabavke, zahtev – namena 2013

6. ZAKLJUČAK

Alati poslovne inteligencije omogućavaju poslovnim korisnicima i menadžmentu preduzeća da relativno lako iskoriste ogromne količine podataka pohranjene u relacionim i multidimenzionalnim bazama podataka produkcionih sistema i dođu do konkretnih odgovora koji će im omogućiti da donesu bolje odluke vezane za poslovanje preduzeća.

Uspešna implementacija koncepta poslovne inteligencije u organizaciji je moguća ako postoji jasna vizija šta se želi i šta treba napraviti. Kreatori projekta treba da budu dobro upoznati s poslovnim procesima koji će biti

uključeni u projekat. Potrebno je osigurati dovoljno vremena i finansijskih sredstava, a pre svega podršku strateškog menadžmenta organizacije.

U ovom radu predstavljen je pilot projekat za podsistem javnih nabavki sa osvrtom na izradu poslovnih izveštaja primenom OBIEE alata nad hibridnim modelom (OLTP i *Essbase*). Upotrebom OBIEE alata za poslovno izveštavanje nad hibridnim modelom, kao alata za vizualizaciju, omogućava se kreiranje izveštaja koji pružaju pogled na podatke prema odabranom kriterijumu, bez obzira na njegov izvor, pri čemu je moguće veoma jednostavno uporediti podatke iz različitih sistema, a da pritom ne treba voditi računa o tome iz kog sistema dolaze. Pored toga analitički alat OBIEE, u odnosu na standardne izveštajne alate, omogućava način interakcije sa podacima i postavljanje upita bez prethodne potrebe za poznavanjem SQL upitnog jezika za rad sa relacionim bazama podataka. Ovaj projekat je prvenstveno namenjen tome da potencijalni korisnik upozna prednosti i mogućnosti takvog sistema, kako bi pronašao interes za primenu u svom poslovanju. Realan sistem bi, svakako, imao znatno više činjenica i dimenzija nego pilot projekat opisan u ovom radu.

U današnjem poslovnom svetu, gde je brzina donošenja ispravnih poslovnih odluka od suštinske važnosti, sistemi poslovne inteligencije ne predstavljaju luksuz, već jednu od osnovnih informatičkih potreba.

Pravci daljeg razvoja sistema mogli bi biti:

- da se deo fizičkog sloja u OBIEE repozitorijumu koji je u ovom trenutku realizovan direktno nad transakcionom bazom zameni skladištem podataka u cilju poboljšanja performansi izveštajnog sistema,
- softverska podrška praćenja realizacije ugovora, pošto se postupak javne nabavke, pod uslovom da je uspešno sproveden, završava se zaključenjem ugovora između naručioca i ponuđača. Pod pojmom praćenja realizacije se podrazumeva da se za zaključeni ugovor prate pristigla sredstva u magacin, koliko je plaćeno, itd. Za ovo su potrebni podaci iz ostalih podsistema kao što su plaćanja i magacinsko poslovanje, što bi omogućilo da se na jednom *dashboard*-u vide svi potrebni podaci.

7. LITERATURA

- [1] D63514GC11 Oracle BI 11g R1: Build Repositories
- [2] Pavle Mogin, Ivan Luković, Principi baza podataka, Univerzitet u Novom Sadu – Fakultet tehničkih nauka & MP “Stylos”, Novi Sad, Srbija, 1996
- [3] Ralph Kimball, Margy Ross, The Data Warehouse Toolkit, 2nd Edition

Kratka biografija:



Stevan Bunardžić rođen je u Kraljevu 1988. god. Fakultet tehničkih nauka upisao je 2007. god. Bečelov rad iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Računarske nauke i informatika odbranio je 2011. god. Master rad iz iste oblasti odbranio je 2013. god.

**AUTOMATSKO UPRAVLJANJE RESURSIMA U VIRTUELIZOVANOM
RAČUNARSKOM SISTEMU****AUTOMATED MANAGEMENT OF VIRTUALIZED RESOURCES IN COMPUTER
SYSTEM**

Vladimir Trivunović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj - U ovom radu je osmišljeno, projektovano i realizovano automatsko upravljanje radom virtuelnih mašina na jednom serveru. Rad je baziran na Hyper-V Microsoft rešenju za VMM (eng. Virtual Machine Manager), a realizovan je u okviru GUI (eng. Graphical User Interface) aplikacije korišćenjem Microsoft .NET razvojnog okruženja i programskog jezika C#. Analizirana je primena rešenja u cloud sistemu.

Abstract - This paper presents a design and an implementation of automatic management of the virtual machines on a single server. The work is based on Microsoft solution for VMM - Hyper-V, and implemented within a GUI application using Microsoft .NET framework and programming language C#. Cloud system solution has been analyzed in this work.

Ključne riječi: Cloud Computing, VM (Virtual Machine), VMM (Virtual Machine Manager), server

1. UVOD

U današnjem poslovanju, sve češći su kritični infrastrukturni sistemi u kojima ne sme doći do otkaza ili prekida servisa. Takođe, velike troškove u ovakvim sistemima predstavlja nabavka opreme i licenciranje softvera.

Ukoliko se plaćena oprema ne iskoristi u potpunosti to predstavlja značajan gubitak novca. Težnja većine savremenih poslovnih procesa je posedovanje sistema otpornog na otkaze, uz korišćenje samo onoliko resursa potrebnih u datom trenutku. Potrebne uštede uz poboljšanje performansi su moguće korišćenjem računarstva u oblaku (eng. *cloud computing*) koje postaje sve popularnije u IT svetu.

Termin oblak (eng. *cloud*) potiče od nekadašnjeg označavanja Interneta među stručnjacima u ranom periodu mreže. Arhitektura *cloud computing* sistema je takva da usluge i podaci postoje u deljenom, dinamički skalabilnom skupu resursa zasnovanom na tehnologijama virtuelizacije, odnosno u nekom od centara podataka raspoređenih širom sveta. Prednosti upotrebe *cloud computing*-a su prividna neograničenost resursa, lako manipulisanje skalabilnošću, nezavisnost od lokacije, smanjenje rizika pri kupovini opreme, visoka dostupnost, naplata samo onoga što se koristi i mnoge druge [1].

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Aleksandar Erdeljan, vanr.prof.

Postoje tri tipa usluga platformi za *cloud* [2]:

Infrastruktura kao usluga - (eng. *Infrastructure as a Service - IaaS*) korisniku se nudi hardverska podrška kao usluga, odnosno virtuelne mašine i skladište podataka kome se može pristupiti preko Interneta.

Platforma kao usluga - (engl. *Platform as a Service - PaaS*) korisnik dobija potrebne resurse i razvojno okruženje sa definisanim programskim jezicima i aplikativnim interfejsom radi podrške svih faza razvoja aplikacije. U ovom slučaju korisnici nemaju kontrolu nad hardverom provajdera.

Programska podrška kao usluga - (engl. *Software as a Service - SaaS*) omogućava klijentima da koriste aplikaciju koja se nalazi u *cloud*-u. Klijent pristupa aplikaciji putem računarske mreže, tipično Interneta.

Cloud usluge mogu biti javne (eng. *public*), privatne (eng. *private*) i hibridne (eng. *hybrid*). Javne usluge se odnose na standardnu ponudu u kojoj se korisniku nude resursi iz javnih centara podataka. Kroz privatne usluge se kod korisnika može instalirati hardver i potreban softver koji će koristiti samo taj korisnik. Hibridna ponuda je kombinacija pomenute dve, gde se jedan deo, najčešće onaj koji nije kritičan za poslovanje, drži u javnom centru podataka, a drugi deo u sopstvenoj kompaniji.

Što se finansijskih efekata tiče, svakako je najpovoljniji javni *cloud*, zatim hibridni, a najskuplji je privatni. Kompanije prisutne na tržištu koje nude svoju *cloud* ponudu, između ostalih, su i *Microsoft (Windows Azure)*, *Google (AppEngine)*, *IBM (SmartCloud)*, *Amazon (ElasticComputeCloud)*.

2. OSNOVE CLOUD-A**2.1 Server**

Server je računarski sistem čija je osnovna uloga da opslužuje klijente, odnosno da zna da odgovori na zahtev klijenta za određenim servisom. Predstavlja sistem koga čine softver instaliran na posebno pripremljenom računaru sa odgovarajućim hardverom i operativnim sistemom. Međutim, često se termin server koristi i pojedinačno za softver i hardver.

Serverski softver pruža odgovarajuće servise klijentima. Može biti instaliran na skoro svakom računaru, od običnih personalnih, preko laptopa, sve do serverske mašine. Kako je to "običan" softver na računaru, nema prepreka da se više servera instalira na jednom fizičkom računaru.

Serverska mašina je posebno pripremljen računar za serverski softver. Iz definicije servera, kao softvera koji treba da opslužuje klijente, proističe potreba za njegovom

konstantnom dostupnošću. Prema tome, osnovni preduslov da bi se računar smatrao serverskom mašinom je postojanje redundanse. Računar se oprema sa duplim sistemima za napajanje i hlađenje, višestrukim procesorima, operativnom memorijom i diskovima za masovno čuvanje podataka (eng. *hard disk*). Ukoliko je realizovan sistem zaštite podataka na diskovima (RAID), tada u slučaju kvara nekog diska, zamena se vrši bez potrebe za isključenjem računara (eng. *hot swap*). Serverske mašine su obično mnogo većih resursnih kapaciteta nego obični klijentski računari.

2.2 Cluster i storage

Computer cluster je skup međusobno povezanih računara koji funkcionišu kao jedan računarski sistem. To se radi kako bi se dodatno unapredila otpornost na otkaze. U slučaju potpunog otkaza jednog računara, preostali u *cluster*-u će preraspodeliti njegove servise. Takođe, u celokupan sistem moguće je dodati zaseban sistem masovne memorije (eng. *storage*). Ovo je poželjno zbog toga što će *cluster* samo rešiti problem preraspodele aktivnih servisa, ali je pitanje šta će biti sa podacima sa pokvarenog računara, pa je potrebno unaprediti i sistem za čuvanje podataka. *Storage* funkcioniše kao sistem za sebe, ima sopstvenu logiku rada i način za oporavak od otkaza jednog ili više diskova (RAID sistem).

2.3 Virtuelizacija računara

U cilju što boljeg iskorišćenja računarskih resursa, nastala je ideja da se više logičkih računara smesti na jedan fizički računar, na kome će moći istovremeno da rade i koriste resurse po potrebi. Ovim logičkim računarima, koji se nazivaju virtuelne mašine, upravlja VMM (eng. *Virtual Machine Manager*). Korisnik pristupa svom virtuelnom računaru putem računarske mreže, potpuno nesvestan da li se radi o fizičkoj ili virtuelnoj mašini. Ukoliko korisniku zatrebaju dodatni resursi, VMM ih lako dodeljuje u zavisnosti od raspoloživih resursa i obratno. Virtuelizacija se efikasno primenjuje u sistemima sa *cluster*-om i *storage*-om. Virtuelne mašine se nalaze na *storage*-u, gde se podaci o virtuelnoj mašini čuvaju na redundantnim *hard* diskovima. Svi serveri iz *cluster*-a imaju pristup svim virtuelnim mašinama. Tokom inicijalne konfiguracije *cluster*-a, definiše se raspodela upravljanja virtuelnim mašinama po serverima. Ukoliko se desi otkaz jednog servera tada će ostali serveri iz *cluster*-a raspodeliti njegove virtuelne mašine, obično bez prekida rada virtuelne mašine.

2.4 Kompletan cloud sistem

Virtualizacija, *cluster* i *storage* su neophodni, ali ne i dovoljni za *cloud* sistem. Nedostatak predstavlja neophodnost da administrator ručno upravlja i nadgleda stanje virtualnih mašina, servera i *storage*-a. Za punu funkcionalnost potrebno je implementirati automatsko upravljanje, odnosno da sistem sam zna kako da se ponaša u slučaju otkaza ili preopterećenja jednog njegovog dela. Na kraju, potrebne su i aplikacije posebno napravljene za rad u *cloud* sistemu. Aplikacije će same znati da u zavisnosti od potreba zahtevaju određene resurse, ali takođe ukoliko se potrebe smanje aplikacija treba da obavesti sistem da deo resursa više nije neophodan. Kada se sve do sada rečeno uzme u obzir *cloud* se može

definisati kao sistem koji poseduje virtuelne mašine, *cluster*, *storage*, namenske aplikacije i automatsko upravljanje.

3. POVEZANI RADOVI

Grupa udruženih naučnika sa univerziteta u Mičigenu i HP laboratorije, predstavila je rešenje *AutoControl* [3]. To je sistem koji upravlja dodelom resursa i automatski ih prilagođava dinamičnim promenama u deljenom virtuelizovanom sistemu.

Sistem se sastoji od dve vrste kontrolera: kontroler aplikacije (eng. *AppController*) i kontroler virtuelizovanog *host*-a (eng. *NodeController*). Postoji po jedan *AppController* za svaku aplikaciju u sistemu i po jedan *NodeController* za svakog *host*-a. *AppController* periodično šalje upit senzoru performansi aplikacije koju kontroliše, zatim uporedi izmerenu i željenu vrednost performansi i na osnovu razlike automatski izračuna potrebne resurse za sledeći interval. Nakon toga šalje zahtev za resursima *NodeController*-u *host*-a na kome se izvršava aplikacija.

Za svaki *host*, u zavisnosti primljenih zahteva, odgovarajući *NodeController* računa da li može da ispuni zahteve na osnovu stvarnih resursa koje ima na raspolaganju i donosi odluku o dodeli resursa. [3]

4. ARHITEKTURA PREDLOŽENOG REŠENJA

Rad je baziran na *Microsoft* rešenju za VMM - *Hyper-V* [2]. Ovaj hipervizor dolazi kao standardni softver na operativnom sistemu *Windows Server*. Aplikacija je razvijana u razvojnom okruženju *Microsoft Visual Studio 2010 Express Edition*, konkretno u programskom jeziku C# koji se oslanja na *Microsoft .NET Framework 4.0*.

4.1 Blade serverski sistem

Operativni sistem *Windows Server 2008 R2* instaliran je na serverski računar *IMB Blade HS23*. Za server koji sadrži virtuelne mašine koristi se termin domaćin (eng. *host*), a operativni sistem na serveru se naziva *host OS*.

Blade sistem je relativno novi koncept koji podrazumeva serversku šasiju u koju se postavljaju serverske mašine (zvane *blade* serveri) i I/O moduli. Svaki *blade* je posebna serverska mašina koja poseduje procesore, memoriju, *hard* diskove. Ovako organizovan *blade* sistem obezbeđuje više procesne snage, a pri tom zauzima manje prostora u reku, olakšava upravljanje, pojednostavljuje kabliranje i smanjuje potrošnju struje u odnosu na tradicionalne *rack mount* servere. Uglavnom *blade* serveri dolaze sa jednim ili dva *hard* diska, koji su predviđeni za operativni sistem, a suštinsku snagu *blade* tehnologija ispoljava kada se serveri povežu na *storage*.

Konkretno model *IMB Blade HS23* sadrži: dva procesora *Intel® Xeon® E5-2620 2.00GHz*, gde se svaki procesor sastoji od šest jezgara, od kojih svako jezgro ima dva *thread*-a (tako da postoje 24 virtuelna procesora koji se mogu dodeliti virtuelnim mašinama), zatim 64 GB DDR3 memorije, dva *hard* diska od po 300 GB. Šasija sa prednje strane ima 14 slotova za *blade*-ove, zatim sledi *mid-plane* koji služi za konekciju *blade*-ova sa napajanjem i I/O modulima. Na zadnjoj strani su instalirana dva *Ethernet* sviča, zatim dva *FiberChannel* sviča za povezivanje na

storage, kao i dva AMM-a (eng. *Advance Management Modul*) koji služe za upravljanje svim komponentama koje se nalaze u šasiji.

4.2 Hyper-V manager

Hyper-V omogućava kreiranje virtuelnog okruženja. Može se kreirati VM, kontrolisati njen rad i brisati po potrebi. Svaka VM je izolovan, virtuelizovan računar i dodeljuju joj se određeni resursi *host*-a: broj virtuelnih procesora, količina RAM i stalne memorije i sl. Zatim, moguće je kreirati virtuelne svičeve na koje će se povezati LAN (eng. *Local Area Network*) kartice virtuelnih mašina.

U zavisnosti od tipa virtuelnog sviča (eng. *private, internal, external*) biće određena moguća komunikacija virtuelne mašine na računarskoj mreži. Na virtuelnu mašinu postavlja se operativni sistem (eng. *guest OS*), tako da je omogućen rad više operativnih sistema na jednom fizičkom *host*-u. Može se uraditi *VM snapshot*, gde se snimi stanje, podaci i hardverska konfiguracija virtuelne mašine, pa se kasnije VM može vratiti u snimljeno stanje ukoliko bude potrebe.

4.3 Hyper-V WMI Provider

Najbitniji deo rada predstavlja komunikacija između *Hyper-V manager*-a i aplikacije. Pristup iz C# programskog jezika realizuje se uz korišćenje *Microsoft* rešenja - WMI [4].

WMI (eng. *Windows Management Instrumentation*) je infrastruktura za upravljanje podacima i operacijama na *Windows* operativnom sistemu. Koristi se CIM [5] (eng. *Common Information Model*) industrijski standard za reprezentovanje sistema, aplikacija, mreže i druge upravljačke komponente.

WMI skripte ili aplikacije se prave kako bi se automatizovali zadaci na udaljenim računarima. Podržani su programski jezici C, C++, C# i *Visual Basic*. *Microsoft* je napravio i posebnu aplikaciju "kreator WMI koda" (eng. *WMI code creator*), kako bi se programerima što više olakšalo razvijanje aplikacija koje koriste WMI.

Kako bi se podržao udaljeni *management* na virtuelnim sistemima, razvijen je *Hyper-V WMI Provider*. Pomoću ovog rešenja, moguće je programerski pristupiti *Hyper-V manager*-u i praktično raditi sve što se može kroz GUI ili *PowerShell*.

5. REALIZACIJA PREDLOŽENOG REŠENJA

5.1 Opis problema

Praktičan problem koji razmatra ovaj rad je automatizacija rada virtuelnih mašina u zavisnosti od potrebnih resursa.

Konkretno, kreira se virtuelna mašina i par rezervnih virtuelnih mašina, te ukoliko zauzeće procesora/memorije na virtuelnoj mašini pređe definisan prag, uključuje se rezervna, a ako zauzeće resursa padne ispod definisanih vrednosti isključuje se rezervna VM.

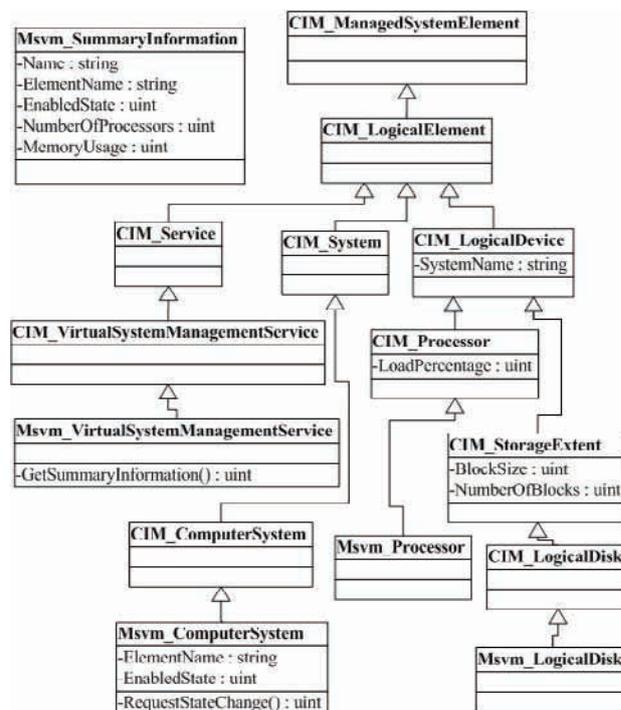
Pretpostavka je da će na virtuelnim mašinama biti takav softver koji će "znati" da raspodeli posao na svim trenutno aktivnim virtuelnim mašinama. Sama realizacija tog softvera nije tema rada, već je akcenat na obezbeđivanju onoliko resursa koliko je aplikaciji potrebno u svakom trenutku.

5.2 Realizacija rešenja

Host-u na kome je aktiviran *Hyper-V manager* od interesa pristupa se pomoću klasa specificiranih u WMI *System.Management Namespace*-u.

Konkretno, klasa *ManagementScope* služi za samu konekciju na *host*, dok klasa *ConnectionOptions* specificira detalje pristupa i autentifikacije ukoliko je u pitanju udaljeni *host*.

Slika 1 prikazuje međusobnu zavisnost klasa *Hyper-V WMI provider*-a koje su se koristile u radu. Sledi opis svake klase od interesa za realizaciju rada.



Slika 1. *Hyper-V WMI* klase korišćene u radu

MsVM SummaryInformation klasa sadrži specifične informacije o svakoj virtuelnoj mašini na *host*-u. Među najkorisnijim informacijama su: ime, sistemsko ime, stanje, broj virtuelnih procesora, vreme kreiranja, količina RAM-a, *guest OS*, *snapshot* i drugo.

MsVM virtualSystemManagementService predstavlja virtuelni servis na *host*-u. Služi za kreiranje, modifikaciju i brisanje virtuelnog sistema. Takođe sadrži metode za operacije nad virtuelnim sistemom, kao što su kloniranje, pravljenje *snapshot*-a, *import* i *export*.

GetSummaryInformation je metoda klase *MsVM_virtualSystemManagementService*, koja daje specifične informacije o virtuelnom sistemu. Ulazni parametri metode su niz virtuelnih mašina od interesa i niz pozitivnih brojeva koji odgovaraju poljima *MsVM_SummaryInformation* klase. Ovi brojevi specificiraju koje osobine virtuelne mašine će metoda očitati. Kao izlazni parametar metoda daje objekat *MsVM_SummaryInformation* klase, koji ima postavljene vrednosti na poljima specificiranim u zahtevu.

Pomoću ove metode, u radu su iščitavane sledeće osobine virtuelnih mašina: ime, sistemsko ime, broj virtuelnih procesora, stanje i količina operativne memorije.

MsVM Processor sadrži informacije o svim virtuelnim procesorima koji su dodeljeni virtuelnim mašinama.

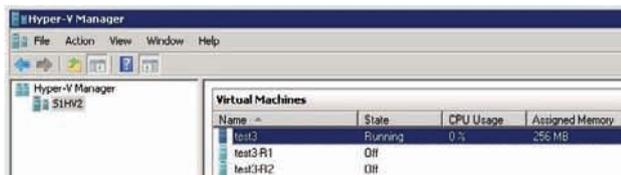
Jedno od polja ove klase je i zauzeće virtuelnog procesora u % (eng. *LoadPercentage*). Na ovaj način u radu je proveravano zauzeće svakog procesora virtuelnih mašina.

Msvm LogicalDisk sadrži informacije o masovnoj memoriji dodeljenoj virtuelnim mašinama. Pomoću ove klase iščitavana je maksimalna veličina *hard* diska virtuelne mašine.

MSVM ComputerSystem predstavlja fizički ili virtuelni računarski sistem. Jedno od polja je *EnabledState* koje predstavlja stanje računarskog sistema. U slučaju virtuelnog sistema može biti: *enabled, disabled, paused, suspended, snapshotting...* Vrednost ovog polja menja se metodom *RequestStateChange*, pa je tako moguće menjati stanje virtuelne mašine. Na ovaj način u radu se uključuje i isključuje određena virtuelna mašina.

5.3 Funkcionalnost

Na *host*-u "S1HV2" aktiviran je *Hyper-V manager*, kreirana VM "test3" i dve rezervne virtuelne mašine (slika 2).



Slika 2. *Hyper-V manager*

U okviru aplikacije omogućeno je konektovanje na *Hyper-V manager* koji može biti na lokalnom ili udaljenom *host*-u. Korisniku je data mogućnost da definiše gornji i donji prag zauzeća resursa (procesora i memorije), a takođe da ručno uključuje/isključuje virtuelne mašine.

Čim zauzeće procesora ili memorije pređe definisan gornji prag, uključuje se rezervna VM. Ukoliko zauzeće procesora i memorije padne ispod donjeg praga, rezervna VM se isključuje.

Na slici 3 vidi se deo forme za prikaz i unos podataka. U aplikaciji je omogućen i unos parametara za upravljanje, ali taj deo forme zbog preglednosti nije prikazan. Primećuje se da je aktivirana VM "test3-R1", nakon što je zauzeće procesora "test3" virtuelne mašine prešlo iznad gornjeg praga.

VM name	Status	Number of CPU	CPU usage [%]	Top CPU usage [%]
test3	ON	2	99	70
test3-R2	OFF	1		
test3-R1	ON	1	4	

Slika 3. *Forma za prikaz podataka*

Ukoliko je virtuelnoj mašini dodeljeno više od jednog virtuelnog procesora, tada se ukupno zauzeće procesora računa kao aritmetička sredina zauzeća svakog procesora. Kod RAM-a je drugačija situacija, jer tokom istraživanja nije pronađen metod da se direktno iz *Hyper-V manager*-a očita zauzeće memorije na virtuelnoj mašini u %. Umesto toga, samo se uspešno vidi koliko je operativne memorije *host*-a *Hyper-V manager* dodelio određenoj virtuelnoj mašini, pa se i prag definiše u MB a ne u %.

6. ZAKLJUČAK

U ovom radu je osmišljeno, projektovano i realizovano automatsko upravljanje radom virtuelnih mašina na serveru. Komunikacija sa *Hyper-V manager*-om, iz programskog jezika C#, ostvarena je pomoću *WMI provider*-a.

Rad je baziran na jednom serveru, na kome se nalaze virtuelne mašine od interesa. Ovo je veliki nedostatak, jer server tu predstavlja kritičnu tačku otkaza - SPOF (eng. *single point of failure*).

Kao prvu sigurnosnu meru potrebno je zaštititi podatke u slučaju kvara servera. Sistem bi trebalo dodatno opremiti *storage* sistemom gde bi se skladištile virtuelne mašine. Međutim, sada *storage* predstavlja SPOF, pa je najbolje imati bar dva zasebna *storage* sistema, gde bi se podaci paralelno snimali, čime se značajno unapređuje redundansa celokupnog sistema.

Sledeća sigurnosna mera je zaštita od prekida u radu virtuelne mašine. Servere od interesa trebalo bi organizovati u *cluster*, tako da ukoliko dođe do kvara jednog servera, ostali će preuzeti njegove virtuelne mašine.

Konačno, preporuka je instaliranje *Microsoft* rešenja SCVMM (eng. *System Center Virtual Machine Manager*). Time se dobija upravljanje celokupnim sistemom iz jednog programa. Odnosno kontroliše se rad svih virtuelnih mašina u sistemu, same virtuelne mašine se nalaze na *storage*-u, a pokreću ih serveri iz *cluster*-a.

Dalja istraživanje poželjno je bazirati na komunikaciji sa SCVMM-om, tačnije na automatskom upravljanju rada virtuelnih mašina koje kontroliše SCVMM.

7. LITERATURA

- [1] Bojan Vidić: Master rad - Povezivanje entiteta distribuiranog modela podataka distributivnog elektroenergetskog sistema, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2012.
- [2] Microsoft Corporation - "Installing and Configuring Windows Server 2012 - Training Guide", Oct. 2012
- [3] Pradeep Padala, Kai-Yuan Hou, Kang G. Shin, Xiaoyun Zhu, Mustafa Uysal, Zhikui Wang, Sharad Singhal, Arif Merchant - "Automated Control of Multiple Virtualized Resources", HP Laboratories, 2008
- [4] Hyper-V WMI Provider: <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/cc136992%28VS.85%29.aspx>
- [5] Common Information Model: <http://dmtf.org/standards/cim>

Kratka biografija:



Vladimir Trivunović rođen je 13.05.1988. u Zagrebu. Gimnaziju "Jovan Jovanović Zmaj" završio je u Novom Sadu, gde upisuje "Fakultet tehničkih nauka", odsek elektrotehnika i računarstvo. Diplomirao je na smeru Automatika i upravljanje sistemima, nakon čega upisuje master studije iz iste oblasti

REINŽENJERING JEDNOG SOFTVERSKOG PAKETA ZA IZDAVANJE LIČNE ZAŠTITNE OPREME**REENGINEERING OF A SOFTWARE FOR RENTALS OF THE PERSONAL SAFETY EQUIPMENT**

Đorđe Manojlović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu predstavljen je postupak razvoja softverskog paketa za izdavanje lične zaštitne opreme zaposlenima (LZO). Cilj rada bio je da se razvije softversko rešenje koje će pomoći korisnicima i unaprediti postupak vođenja navedene evidencije. Aplikacija će omogućiti da se oprema izdaje prema zakonom propisanim odrednicama. Takođe potrebno je da omogući smanjenje troškova poslodavca onemogućavanjem zloupotreba i prekomernog izdavanja.

Abstract – This paper presents the re-engineering process of software for rentals of the personal safety equipment for employees. The main purpose of this paper is to develop a software solution that will help users by improving existing process. Application will enable renting equipment according to statutory guidelines. Also it is necessary to provide employers a way to reduce expenses by preventing abuse and overtime renting.

Cljučne reči: *Informacioni sistem, Softver za upravljanje ličnom zaštitnom opremom*

1. UVOD

U ovom radu prikazan je postupak razvoja softverskog paketa koji služi za izdavanje lične zaštitne opreme (LZO) zaposlenima. Softverski paket za izdavanje LZO pripada podsystemu Bezbednost i zdravlje na radu i zaštita od požara (BZRZOP), koji je razvijen od strane preduzeća Energosoft AD. Osnovni cilj bio je da se razvije aplikativno rešenje koje će korisnicima omogućiti da na brz i jednostavan način vode navedenu evidenciju, u cilju ispunjenja zakonskih obaveza, a sa druge strane minimizacije troškova za poslodavca. Da bi se cilj ostvario, bilo je potrebno prikupiti korisničke zahteve, upoznati se sa realnim sistemom, izvršiti analizu i planiranje, kreirati šemu baze podataka, izvršiti implementaciju zahtevanih funkcionalnosti u vidu izrade formi korisničkog interfejsa i izveštaja. Nakon implementacije, a pre puštanja u produkciju, izvršeno je testiranje realizovanih funkcionalnosti, obuka krajnjih korisnika, pročišćavanje i prenos podataka iz starog u novi informacioni sistem.

2. OPŠTI PRIKAZ SISTEMA

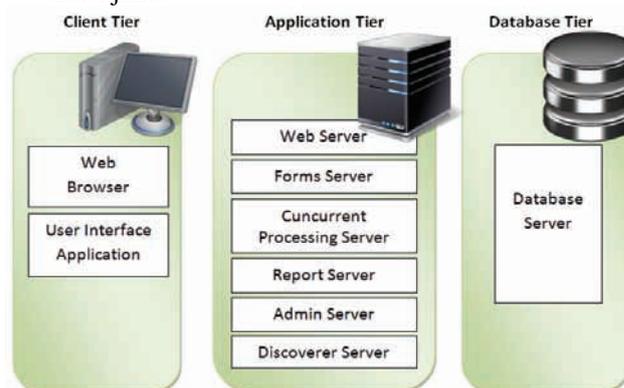
Softverski paket za izdavanje LZO, pripada BZRZOP podsystemu, koji se nalazi u okviru Sistem poslovnih

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Ivan Luković, red. prof.

aplikacija (SPA Plus) [1] informacionog sistema. SPA Plus, a samim tim i navedeni softverski paket, podržava troslojnu arhitekturu (Slika 1) informacionih sistema, koja se sastoji iz tri komponente:

1. prezentacioni ili klijentski sloj (*Client Tier*) – ono što vidi korisnik, a sadrži internet pretraživač;
2. aplikativni sloj (*Application Tier*) – sastoji se iz aplikativnih servera na kojima se nalazi aplikativna logika; i
3. sloj baze podataka (*Database Tier*) – serveri baze podataka na kojima se nalaze podaci i vrše obrade nad njima.



Slika 1 – Troslojna arhitektura

BZRZOP podsystem je razvijen za potrebe Privrednog društva „Termoelektrane Nikola Tesla“ (PD TENT), koje se sastoji iz četiri ogranka. Zbog toga je predviđeno da se koristi centralizovana baza podataka na nivou celog preduzeća.

Stari informacioni sistem bio je razvijen na Virtual Address eXtension (VAX) računarima. Pre svega zbog svoje tehnološke dotrajalosti (što se vidi iz činjenice da je kapacitet RAM memorije 12MB, kapacitet diskova manji od 1GB, a radni takt 18MHz), nije mogao da odgovori na sve zahteve koji se odnose na današnje informacione sisteme, kao što su visoka pouzdanost u radu, velika brzina obrade podataka i veliki kapacitet za čuvanje podataka.

3. SPECIFIKACIJA I ANALIZA ZAHTEVA

Potreba za razvojem aplikacije [2] koja služi za izdavanje lične zaštitne opreme prouzročila je činjenica da je ovakvu evidenciju gotovo nemoguće voditi ručno u preduzećima koja imaju više hiljada zaposlenih. Sa druge strane upotreba informacionog sistema, koji je spor po pitanju obrade podataka, nepouzdan, u kojem ne mogu da se čuvaju svi potrebni podaci zbog malog kapaciteta memorije i koji ne pruža sve potrebne funkcionalnosti po pitanju vođenja ove evidencije i izveštavanja, često

korisnicima otežava rad. Iz nabrojanih razloga, javila se potreba da se razvije aplikacija upotrebom novije tehnologije, koja će svojim funkcionalnostima odgovoriti na korisničke potrebe.

3.1. Opšti zahtevi

Aktom o proceni rizika (Akt) [3] za svako radno mesto definišu se opasnosti i štetnosti kojima su izloženi radnici koji na njemu rade. U zavisnosti od opasnosti i štetnosti, *Aktom* se između ostalog propisuje i LZO koju mora da ima svaki zaposleni na svom radnom mestu. Pored vrste LZO, propisuje se količina i trajanje opreme, odnosno vremenski period na koliko se oprema zadužuje. Ista LZO može imati različito trajanje na različitim radnim mestima.

Poslodavac je dužan da se pridržava ovog pravilnika, jer se u protivnom krši *Zakon o bezbednosti i zdravlju na radu*.

Na osnovu navedenog, aplikacija treba da omogući vođenje evidencije o izdavanju LZO na takav način, da se oprema izdaje zaposlenom u pravom trenutku.

Sa druge strane, aplikacija treba da minimalizuje troškove poslodavca, tako što će onemogućiti prekomerno izdavanje opreme i omogućiti pravilno formiranje plana nabavke LZO, za predstojeći vremenski period. Plan nabavke se formira na osnovu trenutno raspoloživih količina, predviđanja koliko je opreme potrebno izdati u definisanom periodu prema pravilniku i prema količinama izdatim u prethodnom periodu.

S obzirom na to da je softverski paket za izdavanje LZO razvijen u okviru SPA Plus informacionog sistema, samim tim ispoštovani su opšti zahtevi kao što su: troslojna arhitektura i tehnologija razvoja, korišćenje postojeće centralizovane baze podataka, sistem upravljanja pravima pristupa korisnika, postojanje korisničkog uputstva, višekorisnički režim rada, transakcioni dnevnik, upotreba određenih razvojnih alata, izgled ekranskih formi, održavanje integriteta informacionog sistema, itd.

3.2. Korisnički zahtevi

Korisnički zahtevi su prikupljeni u više iteracija, jer u jednom razgovoru korisnici najčešće ne mogu da iznesu sve svoje potrebe. Tehnike koje su korišćene su sastanci, intervjui i uvid u radni proces.

U ovoj fazi, posebna pažnja je usmerena ka navođenju korisnika da govore o izuzecima i specijalnim slučajevima u radu, koje korisnici najčešće smatraju nebitnim. Takođe, posebna pažnja je usmerena i ka prikupljanju zahteva od svih vrsta korisnika, nezavisno od njihovog hijerarhijskog položaja i posla koji obavljaju. U daljem tekstu, navedeni su formalni zahtevi koje su korisnici dostavili, s tim da su rafinirani u cilju njihovog boljeg razumevanja.

1. Potrebno je da se softverski paket oslanja na podatke iz podsistema *Kadrovska evidencija*. Ne sme se voditi posebna evidencija o zaposlenima, radnim mestima, delovima preduzeća, itd.
2. Evidentirati svako zaduženje LZO u toku godine, za svakog radnika. Svaki ogranak treba da vidi i ažurira samo svoje podatke.
3. Evidentirati vanredno izdatu LZO u toku godine. Pošto se LZO u nekim slučajevima može izdati i

mimo *Akta*, potrebno je i ovakva zaduženja evidentirati.

4. Signalizirati korisnicima određeni broj dana ranije da radnik treba da zaduži opremu.
5. Dati informaciju o količini LZO koju je potrebno izdati zaposlenima na godišnjem nivou, prema *Aktu* da bi mogao da se formira ispravan plan godišnje nabavke LZO.
6. Omogućiti dobijanje informacija o količinama LZO koje se nalaze u magacinima.
7. Informisati korisnike o kompletnoj LZO koju je potrebno izdati zaposlenom u zadatom vremenskom periodu.
8. Obezbediti zapisivanje o svim promenama nad podacima, koje su promene izvršene i ko ih je i kada načinio.

3.3. Tehnički zahtevi

Značajan deo utrošenog vremena za izradu ovog rada posvećen je analizi korisničkih zahteva. Analiza korisničkih zahteva je neophodna da bi se utvrdilo da li postoje sve potrebne informacije kako bi se moglo preći na projektovanje aplikacije. Greške napravljene u ovoj fazi mogu dovesti do neuspešne realizacije projekta, dok sa druge strane, kvalitetna analiza rezultuje znatno manjim utroškom vremena u fazi dizajna. U obzir su uzete i prikupljene informacije o funkcionalnostima starog sistema. Posebna pažnja posvećena je uočavanju mana, u cilju izbegavanja istih. U nastavku, navedeni su tehnički zahtevi do kojih se došlo u postupku analize.

1. Potrebno je obezbediti evidenciju svih vrsta LZO, kao i program za održavanje ove evidencije.
2. Potrebno je obezbediti evidenciju svih sledovanjima LZO za radno mesto prema *Aktu*, kao i program za održavanje ove evidencije.
3. Potrebno je obezbediti evidenciju veličina LZO koje radnici nose i program za održavanje ove evidencije.
4. U poslovnom procesu, može postojati više slučajeva pod kojima radnik zadužuje opremu i zbog toga je definisano više tipova zaduženja.
 - a) *Redovno zaduženje* – radnik zadužuje opremu: koja mu sleduje *Aktom* za njegovo radno mesto, uzima količinu koja je propisana *Aktom* i u propisanom vremenskom periodu. Trenutak kada mu aktuelno zaduženje ističe automatski se računa kao trenutak kada je stavku opreme zadužio sabran sa periodom trajanja zadužene stavke za njegovom radnom mestu.
 - b) *Vanredno zaduženje* – radnik zadužuje opremu: koja mu sleduje *Aktom*, uzima količinu koja je propisana *Aktom*, ali pre nego što mu je prethodno zaduženje isteklo.
 - c) *Vanplansko zaduženje* – radnicima se može izdati oprema koja *Aktom* nije propisana njihovom radnom mestu, kao i proizvoljna količina.
 - d) *Grupno zaduženje* – predviđeno je za zaduživanje veće količine opreme za potrebe nekog dela preduzeća. Pri zaduživanju se navodi koji rukovodilac zadužuje i deo preduzeća za čije potrebe se to čini.
 - e) *Početo stanje* – predviđeno je za sva zaduženja koja su evidentirana kroz stari sistem, a koja je potrebno preneti u novi.

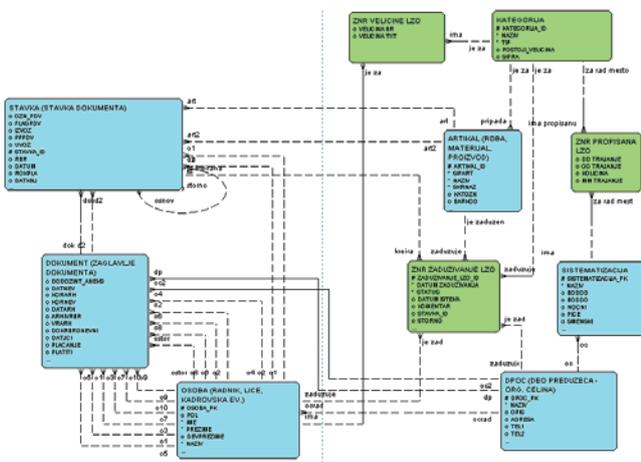
Potrebno je obezbediti evidenciju svih tipova zaduženja i program za održavanje ove evidencije.

5. Pošto radnik u jednom trenutku može da zaduži više različitih vrsta LZO, potrebno je da se sva ta zaduženja objedine jednim dokumentom, koji će se zvati „Priprema trebovanja LZO“. Na osnovu ovog dokumenta zaposleni može da podigne navedena sredstva u magacinu. Zbog navedenog, potrebno je obezbediti ekransku formu za pregled i eventualne izmene nad nastalim dokumentom. Pored forme, potrebno je obezbediti izveštaj za generisanje dokumenta u PDF formatu.
6. Potrebno je obezbediti praćenje promena nad podacima.
7. Potrebno je obezbediti ekransku formu za pregled svih dokumenata *Pripreme trebovanja LZO*.
8. Potrebno je obezbediti ekransku formu za pregled svih zaduženja za izabranog radnika.
9. Potrebno je kreirati izveštaje koji će korisnicima davati informacije o prethodno izdatoj LZO, LZO koja treba da se izda, kao i o stanju u magacinima (količinama).

4. PROJEKAT SOFTVERSKOG REŠENJA

4.1. Konceptualni model

Nakon što je obavljena analiza korisničkih zahteva, sledeći korak u razvoju podrazumevao je izradu konceptualnog modela šeme baze podataka. Softverski paket za izdavanje LZO nije celina sama za sebe, već je deo informacionog sistema i predviđen je da se oslanja na druge podsisteme. Zbog toga nije potrebno kreirati sve uočene tipove entiteta u postupku analize, ako su već kreirani za potrebe drugih podsistema. Na slici 2 prikazana je konceptualni model šeme baze podataka navedenog softverskog paketa na kome se mogu razlikovati dve vrste tipova entiteta. Plavo označeni tipovi entiteta preuzeti su iz dijagrama drugih podsistema sa kojima je potrebno da ovaj softverski paket bude u sprezi. Zeleno označeni tipovi entiteta kreirani su za potrebe LZO. Predstavljena šema razvijena je upotrebom alata *Entity Relationship Diagramer* u okviru *Oracle Designer*-a. Za svaki tip entiteta navedena su obeležja koja on treba da sadrži i formirani potrebni tipovi poveznika među tipovima entiteta.



Slika 2. – Konceptualni model šeme baze podataka

4.2. Relaciona šema baze podataka

Upotrebom alata, *Database Designer Transformer*, na osnovu prethodno kreiranog konceptualnog modela šeme baze podataka, dobijena je relacioni šema baze podataka. U navedenom alatu, predstavljena je kao *Server Model*. Relaciona šema se automatski smešta u repozitorijum. Kroz alat *Design Editor* moguće je pristupiti *Server Model*-u i kreirati nove objekte, ili izvršiti korekcije nad postojećim projektom baze podataka. Objekti kao što su tabele, indeksi, domeni, itd. su nastali transformacijom, tako da se u *Server Model*-u vrši samo korekcija postojećih ili dodavanje novih objekata. Procesom transformacije, nisu obuhvaćeni tipovi entiteta na osnovu kojih su već kreirane tabele za potrebe drugih podsistema. U nastavku su navedene tabele šeme baze podataka potrebne za implementaciju rešenja:

- ARTIKAL – šifarnik svih artikala koji se nalaze u informacionom sistemu;
- DOKUMENT – tabela u kojoj se čuvaju svi dokumenti informacionog sistema;
- DPOC – namenjena za čuvanje podataka o svim delovima preduzeća i organizacionim celinama;
- KATEGORIJA – tabela predstavlja šifarnik lične zaštitne opreme, koji je manjeg ili istog nivoa detaljnosti u odnosu na šifarnik ARTIKAL;
- OSOBA – tabela u kojoj se čuvaju lični podaci o svim radnicima bez obzira na njihov trenutni status u firmi;
- SISTEMATIZACIJA – tabela u kojoj se čuvaju podaci o radnim mestima;
- STAVKA – tabela predviđena za čuvanje svih stavki dokumenata;
- ZNR_PROPISANA_LZO – čuvaju se podaci o radnim mestima i opremi koja je za njih propisana *Aktom*;
- ZNR_ZADUZIVANJE_LZO – tabela u kojoj se čuvaju svi podaci o zaduženju svakog ličnog zaštitnog sredstva;
- ZNR_ZADUZIVANJE_LZO_JN – žurnal tabela prethodno navedene tabele, služi za praćenje aktivnosti korisnika i oporavak u slučaju načinjene greške; i
- ZNR_VELOCINE_LZO – tabela u kojoj se čuvaju podaci o veličini LZO za određenog radnika.

4.3. Implementacija softverskog rešenja

Postupak implementacije programskog rešenja, sastoji se iz niza koraka, koje je neophodno realizovati da bi se mogao ostvariti željeni cilj, i oni su ovde navedeni.

1. Potrebno je isprojektovati bazu podataka. Transformacijom ER modela podataka, dobijena je relaciona šema baze podataka. Dobijena šema ne sadrži sve potrebne elemente, tako da je potrebno izvršiti korekciju nad postojećim projektom, u smislu dodavanja sekvencera, pogleda, ograničenja i procedura.
2. Generisati opis baze podataka na osnovu relacione šeme baze podataka koja se nalazi u repozitorijumu. Alat ne generiše celu šemu baze podataka, već samo razlike koje postoje između podataka u repozitorijumu i podataka u samoj bazi podataka. Postupak se sprovodi prvo nad razvojnom, potom na testnom i na kraju nad produkcijom bazom podataka.
3. Isprojektovati module, odnosno ekranske forme uz pomoć kojih korisnici vrše ažuriranje podataka.

4. Generisati izvornu verziju forme i kompajlirati je u izvršnu verziju.
5. Prebaciti ekranske forme na testni aplikativni server, a nakon testiranja na produkcionu.
6. Dodati stavke u meniju pomoću kojih se pozivaju prethodno dobijene forme.
7. Ukoliko se kroz neku formu poziva izveštaj, potrebno ga je kreirati i prebaciti na *Report Server*, gde će se prilikom njegovog poziva generisati fajl u odgovarajućem formatu.

Za sprovođenje navedenih koraka u ovoj fazi razvoja, korišćeni su sledeći softverski alati: *Design Editor* u okviru *Oracle Designer*-a – za projektovanje baze podataka, generisanje baze podataka, dizajn modula (ekranskih formi) i generisanje modula (izvorne i izvršene verzije formi); *Oracle Reports Builder* – za izradu izveštaja; *Oracle Forms Builder* – za izradu menija i otklanjanje grešaka (*debugging*); i *Toad for Oracle 9.0.1*. – za direktan rad nad šemom baze podataka i podacima u samoj bazi podataka. Pošto je softverski paket za izdavanje LZO predviđen da bude u sastavu BZRZOP podsistema, izvršeno je proširenje menija BZRZOP podsistema stavkama, pomoću kojih se mogu pozvati ekranske forme.

U ovoj fazi kreirane su ekranske forme za: održavanje šifarnika LZO, ažuriranje pravilnika o propisanoj LZO za radno mesto, formiranje svih tipova zaduženja, pregled formiranih zaduženja, pregled i ažuriranje nastalih dokumenata, ažuriranje podataka o veličinama LZO za zaposlenog i pokretanje parametrizovanih izveštaja.

Pored ekranskih formi, za dobijanje informacija o prethodnim zaduženjima, zaduženjima koja je potrebno realizovati u predstojećem periodu, stanjima u magacinu, i planiranju nabavke, kreirani su odgovarajući izveštaji. Svaki izveštaj se može pokrenuti sa parametarske forme, gde je moguće zadavanjem parametra filtrirati podatke u samom izveštaju. U zavisnosti od namena, realizovane su dve vrste izveštaja: izveštaji na osnovu kojih *Report server* generiše PDF fajl (izrađeni su uz pomoć *Oracle Reports Builder*-a) i Excel izveštaji koje generišu procedure smeštene na serveru baze podataka.

4.4. Testiranje i optimizacija performansi

Pre puštanja u produkcionu upotrebu, izvršeno je alfa testiranje (*Alpha Testing*) aplikacije. Testiranjem su obuhvaćene dve celine: ekranske forme i izveštaji. Testiranje ekranskih formi vrši se upotrebom *Internet Explorer*-a na *Windows* operativnom sistemu. Forme se nalaze na testnom (razvojnog) aplikativnom serveru i pristupa se testnoj bazi podataka. Pri testiranju se koristi tehnika crne kutije (*Black Box Testing*). Testiranje izveštaja sastoji se iz testiranja formiranog upita za taj izveštaj, gde se vrši provera ispravnosti podataka koje on vraća. Potom se testira kreirani izveštaj na lokalnom računaru. I nakon toga se vrši provera generisanja izveštaja na *Report* serveru. Za potrebe testiranja performansi, u bazu je unet višestruko veći broj podataka nego što sistem zaista može da sadrži. Pokretanjem određenih upita ispostavilo se da je značajno povećano vreme potrebno za njihovo izvršenje. Zbog toga je izvršeno restrukturiranje koda, a znatno bolji rezultati su dobijeni kada je umesto klasičnih *SQL* upita korišćeno tzv. pajpovanje (*Oracle Pipelined Table Functions*). To je

postupak u kome se funkcije (*Table Functions*), imitirajući tabele sa podacima, koriste da vrate *PL/SQL* kolekcije.

5. UVODENJE U UPOTREBU

5.1. Obuka korisnika

Da bi korisnici mogli da koriste aplikaciju na pravilan način, neophodno je pre puštanja sistema u produkciju izvršiti njihovu obuku. Prvo je izvršena finalna prezentacija na kojoj su korisnicima objašnjene sve funkcionalnosti koje će im biti na raspolaganju. Druga faza obuke podrazumeva rad korisnika u aplikaciji uz pomoć IT službe *PD TENT* i razvojnog tima, s tim da se korisnici prijavljuju na testni sistem. Pored navedenog, korisnicima se pruža pomoć na njihovom radnom mestu, tokom rada na produkcionom sistemu.

5.2. Prenos podataka iz starog u novi sistem

Puštanje sistema u produkcionu upotrebu nije moguće izvesti bez prenosa podataka iz starog u novi informacioni sistem. Prvo su preuzeti podaci iz starog sistema radi provere njihove ispravnosti i procedura koje se koriste za izvoz. Potom su podaci ponovo preuzeti, pročišćeni i uveženi u novi sistem, što je iskorišćeno za testiranje i obuke korisnika. Na kraju, isti scenario je ponovljen, samo na produkcionoj bazi podataka, nakon čega je sistem bio spreman za puštanje u produkciju.

6. ZAKLJUČAK

Rad se bavi reinženjeringom softverskog paketa za izdavanje lične zaštitne opreme zaposlenima. Kao rezultat rada, razvijen je softverski proizvod, koji podržava sve potrebe krajnjih korisnika po pitanju vođenja ove evidencije i izveštavanja.

Dalji razvoj rešenja, mogao bi teći u nekoliko pravaca, od kojih se dva mogu smatrati prioritarnim. Zbog visoke cene licenci koje su neophodne da bi se koristila *Oracle 10g* baza podataka i *Oracle* aplikativni server, prvi pravac bio bi razvoj softverskog proizvoda na besplatnoj platformi. Drugi pravac bio bi razvoj BZRZOP podsistema kao nezavisnog softverskog proizvoda, čime bi se izbegla potreba postojanja drugih podsistema, neophodnih za njegovo funkcionisanje.

7. LITERATURA

- [1] SPA Plus tehnička dokumentacija – *interni dokument*
- [2] Wikipedia – System development life cycle - http://en.wikipedia.org/wiki/System_development_life-cycle
- [3] Akt o proceni rizika – *interni document (PD TENT)*

Kratka biografija:



Đorđe Manojlović rođen je u Valjevu 1987. god. Fakultet tehničkih nauka upisao je 2006 god. Bečelor rad iz oblasti Elektrotehnika i računarstvo – Računarske nauke i informatika odbranio je 2010. god. Master rad iz iste oblasti odbranio je 2013 godine.



Selection and Prioritization of Test Cases by Combining White-Box and Black-Box Testing Methods

Sandra Kukulj, Vladimir Marinković, Miroslav Popović

University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences
Novi Sad, Serbia

sandra.kukulj@rt-rk.com, vladimir.marinkovic@rt-rk.com, miroslav.popovic@rt-rk.com

Szabolcs Bognár

University of Szeged, Institute of Informatics, Department
of Software Engineering

Szeged, Hungary
bszabi@inf.u-szeged.hu

Abstract—In this paper, we present a methodology that combines both white-box and black-box testing, in order to improve testing quality for a given class of embedded systems. The goal of this methodology is generation of test cases for the new functional testing campaign based on the test coverage information from the previous testing campaign, in order to maximize the test coverage. Test coverage information is used for selection of proper test cases in order to improve the quality of testing and save available resources for testing. As an output, a set of test cases is produced. Generated test cases are processed by the test Executor application that decides whether results have passed or failed, based on the results of image grabbing, OCR text extraction, and comparison with expected text. The presented methodology is finally validated by means of a case-study targeting an Android device. The results of the case study are affirmative and they indicate that the proposed methodology is applicable for testing embedded systems of this kind.

Keywords—embedded systems; quality assurance; black-box testing; white-box testing; code coverage

I. INTRODUCTION

Quality assurance, such as the software testing of embedded systems, is an important issue. Software testing is a diverse field that supports different software requirements, such as functional correctness, usability, robustness, efficiency, backward compatibility, etc. Black-box (BBT) testing is one approach for automated functional testing in TV and multimedia technology. The main flow of the process includes test case generation from the specification. Some, or all of them, are selected to be executed in a certain order. Some other testing techniques in systems for automatic functional testing of digital TV sets have been proposed in [1,2], as the best possible choice in the development of multimedia devices.

In this paper, a methodology that helps the testing of embedded systems software/hardware architecture is presented. Besides BBT, it uses white-box software testing technique. It can be used to evaluate and improve the quality of functional testing by determining untested parts of the embedded architecture. In that way, black-box testing of embedded systems is aided using white-box testing techniques. The goal is to provide valuable information of the executed black-box tests quality. Using a technique

called code instrumentation, the *test coverage* (or briefly coverage) and *traceability* information are extracted from the execution *trace*. Traceability model is a list of methods that are being reached during the execution of the test case.

Execution of tests is done automatically by using a PC based application for control, development and execution of automated test cases. This automation increases the quality of the software under test. The outcome of this execution is a pass/fail decision for test cases set by the requirements. These results can be used to select or prioritize test cases during the next execution. Also, the set of simple test cases can be used to find uncovered paths and branches in executed software. One of many possible applications of this kind is presented in [3].

In the next section, some of the reasons and methods for test case selection are presented. Then, in the third section, each proposed criteria for prioritization is briefly described. Fourth section gives details of the described module implemented in the BBT plug-in (device driver). The fifth section presents an implementation of the presented module as a BBT device driver, and in the sixth section, the automated testing process of the STB (set-top box) is described. These consumer devices are employed in Digital Video Broadcasting Networks, and are mainly used for digital television reception and some interactive services [4,5,6]. Finally, in the seventh and eighth section, we describe the validation of the proposed system, along with the instrumentation process, in order to obtain coverage data.

II. TEST CASE SELECTION

Test case selection and prioritization make the testing process much quicker. If the proper test cases for the testing process can be selected, then less resources are required to perform testing that produces some of the following goals: covering the methods, the code, the methods, the branches, or reach a given level of any other type of test coverage. To select or prioritize test cases, some enumerable properties of them could be measured. Selecting a set of test cases can decrease the needs of testing, but also save time and money. There are two options for selecting desired test cases: either the selection of all available test cases, or the selection of only those test cases which cover methods that have been changed in the previous executions. The requests for all test cases, or only selected ones, are generated by the

NAPOMENA:

- Ovaj rad proistekao je iz master rada Sandre Kukulj. Mentor je bio prof. dr Miroslav Popović.
- Rad je prethodno publikovan na konferenciji ECBS-EERC 2013, Budimpešta, avgust 2013.

instrumentation tool, which represents another white-box testing module. The available input information with the test case list is in the form of text files, generated by the instrumentation tool. Naturally, there is no repetition of test cases in the resulting output, whereas two or more methods can be covered with the same test cases. The output is generated by the test executor application, as a project file that contains sorted test cases.

III. TEST CASES PRIORITIZATION

Prioritization of test cases is mostly based on the coverage information and it gives optimal usage (saving of available resources). The main goal is coverage of all methods in a STB's application with minimum number of test cases. Another goal is to reach high speed in this process which can be realized by executing a larger number of short test cases. The prioritization process provides a list of test cases that are ordered by previously selected priority criteria, i.e. test case properties.

A. Prioritization based on longest traces of execution

One of several prioritization criteria is based on the information about trace lengths, which are given in the input file, for each test case. Namely, these traces represent the number of executions of different methods associated with a particular test case. During the execution of a specific test case, some methods can be called more than once, or not called at all. The aim of this criterion is to calculate the priority of test cases in descending order, where test cases that cover methods with longer traces should have higher priority. These traces represent the runtime method call, and in this context, the methods trace is the number of their calls within one test case. The term *trace length*, or just *trace*, is the number of method calls concerning one particular test case. So, test cases with longer traces are in fact the ones that have reached largest number of methods.

Trace length calculation is presented with formula (1), as the trace length from previous execution of test case subtracted from trace length of the last executed test case.

$$traceLen = cum_trace_len_n - um_trace_len_{n-1} \quad (1)$$

B. Prioritization based on coverage

This criterion prioritizes test cases on the basis of given method coverage information. First, the file with all the covered methods for each test case is read, and a map with this information is created. Then, for each test case, methods that are covered by a certain test case are found. The test case with the highest priority is located. The higher coverage test cases are placed on the top of the list, while the priorities for all other test cases are recalculated. This recalculation is done by observing methods that have not yet been covered. In the end, the structure with the resulting outputs is created.

C. Prioritization based on failing test cases

First, the file that holds all the pass/fail results for certain test cases is read. This file also contains the execution date for every test case. Then, these dates are used for calculation

of the time interval in which test cases have failed most frequently. Test cases that have failed less frequently have lower priority than those that failed more often.

IV. AUTOMATED TESTING PROCESS

As already mentioned, BBT only checks the functionality of the system. There is no knowledge about the internal structure of the object under test, and the tester only observes how the object responds to the given set of inputs. The WBT method does the opposite. It tests the code and searches for errors or dead code. Relevant information about the source code can be collected. This helps BBT in making code check during functional testing or in finding out if additional test cases are necessary. On the other hand, this information could reduce the number of test cases needed to cover all the methods, or an order of test cases could be made such to select the most efficient ones first. Automating the test case generation process provides a means to ensure that test cases have been derived in a consistent and objective manner and that all system requirements have been covered [7]. For testing purposes of the BBT, the Executor application is executed. It automatically defines test cases and executes them as input scripts. These special input scripts that contain previously generated set of test cases are used for making and executing test plans. The output is generated also as a set of tests, but with ordered test cases. Automatic test case generation increases adaptive capabilities of the system. In this way of test cases generation, only a subset of test cases is actually executed on the object under test. On the basis of the results, a decision is made on which tests need to be performed further. Since the internal system structure is not known, test cases are generated based on the specification of the functionality of the object, in order to test the complete functionality of the object under test.

V. BBT PLUG-IN TOOL

The BBT plug-in tool is realized as a device driver that plugs into the BBT system. The device driver module has its own API that enables interaction with the BBT application and simplifies the realization of the application module. The plug-in connects to the device and sends control messages. It makes the proper calculations and returns not yet covered methods names in a text file (coverage information).

Coverage information is necessary to perform any coverage-based testing tasks, like test case selection, test case prioritization, test case generation, etc. The trace, on which this coverage information is usually based on, may contain relevant information about the actual program execution, like method-entries or returns, line number of executed instructions, etc. Traces created by test cases show the connection between the code and the test case. The functional coverage connects test cases and the specification. It shows which test case refers to which functionality, defined in the specification. Code coverage gives the information of how much code has been reached by the test case during the execution.

The plug-in calculates the coverage for each test case, and then all the information is written into a file in the testing directory. Traceability value can be computed based on the connection between the functionalities, the test cases, and the coverage information. This means that we can establish traceability links between test cases and source code. Through these links and, the existing traceability links, we can define missing links between other elements (e.g. requirements and source code). Even if traceability exists between code and higher level elements, we can compute different type of coverage based on code coverage (e.g. compute requirements coverage if requirements-code traceability links are available).

VI. CODE INSTRUMENTATION

A necessary step in coverage calculation is the instrumentation of the whole code before test execution. By instrumenting a certain program, it is possible to determine, among others, the number of decisions (branches), previously exercised with the given test case.

The used instrumenting technique enables automated instruction inserting that simultaneously generates trace and coverage information for the executed code. Having the DLL for the *instrumenter application* (a device that instruments the binary code), the coverage information is obtained after the execution of test cases. It prepares the code and the environment to send information during test execution by inserting feedback instructions into the source code or inserting interrupt instructions and additional code to the binary.

This DLL serves as an addition for the BBT system for automated test execution. Executable code is necessary for the presented instrumentation method, as a part of WBT. The code gets executed during program testing in order to measure the test coverage, which is calculated in percentage, according to formula (2), where *rm* represents the number of reached methods during the execution, and *am* represents the number of all the methods:

$$coverage = (rm/am) \times 100 \quad (2)$$

This coverage gives information about how many lines and which lines are covered, or which methods (their IDs), etc. Additional lines provide the collection of the number of instruction/method calls. In Android systems, we need a server application that collects the information and communicates with the BBT device. Another addition is the DLL for the BBT device called the *CoverageClient* that needs to be included into every test case. It is a communication endpoint that makes the computations.

VII. VALIDATION

A python script is written for the execution of a convenient calculator application, which is controlled using special macros for automation purposes. This application is used for testing the prioritization of test cases. The numbers are generated randomly and therefore the actual results cannot be compared with the expected ones. Currently

calculated test script result (extracted in the file) is compared with the file generated from the OCR. The image is grabbed using a single channel device called NAViC (Network Attached Video Capture). It captures uncompressed images directly from the digital STB and DTV.

The tester communication unit (TCU) consists of system user interface, use-case scenarios database (as a collection of various test cases), and of course, the results. The system user interface is intended for specifying the use-case scenario of a DUT (Device Under Test, in this case, the Television Set), starting the testing process and examining the final testing results. The other side of the system is the processing unit (PU) that performs the functional failure detection and controls the DUT. A test case is only a calculation for randomly generated numbers, while two or more test cases make up a sequence of calculations. Each test case executes one operation on two randomly generated operands. The coverage percentage is also generated, and it is accumulated after every other test case is executed, what can then be called as a sequence of calculations, therefore a formula for calculating cumulative coverage percentage is given as:

$$cum_cov = \frac{\sum_{n=1}^{N=10} cov_met_num}{\sum_{n=1}^{N=10} met_num} \times 100 \quad (3)$$

This formula shows that cumulative coverage is acquired by division of all covered methods (both covered and uncovered methods). Because coverage is cumulative, the percentage value of the coverage, as well as the covered method number stay the same after testing is performed with a randomly chosen operation that has already been exercised. Table I represents the first testing campaign, while Table II is the second testing campaign. Table I gives an example of which methods have been covered by the presented test cases and which methods have been changed, but also what is the number of covered methods for each case of 30 in total, as well as the execution runtime, trace length and outcome of the testing process. This table also gives an insight of test case description, the total number of covered methods and coverage for each test case.

Table II describes all four prioritization criteria for selection of all test cases with cumulative coverage for every criterion, based on which it is possible to reduce the number of test cases based on the same maximum coverage achieved (cutting the list of test cases from the second test case that reaches maximum coverage), and with this the execution runtime is reduced.

VIII. CONCLUSION

In this paper, a methodology of test case selection and prioritization in testing embedded systems is presented, combining white-box and black-box testing techniques. The execution environment provides coverage information, which can then be used to improve the testing quality.

TABLE I.

TEST CASE DESCRIPTION AND RESULTS

First Testing Campaign							
Test Case ID	Test Case Description	Covered Method Number	Covered Methods IDs	Changed Methods	Trace Len.	Execution Runtime [ms]	Test Outcome
Sub_1	873-530=343	14/30	M1, ..., M13, M14	M4, M5, M8	14	6511	PASS
Sub	957-649=308	15/30	M1, ..., M13, M14	M4, M5, M8	14	7654	PASS
Mul_2	616*855=526.68	15/30	M1, ..., M13, M15, M18	M5, M18	15	6970	PASS
Mul_1	424*838=355.31	15/30	M1, ..., M13, M15, M18	M5, M18	15	5714	FAIL
Mul	43*29=1247	15/30	M1, ..., M13, M15, M18	M5, M18	15	7003	FAIL
Div_1	158/278=0.57	14/30	M1, ..., M13, M16	M12, M10	14	7367	PASS
Div	428/80=5.35	14/30	M1, ..., M13, M16	M12, M10	14	7421	PASS
Add_2	605+915=1.520	14/30	M1, ..., M13, M17	M2, M8, M12	14	6007	FAIL
Add_1	739+320=1059	14/30	M1, ..., M13, M17	M2, M8, M12	14	6556	PASS
Add	862+74=936	14/30	M1, ..., M13, M17	M2, M8, M12	14	6684	PASS

TABLE II.

TEST CASES BEFORE AND AFTER PRIORITIZATION

Second Testing Campaign									
Test Cases Before Prioritization		Longest Traces		Most Coverage		Most Additional Coverage		Most Failing Tests	
Test Case	Cumul. Coverage [%]	Test Case	Cumul. Coverage [%]	Test Case	Cumul. Coverage [%]	Test Case	Cumul. Coverage [%]	Test Case	Cumul. Coverage [%]
Sub_1	46.66	Mul_2	50.00	Mul_2	50.00	Mul_2	50.00	Mul_1	50.00
Sub	46.66	Mul_1	50.00	Mul_1	50.00	Sub_1	53.33	Mul	50.00
Mul_2	53.33	Mul	50.00	Mul	50.00	Div_1	56.66	Add_2	53.33
Mul_1	53.33	Sub_1	53.33	Sub_1	53.33	Add_2	60.00	Sub_1	56.66
Mul	53.33	Sub	53.33	Sub	53.33	Mul_1	60.00	Sub	56.66
Div_1	56.66	Div_1	56.66	Div_1	56.66	Sub	60.00	Mul_2	56.66
Div	56.66	Div	56.66	Div	56.66	Div	60.00	Div_1	60.00
Add_2	60.00	Add_2	60.00	Add_2	60.00	Add_1	60.00	Div	60.00
Add_1	60.00	Add_1	60.00	Add_1	60.00	Add	60.00	Add_1	60.00
Add	60.00	Add	60.00	Add	60.00	Mul	60.00	Add	60.00

More specifically, coverage data is used to select appropriate test cases and sort them in required order, based on the given specification, i.e. coverage criteria. Developers and testers use code coverage to ensure that all or significant part of all statements in a program have been executed at least once during the testing process. This approach allows only the required tests to be executed and increases the overall usefulness of the test suite. Selection of test cases is done so that available resources can be optimized, and it represents a new approach in this field of work. This approach makes it possible to get the same coverage, but with less test cases. The goal was to find the connection between requirements, test cases and methods. The advantage is that after a particular prioritization criterion, redundant test cases are discarded for next execution. Another advantage is the fact that after the reduction of test cases has been done, coverage percentage stays the same. Future work could be to automate test case generation based on the requirements specification.

ACKNOWLEDGMENT

This paper was partially supported by the IPA project CIRENE, Serbian Ministry of Edu. and Science, Grants TR 32031 and III 44009, and Vojvodina Provincial sec. of

Science and Tech. Dev., Grant 114-451-2434/2011-03. The authors would like to thank colleague Róbert Rácz for his contribution.

REFERENCES

- [1] A. N. Rau, "Automated test System for Digital TV Receivers", *IEEE Int. Conference on Consumer Electronics*, pp. 228-229., 2000.
- [2] Rama, R Alujas, F Tarres, "Fast and robust graphic character verification system for TV sets", *In Eighth International Workshop on Image Analysis for Multimedia Interactive Services 19*, 2007.
- [3] D. Marijan, V. Zlokolica, N. Teslić, V. Peković, T. Teckan, "Automatic Functional TV Set Failure Detection System", *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Vol. 56, No. 1, February 2010.
- [4] S. Pekowsky and R. Jaeger, "The Set-Top Box as Multimedia Terminal", *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Vol. 44, No. 3, pp. 833 - 840., Aug. 1998.
- [5] T. Tekcan, V. Zlokolica, V. Peković, N. Teslić, M. Gündüzalp, "User-driven automatic test-case generation for DTV/STB reliable functional verification", *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Vol. 58, No. 2, pp. 587 - 595., May 2012.
- [6] F. Lonczewski, R. Jaeger, "An extensible set-top-box architecture for interactive and broadcast services offering sophisticated user guidance", *IEEE International Conference on Multimedia*, 2000.
- [7] S. J. Cunning, J. W. Rozenblit, "Automatic Test Case Generation from Requirements Specifications for Real-time Embedded Systems", *IEEE SMC '99 Conference Proceedings*, Vol. 5, pp. 784-789, 1999.

**MERENJE TEMPERATURE I KONTROLA SISTEMA AKTIVNOG HLAĐENJA
POJAČAVAČA SNAGE**
**POWER AMPLIFIER TEMPERATURE MEASUREMENT AND ACTIVE COOLING
SYSTEM CONTROL**

 Novica Badrljica, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*
Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

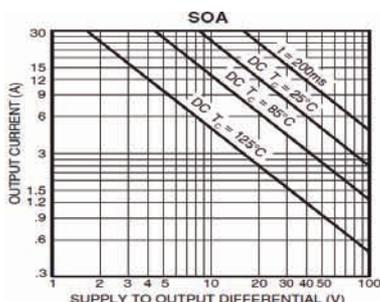
Kratak sadržaj – U ovom radu opisana je potreba za hlađenjem pojačavača snage, a zatim je na osnovu karakteristika pojačavača i konkretne aplikacije projektovan sistem za merenje temperature i aktivno hlađenje pojačavača. Sistem se sastoji od temperaturnog senzora, pasivnog hladnjaka, ventilatora i mikrokontrolera kao upravljačkog elementa.

Abstract – This paper describes the necessity for cooling of power amplifier device and design of temperature measurement and active cooling sistem based on amplifier characteristics and specific application. Sistem is consist of temperature sensor, heatsink, fans and microcontroller as a control unit.

Ključne reči: Temperatura, senzor, pojačavač, snaga, hladnjak, ventilator, mikrokontroler,

1. UVOD

Kontrola temperature pojedinih delova uređaja ili čitavog sklopa je čest zadatak u elektronskim sistemima, prvashodno zbog negativnog uticaja temperature na rad komponenata. Ovo je posebno izraženo u slučaju uređaja većih snaga. Međutim, iako je potreba za kontrolom temperature i hlađenjem sistema česta, ne postoji uniformno rešenje koji se primenjuje u praksi, nego se u zavisnosti od situacije i konkretnih uslova projektuju adekvatni sistemi. U ovom radu je realizovan jedan takav sistem, gde se kontrolisala temperatura operacionog pojačavača APEX PA05 koji je suštinski element većeg sistema, pojačavača snage za induktivna opterećenja. Na slici 1 je prikazana oblast sigurnog rada operacionog pojačavača PA05 i može se videti kolika ograničenja unosi povećanje temperature pojačavača.



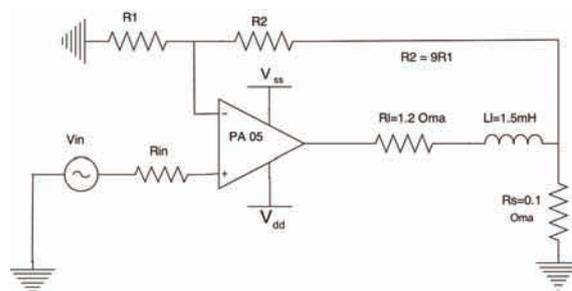
Slika 1: Oblasta sigurnog rada PA05 OP-a

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Miloš Živanov, red.prof.

2. TEORIJSKA ANALIZA PROBLEMA

Pre bilo kakvog dimenzionisanja sistema za hlađenje, moraju biti poznati neki kritični uslovi tj. ograničenja koja su nametnuta kao projektni zahtevi. U ovom slučaju se operacioni pojačavač PA05, koristi kao drajver za induktivni potrošač u pojačavaču snage i realizovan je kao naponsko-strujni konvertor. Njegova uprošćena šema povezivanja je prikazana na slici 2.



Slika 2. Primena operacionog pojačavača PA05

Zahtevi koji su stavljeni pred pojačavač su sledeći:

1. Napon napajanja od $\pm 40\text{V}$
2. Maksimalna izlazna struja $I_{O_{max}}$ od 5A
3. Frekventni opseg od 16Hz do 128KHz
4. Maksimalna snaga disipacije od 250W specificirana u [1]

Da bi se mogla izračunati očekivana temperatura operacionog pojačavača, koja je osnovna informacija za projektovanje sistema za hlađenje, potrebno je znati snagu koja se disipira na pojačavaču, a zatim se, koristeći termalno-električni model, može doći do očekivane vrednosti temperature samog pojačavača. Kada govorimo o snazi operacionog pojačavača, treba napraviti razliku između snage koja se predaje potrošaču i troši na njemu i one snage koja se disipira unutar samog pojačavača. Ove dve snage obično nisu iste vrednosti i to je posebno naglašeno u slučajevima kada je potrošač pretežno reaktivne prirode, kao što je ovde slučaj, jer se tada veći deo snage disipira unutar operacionog pojačavača, a manji na samom potrošaču. Karakteristike potrošača korišćenog u ovom radu su sledeće:

- Redna otpornost $R_1 = 1.2 \text{ }\Omega$
- Induktivnost $L_1 = 1.5 \text{ mH}$

Kada su poznate ove vrednosti može se pristupiti izračunavanju snage disipacije na pojačavaču. Počecemo od jednačine za ukupnu snagu disipacije na pojačavaču snage koja glasi:

$$P_D = P_{Dq} + P_{Dout} \quad (1)$$

gde P_{Dout} predstavlja snagu disipacije na izlaznim tranzistorima, a P_{Dq} na ostatku kola usled struja polarizacije. Snagu koja se disipira usled struja polarizacije u pojačavaču je lakše izračunati, jer predstavlja proizvod tih struja polarizacije unutar pojačavača i ukupnog napona napajanja na njemu, $P_{Dq} = V_{Stotal} \cdot I_{qmax}$. Maksimalna struja polarizacije je data u [1] i iznosi $I_{qmax}=120mA$, pa tako dobijamo da je maksimalna vrednost snage disipacije usled mirnih struja:

$$P_{Dq} = 80V \cdot 120mA = 9.6W \quad (2)$$

Snaga koja se disipira na izlaznom stepenu pojačavača je ipak daleko veća od pomenute i predstavlja glavni izvor zagrevanja komponente, ali ju je istovremeno i mnogo teže izračunati. Poznato je da impedansa induktivnog potrošača zavisi od frekvencije signala, pa tako za više frekvencije potrošač postaje više reaktivan što predstavlja teži slučaj po operacioni pojačavač, jer se više snage disipira na njegovim izlaznim tranzistorima nego na potrošaču. Po ovoj logici, zaključuje se da je najgori slučaj na maksimalnoj radnoj učestanosti jer je tada potrošač najviše reaktivan. To, međutim, nije tačno jer je tada impedansa potrošača velika, a samim tim i struja kroz njega mala, jer važi relacija $V_{out} = I_{out} \cdot Z_l$. Mala struja ne može prouzrokovati veliku snagu disipacije. Dakle, treba naći momemat kada je snaga disipacije P_{Dout} maksimalna, a to je slučaj kada je:

$$Z_l = \frac{V_{out max}}{I_{out max}} \quad (3)$$

V_{outmax} ćemo pretpostaviti da može biti jednak naponu napajanja V_s , iako je u praksi nešto niži, što kada se uvrsti u (3) daje vrednost za $Z_l = 8\Omega$. Za računanje srednje snage disipacije se u praksi koriste dve različite formule, obe navedene u [2]. Koja će u konkretnom slučaju biti upotrebljena zavisi od toga da li je potrošač pretežno rezistivne ili reaktivne priroda. Da bi se to odredilo, mora se izračunati fazni ugao u potrošaču, φ . Iz trougla impedansi se fazni ugao može izraziti kao $\cos\varphi = X_l/Z_l$, odakle se dalje može izraziti φ . Dakle, ako je Z_l impedansa potrošača sastavljenog od R_l i X_l , važi relacija:

$$Z_l = \sqrt{R_l^2 + X_l^2} \quad (4)$$

Iz gornje jednačine, imajući u vidu da je $Z_l = 8\Omega$, se dolazi se vrednosti reaktanse i ona iznosi: $X_l = 7.91\Omega$. Sa poznatom vrednošću reaktanse se konačno može izračunati fazni ugao φ , koji glasi:

$$\varphi = \sin^{-1}\left(\frac{R_l}{Z_l}\right) = 81.37^\circ \quad (5)$$

Uzevši u obzir preporuke iz dokumenta [2] i upravo izračunatu vrednost faznog pomeraja, dolazi se do konačne formule za maskimalnu srednju snagu disipacije na izlaznom stepenu operacionog pojačavača:

$$P_{Doutmax} = \frac{V_s}{2Z_l} \left[\frac{4}{\pi} - \cos\varphi \right] \quad (6)$$

Zamenom brojnih vrednosti u gornju jednačinu vidimo da ova snaga iznosi: $P_{Doutmax} = 112.4W$. Sada se po jednačini (1) ukupna srednja snaga disipacije na pojačavaču dobija kao zbir dve prethodno izačunate i

iznosi $P_d = 122W$. Ova vrednost će se dalje koristiti za dimenzionisanje sistema za hlađenje.

Međutim, pre nego što se pristupi dimenzionisanju hladnjaka, treba proveriti još jedan uslov. Naime, pored izračunate srednje snage koja zapravo zagreva komponentu postoji i trenutna snaga, koja u slučajevima sa reaktivnim potrošačem može biti dosta više od srednje snage. Da bismo bili sigurni da neće doći do uništenja operacionog pojačavača treba ispitati i maksimalnu vrednost trenutne snage. Treba još i navesti da je trenutna snaga kratkotrajna, pa PA05 može izdržati njene veće vrednosti, što se može videti na slici 1. Trenutna snaga se računa tako što se crtaju krive opterećenja i na osnovu njih se zaključuje kolika je snaga. Krive opterećenja se crtaju po sledećim pravilima:

1. Računa se I_{max} . U ovom slučaju znamo da je $I_{max}=5A$
2. Računa se trenutna vrednost struje za svaki korak po formuli: $I = I_{max} \cdot \sin(\varphi_l - \varphi)$. φ_l predstavlja ugao dodat na početni ugao φ .
3. Računa se napon na provodnom tranzistoru po formuli: $V_d = V_s - V_o = V_s - V_s \sin\varphi_l$

Kriva opterećenja se crta za ugao od 0° do 180° stepeni veći od faznog ugla u potrošaču, φ , u koracima od po 15° . Konačno, koristeći poznate podatke i postupak crtanja prethodno opisan, dobija se R-L kriva opterećenja konkretnog potrošača prikazana na slici 3.



Slika 3: R-L kriva opterećenja

Maksimalna trenutna snaga iznosi 236.3W što se i vidi na grafiku na slici 3. Takođe se vidi da kriva opterećenja (plava linija) prelazi oblast SOA. Uzevši u obzir to da je prelaz neznatan i da je trenutna snaga u praksi kratkotrajna, kao i činjenicu da je vrednost maksimalne trenutne snage u granici dozvoljenoj za operacioni pojačavač (250W), zaključuje se da neće biti negativnih posledica po isti. Sledeći korak je projektovanje odgovarajućeg sistema za hlađenje.

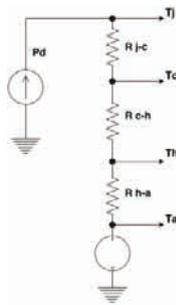
Postoje dva osnovna uslova u procesu dimenzionisanja sistema za hlađenje operacionog pojačavača. Prvi kaže da maksimalna snaga disipacije na istom mora biti poznata, dok drugi definiše maksimalnu dozvoljenu temperaturu PN spoja, T_j , i temperaturu kućišta komponente, T_c . Oba uslova su ispunjena i glase:

1. Maksimalna snaga disipacije $P_{Doutmax} = 112.4 W$
2. Maksimalna temperaturaj spoja $T_j = 135^{\circ}C$, a kućišta $T_c = 85^{\circ}C$.

U svrhu izračunavanje termalnih karakteristika sistema koriste se tzv. termo-električni modeli. Ovi modeli služe da termalni sistem predstave kao ekvivalentni električni sistem, koji se zatim može lako rešiti. Predstavljanje termalnih veličina električnim se vrši po sledećem pravilu:

1. Snaga disipacije se predstavlja kao struja
2. Temperatura se predstavlja kao napon
3. Termalna otpornost se predstavlja kao električna otpornost

Koristeći pomenuti modele dobija se sistem prikazan na slici 4.



Slika 4: Termalno-električni model sistema

T_a predstavlja temepraturu ambijenta i iznosi $25^{\circ}C$, dok su R_{h-a} , R_{c-h} i R_{j-c} termalne otpornosti hladnjaka, termalne podloške i same komponente, respektivno. Koristeći prikazani model dolazi i zadate vrednosti temperature, dolazi se do vrednosti za termalnu otpornost hladnjaka, R_{h-a} , potrebnu da bi se temperatura kućišta držala u dozvoljenim granicama:

$$R_{h-a} = \frac{T_c - T_a}{P_d} - R_{c-h} = 0.44 \text{ }^{\circ}C/W \quad (7)$$

Poznavajući fizičke dimenzije sistema, praktično je nemoguće naći hladnjak sa ovoliko niskom vrednošću termalne otpornosti, te se moraju upotrebiti elementi aktivnog hlađenja, ne bi li se vrednost termalne otpornosti spustila na zadatu vrednost. Vodeno hlađenje je komplikovan i skup sistem, te se upotreba forsiranog odvoda vazduha pomoću ventilatora nameće kao logično rešenje. Tako se dolazi do konačnog izgleda sistema čiji je blok-dijagram prikazan na slici 5.



Slika 5: Blok dijagram kompletnog sistema

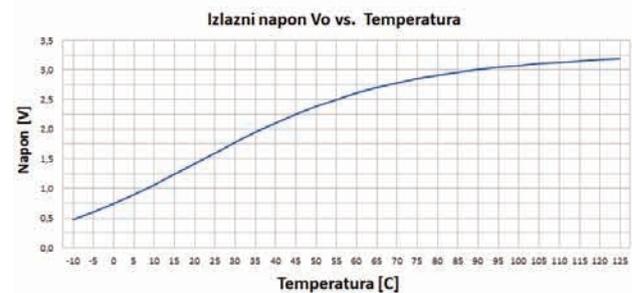
Vidi se da je čitav sistem podeljen u manja blokove od kojih svaki ima zasebnu funkciju:

- **Merenje temperature**, odnosno akvizicija - u ovom delu se temperatura pomoću senzora pretvara u električni signal
- **Upravljanje** - obrađuje se signal sa senzora, vrši se upravljanje po određenom algoritmu i generiše se upravljački signal
- **Aktucija** – upravljački signal se preko drajverskog kola vodi do aktuatora (ventilatora)

Upravljanje se vrši po zatvorenoj petlji tako što se trenutna vrednost temperature nadgleda i konstantno upoređuje sa zadatom vrednošću i na osnovu njihove razlike se formira signal greške. Ovaj signal se kasnije pretvara u impulsno-širinsko modulisan (*Pulse Width Modulation (PWM)*) upravljački signal kojim se kontroliše brzina obrtanja ventilatora, što direktno utiče na sposobnost odvođenja toplote sa pojačavača, odnosno njegovu temperaturu.

3. PRAKTIČNA REALIZACIJA

Prvi element u lancu je temperaturni senzor. Njegova uloga je da pretvori fizičku veličinu, temperaturu, u odgovarajući električni signal, koji se zatim vodi do sledećeg stepena, mikrokontrolera. Postoji više vrsta temperaturnih senzora koji rade na različitom principu: manometri, termoparavi, termistori itd. U ovom radu je kao temperaturni senzor iskorišćen NTC termistor čija je nominalna otpornost $5K\Omega$ na $25^{\circ}C$ i opseg merenja od $-55^{\circ}C$ do $155^{\circ}C$. Senzor je povezan tako da je njegov izlazni napon pri maksimalnoj i minimalnoj temperaturi merenja bude u granicama dozvoljenog ulaznog napona mikrokontrolera. Na slici 6 se vidi odnos izlaznog napona senzora i temperature.



Slika 6. Izlazni napon senzora naspram temperatura

Primetno je da je izlazni napon senzora nelinearan, te da se zarad tačnog merenja mora sprovesti njegova linearizacija. Linearizacija je izvršena softverskim putem tako što se, koristeći metodu najmanjih kvadrata, nelinearna karakteristika senzora izdelila na više malih linearnih delova i za svaki su izračunate odgovarajuće linearne konstante. Dalje se, pri obradi signala, računanju temperature i generisanju upravljačkog signale, koriste konstante baš za taj opseg, čime je eliminisana greška koju unosi nelinearni senzor u proces merenja.

Kao element upravljanja koristi se moderni mikrokontroler Piccolo TMS320F28035, proizvođača Texas Instruments. Neke od osnovnih karakteristika kontrolera su:

- Radni takt od 60MHz i 32-bitna struktura
- 20KB RAM memorije, 128KB *Flash* memorije
- 16 A/D konvertora, 3 Tajmera, 14 PWM izlaza,
- Mnoštvo periferija - UART, SPI, CAN, I2C...

Signal sa senzora se vodi na ulaz A/D konvertora mikorkontrolera gde se očitava frekvencijom od 60KHz. Dobijena vrednost se zatim dalje obrađuje i na osnovu nje se generiše izlazni signal u PWM bloku kontrolera. Vrednost pozitivne periode upravljačkog signala je

srazmerna temperature pojačavača i pri $T_c = 85^\circ\text{C}$ je $\text{PWM}_\% = 100$ dok je pri $T_c = 25^\circ\text{C}$ i niže $\text{PWM}_\% = 0$. Perioda upravljačkog signala je 30KHz. U softveru mikrokontrolera su implementirane i dve zaštite, jedna od previsoke temperature koja isključuje pojačavač kada je merena temperatura viša od 85°C i druga koja registruje neispravan i otkaćen senzor. Pored ovih funkcija, mikrokontroler obavlja i komunikaciju sa personalnim računarom preko UART protokola. Na ovaj način je realizovan mali korisnički interfejs koji korisniku omogućava uvid u trenutnu vrednost temperature pojačavača. Još jedna bitna stavka u softveru mikrokontrolera je specijalna IQmath biblioteka koja proizvođač obezbeđuje kao podršku kontrolerima sa fiksnom tačkom. Ova biblioteka koristeći svoje specijalno optimizovane funkcije pruža mogućnost virtuelnog *floating-point* računanja na *fixed-point* kontrolerima i njen potencijal je iskorišćen u ovom radu.

Ranije je izračunato da je vrednost termalne otpornosti hladnjaka koja garantuje siguran rad pojačavača $0.44^\circ\text{C}/\text{W}$. Međutim, zbog malih dimenzija sistema, hladnjak koji je korišćen ima termalnu otpornost od svega $0.98^\circ\text{C}/\text{W}$. Poznato je da se bržim strujanjem vazduha preko površine hladnjaka njegova termalna otpornost smanjuje. Koliki je uticaj protoka vazduha na termalnu otpornost hladnjaka opisuje tzv. Faktor korekcije. Ovaj broj pokazuje koliko se smanjila termalna otpornost hladnjaka pri određenom forsiranom protoku vazduha u odnosu na termalnu otpornost pri prirodnom protoku. Određivanjem faktora korekcije, može se iz tabele 1 zaključiti koliki protok vazduha treba da se stvori na hladnjaku da bi se termalna otpornost istog spustila na zelenju vrednost.

Tabela 1: Faktor korekcije

LMF	Faktor korekcije
100	0,757
200	0,536
300	0,439
400	0,378
500	0,338
600	0,309
700	0,286
800	0,268
900	0,252
1000	0,239

Dakle, deljenjem 0.98 sa 0.44, dobija se 0.45, što znači da faktor korekcije od 0.45 i manji obezbeđuje smanjenje termalne otpornosti na potrebnih $0.44^\circ\text{C}/\text{W}$. Pogledom u tabelu 1, zaključujemo da je potrebno da kapacitet ventilatora bude bar 300 LFM da bi se to postiglo. Posle opsežne pretrage, došlo se do zaključka da će biti upotrebljeni ventilatori proizvođača SEPA, model MBF50E-12.

Ovaj model zadovoljava potrebne uslove u pogledu dimenzija, napona napajanja od 12V i potrebnog protoka vazduha od maks. 238 l/min odnosno 315LFM. Iz predostrožnosti su iskorišćena dva ovakva ventilatora jer se time isti mogu vrteti na manjem broju obrtaja, a i dalje obezbediti potreban protok vazduha. S obzirom na to da je kontroler malih strujnih mogućnosti, njegov upravljački signal se ne može direktno voditi na ventilatore, nego se za njihov pogon koristi snažniji tranzistor ZXM61N02F.

4. TESTOVI I REZULTATI

Testovi kompletnog uređaja, pojačavača snage, sprovedeni su u laboratoriji TES Electronic Solution-a, gde je operacioni pojačavač PA05 radio sa maksimalnim opterećenjem, ali je projektovani sistem uspeo održati njegovu temperaturu u dozvoljenim granicama. Za potrebe validacije preciznosti merenja temperature sprovedeni su zasebni testovi, gde se senzor zagreva na određenu temperaturu, a zatim su upoređivane vrednosti koje prikazuje sistem na računaru i koje prikazuje infracrveni bezkontaktni merač temperature proizvođača Standard Instruments, model ST-8863. Dobijene vrednosti su prikazane u tabeli 2.

Tabela 2: Rezultati merenja

Temperatura [$^\circ\text{C}$]	Pokazivanje senzora [$^\circ\text{C}$]	Pokazivanje termometra [$^\circ\text{C}$]	Greška [%]	Greška [$^\circ\text{C}$]
20	20,08	20,1	0,02	0,02
25	25,00	25,0	0,00	0,00
30	30,20	30,1	0,11	0,10
35	34,98	34,9	0,08	0,08
40	40,00	40,0	0,00	0,00
45	44,95	45,0	0,05	0,05
50	50,00	49,9	0,11	0,10
55	55,38	55,2	0,19	0,18
60	59,86	60,1	0,25	0,24
65	65,07	65,2	0,14	0,13
70	69,68	70,0	0,34	0,32
75	74,83	75,1	0,28	0,27
80	80,00	81,2	1,26	1,20
85	85,00	86,3	1,37	1,30

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu prikazan je postupak projektovanja sistema za merenje i kontrolu temperature pojačavača snage. Dat je proračun snage disipacije na pojačavaču i njegova očekivana temperatura, na osnovu čega se dalje projektovao čitav sistem. Sistem je baziran na upotrebi NTC termistora kao akvizicionog elementa, mikrokontrolera kao elementa upravljanja i kombinacije hladnjaka i ventilatora koji predstavljaju aktuatorске elemente. Tokom testiranja dokazano je da sistem uspešno obavlja svoju funkciju.

6. LITERATURA

- [1] Apex Analog, "PA05 Power Operationa amplifier", http://www.apexanalog.com/wp-content/uploads/2012/07/PA05U_L.pdf
 [2] Apex Analog, "General Operating Considerations", http://www.apexanalog.com/wp-content/uploads/2012/10/AN01U_J.pdf

Kratka biografija:



Novica Badrljica rođen je u Mokrinu 1987. god. Osnovne akademske studije završio je na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mikroročunarska elektronika na usmerenju za Primenjenu elektroniku 2011. godine. Kao student na razmeni, master godinu je slušao na Fakultetu za Elektroniku u Wroclawu, Poljska. Od septembra 2012 god. je praktikant u firmi TES Electronic Solutions u Beogradu.

Napomena: Autor izražava posebnu zahvalnost kolegama iz firme TES Electronic Solutions, gde je, u okviru složenijeg projekta, ovaj rad i realizovan.

PODRŠKA DEFINISANJU RESURSA U ARHITEKTURI BEZBEDNOG SOFTVERA**THE SECURE SOFTWARE ARCHITECTURE A RESOURCE DEFINITION SUPPORT**Milan Unković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – *Ovim radom želi se napraviti uvod u bezbednost kompozitnih sistema i u jedno rešenje za zaštitu različitih korisničkih podataka uz osvrt na jednu implementaciju.*

Abstract – *With this paper an overview of computer security will be presented as well as one possible solution for data protection in composite software systems.*

Ključne reči: *bezbednost, zaštita, kontrole sistema.*

KOMPOZITNI BEZBEDNI SISTEMI

Današnje softverske sisteme možemo da podelimo u sistemске i aplikativne softvere. Osnovna razlika između ove dve grupe sistema je u nivou apstrakcije funkcionalnosti koje su dostupne krajnjim korisnicima. Sistemski softveri kontrolišu i upravljaju kompjuterskim sistemima, odnosno komuniciraju sa fizičkim uređajima od kojih je složen kompjuterski sistem sastavljen i na taj način pružaju podršku aplikativnim softverima koji procesiraju informacije krajnjeg korisnika. Kompozitni aplikativni sistemi mogu da se posmatraju kao mreža većeg broja manje složenih četvoroslojnih struktura koje međusobno komuniciraju. Četvoroslojna struktura se sastoji od sloja koji skladišti podatke, sloja za komunikaciju sa slojem podataka, sloja sa biznis logikom sistema i sloja za implementaciju grafičkih interfejsa dostupnih krajnjim korisnicima. Podela složenog sistema na više manjih i jednostavnijih sistema bi trebala da se zasniva na podeli skupa funkcija koje su implementirane u sloju sa biznis logikom sistema. Cilj podele sistema na više manjih celina je smanjenje složenosti sistema prilikom razvoja, a samim tim i prilikom korišćenja. Ovakav način razvoja omogućuje da se za krajnjeg korisnika grupišu funkcionalnosti koje su mu potrebne i da se od njega sakriju funkcionalnosti koje nisu prilagođene njegovom tehničkom znanju. Postoji veliki broj sistema koji su razvijeni korišćenjem ovog pristupa, kako sistemskih tako i aplikativnih. Neki od takvih sistema je i sam operativni sistem, Unix ili MS-DOS baziran, ali i sistem za dinamičko upravljanje sadržajem, Ubraco.

Kod kompozitnih sistema jedan od najvažnijih problema prilikom razvoja je problem bezbednosti kako manjih sastavnih sistema, tako i složenog sistema. Zbog toga je potrebno kompozitne sisteme posmatrati kao multidimenzionalni prostor funkcija koje su projektovane kao nebezbedne i koje u sebi ne sadrže implementaciju mehanizama zaštite.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je dr Branko Perišić, red. prof.

Mehanizmi zaštite se implementiraju sa ciljem povećanja bezbednosti sistema. Kako se svaki sistem može posmatrati kao prostor funkcija, tako se i jedan njegov podsistem/sistem može posmatrati kao multidimenzionalni prostor funkcija zaštite, odnosno mehanizama zaštite. Integracijom ovih sistema dobija se kompozitni sistem čije su funkcije zaštićene od neovlašćenog pristupa i na taj način stvaraju bezbedno okruženje za rad krajnjeg korisnika.

BEZBEDNOST SOFTVERSKIH SISTEMA**1. Pojam zaštite softverskih sistema**

Razvoj softverskih sistema predstavlja skup složenih koraka od kojih je jedan od najvažnijih projektovanje bezbednosti sistema. Uvođenje pojma bezbednosti softverskih sistema podrazumeva definisanje tri značajna aspekta kompjuterskih sistema:

1. **Poverljivost** omogućava da kompjuterskom sistemu pristupaju samo ovlašćena lica, odnosno samo oni koji bi trebalo da imaju pristup određenim podacima. Pod "pristupom", ne misli se samo na čitanje nego i na pregled, štampanje, ili jednostavno znanje da konkretan sistem postoji.

2. **Integritet** znači da sistem može da se menja samo od strane ovlašćenih lica i samo na ovlašćene načine.

3. **Dostupnost** znači da je sistem dostupan ovlašćenim licima u odgovarajućem trenutku. Iz tog razloga, aspekt dostupnosti je ponekad poznat i po svojoj suprotnosti, uskraćivanjem usluga (*Denial of Service*). Da bi se sistem smatrao dostupnim, potrebno je da zadovolji sledeće kriterijume:

- odgovor treba da bude generisan za svaki zahtev upućen ka sistemu;
- sistem je implementiran na način da nema favorizovanja između podnosilaca zahteva za odgovarajućim resursom;
- tolerancija na greške je neophodna, pri čemu određene greške u sistemu ne treba da dovedu do pada sistema i gubitka informacija;
- korišćenje sistema treba da bude intuitivno;
- postojanje kontrole konkurentnosti i višekorisničkog režima rada;

Jedan od glavnih izazova prilikom razvoja bezbednost sistema je pronalazak balansa između ova tri aspekta, koja često mogu da dovedu do međusobno konfliktnih situacija.

U svakoj od faza, od specifikacije, preko dizajna i implementacije, sve do testiranja, vrši se analiza sistema i definišu se njegove moguće slabe tačke. Pri tome je potrebno da se ispita njihova otpornost, a samim tim i otpornost celokupnog sistema, na dejstva spoljašnjih

uticaja. Slabe tačke sistema mogu da se nađu na svim delovima sistema, a pošto je sistem kompleksna celina potrebno ga je podeliti u tri spregnuta podsistema koja međusobno saraduju. Prvi i možda i najvažniji deo svakog softverskog sistema je hardver na kome se taj sistem nalazi, odnosno uređaj na kom se implementirani sistem izvršava. Drugi podsistem je sama softverska implementacija sistema na nekom od programskih jezika, dok treći deo sistema predstavljaju sami podaci kojima sistem manipuliše. Sva tri podsistema su podložna istim spoljašnjim uticajima. Hardver, softver ali i sami podaci su podložni krađi, napadu i uništenju od strane neovlašćenih lica.

Zbog značaja samih podataka kojima softverski sistemi manipulišu i koji su uskladišteni na hardveru, napad na podatke je rašireniji i ozbiljniji problem nego napadi na softverski i hardverski deo sistema. Prethodno pomenuta tri bezbednosna aspekta, među kojima se nalaze poverljivost, integritet i dostupnost, odnose se kako na celokupan sistem, tako i na podatke u računarskom sistemu. Isti princip koji se odnosi na ceo sistem, odnosi se i na sam podatak u sistemu. Pravilan balans između sva tri bezbednosna aspekta rezultiraće kreiranjem bezbednog podatka.

2. Metode zaštite

Da bi se zaštitili osnovni aspekti bezbednosti, a samim tim i resurs koji se čuva, potrebno je primeniti odgovarajuće strategije zaštite. Neke od strategija zaštite dovoljno su moćne da omogućе prevenciju napada ili da ublaže posledice nastale napadom, dok su pojedine strategije samo u mogućnosti da informišu vlasnika šticeenog resursa da je napad u toku ili da je završen. Šteta se javlja kada se spoljašnja ili unutrašnja pretnja realizuje nad slabom tačkom sistema. Za zaštitu od štete, korišćenjem odgovarajuće strategije zaštite, mora se neutralisati pretnja, eliminisati slaba tačka sistema, ili oboje. Mogućnost da se desi šteta se zove rizik. Na smanjenje efekata štete možemo delovati sledećim strategijama:

- sprečavanje uzročnika štete, tako što se blokira napad ili se eliminiše slaba tačka sistema
- otežavanje napada kreiranjem složene logike pristupa
- skretanje pažnje sa cilja, kreiranjem novog lažnog sistema koji je više primamljiv
- detekcijom pretnje i njenom eliminacijom
- brz oporavak od greške

Kombinacijom ovih strategija može se preduprediti napad na sistem.

2.1 Kontrola

Kontrola kao mehanizam zaštite oko krajnjeg sistema kreira, slikovito rečeno, neprobojnu tvrđavu. Pod ovim se podrazumeva da svaki sistem mora da poseduje neke od sledećih karakteristika:

- dobro zaštićena ulazna vrata, da odbiju moguću pretnju;
- visoko postavljene zidove, pri čemu je sistem spolja vidljiv kao „*black box*“;
- most za prelazak preko okružujućeg kanala, koji će da dopusti pristup samo ovlašćenim osobama;
- čuvara mosta koji će da proveri dozvole za ulazak u sistem;

- otvore na zidinama koji treba da obezbede pružanje kontranapad;

2.2 Enkripcija

Jedan od najmoćnijih mehanizama za zaštitu podataka je kodiranje ili enkripcija. „Čisti“ podaci se uzimaju u svom normalnom, nekodiranom stanju i upotrebom odgovarajućih mehanizama se transformišu na taj način da budu nerazumljivi za spoljašnjeg posmatrača. Sa strane implementacije, enkripcija velike količine podataka zahteva veliku procesnu moć hardvera na kom se izvršava. Ceo postupak može da dovede do degradiranja performansi sistema, pa čak i do prestanka rada samog sistema. Iz ovih razloga potrebno je pažljivo odrediti mesta na kojima je enkripcija moguća i potrebna, ali na taj način da ne poremeti funkcionisanje sistema.

2.3 Softverske kontrole

Softverska implementacija sistema mora da zadovolji odgovarajuće bezbednosne kriterijume kako bi sprečili spoljašnje napade. Softverske kontrole obuhvataju:

- interne kontrole – delovi koda koji obezbeđuju ograničeni pristup, npr. pristup bazama podataka;
- operativni sistem i sistem kontrole mreže – implementacija ograničenja koja štite korisnika od svih ostalih korisnika na mreži ili unutar operativnog sistema;
- nezavisni programi – programi za proveru korisničkih lozinki, programi za zaštitu od virusa;
- kontrole prilikom razvoja – kvalitetno dizajniranje, razvoj, testiranje i održavanje softvera koje mora biti u skladu sa propisanim standardima kako ne bi došlo do određenih propusta koji kasnije postaju slabe tačke sistema;

2.4 Hardverske kontrole

Brojni hardverski uređaji su kreirani sa ciljem da pomognu u obezbeđivanju systemske bezbednost. Neki od tih uređaja su:

- *smart* kartice za enkripciju i pristup;
- brave koje ograničavaju pristup i obeshrabruje krađu;
- uređaji za verifikaciju identiteta korisnika;
- *firewall*;
- sistemi za detekciju upada;
- sistemi za pristup medija za skladištenje;

MODELOM UPRAVLJANI RAZVOJ – MDA¹

1. Osnove MDA

MDA okruženje definiše okvir za brzi razvoj softverskog sistema na osnovu modela željenog sistema. Jedna od najvažnijih karakteristika modelom upravljano razvoja jeste činjenica da predstavlja jedno sveobuhvatno rešenje jer obuhvata ceo ciklus razvoj sistema, počevši od analize i dizajna, preko implementacije, testiranja, pa sve do puštanja u rad i održavanja. Model predstavlja formalnu specifikaciju funkcija, strukture i ponašanja sistema u okviru odgovarajućeg konteksta. Formalno definisan model je onaj model koji je opisan korišćenjem formalno definisane notacije, odnosno jezika, kao što je UML².

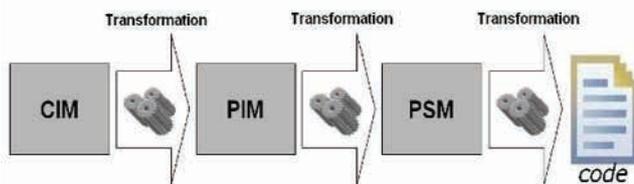
Početna osnova MDA je definisanje CIM³ modela koji sadrži pogled na sistem u vidu domena problema i

¹ MDA – The Model Driven Architecture

² UML – Unified Modeling Language

³ CIM - Computation Independent Model

zahteva samoga sistema. Odgovarajućim transformacijama CIM model postaje PIM⁴ model. Cilj ovoga modela je definisanje funkcionalnosti i koncepata sistema bez navođenja detalja vezanih za razvojnu tehnologiju. Nakon definisanja pravila za transformaciju željeni PIM se transformiše u odgovarajući PSM⁵. Pravila za transformaciju mapiraju odgovarajuće elemente iz PIM modela u odgovarajuće elemente PSM modela, npr. UML klasa sa atributima i operacijama se mapira u Java klasu sa odgovarajućim atributima i operacijama.



Slika 1 - Uprošćeno MDA okruženje

2. Prednosti i mane MDA okruženja

MDA okruženje omogućuje veoma brz razvoj rešenja u okviru odgovarajućeg domena problema. Postupak izrade je repetativan i relativno brz, pa je otklanjanje grešaka i uvođenje promena relativno brz proces. Ipak, ova strategija razvoja nije primenljiva za mala rešenja, problem mora da poseduje određeni stepen kompleksnosti da bi se MDA primenio na njegovo rešavanje.

KORIŠĆENE TEHNOLOGIJE

1. OSGi

OSGi tehnologija je skup specifikacija koje definišu dinamički sistem komponenti za Java programski jezik. Ove specifikacije omogućavaju model razvoja kod kojeg se aplikacije dinamički sastavljaju od više različitih komponenti. Mogućnost kreiranja okruženja zasnovanog na saradnji između ponovo iskoristivih komponenti koje nemaju prethodno znanje jedne o drugima pruža značajno smanjenje kompleksnosti u gotovo svim aspektima razvoja.

Svaka OSGi komponenta može da poseduje veći broj servisa koji međusobno komuniciraju. Ovim servisima se obezbeđuje prenos podataka između komponenti, ali i prenos i reagovanje na systemske događaje. Komunikacija između OSGi komponenti, odnosno servisa, omogućena je upotrebom servisnog registra - *Service Registry*, koji predstavlja najčešći i najbolje dokumentovani način za međusobnu komunikaciju servisa.

Upotrebom XML fajlova definišu se tzv. deklarativni servisi koji treba da se kreiraju u registru servisa prilikom pokretanja OSGi okruženja. Korišćenjem deklarativnih servisa omogućeno je kreiranje i međusobno povezivanje servisa bez eksplicitnog pisanja koda.

2. EclipseLink

EclipseLink kao jedno od ORM⁶ rešenja omogućuje mapiranje kompletnog modela sistema na relacionu bazu podataka kao i upravljanje tim modelom. Ovo rešenje za

manipulisanje modelom aplikacije je jedno od retkih koje podržava rad sa OSGi okruženjem.

Prva ideja je bila da se koristi više poznato okruženje *Hibernate* pri čemu smo naišli na sledeće probleme:

- Hibernate zahteva veliki broj dodatnih Java biblioteka koje bi morale biti integrisane u samo rešenje, dok EclipseLink zahteva korišćenje samo jedne biblioteke
- Klase koje predstavljaju model sistema moraju biti dostupne kao resurs, pomoću `Class.forName(..)` što je problem zbog zatvorenosti svake pojedinačne komponente
- Kada se koristi *lazy loading* opcija za učitavanje vezanih kolekcija, Hibernate zahteva korišćenje CGLIB *proxy*-ja pri čemu će biti potrebno da svaka komponenta sistema koja manipuliše sa klasama modela sistema mora da učita CGLIB klase.

Klase modela sistema su povezane na različite načine. Veze između njih su preslikane u relacionu bazu kao strani ključevi u tabelama ili kao posebne tabele, ako su u pitanju veze više-na-više.

3. MigLayout

MigLayout predstavlja jedno od mnogobrojnih rešenja za raspoređivanje GUI komponenti upotrebom jednog konzistentnog API-ja. Neke od glavnih prednosti MigLayout rešenja su:

- tekstualna ograničenja omogućavaju prenosivost koda, čitljivost i lakšu implementaciju
- ograničenja mogu biti kreirana upotrebom API-ja
- postojanje samo jednog API-ja
- mogućnost upotrebe u .NET okruženju
- besplatan za upotrebu i Open Source rešenje

FUNKCIONALNA SPECIFIKACIJA

Funkcionalna specifikacija predstavlja sve funkcije sistema koje su dostupne korisnicima sistema. Da bi se što jednostavnije opisala uloga funkcionalne specifikacije, potrebno je zamisliti sistem kao "black box" odnosno zatvorenu kutiju sa dva svojstva:

- **interfejs** – pomoću kojeg spoljašnji entiteti komuniciraju sa sistemom. Pod entitetima se podrazumevaju korisnici sistema, ali i drugi sistemi.
- **stanje** – menja se kao rezultat interakcije entiteta sa sistemom.

Funkcionalna specifikacija se može definisati kao skup vidljivih funkcija sistema objedinjenih u interfejs, pomoću kojih se menja trenutno stanje sistema.

Sistem podržava rad sa više korisnika pri čemu se dostupnost funkcija sistema razlikuje u zavisnosti od privilegija trenutnog korisnika. Korisnici sistema mogu da budu administratori i obični korisnici sa privilegijama dodeljenim od strane administratora.

Na osnovu funkcionalne specifikacije definisani su glavni entiteti sistema. Odnosi između entiteta sistema koji predstavljaju semantiku sistema prikazani su kao veze na dijagramu klasa.

IMPLEMENTACIJA

Nakon definisanja glavnih faza razvoja i tehnologija koje su potrebne za realizaciju rešenja može se preći na razvoj. Sama aplikacija može biti pokrenuta u dva režima, administratorskom i korisničkom. Prema funkcionalnim

⁴ PIM – Platform Independent Model

⁵ PSM – Platform Specific Model

⁶ ORM – Object Relational Mapping (objektno-relaciono mapiranje)

zahtevima, administrator aplikacije je u mogućnosti da definiše sve privilegije koje obični korisnik ima. Nakon prijavljivanja administratora sistema, dotični će biti u mogućnosti da izvrši sve funkcije definisane u funkcionalnoj specifikaciji. U korisničkom režimu rada, prijavljeni korisnik će biti u mogućnosti da izvrši sve one funkcije koje su mu dozvoljene posedovanjem odgovarajuće privilegije. Skup korisničkih privilegija je definisan od strane administratora sistema.

ZAKLJUČAK

Kompozitni sistem napravljen je kao *standalone* aplikacija ali postoji mogućnost da se podrže web tehnologije, kreiranjem nove serverske komponenta koja implementira i objavljuje servis u *OSGi* kontekstu. Kreiranjem ove aplikacije, mogu se kreirati i odgovarajući klijenti koji će da komuniciraju sa serverom, pri čemu će server komponenta da komunicira sa osnovnom komponentom sistema i da formira klijentski odgovor.

Osnovna prednost *OSGi* okruženja je što nam omogućuje da razmišljamo na višem nivou apstrakcije, da razmišljamo o arhitekturi, modulima arhitekture i komunikaciji između tih modula, više nego pri pravljenju standardne aplikacije.

Rezultat ovakvog načina razmišljanja je kreiranje bolje arhitekture, pri čemu svaki od modula ima jasno definisan zadatak. U slučaju kada je broj modula mali i kada moduli nisu u velikoj meri međusobno zavisni, *OSGi* okruženje kao rešenje se dobro pokazalo. Ukoliko postoji veliki broj međusobno zavisnih modula, održavanje ovih modula i njihovih veza je izuzetno teško.

LITERATURA

- [1] MBA Guide, Object Management Group, Inc. , <http://www.omg.org>
- [2] Security in computing, Charles P. Pfleeger, Shari Lawrence Pfleeger
- [3] Java documentation, Oracle, <http://www.oracle.com>
- [4] OSGi documentation, OSGi Alliance, <http://www.osgi.org>
- [5] Eclipse Equinox, Eclipse, <http://www.eclipse.org>

Kratka biografija:

Milan Unković je rođen 23.11.1987. godine u Bačkoj Palanci. Završilo je srednju tehničku školu „9. maj“ u Bačkoj Palanci 2006. godine. Fakultet tehničkih nauka je upisao 2006. godine. Ispunio je sve obaveze i položio je sve ispite predviđene studijskim programom.

**TESTIRANJE UPRAVLJANJA PRETVARAČEM PREMA MREŽI U HIL OKRUŽENJU
GRID CONNECTED CONVERTER CONTROL TESTING IN HIL ENVIRONMENT**Ivan Todorović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – Cilj ovog rada jeste prikaz analize funkcionisanja upravljačkog programa trofaznog invertora prema mreži korišćenjem Hardware-in-The-Loop (HIL) tehnologije i programskih skripti napisanih korišćenjem python programskog jezika. Analiza funkcionalnosti upravljačkog programa svodi se na analizu rada sinhronizacione jedinice, strujne petlje i naponske petlje. Sam proces testiranja je kontrolisan od strane, za ovu svrhu, razvijenih skripti. Ukratko će biti prikazane potrebne teorijske osnove i eksperimentalna postavka, te će biti analizirani eksperimentalni rezultati od najvećeg interesa.

Abstract – This paper should provide an analysis of basic functionalities of control algorithm developed for grid connected converter, by using Hardware-in-The-Loop technology and scripts written in python programming language. The analysis includes the process of evaluation of synchronization unit and the process of evaluation of current and voltage loops. The testing process is completely controlled by the mentioned scripts. Theoretical background and experimental setup will be presented in short terms, and the most important experimental results will be examined.

Ključne reči: Trofazni inverter prema mreži, Hardware-in-The-Loop (HIL), PLL, strujna petlja, naponska petlja.

1. UVOD

Deficit električne energije i problemi koje nose tehnologije zasnovane na fosilnim gorivima doprinose da se fokus naučne i opšte javnosti u potrazi za dugoročnim rešenjem pomeri na obnovljive izvore energije koji predstavljaju relativno novu oblast energetike.

Energija vetra, vode i sunca će verovatno u ne tako dalekoj budućnosti predstavljati primarne izvore električne energije ali ipak već sada postoji mnogo problema koje treba rešiti. Javlja se potreba za materijalima poboljšanih karakteristika, traže se nove konstrukcije električnih pogona dok se u samoj oblasti energetske elektronike sa razvojem topologija pretvarača i algoritama upravljanja koji su u skladu sa pooštrenim standardima o kvalitetu električne energije praktično tek počelo.

Jedan mali ali bitan aspekt obnovljivih izvora energije jesu pretvarači prema mreži, odnosno invertori koji predstavljaju svojevrsan interfejs za protok energije od primarnog izvora energije ka postojećoj, najčešće distributivnoj, mreži.

Njihov pravilan rad zauzima centralno mesto u rešavanju pitanja kvaliteta električne energije i pitanja energetske efikasnosti obnovljivih izvora.

Oni moraju da obezbede pravilnu interkonekciju između bilo kog obnovljivog izvora električne energije, bilo da se radi o solarnim panelima ili vetrogeneratorima, i postojeće električne mreže.

Osim toga invertori prema mreži imaju važnu ulogu u FACTS (*Flexible Alternating Current Transmission System*) uređajima koji se koriste za regulisanje parametara naizmjeničnih prenosnih mreža. Njihovom upotrebom teži se obezbeđivanju bolje kontrole nad energetskim sistemom, povećanju kapaciteta prenosne mreže i poboljšanju kvaliteta električne energije.

Značaj invertora prema mreži za sobom povlači i važnost temeljnog testiranja njihovih upravljačkih algoritama. Ipak, njihovo testiranje u laboratorijama korišćenjem analognih tehnologija predstavlja nepogodno rešenje iz više razloga: cena testiranja, praktična ograničenja analognih tehnologija, sigurnost, te dužine trajanja testova. Ovi nedostaci se eliminišu korišćenjem digitalnih tehnologija odnosno emulatora sa vrlo malim kašnjenjem, ULL (*Ultra Low Latency*).

Upotrebom ovih novih tehnologija se proces testiranja prenosi iz tradicionalnih laboratorija u softversko okruženje koje je mnogo fleksibilnije te se sada inženjerima ostavlja više vremena za definisanje testova i obradu eksperimentalnih rezultata.

U ovom radu za testiranje razvijenog kontrolnog programa korišćen je emulator HIL⁴⁰⁰ kompanije Typhoon-HIL i kontrolna kartica Texas Instruments TMS320F2808 sa odgovarajućom interfejs pločom.

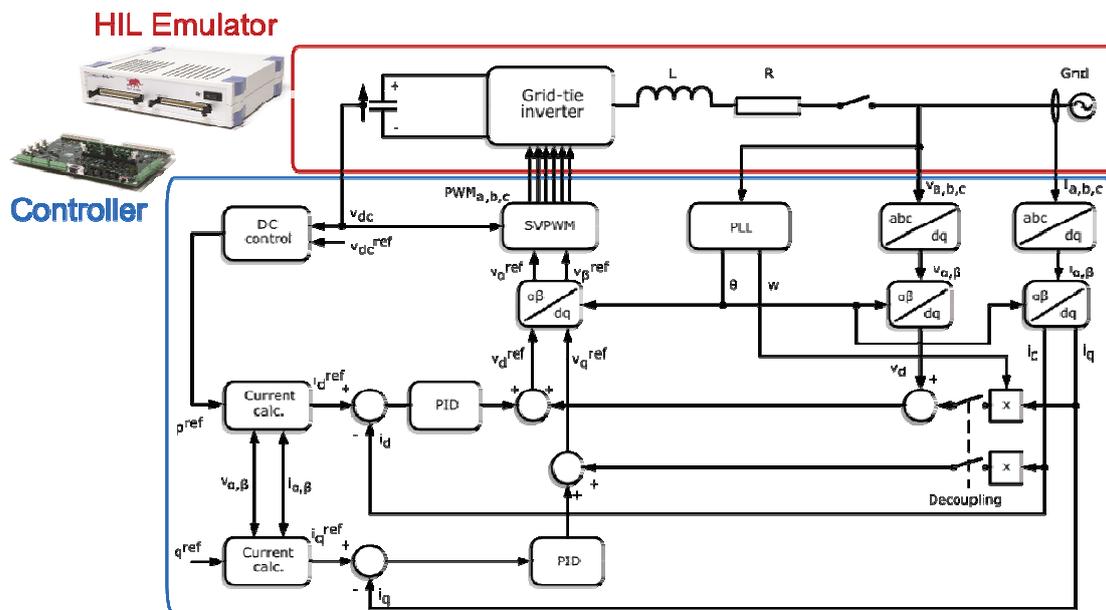
2. UPRAVLJAČKI ALGORITAM TROFAZNOG INVERTORA PREMA MREŽI

Na slici 1. prikazan je algoritam upravljanja trofaznim inverterom povezanim na mrežu. Važno je uočiti organizaciju eksperimentalne postavke u ovom okruženju. Na emulatoru se u realnom vremenu simuliraju elementi hardverskog podsistema- inverter, kontaktor, jednosmerni i naizmjenični naponski izvori, merni instrumenti i sprežne induktivnosti i otpornosti.

Upravljački program je implementiran na pomenutoj kontrolnoj kartici Texas Instruments-a. Na istoj slici se može uočiti interfejs kartica putem koje se razmenjuju podaci između kontrolera i emulatora. Kontroler emulatoru šalje upravljačke, PWM signale, dok emulator šalje kontroleru skalirane vrednosti napona i struja potrebnih za zatvaranje strujne i naponske petlje. Dakle jedina razlika sa eksperimentalnim postavkama koje podrazumevaju analogne simulatore je to što se sada hardver u realnom vremenu simulira na emulatoru.

NAPOMENA:

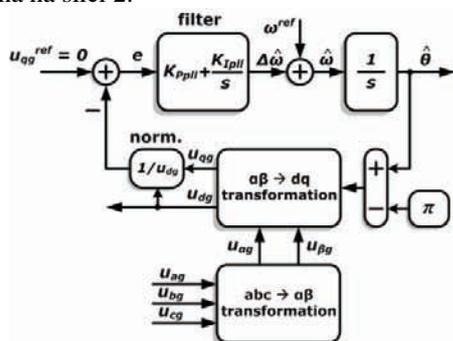
Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji je mentor dr Nikola Čelanović, vanred.prof.



Slika 1. Upravljački algoritam za trofazni inverter prema mreži

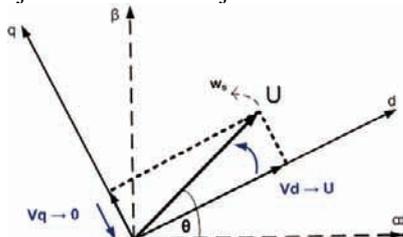
2.1. Sinhronizaciona jedinica

Kako bi se ostvarilo ispravno povezivanje pretvarača sa mrežom kontrolni program mora precizno da estimira trenutni fazni stav osnovnog harmonika mrežnog napona. U suprotnom naponi koje generiše inverter neće biti sinhronizovani sa mrežnim te povezivanje može da prouzrokuje oštećenje invertora. Zbog svoje jednostavnosti i zadovoljavajućih performansi, a usled intenzivnog korišćenja sinhrono rotirajućeg sistema u algoritmu, za potrebe ovog rada implementirana je dq-PLL (Phase-Locked-Loop) sinhronizaciona jedinica prikazana na slici 2.



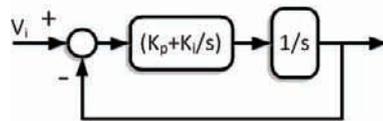
Slika 2. Dq-PLL sinhronizaciona jedinica

Filtar ima zadatak da razliku između stvarne i referentne vrednosti q-komponente mrežnog napona svede na nulu. Ako se uzme u obzir da se referentna vrednost q-komponente postavlja na nulu dobija se da je u ustaljenom stanju njena stvarna vrednost jednaka nuli te da se vektor mrežnog napona i njegova d-komponente izjednačavaju. To se može zaključiti sa slike 3.



Slika 3. Proces sinhronizacije

Kad se q-komponenta napona ustali na nuli izlaz filtra će biti nula te će stvarna ugaona učestanost biti jednaka referentnoj, a ugao će predstavljati njenu integraljenu vrednost. Ulogu filtra u ovoj aplikaciji ima jednostavan PI regulator. Njegovi parametri će biti podešeni u zavisnosti od željenog propusnog opsega koji diktira brzinu sinhronizacije ali i grešku koja se javlja usled prisustva poremećaja u mrežnom naponu. Pojednostavljena šema fazno zatvorene na osnovu koje se dolazi do izraza za parametre filtra prikazana je na slici 4.



Slika 4. Pojednostavljena šema PLL-a

Na osnovu prethodne slike može se doći do izraza za prenosnu funkciju povratne sprege PLL-a a njenim poređenjem sa opštim izrazom za sisteme sa jednom nulom i dva pola može se doći do izraza za potrebne parametre regulatora.

$$G_c(s) = \frac{sK_{F_{PLL}} + K_{I_{PLL}}}{s^2 + sK_{F_{PLL}} - K_{I_{PLL}}} = \frac{s2\xi\omega_n + \omega_n^2}{s^2 + s2\xi\omega_n} \quad (1)$$

Iz prethodnog izraza mogu se dobiti veze između vrednosti faktora relativnog prigušenja i prirodne učestanosti sistema i parametara regulatora :

$$\omega_n = \sqrt{K_{I_{PLL}}} \quad \xi = \frac{K_{F_{PLL}}}{2\sqrt{K_{I_{PLL}}}} \quad (2)$$

Uzimajući u obzir izraz za propusni opseg ovih sistema može se doći do konačnih izraza za parametre regulatora.

$$\omega_{bw} = \omega_n \sqrt{|2\xi^2 - 1| + \sqrt{\xi^4 - 4\xi^2}} \quad (3)$$

(ξ jer se teži aperiodičnom odzivu)

$$K_{I_{PLL}} = \frac{\omega_{bw}^2}{2} \quad K_{F_{PLL}} = \sqrt{2}\omega_{bw} \quad (4)$$

2.2. Struja petlja

Jedan od osnovnih zadataka pretvarača prema mreži je nezavisno injektovanje aktivne i reaktivne snage u mrežu.

Ukoliko sinhronizacija jedinica poravna d-komponentu napona mreže sa vektorom napona mreže ($V_{gq}=0$), odnosno uspe da uspostavi sinhrono rotiranje sinrono rotirajućeg referentnog sistema i vektora napona mreže opšti izrazi za vrednosti aktivne i reaktivne snage dobijaju jednostavnije oblike.

$$p = \frac{3}{2} (U_{gd} i_d + U_{gq} i_q) = \frac{3}{2} U_{gd} i_d \quad (5)$$

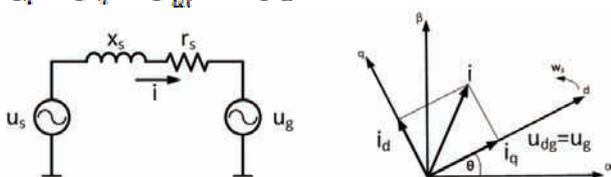
$$q = \frac{3}{2} (U_{gd} i_q - U_{gq} i_d) = \frac{3}{2} U_{gd} i_q \quad (6)$$

Vidi se da tokovima aktivne snage upravlja d-komponenta injektovane struje dok q-komponenta upravlja tokovima reaktivne snage.

Sa druge strane, da bi se ostvarilo upravljanje ovim komponentama struje neophodno je dizajnirati pogodnu strujnu petlju. Uspostavljanje strujne petlje započinje se od prikaza uprošćenog modela pretvarača prema mreži koji je prikazan na slici 5. Matematički model pretvarača prema mreži se na osnovu slike 5. može jednostavno uspostaviti zatvaranjem petlje po naponu invertora (U_s), zatim prelaskom u dq-domen i normalizacijom dobijenog modela.

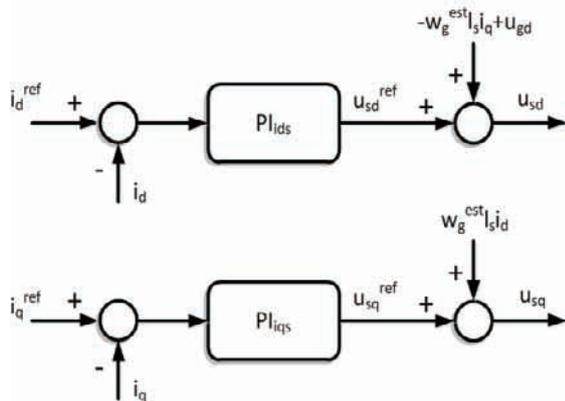
$$u_{sd} = r_s i_d + \tau_s \frac{di_d}{dt} - \omega_l i_q + u_{gd} \quad (7)$$

$$u_{sq} = r_s i_q + \tau_s \frac{di_q}{dt} + \omega_l i_d + u_{gq} \quad (8)$$



Slika 5. Uprošćen model pretvarača prema mreži

Iz izraza 7. i 8. može se uočiti da postoji sprega između d i q ose ($\omega_l i_x$ elementi) koja je nepoželjna jer bi upravljanje jednom komponentom struje uticalo na drugu osu i obrnuto. Ovaj problem se rešava implementacijom dekuplujućih elementata u kontrolnoj strukturi prikazanoj na slici 6.



Slika 6. Regulatorne strukture d i q komponente struje

Može se uočiti da se strujno upravljanje i ovde vrši proporcionalno-integralnim regulatorima. S obzirom da su regulatorne strukture i d i q ose indetične, biće indetični i parametri pomenutih regulatora. Ovi parametri se računaju Dalinovim postupkom jer je aperiodični odziv koji se dobija implementacijom ovog postupka imperativan za aplikacije poput pretvarača prema mreži. Ukoliko bi se dobijao odziv struja sa prebačajem javile bi se oscilacije energije između mreže i pretvarača.

Izrazi za proračun parametara regulatora po Dalinovom postupku su:

$$K_{Pi} = \frac{1 - e^{-AT_i}}{T_i} \quad (9)$$

$$K_{Ti} = K_{Pi} (e^{T_i} - 1) \quad (10)$$

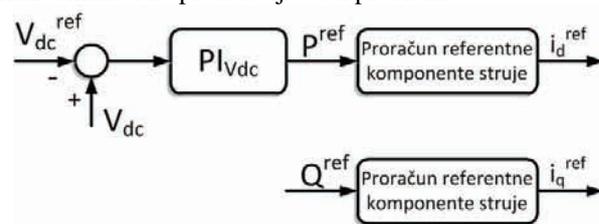
2.3. Naponska petlja

Regulacija napona jednosmernog međukola je potrebna jer odstupanje napona DC-kola od nominalne vrednosti nosi u sebi informaciju o injektovanoj energiji od strane primarnog izvora u DC-kolo koju je zatim potrebno injektovati u mrežu. Bez praćenja napona DC-kola ne bi mogla sigurno da se izvrši ni podređena regulacija struja jer se ne bi znalo koliko energije stoji na raspolaganju za injektovanje u mrežu. Iz tog razloga, referentne vrednosti struja zapravo određuje naponska petlja, što je prikazano na slici 7. Potrebno je naglasiti da se referentna vrednost reaktivne snage najčešće postavlja na nulu.

Injektovanje energije u jednosmerno međukolo, međutim, izaziva nelinearnu promenu napona :

$$u_{DC} = \frac{1}{2} C_{DC} u_{DC}^2 \quad (11)$$

Ova činjenica onemogućava korišćenje standardnih metoda za određivanje parametara regulatora te su se oni odredili eksperimentalno što, kako će biti pokazano, korišćenjem HIL tehnike i ne predstavlja veći problem.



Slika 7. Naponska regulatorna struktura

Na kraju se može zaključiti da se projektovanjem kontrolnog algoritma teži preciznoj determinaciji faznog stava mrežnog napona, raspregnutom uravljanju tokovima snaga i aperiodičnom odzivu struja i napona.

3. EKSPERIMENTALNA POSTAVKA

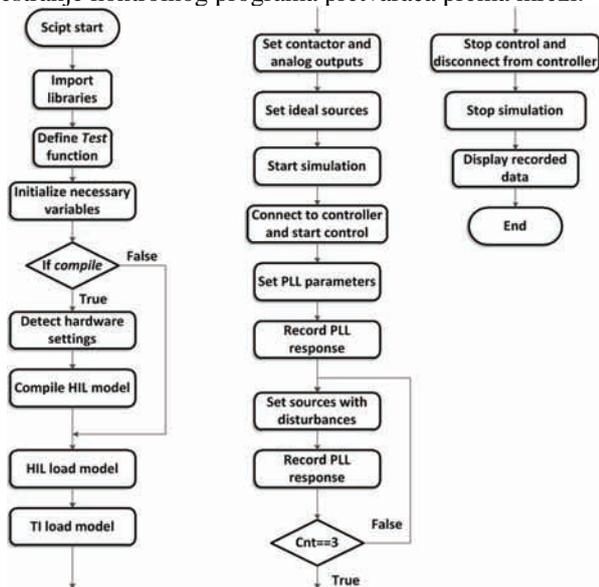
Sa slike 1. može da se zaključi kakva je osnovna organizaciona struktura eksperimentalne postavke. Međutim na njoj nije pokazan računar sa instaliranim softverom koji služi za uspostavljanje emulacionog modela, za generisanje skripti i prikaz rezultata.



Slika 8. Eksperimentalna postavka

Dakle, neophodno je imati u vidu da se komunikacijom između kontrolera, emulatora i računara omogućava ne samo izvršavanje testova u realnom vremenu već i promena parametara testa u realnom vremenu, što u značajnoj meri ubrzava proces izvršavanja većeg broja

testova jednog za drugim. Čitav tok testa se kontroliše skriptama u kojima se vrši kompajliranje emulacionog modela, startovanje simulacije, promena parametara kako emulacionog modela tako i kontrolnog algoritma. Može se zaključiti da se uspostavljanje testa, njegovo izvršenje i analiza dobijenih rezultata izvršavaju u softverskom okruženju skripti, što donosi mnogobrojne pogodnosti od kojih su neke spomenute u uvodu. Skripte ipak zbog svojih obimnosti neće ovde biti prikazane, ali je na slici 9. prikazan algoritam jedne od skripti koje su razvijene za testiranje kontrolnog programa pretvarača prema mreži.

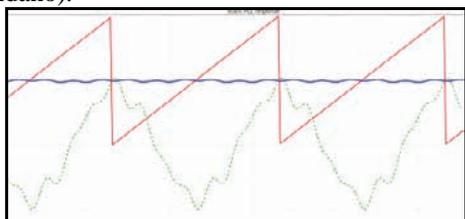


Slika 9. Algoritam statičkog testa PLL-a

Ostale skripte su napisane praćenjem algoritama vrlo sličnih ovom. Razlikuju se jedino veličine čije se reference menjaju. Ovo implicira da se i skripte međusobno malo razlikuju što govori koliko je izvršavanje nekada vrlo različitih eksperimenata jednostavno upotrebom ovih skripti.

4. EKSPERIMENTALNI REZULTATI

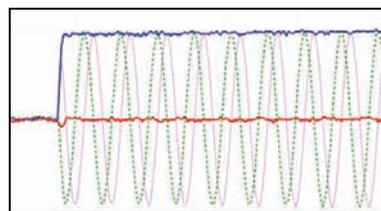
Na slici 10. prikazan je odziv PLL-a na prisustvo harmonika (peti i sedmi efektivnih vrednosti 24,5V), ofseta (DC komponenta u iznosu od $\pm 4\%$ efektivne vrednosti) i disbalansa ($\pm 15\%$ nominalne efektivne vrednosti) mrežnih napona. Prikazani su estimiran ugao (crveno), estimirana ugaona frekvencija (plavo), kriva mrežnog napona (zeleno). Na slici 11. prikazan je odziv d-komponente struje na step promenu reference ($I_d^{ref}=1A$). Prikazani su q-komponenta struje (crveno), d-komponenta struje (plavo), alfa i beta komponente struje (isprekidano). Na slici 12. prikazan je odziv naponske petlje na injekciju jednosmerne struje ($I_{dc}=1A$) u DC-kolo. Prikazani napon DC-kola (plavo), injektovana reaktivna snaga (crveno), zadata i stvarna aktivna snaga (isprekidano).



Slika 10. Statički odziv PLL-a

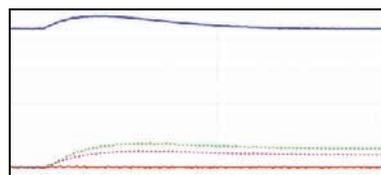
Sa slike 10. se može zaključiti da je odabran dobar propusni opseg filtra (3 Hz) PLL-a pri računanju njegovih parametara s obzirom da je estimacija ugla dobra i pri vrlo lošim uslovima u mreži. Ipak ovakav propusni opseg izaziva sporu sinhronizaciju što predstavlja cenu za dobar odziv pri lošim uslovima u mreži.

Na slici 11. se vidi da je odziv aperiodičan što i jeste bio cilj pri dizajniranju regulatora strujne petlje. To implicira da pri promeni referentne vrednosti struje ne dolazi do neželjenih oscilacija energije.



Slika 11. Odziv d-komponente struje

Na kraju, sa odziva naponske petlje može se zaključiti da eksperimentalno dobijeni parametri regulatora daju zadovoljavajuće dobar odziv. Vidi se da su odzivi aktivne snage aperiodični što direktno implicira da je u toku prelaznih procesa tok energije isključivo u mrežu. Ovakva situacija odgovara primarnoj injekciji energije, odnosno struje, u DC-kolo te injektovanje te energije u mrežu.



Slika 12. Odziv na injekciju jednosmerne struje

5. ZAKLJUČAK

Cilj ovog rada bio je da se čitaocu približe principi testiranja uređaja energetske elektronike i njima pripadajućih kontrolnih algoritama. Prikazane su potrebne teorijske osnove, najbitnije stavke eksperimentalne postavke i neki od mnogobrojnih eksperimentalnih rezultata koji su bili prikupljeni u toku izvođenja eksperimenata.

Eksperimentalnim rezultatima pokazano je da je kontrolni algoritam uspostavljen poštovanjem teorijskih osnova iznetih na početku rada, odnosno pokazano je da sinhronizaciona jedinica dobro funkcioniše te da se dobijaju ključni aperiodični odzivi.

6. LITERATURA

- [1] Xiao-Qiang GUO, Wei-Yang WU, He-Rong GU, *Phase locked loop and synchronization methods for grid interfaced converters: a review*, pp 1-3.
- [2] Remus Teodorescu, Marco Liserre, Pedro Rodriguez, *Grid converters for photovoltaic and wind power systems*, pp 31-41, 313-347.

Kratka biografija:



Ivan Todorović rođen je u Sremskoj Mitrovici 1989. godine. Diplomski-master rad iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Energetska elektronika i električne mašine odbranio je 2013. godine.

MODEL TROFAZNOG TRANSFORMATORA ZA PRIMENU U HIL EMULATORIMA
THREE-PHASE TRANSFORMER MODEL USED IN HIL EMULATORSPetar Gartner, Nikola Čelanović, Adrien Genić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U ovom radu opisan je razvoj modela trofaznog transformatora pomoću kojeg se dolazi do ekvivalentnih šema. Dati su postupci prema kojima se računaju parametri šema. Opisana je specifična implementacija modela u Typhoon HIL sistem. Predloženi model je testiran, i dobijeni rezultati su upoređeni sa rezultatima simulacija odgovarajućih modela u MATLAB-u.

Abstract – This paper describes development of a three-phase transformer model used for deriving transformer equivalent circuits. Procedure for calculating parameters of equivalent circuits is given. Specific implementation in Typhoon HIL system is described. Suggested model is tested, and obtained results were compared to corresponding MATLAB models simulation results.

Cljučne reči: Trofazni transformator, Modelovanje, HIL

1. UVOD

Energetska elektronika podrazumeva razvoj elektronskih kola u cilju kontrolisanja toka električne energije. Kao takva, nalazi svoju primenu u električnim vozilima, vetrogeneratorima, fotonaponskim generatorima, automatizaciji industrije, poboljšanju kvaliteta električne energije, itd. Stoga je važno da uređaji energetske elektronike budu pouzdani delovi navedenih sistema.

Transformatori su statički električni uređaji (uređaji bez pokretnih delova) pomoću kojih se vrši prenos energije iz jednog kola u drugo na principu elektromagnetske indukcije.

U energetici, transformatori se prvenstveno koriste u prenosnim i distributivnim mrežama. U prenosnim mrežama služe za povećanje napona na kojem se prenosi električna energija, u cilju smanjenja gubitaka. U distributivnim mrežama koriste se za snižavanje napona električne energije, na nivo pogodnom za krajnje potrošače. Takođe, u elektroenergetskim sistemima, transformatori imaju ulogu regulacije napona, kao i za povezivanje elektroenergetskih sistema (interkonektivni transformatori). Pored navedenog, transformatori se koriste za prilagođenje intenziteta napona i struja mernim instrumentima (merni transformatori). U energetske elektronici, transformatori služe za dobijanje željenog naponskog nivoa, omogućavaju galvaniku izolaciju napajanja od napajnog kola, iz bezbednosnih razloga. Dalje, transformatori sa dva ili više sekundarnih namota mogu se koristiti za napajanje uređaja koji zahtevaju više od jednog izvora napajanja.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio prof. dr Nikola Čelanović.

Trofazni transformatori koji unose fazni pomeraj nalaze primenu kod 12-, 18-, 24-pulsnih ispravljača.

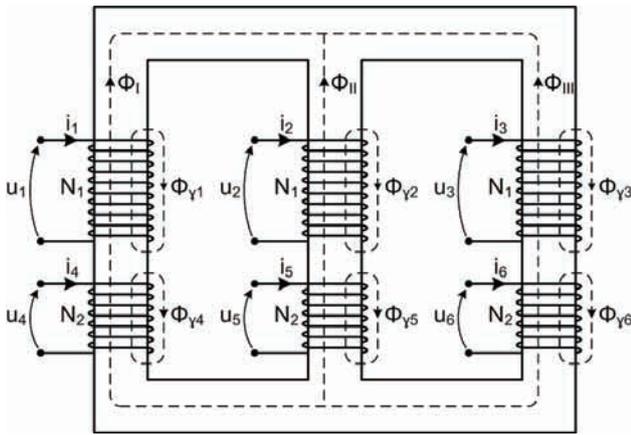
HIL (eng. Hardware in the Loop, Uređaj u petlji) je tehnika simulacije u realnom vremenu koja se koristi u razvoju i automatskom testiranju kompleksnih sistema kod kojih je potrebno ispitati i interakciju između upravljačke jedinice i stvarnog hardvera. Koncept na kojem se zasniva rad HIL-a je sledeći. Deo uređaja, ili sistema koji se ispituje se zamenjuje simulatorom. Uređaj u simulatoru je opisan matematičkim modelom, i stanje sistema se proračunava u svakom koraku simulacije. Suština tehnike je u tome da se ceo sistem ponaša na isti način iako je sam, ili jedan njegov deo, zamenjen simulatorom. Sistem je verodostojno predstavljen ukoliko se njegovo ponašanje tokom svih prelaznih procesa u dovoljnoj meri podudara sa ponašanjem realnog sistema tokom odgovarajućih prelaznih procesa. To dovodi do zaključka da je jedan od ključnih parametara u HIL tehnici brzina, odnosno korak simulacije. Korak simulacije mora biti manji od vremena trajanja najbržih prelaznih procesa koji se žele predstaviti.

Razvoj uređaja energetske elektronike može se poboljšati upotrebom HIL tehnike. Iako se HIL već godinama koristi u automobilske i avio industriji, tek u skorije vreme počinje da nalazi primenu u energetske elektronici. Razlog za ovo je to što sistemi energetske elektronike spadaju u klasu dinamičkih sistema za koje su karakteristične veoma brze prelazne pojave. Jedan od glavnih uzroka za ovakve karakteristike je visoka učestanost rada poluprovodničkih prekidača. Za primenu u energetske elektronici obično je dovoljan korak simulacije reda veličine $1\mu s$, ali neke primene mogu zahtevati i korak simulacije reda veličine $0.1\mu s$.

2. TROFAZNI TRANSFORMATORI

Na slici 1 je prikazana principna šema trofaznog transformatora sa zajedničkim magnetskim kolom. Namoti indeksirani sa 1, 2 i 3 čine primarni trofazni namot, dok namoti indeksirani sa 4, 5 i 6 čine sekundarni trofazni namot.

Vrednosti parametara ekvivalentnih šema se računaju pomoću rezultata ogleđa kratkog spoja i praznog hoda. Za proračun parametara potrebno je izvršiti ove oglede pri čemu pobudu čine simetrični naponi direktnog redosleda, kao i oglede u kojima pobudu čine simetrični naponi nultog redosleda. Veličine dobijene iz oba tipa ogleđa su naponi kratkog spoja $u_r[\%]$ i $u_r^0[\%]$, trofazni gubici kratkog spoja $P_r[W]$ i $P_r^0[W]$, struje praznog hoda $i_0[\%]$ i $i_0^0[\%]$, i trofazni gubici praznog hoda $P_0[W]$ i $P_0^0[W]$. Veličine sa superskriptom 0 odgovaraju ogleđima u kojima pobudu čine simetrični naponi nultog redosleda.

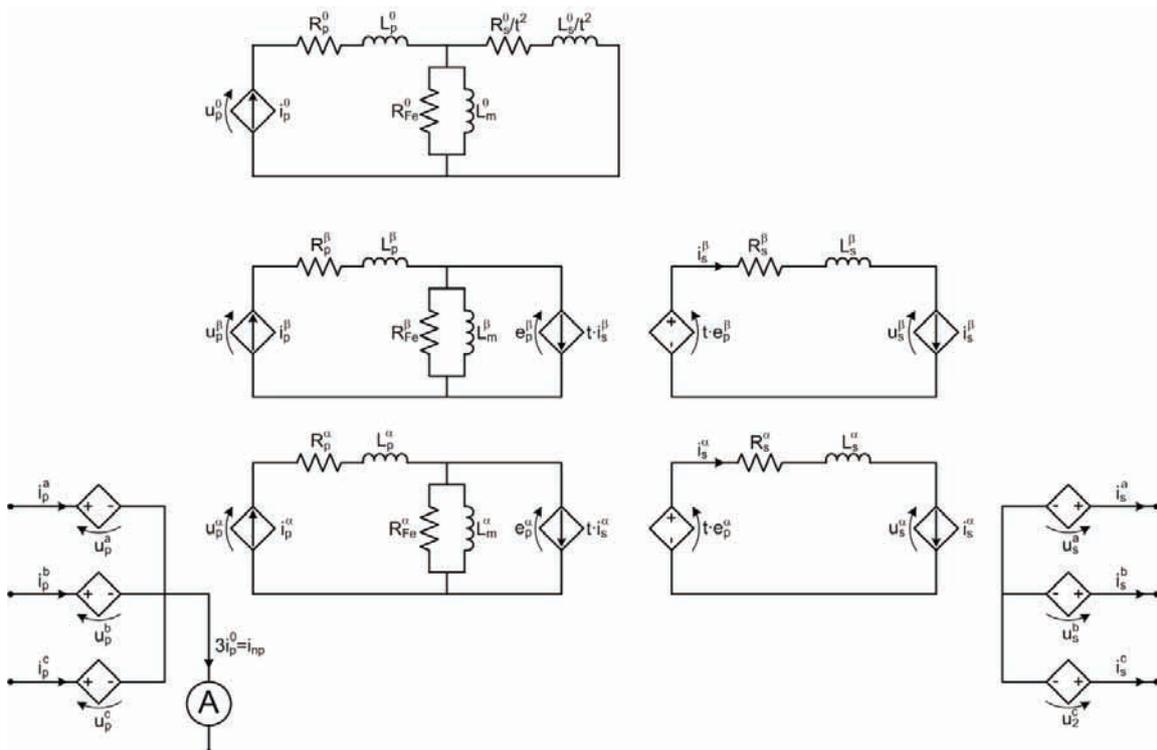


Slika 1. Principalska šema trofaznog transformatora

Odgovarajući matematički model transformatora dat je jednačinama 2.1. Ovakav model transformatora nije pogodan za implementaciju u sistem. Zbog toga se vrši transformacija modela iz abc domena u $\alpha\beta 0$ domen. U $\alpha\beta 0$ domenu model ima oblik dat jednačinama 2.2. Na osnovu 2.2 dolazi se do ekvivalentnih šema trofaznog transformatora. Reprerentacija modela pomoću ekvivalentnih šema je pogodna za implementaciju u sistem. Ekvivalentne šeme se razlikuju u zavisnosti od sprege transformatora. Na slici 2 su prikazane ekvivalentne šeme transformatora sprege Y_d , proizvoljnog sprežnog broja, sa uzemljenim zvezdištem primara. Sprežni broj transformatora se uzima u obzir dodatnim transformacijama koordinatnih sistema,

$$\begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \\ u_4 \\ u_5 \\ u_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_1 & & & & & \\ & R_2 & & & & \\ & & R_3 & & & \\ & & & R_4 & & \\ & & & & R_5 & \\ & & & & & R_6 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \\ i_3 \\ i_4 \\ i_5 \\ i_6 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} L_{11} & L_{12} & L_{13} & L_{14} & L_{15} & L_{16} \\ L_{21} & L_{22} & L_{23} & L_{24} & L_{25} & L_{26} \\ L_{31} & L_{32} & L_{33} & L_{34} & L_{35} & L_{36} \\ L_{41} & L_{42} & L_{43} & L_{44} & L_{45} & L_{46} \\ L_{51} & L_{52} & L_{53} & L_{54} & L_{55} & L_{56} \\ L_{61} & L_{62} & L_{63} & L_{64} & L_{65} & L_{66} \end{bmatrix} \cdot \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \\ i_3 \\ i_4 \\ i_5 \\ i_6 \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

$$\begin{bmatrix} u_p^{\alpha} \\ u_p^{\beta} \\ u_p^0 \\ u_s^{\alpha} \\ u_s^{\beta} \\ u_s^0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_p & & & & & \\ & R_p & & & & \\ & & R_s & & & \\ & & & R_s & & \\ & & & & R_s & \\ & & & & & R_s \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_p^{\alpha} \\ i_p^{\beta} \\ i_p^0 \\ i_s^{\alpha} \\ i_s^{\beta} \\ i_s^0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} L_{pp}^{\alpha} & & & & & \\ & L_{pp}^{\beta} & & & & \\ & & L_{ps}^{\alpha} & & & \\ & & & L_{ps}^{\beta} & & \\ & & & & L_{ss}^{\alpha} & \\ & & & & & L_{ss}^{\beta} \end{bmatrix} \cdot \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} i_p^{\alpha} \\ i_p^{\beta} \\ i_p^0 \\ i_s^{\alpha} \\ i_s^{\beta} \\ i_s^0 \end{bmatrix} \quad (2.2)$$



Slika 2. Ekvivalentna šema trofaznog transformatora sprege Y_d , proizvoljnog sprežnog broja

dok veličine bez superskripta odgovaraju ogledima u kojima pobudu čine simetrični naponi direktnog redosleda. Proračun parametara se izvodi po sledećem postupku. U datim jednačinama U_n predstavlja nominalni fazni napon transformatora, t predstavlja prenosni odnos transformatora, I_{nf} je nominalna fazna struja

transformatora a S_n nominalna trofazna prividna snaga transformatora. Impedansa kratkog spoja računa se kao:

$$Z_k = \frac{U_k}{I_{nf}} = \frac{u_k [\%] U_n}{100 I_{nf}} = 3 \frac{u_k [\%] U_n^2}{100 S_n}$$

Otpornost namotaja se računa iz izraza za snagu gubitaka kratkog spoja:

$$P_k = 3R_k I_{nf}^2 \Rightarrow R_k = \frac{P_k}{3I_{nf}^2} = 3P_k \left(\frac{U_n}{S_n}\right)^2$$

Dalje je $R_p = \frac{1}{2} R_k$. Otpornost sekundara se računa kao:

$$R_s = t^2 \cdot R_p$$

Induktivnost kratkog spoja se zatim računa po obrascu:

$$L_k = \frac{1}{2\pi f} \sqrt{Z_k^2 - R_k^2}$$

Dok su rasipne induktivnosti primara i sekundara:

$$L_p = \frac{1}{2} L_k, L_s = t^2 \cdot L_p$$

Otpornost kojom se modeluju gubici u jezgru se računaju preko izraza za snagu gubitaka:

$$P_0 = 3 \frac{U_n^2}{R_{Fe}} \rightarrow R_{Fe} = 3 \frac{U_n^2}{P_0}$$

Reaktivna snaga praznog hoda je $Q_0 = P_0 \operatorname{tg} \varphi_0$

$$\text{gde je } \varphi_0 = \arccos \frac{P_0}{U_n I_0} = \arccos \frac{100 P_0}{i_0 [\%] S_n}$$

Dalje je induktivnost magnećenja:

$$L_m = \frac{1}{2\pi f} \cdot 3 \frac{Q_0}{U_n^2}$$

Ovime su određeni parametri ekvivalentnih šema koji odgovaraju „fazama“ α i β . Proračun parametara koji odgovaraju „fazi“ 0 se vrši na sledeći način. Induktivnost kratkog spoja se računa kao:

$$L_k^0 = \frac{1}{2\pi f} \frac{x_k^0 [\%] U_n}{100 I_{nf}} = \frac{1}{2\pi f} \frac{x_k^0 [\%]}{100} \cdot 3 \frac{U_n^2}{S_n}$$

Induktivnost rasipanja primara je:

$$L_p^0 = \frac{1}{2} L_k^0$$

Induktivnost rasipanja sekundara:

$$L_s^0 = t^2 \cdot L_p^0$$

Trofazni gubici u gvožđu u praznom hodu:

$$P_{Fe}^0 = P_0 - 3R_1 \left(\frac{i_0^0 [\%]}{100} I_{nf} \right)^2$$

$$P_{Fe}^0 = P_0 - 3R_1 \left(\frac{i_0^0 [\%]}{100} \frac{S_n}{3U_n} \right)^2$$

Otpornost kojom se modeluju gubici u gvožđu:

$$R_{Fe}^0 = 3 \frac{U_n^2}{P_{Fe}^0}$$

$$I_0^0 = \frac{i_0^0 [\%] S_n}{100 \cdot 3U_n}$$

$$I_{Fe}^0 = \sqrt{\frac{P_{Fe}^0}{3R_{Fe}^0}}$$

$$I_{\mu}^0 = \sqrt{(I_0^0)^2 - (I_{Fe}^0)^2}$$

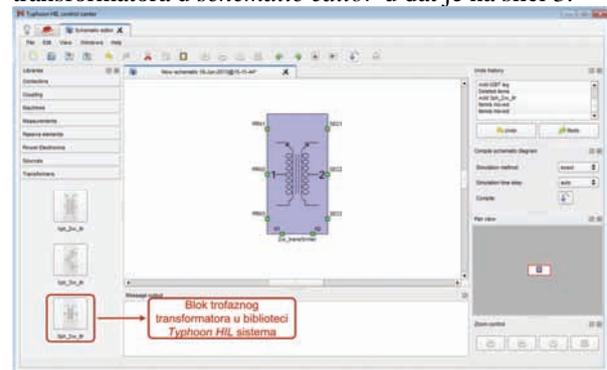
Induktivnost magnećenja: $L_m^0 = \frac{1}{2\pi f} \frac{U_n - (R_1 + 2\pi f L_1) I_0^0}{I_{\mu}^0}$

Ovime su dati svi obrasci potrebni za proračun vrednosti parametara predloženih ekvivalentnih šema transformatora.

3. IMPLEMENTACIJA MODELA TROFAZNOG TRANSFORMATORA U TYPHOON HIL SISTEM

Implementacija se sastoji iz integracije modela u *schematic editor* i integracije u *Typhoon* kompajler. Trofazni transformator kao blok u *Schematic Editor*-u ima osam terminala. Oni koji odgovaraju namotima primara i sekundara moraju biti povezani u kolo, dok oni koji odgovaraju zvezdištima transformatora mogu, a ne

moraju biti povezani sa ostatkom kola (ovi terminali ne smeju biti povezani sa ostatkom kola, ukoliko je neki od namota povezan u trougao – u suprotnom se prilikom kompajliranja modela prijavljuje greška). Izgled bloka transformatora u *schematic editor*-u dat je na slici 3.

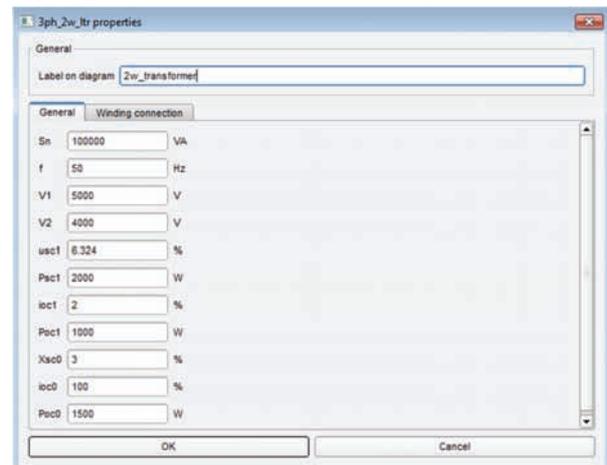


Slika 3. Izgled bloka trofaznog transformatora u *schematic editor*-u

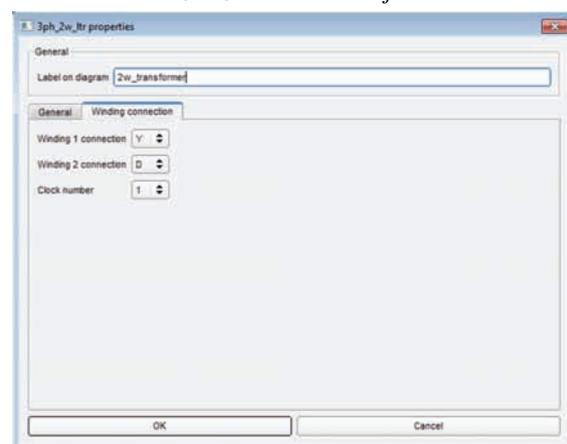
Prozor sa karakteristikama transformatora se sastoji od dve kartice:

- *General* – ovde se zadaju vrednosti veličina potrebnih za proračun parametara zamenskih kola
- *Winding connection* – ovde se bira sprega transformatora

Izgled prozora sa karakteristikama dat je na slikama 4 i 5.



Slika 4. Prozor za karakterisanje – kartica *General*



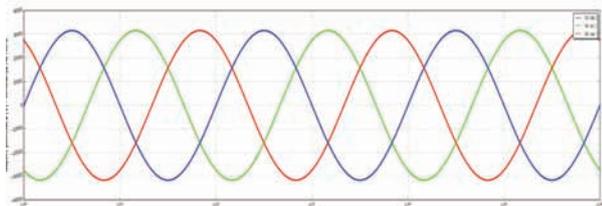
Slika 5. Prozor za karakterisanje – kartica *Winding connection*

U kartici *General* se unose podaci potrebni za proračun parametara ekvivalentnih šema, dok se u kartici *Winding connection* unose sprega transformatora i sprežni broj.

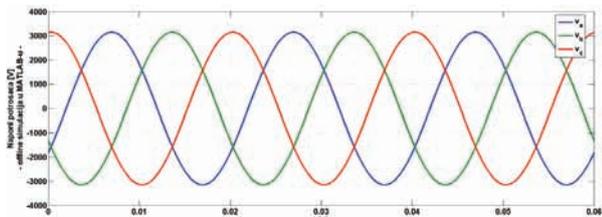
Implementacija u *Typhoon* kompajler se vrši pomoću .m datoteke. Model je realizovan u vidu ekvivalentnih šema, tako što se u .m datoteci definišu elementi šema i čvorovi između kojih se ti čvorovi nalaze.

4. REZULTATI TESTIRANJA

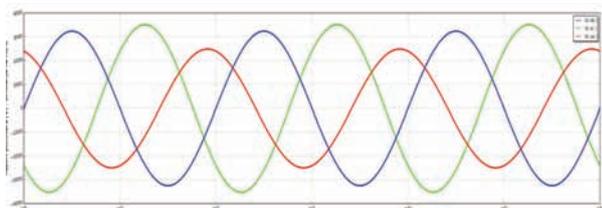
Testiranje predloženog modela je izvršeno na emulatu *Typhoon HIL600*. Dobijeni odzivi su upoređeni sa odzivima odgovarajućeg kola sastavljenog u MATLAB-u. Odzivi simulacija prikazani su na slikama 6, 7, 8 i 9. Prikazani su rezultati iz dva ogleđa. U prvom pobudu čine simetrični naponi direktnog redosleda, dok u drugom pobudu čine nesimetrični naponi.



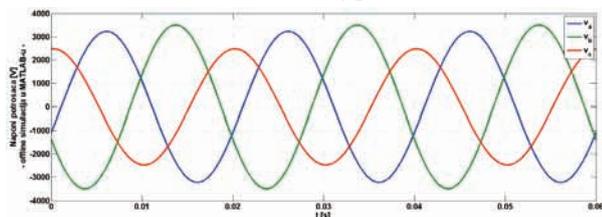
Slika 6. Odzivi dobijeni na HIL600 uređaju pri simetričnoj pobudi



Slika 7. Odzivi dobijeni u MATLAB-u pri simetričnoj pobudi



Slika 8. Odzivi dobijeni na HIL600 uređaju pri nesimetričnoj pobudi



Slika 7. Odzivi dobijeni u MATLAB-u pri nesimetričnoj pobudi

5. ZAKLJUČAK

U radu su predstavljene matematički modeli monofaznih i trofaznih transformatora, i ekvivalentne šeme izvedene na osnovu tih modela. Cilj rada je razvoj zamenskih kola, dobijenih na osnovu ekvivalentnih šema, koja predstavljaju pogodan način za implementaciju modela trofaznog transformatora u *Typhoon HIL RTDS* sistem.

Dalji razvoj modela podrazumeva uzimanje u obzir nelinearnosti magnetskog kola transformatora i njihovo uključivanje u model.

Takođe, modeli i ekvivalentne šeme dati u radu predstavljaju osnovu za razvoj modela i ekvivalentnih šema različitih tipova transformatora kao što su tronamotajni transformatori, autotransformatori, transformatori čiji primar, odnosno sekundar, imaju mogućnost povezivanja u izlomljenu zvezdu.

Predstavljeno model trofaznog transformatora nalazi se u sklopu zvaničnog alata kompanije *Typhoon HIL*.

6. LITERATURA

- [1] <http://www.typhoon-hil.com/>
- [2] Nikola Čelanović: „Modelovanje pretvarača energetske elektronike u realnom vremenu“, FTN, Novi Sad, 2011. god.
- [3] Veran Vasić: „Električne mašine 1“ – skripta sa predavanja
- [4] Vladimir Strezoski: „Ekvivalentne šeme elektroenergetskih transformatora u analizi stacionarnih režima“, FTN, Novi Sad, 2004. god.
- [5] Muhammad H. Rashid: „Power electronics handbook“, ACADEMIC PRESS, 2001. god.
- [6] Dragan Popović, Zvonko Grečan, Jugoslav Dujić, Veran Vasić, Vedran Perić: „Modelovanje u elektroenergetici“, DMS Group, Novi Sad, 2011. god.

Kratka biografija:



Petar Gartner rođen je u Novom Sadu 1989. godine. Diplomski-master rad iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Energetska elektronika i električne mašine odbranio je 2013. godine.

UTICAJ KOLIMACIJE I KONSTRUKCIJE DETEKTORA NA KVALITET SLIKE KOD MULTISLAJSNOG CT**COLLIMATION AND DETECTOR DESIGN EFFECTS ON IMAGE QUALITY IN MULTISLICE CT**Goran Iliev, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – *Ovaj rad, baziran na istorijskom razvoju CT-a i osnovama CT fizike, opisuje dosadašnje stanje tehnologije i pokušava da predvidi buduća poboljšanja. Osim opisa ključnih komponenti CT sistema, poseban akcenat je stavljen na revolucionarne razvoje, kao što su multislajсни CT i kardiološko snimanje. Zatim sledi prikaz rezultata dobijenih pri ozračivanju fantoma glave multislajsnim Siemens Biograph True Point PET-CT skenerom i diskusija na temu poboljšanja kvaliteta slike podešavanjem vrednosti parametara protokola snimanja.*

Abstract – *Based on the historic evolution of CT and basic CT physics, this work describes the status of the technology and tries to anticipate future developments. Besides the description of key components of CT systems, a special focus is placed on breakthrough developments, such as multi-slice CT and cardiac imaging. Additionally, it gives a review of the results from the irradiation of a phantom of the head with a multislice Siemens Biograph True Point PET-CT scanner, with a discussion on the topic of improving the picture quality by adjustment of values of parameters of the radiation protocol.*

Ključne reči: *kompjuterizovana tomografija, radiologija, skeniranje, kolimacija, detektori.*

1. UVOD

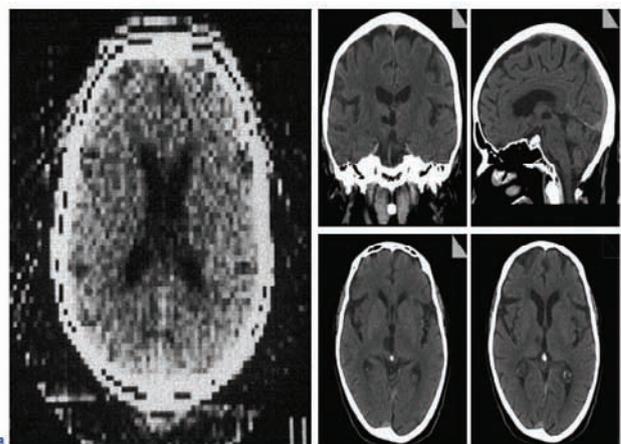
Domet i profil klasične rendgenologije temeljno su se izmenili početkom 70-tih godina prošlog veka, kada je od strane fizičara Godfri N. Haunsfilda i neuro-radiologa Džejmisa Ambrosa, otkrivena kompjuterizovana aksijalna transverzalna tomografija, novi visokosofisticirani metod za određivanje minimalnih razlika u gustini tkiva.

Ova tehnika izuzetne osetljivosti omogućila je neposredno prikazivanje najfinijih anatomskih i patoloških struktura, a uz korišćenje kontrastnih sredstava postavila nove protokole rendgenološke dijagnostike.

Kao što je i bilo predviđeno u kasnim 1970-im, vreme akvizicije mehaničkih CT skenera će biti predugo za visoko kvalitetna kardiološka snimanja i za narednih nekoliko godina ili čak i decenija koje slede, sve do razvoja potpuno novog tehničkog koncepta - CT skener bez pokretnih delova za izuzetno brzu akviziciju podataka od 50 ms koji je predložen i promovisan kao

kardiovaskularni CT (CVCT) skener. Kasnije, ovi skeneri su takođe nazivani „ultrabrzni CT“ skeneri ili „CT sa elektronskim snopom zračenja“ (EBT ili EBCT). Visoka cena i ograničen kvalitet slike u kombinaciji sa malim obuhvatom zapremine sprečili su dalje propagiranje modaliteta, pa je proizvodnja i distribucija ovih skenera prekinuta.

Na osnovu uvođenja tehnologije kliznog prstena koja napaj rotirajuće postolje i prosleđuje podatke sa njega, neprekidna rotacija rendgenske cevi i detektora postala je moguća. Mogućnost kontinuirane rotacije dovela je do razvoja spiralnog CT skenera početkom 1990-ih (Crawford i King 1990), korišćenjem metoda koji je predložen nekoliko godina ranije.



Slika 1. *Razvoj kompjuterizovane tomografije tokom vremena. a) snimak poprečnog preseka mozga iz 1971. i b) ceo mozak sa sagitalnim, koronalnim i poprečnim presecima iz 2007. godine*

Količina podataka je mogla biti dobijena bez opasnosti od pogrešne ili duple registracije anatomskih detalja. Slike je bilo moguće rekonstruisati pri bilo kojoj poziciji duž pacijentne ose (uzdužna osa, z-osa) i rekonstrukcija preklapajućih slika je korišćena za poboljšanje uzdužne rezolucije. Količina podataka je postala dovoljna za aplikacije kao što je CT angiografija (CTA), što je predstavljalo revoluciju u neinvazivnoj proceni vaskularnih bolesti. Mogućnost akvizicije podataka bila je preduslov za razvoj raznih tehnika obrade trodimenzionalnih slika kao što su multiplanarne reformacije (MPR), projekcije maksimalnog intenziteta (MIP), prikazi osenčenih površina (SSD) ili tehnike zapreminskog prikazivanja (VRT). Danas, ove tehnike predstavljaju vitalne komponente medicinskog imidžinga. Glavni nedostaci jednoslajsnog spiralnog CT-a su ili nedovoljna

NAPOMENA:

Ovaj rad predstavljao je iz master rada čiji mentor je dr Vesna Spasić Jokić, red. prof.

obuhvaćenost zapremine u vremenskom intervalu jednog daha pacijenta ili nepostojanje prostorne rezolucije u z-osi usled široke kolimacije.

Sa jednoslajsnim spiralnim CT-om, idealna izotropna rezolucija (npr. jednaka rezolucija u sve tri prostorne ose) može se postići samo pri veoma ograničenim opsezima skeniranja.

2. DIZAJN SISTEMA

Ukupan učinak MDCT sistema zavisi od nekoliko ključnih komponenti:

- Kontrolna konzola sa monitorom i tastaturom - ona služi za unošenje podataka koji su neophodni za snimanje, programiranje i dobijanje dvodimenzionalne slike tela.
- Postolje (gantry) - centralni deo aparata sa rotirajućim sistemom koji čine rendgenska cev, detektori i prateća elektronika.
- Rotirajuća rendgenska cev u pravilnim impulsnim momentima i iz više uglova emituje snop rendgenskih zraka koji prolaze kroz slojeve tkiva debljine od 0,5 mm do 10 mm i nakon apsorpcije se registruju u detektorima u vidu numeričkih vrednosti.
- Generator – deo sistema koji produkuje visoki napon neophodan za nastanak rendgenskih zraka.
- Kompiuterska konzola sa mikroprocesorima u kojoj se vrši rekonstrukcija slike i njeno skladištenje na magnetni disk ili na optičke medije.

2.1 Dizajn detektora kod MDCT i kolimacija preseka

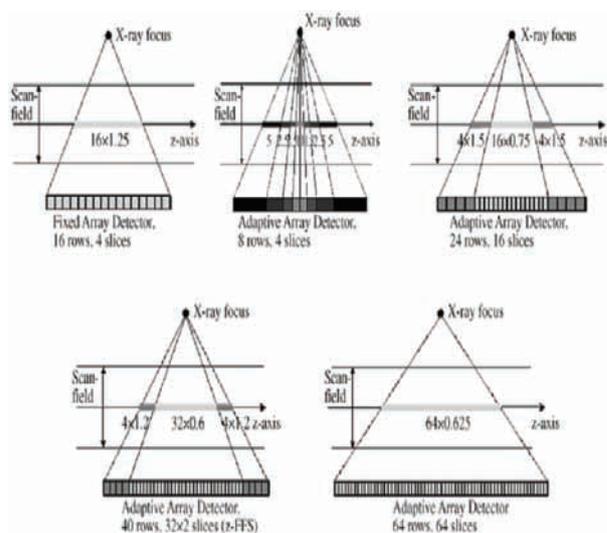
Dizajnirati multislajсни skener sa fiksnom kolimacijom preseka je lako, ali dizajniranje detektora da zadovoljava kliničke zahteve različitih kolimacija preseka koje su prilagodljive dijagnostičkim potrebama predstavlja izazov. U suštini postoje dva različita principa, princip koji podrazumeva korišćenje matičnog detektora sa elementima fiksne veličine ili princip adaptivnog niza.

U spiralnom imidžingu raznovrsnost aksijalnog odabiranja uzoraka kao funkcije pitch-a nam dozvoljava i dobijanje širina preseka nezavisno od pitch-a i rekonstrukciju višestukih preseka pri skeniranju kolimacijom užom od odabrane širine preseka s . Da bi se ovo postiglo AAI-šema (adaptivni aksijalni interpolator) predviđa skup linearnih i nelinearnih interpolatora koji su prilagođeni željenoj vrednosti pitch-a, kolimaciji i širini preseka. Navedeni su neki primeri: pri spiralnom skeniranju sa kolimacijom 4×1 mm, preseki širina od 1, 1.25, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 4.0, 5.0 sve do 10 mm mogu se dobiti podešavanjem širine i funkcionalnog oblika interpolatora. S druge strane, izabrana širina preseka s , npr. $s = 5$ mm, može se dobiti drugačijim podešavanjem kolimatora, npr. 4×1 mm ili $4 \times 2,5$ mm. Važno je zapamtiti da je, za kliničke aplikacije, uža kolimacija poželjna zbog kvaliteta slike, odnosno zbog smanjenja parcijalnih zapreminskih efekata.

CT detektori moraju obezbediti različite širine preseka da bi se podesili optimalna brzina skeniranja, uzdužna rezolucija i količina šuma na slici za svaku aplikaciju. Sa jednoslajsnim CT detektorom, različite širine kolimiranih

preseka su dobijene pre-pacijentnom kolimacijom rendgenskog snopa. Za vrlo elementarni model dvoslajsnog CT detektora koji se sastoji od $M=2$ detektorska niza, različite širine preseka se mogu dobiti pre-pacijentnom kolimacijom ukoliko je detektor razdvojen duž sredine z-opsega rendgenskog snopa.

Za $M>2$, ovaj jednostavan princip dizajna mora biti zamenjen fleksibilnijim konceptima koji zahtevaju više od M detektorskih nizova u cilju istovremenog dobijanja M preseka. Različiti proizvođači MDCT skenera su uveli nekoliko različitih dizajnova detektora. U cilju odabiranja različitih širina preseka, svi skeneri kombinuju nekoliko detektorskih nizova elektronskim putem kako bi se dobio manji broj preseka u skladu sa izabranom kolimacijom snopa i željenom širinom preseka.



Slika 2. Primeri fiksnih i adaptivnih detektorskih nizova korišćenih u komercijalno dostupnim MDCT sistemima

U cilju odabiranja različitih širina preseka, nekoliko detektorskih nizova može biti elektronskim putem iskombinovano da bi se dobio manji broj preseka. Sledeće širine preseka su ostvarene: 4×1.25 mm, 4×2.5 mm, 4×3.75 mm i 4×5 mm (slika 2.8 gore levo). Isti dizajn detektora je korišćen i za 8-slajсне verzije ovih sistema, pružajući 8×1.25 mm i 8×2.5 mm kolimirane širine preseka.

Drugačiji pristup podrazumeva korišćenje dizajna adaptivnog detektorskog niza, koji obuhvata detektorske nizove različitih veličina u longitudinalnom pravcu. Skeneri ovog tipa, „Philips MX8000“ 4-slajсни skener i „Siemens SOMATOM Sensation 4“ skener, imaju osam detektorskih nizova. Njihove širine u longitudinalnom pravcu su u opsegu (1-5) mm i omogućavaju sledeće kolimirane širine preseka: 2×0.5 mm, 4×1 mm, 4×2.5 mm, 4×5 mm, 2×8 mm i 2×10 mm (slika 2.8 gore srednja).

Uopšteno i 16-slajсни CT sistemi poseduju adaptivni niz detektora. Reprezentativan primer za ovaj tip skenera, „Siemens SOMATOM Sensation 16“, koristi 24 detektorska niza (slika 2.8 gore desno). Odgovarajućom kombinacijom signala dobijenih iz individualnih detektorskih nizova, može se istovremeno dobiti 16 preseka kolimirane širine 0.75 mm ili 1.5 mm. „GE Lightspeed 16“ skener koristi sličan dizajn, koji obezbeđuje 16 preseka kolimirane širine 0.625 mm ili

1.25 mm. Postoji još jedan dizajn koji omogućava korišćenje 16 preseka kolimirane širine 0.5 mm ili 2 mm i on je implementiran u „Toshiba Aquilion“ skeneru. Ovaj skener ima 64 detektorska niza i ukupnu obuhvaćenost u longitudinalnom pravcu 32 mm.

„Siemens SOMATOM Sensation 64“ skener poseduje adaptivni detektorski niz sa 40 detektorskih nizova. Od tih 40, 32 centralna niza definišu 0.6-milimetarsku kolimiranu širinu preseka, dok preostalih 8 (po 4 spoljna sa obe strane) definišu 1.2-milimetarsku kolimiranu širinu preseka (slika 2.8 dole levo). Ukupna obuhvaćenost u longitudinalnom pravcu je 28.8 mm. Korišćenjem periodičnog kretanja fokusne tačke u z-pravcu (tzv. z-letenje fokusne tačke), postignuta su 64 preklapajuća 0.6-milimetarska preseka po rotaciji. Alternativno, mogu se dobiti 24 preseka širine 1.2 mm. „Toshiba“, „Philips“ i „GE“ koriste fiksni detektorski niz u svojim 64-slajsnim sistemima. „GE VCT“ i „Philips Brilliance 64“ skeneri imaju po 64 detektorska niza, baš kao i prethodno pomenuti „Toshiba Aquilion“ skener, ali za razliku od njega njihova kolimirana širina preseka je 0.625 mm i omogućavaju istovremeno očitavanje 64 preseka sa ukupnom pokrivenošću od 40 mm u longitudinalnom pravcu (slika 2.8 dole desno).

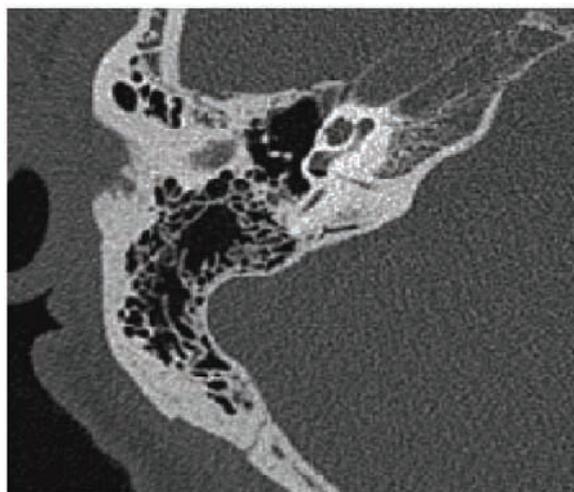
3. KLINIČKE APLIKACIJE

Prednosti multislajsne kompjuterizovane tomografije su važne za mnoge aplikacije CT skeniranja, uključujući preglede onkoloških ili traumatizovanih pacijenata, kao i karakterizaciju lezije pluća i jetre. Međutim, najveći uticaj je ostvaren na CT angiografiji, kardiološkom snimanju, virtualnoj endoskopiji i snimanju pri visokoj rezoluciji. CT angiografija intrakranijalnih sudova koristi tehnologiju brzog i detaljnog skeniranja MSCT-a. Pri kolimaciji 1 mm, „Willisov krug“ (krug cerebralnih arterija) može biti skeniran u roku od 10 sekundi. To omogućava da se potpuno skeniranje izvrši tokom prvog prolaska jodiranog kontrastnog materijala kroz arterijski sistem. Upotreba MSCT-a sa CT angiografijom pokazuje prostornu povezanost aneurizma sa napojnim sudom, baš kao i oblik samog aneurizma, jer se isti bolus može neprekidno pratiti tokom svog proticanja. Za CT angiografiju torakoabdominalne aorte koristi se kolimacija 2.5 mm, pitch faktor 5 – 6 i brzina rotacije 0.5 s. Obuhvat zapremine je od početka grudnog koša do ingvinalnog regiona, što znači da je dužina oblasti koja treba biti obuhvaćena 50 cm – 55 cm i to se može izvršiti u intervalu akvizicije od otprilike 20 sekundi. Korišćene su rekonstrukcije sa 50 % preklapanjem, stvarajući između 400 i 450 slika.

Rekonstrukcija slike tokom različitih faza električne aktivnosti srca je izvodljiva pomeranjem početna tačke rekonstrukcije u odnosu na R-talas. Za datu početnu poziciju, mnoštvo slika se može rekonstruisati zahvaljujući multislajсноj akviziciji podataka. Sve slike su rekonstruisane pri identičnoj vremenskoj tački tokom srčanog ciklusa. Istovremeno, 4 detektorska preseka se pružaju duž z-ose u odnosu na pacijentni sto. Konstantna obuhvaćenost zapremine može se postići samo kada je pitch prilagođen brzini otkucaja srca, tj. neophodno je izbeći praznine između mnoštva slika koje su rekonstruisane korišćenjem podataka iz različitih srčanih

ciklusa. Dakle, pitch faktor, koji se može koristiti za akviziciju, je ograničen pacijentovim RR intervalom vremena.

Snimanje temporalne (slepočne) kosti predstavlja veliki izazov za klinički CT i dobar primer potrebe za njegovom visokom rezolucijom. To snimanje temporalne kosti je poboljšano korišćenjem MSCT-a zato što rezolucija u ravni skeniranja može biti znatno povećana. Struktura unutrašnjosti temporalne kosti je visokog kontrasta i skeniranje se obavlja rutinski pri tankoj kolimaciji. Oba radna režima skenera „SOMATOM“ 2 x 0.5 mm i 4 x 1 mm su primenljiva i proizvod struje i vremena može biti smanjen na vrednosti ispod 200 mAs (slika 3). Na slici se primećuje odlična definicija slušnih košćica pri kolimaciji širine 0.5 mm (200 mAs, 120 kV).



Slika 3. Snimak temporalne kosti pri visokoj rezoluciji

4. EKSPERIMENT

Parametri protokola CT snimanja i tehničke karakteristike skenera imaju značajan uticaj na kvalitet slike i dozu zračenja kojoj je pacijent izložen tokom pregleda. S obzirom na kompleksnost uređaja za kompjuterizovanu tomografiju i veliki broj različitih parametara koji mogu da utiču na dijagnostički kvalitet slike, cilj ovog eksperimenta bio je da se utvrdi uticaj kolimacije na nivo šuma, a samim tim i na kvalitet slike kod CT pregleda grudnog koša i glave..



Slika 4. Izgled „Siemens Biograph Truepoint“ PET-CT skenera i antropomorfnoг fantoma glave u toku eksperimenta

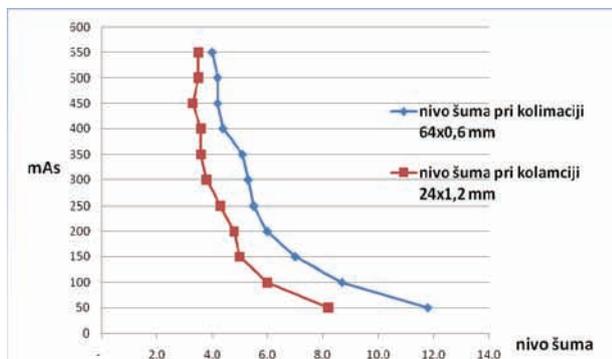
Sva merenja su izvršena na 64-slajsnom „Siemens Biograph True Point“ PET-CT skeneru u Centru za imidžing dijagnostiku, Instituta za onkologiju Vojvodine u Sremskoj Kamenici, korišćenjem „Siemens“-ovog CT fantoma za kontrolu kvaliteta

Dobijeni rezultati prikazani su u tabeli 1:

Tabela 1. Dobijeni rezultati merenja nivoa šuma pri dve različite vrednosti kolimacije i više različitih vrednosti količine naelektrisanja u cevi

mAs	Kolimacija 64 x 0,6 mm	Kolimacija 24 x 1,2 mm
50	11,8	8,2
100	8,7	6,0
150	7,0	5,0
200	6,0	4,8
250	5,5	4,3
300	5,3	3,8
350	5,1	3,6
400	4,4	3,6
450	4,2	3,3
500	4,2	3,5
550	4,0	3,5

Iz tabele 1 se vidi uticaj kolimacije na vrednost šuma. Takođe vidi se da se vrednost šuma smanjuje sa povećanjem vrednosti količine naelektrisanja u cevi, ali ne u nedogled, već samo do nekih graničnih vrednosti, što je i prikazano na slici 5.



Slika 5. Prikaz uticaja kolimacije na vrednost šuma

5. ZAKLJUČAK

Tendencija ka što većem broju preseka neće biti vođena potrebom povećanja brzine skeniranja u režimima spiralne akvizicije, već novim kliničkim aplikacijama koje će postati moguće sa ovakvim dizajnom sistema i detektora. Skeniranja dinamičkih zapremina postaje izvodljivo, otvarajući čitav spektar novih aplikacija, kao što su funkcionalna istraživanja ili studije zapreminske perfuzije (protok krvi). Nedavno su „Toshiba“ i „Siemens“ predstavili sisteme kojima su ove aplikacije prioritet, iznova sledeći različite tehnološke pravce da bi postigli isti cilj. „Toshiba“ je predstavila 320-slajсни skener koji omogućava obuhvatanje celih organa tokom jedne rotacije. Zasnovan je na prototipu skenera sa 256 x 0.5-milimetarskim detektorskim elementima. „Siemens“ je predstavio 128-slajсни skener sa režimom dinamičkog

spiralnog transfera koji takođe omogućava akviziciju 4D podataka velikih zapremina. Prototipski sistemi koji koriste CsI-aSi (cezijum jodid - amorfni silicijum) flet-panel detektorsku tehnologiju, prvobitno korišćenu u konvencionalnoj angiografiji sa uvođenjem katetera, je ograničena malom kontrastnom rezolucijom i brzinom skeniranja. Kratko vreme rotacije postolja (< 0.5 s), koje je preduslov za uspešan pregled pokretnih organa kao što je srce, prevazilazi okvire takvih sistema. Prostorna rezolucija je odlična zahvaljući malim veličinama detektorskih piksela. U pretkliničkim instalacijama, vrši se procena potencijalnih kliničkih aplikacija flet-panel CT sistema.

Ipak, mora se uvek imati na umu da će potencijalno povećanje prostorne rezolucije biti povezano sa povećanjem doze, te se zbog toga kliničke prednosti moraju pažljivo razmatrati u kontekstu primenjene pacijentne doze. Dakle, nastavljen je još jedan trend i to najbitniji, trend održanja što manje doze pri svim vrstama kliničkih aplikacija. Jedan od primera koji pokazuju ove napore proizvođača je optimizacija akvizicionog režima u kompjuterizovanoj tomografiji srca, aplikacija koja je naročito u fokusu diskusija o dozama poslednjih nekoliko godina. Drugi primer jeste uvođenje dinamičkih kolimatora koji eliminišu problem povećanja zračenja u spiralnom skeniranju, koje se povećavalo sa povećanjem širine detektora.

6. LITERATURA

- [1] Crawford, C. R., King, K. F.: „Computed tomography scanning with simultaneous patient translation“. Med.Phys. 1990.
- [2] Kalender, W. A., Seissler, W., Klotz, E., Vock, P.: „Spiral volumetric CT with single-breath-hold technique, continuous transport and continuous scanner rotation“. Radiology 1990.
- [3] Stefan Ulzheimer, Thomas Flohr: „Multislice CT: Current Technology and Future Developments“. Med.Phys. 2005.
- [4] Peter Dawson, William R. Lees: „Multislice Technology in Computed Tomography“. Department of Imaging, UCL Hospitals, London, U.K. 2000.
- [5] Šveljo O, Marković Ž, Reljin B, Prvulović M, Lučić M, Semnic R, Adić O.: „Uticaj malih promena struje cevi na dijagnostički kvalitet slike kod spiralnog CT pregleda grudnog koša“. Radiološki arhiv Srbije 2003.
- [6] Hounsfield GN.: „Computerised transverse axial scanning (tomography)“. I description of system. Brit J Radiology 1973.

Kratka biografija:



Goran Iliev rođen je u Ljubljani 1986. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Instrumentacija i merenja odbranio je 2013. god.

KONTROLA KVALITETA U POZITRONSKOJ EMISIONOJ TOMOGRAFIJI
QUALITY CONTROL IN POSITRON EMISSION TOMOGRAPHYIgor Galić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U radu je prikazana proizvodnja radionuklida pozitronskih emitera i radiofarmaceutika, instrumentacija, zaštita od zračenja, monitoring, sistem upravljanja kvalitetom (QMS), osiguranje kvaliteta (QA) i kontrola kvaliteta (QC).

Abstract – This paper presents the production of positron emitters radionuclides and radiopharmaceuticals, instrumentation, radiation protection, monitoring, Quality Management System (QMS), Quality Assurance (QA), Quality Control (QC).

Ključne reči: Kontrola kvaliteta (QC), instrumentacija, zaštita od zračenja, monitoring.

1. UVOD

Pozitronska emisiona tomografija (PET) je dobro ustanovljena dijagnostika sa modalitetom koji se intenzivno koristi u onkologiji za dijagnozu tumora, scenografije, planiranja i praćenja radioterapije, u kardiologiji za prevenciju infarkta, i u neurologiji za obasipanje i snimanje neuro-receptora. Pozitronska emisiona tomografija takođe ostaje snažan modalitet imidžinga, kao radionuklidi sa adekvatnom fizičkom i biohemijskom karakteristikom su dostupni i razvijaju se.



Slika 1. Izgled PET skenera

2. PET TEHNOLOGIJA**2.1. PET radionuklidi**

Idealni PET radionuklidi treba da budu:

a) Lako dostupni (relativno) ili da se lako proizvode, u adekvatnim količinama i sa potrebnom radionuklidnim čistoćom;

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Vesna Spasić-Jokić, red.prof.

b) Pogodan je za sintezu radiofarmaceutika koji omogućavaju studiju biohemijskih procesa u živom organizmu.

Kratko vreme poluraspada ovih radionuklida zahteva, u mnogim slučajevima da budu proizvedeni korišćenjem namenskih ciklotrona ili generatora, na istom mestu gde će biti korišćeni. Najpogodniji farmaceutik je baziran na ¹⁸F (fluor), koji može da se transportuje na rastojanja od par stotina kilometara. Radionuklidi PET emiteri koji su relevantni za dijagnostiku i terapiju su ⁶⁸Ga (galijum) i ⁸²Rb (rubidijum). U tabeli 1. prikazani su glavni PET radionuklidi, sa nekim od njihovih relevantnih fizičkih karakteristika.

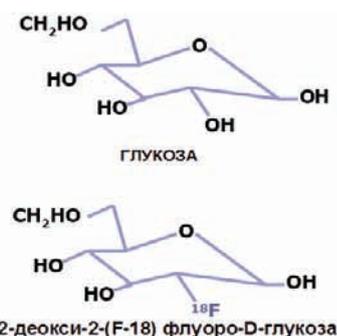
Tabela 1. Primeri izotopa koji se koriste u PET-u

Изотоп	Време полураспада (минута)	Максимална позитронска енергија (MeV)	Позитронски домет у води (FWHM у mm)	Начин производње
¹¹ C	20,3	0,96	1,1	циклотрон
¹³ N	9,97	1,19	1,4	циклотрон
¹⁵ O	2,03	1,70	1,5	циклотрон
¹⁸ F	109,8	0,64	1,0	циклотрон
⁶⁸ Ga	67,8	3,89	1,7	генератор
⁸² Rb	1,26	3,15	1,7	генератор

FWHM - puna širina na polovini maksimuma

3. KLINIČKE PRIMENE PET/CT-a

1976. godine počela je primena radiofarmaceutika [¹⁸F] 2-fluoro-2-deoksiglukoza ([¹⁸F] FDG), što zapravo predstavlja marker metabolizma šećera sa vremenom poluraspada 110 minuta, čime su omogućene svetleće doze za bezbedno upravljanje i nisku izloženost zračenja pacijenta. Razvoj radiofarmaceutika kao što je FDG, omogućio je jednostavnije proučavanje živih bića i postavio temelje za detaljnija istraživanja u korišćenju PET-a, kao i evaluaciju efekata terapije na bolesti kod ljudi. Za razliku od konvencionalni imidžing tehnika (rendgen, CT, MRI i ultrazvuk) koji pružaju pretežno anatomske informacije, slike radionuklida daju funkcionalne informacije o metaboličkim aktivnostima u fiziološkim ili patološkim procesima i ograničenim informacijama o anatomiji.



Slika 2. Hemijska struktura glukoze i FDG-a

4. OSIGURANJE KVALITETA U PET/CT-u

Sistem upravljanja kvalitetom (QMS) treba da obuhvati nekoliko osnovnih komponenti:

- a) Jasna definicija odgovornosti za definisane mere koje se tiču osiguranja kvaliteta (QA);
- b) Niz dokumenata koji prikazuju pravilnu upotrebu opreme za snimanje, a za test objekte fantome i izvore, detaljno testiranje modaliteta i procedura koje treba slediti u slučaju abnormalnih rezultata, koji ne odgovaraju onome što se očekuje, ili u slučaju kvara;
- c) Evidencija svih testova, kalibracija i izvođenje korektivne akcije;
- d) Pravilna obuka svih zaposlenih koji su uključeni u ispravno i bezbedno korišćenje opreme, procedura kontrole kvaliteta (QC) i svih aspekata koji se odnose na osiguranje kvaliteta.

Sistem upravljanja kvalitetom (QMS) definiše kakvi će koraci biti preduzeti kako bi se osiguralo da se održava željeni nivo zaštite i kako će ona biti dokumentovana. Kontrola kvaliteta (QC) za PET/CT odnosi se na određeni skup mera usmerenih na praćenje rada instalirane opreme za snimanje, u odnosu na kvalitet slike i periodičnih doza, na primer mesečno. Ova publikacija ima za cilj da pomogne u procesu prihvatanja i testiranja kontrole kvaliteta (QC) PET skenera.

Ona dopunjuje materijal koji se nalazi u međunarodnim i nacionalnim časopisima, kao što su IEC (Međunarodna komisija za elektrotehniku) i NEMA (Udruženje nacionalnih električnih proizvođača) publikacija, kao i drugim relevantnim dokumentima, koji se pominju u ovoj publikaciji.

Za uspostavljanje referentne vrednosti i akcionih nivoa, uporediti sa rezultatima rutinskih testova, jer se početna serija testova kontrole kvaliteta (QC) mora izvršiti odmah nakon završetka procedura prihvatanja.

5. RUTINSKA PROCEDURA KONTROLE KVALITETA

Najsavremeniji PET sistemi za snimanje zahtevaju periodične kalibracije. Osnovna svrha programa kontrole kvaliteta (QC) je da utvrdi da li slika tačno odražava raspodelu radiofarmaceutika unutar pacijenta. On ima važnu ulogu u praćenju promena u performansama, tako da servis može biti zakazan i obavljen pre nego što to bude potrebno, a zahteva otkazivanje studije pacijenta. Sveobuhvatni program kontrole kvaliteta (QC) trebalo bi da ima maksimalan kvalitet dijagnostičkih informacija koji su dostupni lekaru.

U poređenju sa samostalnim PET skenerom, PET/CT sistemi zahtevaju praćenje dodatnih parametara koji se odnose na performanse CT skenera i ko-registraciju PET i CT podataka. Rutinski protokoli kontrole kvaliteta (QC) treba da omoguće identifikaciju problema, koji mogu uticati na bilo koji od sledećih aspekata performansi:

- Kvalitet slike PET-a;
- Kvalitet slike i doza pacijenta kod CT-a;
- Tačnost CT-a zasnovana na slaboj korekciji;
- Tačnost PET i CT ko-registracije.

6. MERNA INSTRUMENTACIJA

6.1. Metrološki uslovi

Metrološka regulativa doneta na osnovu zakona o mernim jedinicama i merilima:

Metrološke karakteristike merila zadovoljavaju metrološke uslove propisane u domaćoj zakonskoj regulativi (na osnovu Zakona o mernim jedinicama i merilima), koja je usklađena sa međunarodnim preporukama Međunarodne organizacije za zakonsku metrologiju.

7. MONITORING

7.1. Sistem monitoringa

Osnovna namena monitoringa zračenja životne sredine je poznavanje nivoa doza zračenja, budući da je doza glavni i osnovni parametar određivanja stepena rizika, a time i uticaja izvora zračenja na čoveka.

U okviru projekta zaštite od zračenja i određivanja sistema monitoringa definisani su cilj, obim i realizacija sistema monitoringa.

7.2. Cilj monitoringa

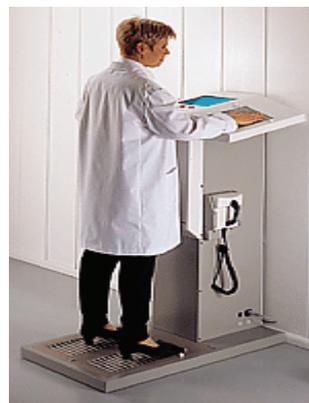
Cilj monitoringa je obezbeđenje procene uslova radne sredine, kao i kontinualno praćenje i registrovanje nivoa zračenja radi procene izloženosti pojedinca i okoline objekta.

7.3. Obim monitoringa

Predmet monitoringa su: polje zračenja, profesionalno izložena lica (unutrašnje i spoljašnje izlaganje), radna sredina i okolina oko objekta.

7.4. Monitoring kontaminacije radne sredine

Monitoring kontaminacije radne sredine podrazumeva monitoring kontaminacije vazduha, površina, vode i ljudi. Sistem može biti stacionarni i nestacionarni u zavisnosti od akcije koja se preduzima na osnovu rezultata merenja, kao i upotrebljenih merila.



Slika 3. Monitor ruku i nogu



Slika 4. Monitor otpadnih voda



Slika 5. Dozimetar sa GM (Gajger-Milerovim) brojačem

8. OSNOVNI PRINCIPI ZAŠTITE OD ZRAČENJA I RADIJACIONE SIGURNOSTI

Cilj zaštite od zračenja je da spreči pojavu determinističkih efekata kod pojedinca, ograničavanjem doza na niže vrednosti od propisanih granica, kao i da obezbedi preduzimanje mera za smanjenje pojave trenutnih i odloženih stohastičkih efekata kod stanovništva.

Cilj radijacione sigurnosti je da zaštiti pojedince, društvo i sredinu, sprovođenjem efikasnih mera zaštite od jonizujućih zračenja.

Da bi se navedeni ciljevi ostvarili, sistem zaštite i sigurnosti zasniva se na jasno definisanim osnovnim principima koji se odnose na:

- Infrastrukturu,
- Implementaciju,
- Zahteve u okviru prakse,
- Zahteve u okviru intervencija.

8.1. Infrastruktura

U sklopu Projekta zaštite od zračenja, infrastruktura podrazumeva zakonsku regulativu i njoj primerenu poddelu odgovornosti.

8.2. Implementacija

Principi implementacije postavljaju tehničke zadatke sa ciljem bezbednog korišćenja izvora jonizujućeg zračenja. Osnovni principi implementacije odnose se na:

- Vrste i pozicije izvora;
- Rad sa izvorima jonizujućih zračenja i
- Održavanje izvora jonizujućih zračenja.

8.3. Granice efektivne i ekvivalentne doze jonizujućih zračenja

1. Maksimalna efektivna doza za profesionalno izložena lica na AIT (Akceleratorne Instalacije Tesla) mora biti manja od 100 mSv u toku 5 sukcesivnih godina, odnosno 20 mSv godišnje.

2. Maksimalna dozvoljena efektivna doza za profesionalno izložena lica AIT (Akceleratorne Instalacije Tesla) mora biti manja od 50 mSv u toku jedne godine.

3. Ekvivalentna doza očnog sočiva za profesionalno izložena lica AIT (Akceleratorne Instalacije Tesla) mora biti manja od 150 mSv godišnje.

4. Ekvivalentna doza ekstremiteta (ruke i noge) i kože za profesionalno izložena lica AIT (Akceleratorne Instalacije Tesla) mora biti manja od 500 mSv godišnje.

5. Ukupno učešće AIT (Akceleratorne Instalacije Tesla) u ukupnoj godišnjoj efektivnoj dozi za stanovništvo ne sme preći 0,2 mSv godišnje.

6. Vrednost ambijentalne ekvivalentne doze prouzrokovane zračenjem ili emisijom radionuklida iz AIT (Akceleratorne Instalacije Tesla) ne sme preći 1,5 mSv godišnje.

Tabela 2. Granice površinske i zapremske aktivnosti radionuklida emitera alfa i beta zračenja

Emiter / zona	Van zone zračenja	U zoni zračenja	Vazduh
Alfa	0,1 Bq/cm ² (uključujući kožu i odeću)	1 Bq/cm ²	0,1 Bq/cm ³
Beta	1 Bq/cm ² (uključujući kožu i odeću)	10 Bq/cm ²	30 Bq/cm ³

9. POJMOVI

QMS – Quality Management System

QC – Quality Control

QA – Quality Assurance

MRI – Magnet Rezonance Imaging

PET – Positron Emission Tomography

CT – Computer Tomography

FDG – Fluorodeoxyglucose

IEC – International Electrotechnical Commission

NEMA – National Electrical Manufacturers Association

10. LITERATURA

- [1] Vesna Spasić-Jokić sa saradnicima „Izvod iz projekta”
- [2] Vesna Spasić-Jokić „PETCT_L01_Introduction_PET-CT_WEB.pdf”.
- [3] IAEA „Pub1393_web.pdf”.
- [4] Petar Zobenica, Master rad, Novi Sad, (2011).

Kratka biografija:



Igor Galić rođen je Novom Sadu 3. aprila 1987. godine. 2006. godine završio je srednju elektrotehničku školu „Mihajlo Pupin” u Novom Sadu. 2006. godine upisao se na Fakultet Tehničkih Nauka. 2013. godine diplomirao je iz oblasti Elektrotehnika i računarstvo - instrumentacija i merenje.



Parallel Processing of Multichannel Video Based on Multicore Architecture

Branislav Kordic, Vladimir Marinkovic, Miroslav Popovic
Faculty of Technical Sciences at University of Novi Sad
21000 Novi Sad, Serbia
{branislav.kordic, vladimir.marinkovic, miroslav.popovic}@rt-rk.com

Vukota Pekovic
Research and Development Institute RT-RK
21000 Novi Sad, Serbia
vukota.pekovic@rt-rk.com

Abstract— Parallel processing and multi-core architectures are being accepted in all segments of industry caused by the need for better performance in real-time and non-real-time systems. This paper presents an implementation of parallel processing system for multichannel video on a multicore architecture using different building blocks. Black Screen Detection algorithm is used for digital image processing. The implemented system was validated by means of a particular case study. Experimentally obtained results are related to analysis of the system scalability, in terms of processing speed up as a function of the number of cores that participate in the processing. Also, due to the specific memory architecture, the influence of a ping-pong mechanism has been analyzed. Based on these results, the use of multi-core architecture for parallel processing to achieve significantly better performance of the target class of embedded systems is justified.

Keywords- digital signal processing; embedded systems; image processing; multi-core architecture; parallel processing

I. INTRODUCTION

Multicore processors are being accepted in all segments of industry, including signal processing and embedded space, in order to achieve better system performance. In recent years, multicore digital signal processors (DSPs) have gained significant importance due to expansion of data-intensive application, like video and image processing, on mobile devices. Today there are powerful multicore floating point DSPs architectures that can be used as a platform for implementing various high intensive computing and parallel processing algorithms. Programming multicore DSP is very challenging and algorithm parallelization is not a simple task, but if we want to achieve desired performance we need to deal with, familiarize, and overcome all problems and drawbacks which are arising during system lifetime.

A number of programming libraries and languages (Intel TBB, OpenCL, OpenMP, and etc.) which enable us to overcome the mentioned limitations are developed and studied in [1]. Using them, especially in terms of implementation of video processing [2], it is possible to achieve significant speed up. However, their practical usage in embedded and consumer electronics systems is not significant, and therefore scientific R&D in the field of code parallelization techniques [3, 4] still remains open. Unlike other multicore architecture, use of multicore DSPs provides efficient implementation of parallel image and video

processing algorithms. BBT test system is typically used for automatic functional verification of Set-Top Box and Digital Television devices [5].

The content of this paper is organized as follows. After the introduction in Section I, Section II describes system structure and behavior of developed system. Section III gives short overview of software implementation using different building blocks. In Section IV system validation and experimentally obtained results are presented. Finally, conclusions are given in Section V.

II. SYSTEM STRUCTURE AND BEHAVIOR

The target parallel processing system consists of two physically and functionally separate parts, a *host* part and a *parallel processing* part. The backbone of the host part is x86 architecture, while the parallel processing part relies on multicore DSP architecture. Two parts of the system are physically connected by high throughput *PCI Express* (PCIe) interface. Fig. 1 shows detailed structure of the system.

A. System Structure

Host is made up of Linux operating system, a set of runtime libraries, *HOST Mailbox* module, and *Core Controller* module. Host should provide (1) communication and control mechanisms which are used for processing control, (2) data preprocessing, and (3) data transfer and task scheduling. Use of Linux OS allows simpler and platform-independent implementation of the basic functional modules that were identified. Also, Linux OS already supports a number of well optimized embedded runtime libraries, which may help to achieve better system performance. The role of the runtime libraries is to enable communication with the parallel processing subsystem, namely PCIe DSP board, on the physical level, and if necessary, to provide utilization of multicore architecture peripherals that are of interest, e.g. direct memory access (DMA) controller. Depending on the choice of the specific architecture, communication between host and subsystem for parallel processing can be implemented in several ways. One way is to use *mailbox* mechanism. Mailbox mechanism is an elegant, simple, and efficient solution for message exchange between multiple processing elements participating in a parallel processing. In Fig. 1 it is denoted as *HOST Mailbox* module. Mailbox is used for exchanging short messages, such as information about input and output buffer addresses, data size, or control

- NAPOMENA:**
a) Ovaj rad proistekao je iz master rada Branislava Kordića. Mentor je bio prof. dr Miroslav Popović.
b) Rad je prethodno publikovan na konferenciji ECBS-EERC, Budimpešta, avgust 2013.

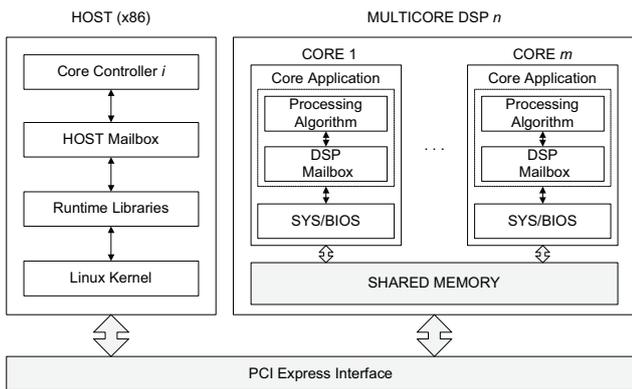


Figure 1. System structure for parallel processing

messages. In accordance with the logical organization of the cores, and parallel processing algorithm, host need to provide the most appropriate mechanism to control them. Module *Core Controller* is responsible for processing synchronization and control. This mentioned module provides remaining host's functionality, i.e. processing control, data preprocessing, and task scheduling.

Subsystem for parallel processing is composed from several multicore DSPs including appropriate software that supports using different building blocks in order to implement processing algorithms. In system, PCIe DSP board is considered as coprocessor used for high intensive computing and parallel algorithms implementation. Each core on board is treated as a process element that participates in the parallel processing. As shown in Fig. 1, it is assumed that multicore architecture supports shared memory which all cores can directly access. Because of the specific features of each architecture, number of cores, size of cache, internal, and shared memory was not considered. It is also assumed that DMA controller or another mechanism that can be used by host to access the shared memory is available.

The processing on DSPs is divided in several modules. SYS/BIOS OS is used as a runtime software support on every core. SYS/BIOS is a real-time OS (RTOS) which is intended for use in various embedded systems and it allows certain system services like thread execution support, thread synchronization facilities, and memory management. With thread and synchronization support, several algorithms can be implemented on each core, and therefore better core utilization can be achieved. Processing algorithms are represented as separate, *Processing Algorithm*, module. When communicating with the host, all cores (processing elements) use mailbox as communication mechanism. Mailbox usage is same as on host side. On the DSPs side mailbox are denoted as *DSP Mailbox* module. Together, processing algorithm and mailbox form *Core Application* module. It is the smallest controllable unit that can be controlled by the host side.

B. System Behavior

In described system structure there is no centralized memory that could be shared between all parts in the system, i.e. the system has distributed memory architecture. Two types of memory exist in the system. The first type is host's

memory and it is used to store preprocessed data. The second type of memory is DSP shared memory which is mainly used to store preloaded and currently processed data. The sequence diagram in Fig. 2 describes system behavior.

Core Controller and *HOST Mailbox* module are on the host side, while *Core Application*, *DSP Mailbox* and *Processing Task* module are on DSP core side. Processing on core begins with signaling *DSP Mailbox* from *Core Application*. *DSP Mailbox* needs to wait for the incoming messages from *Core Controller*, so that the processing algorithm could be executed. At the same time, on other side, *Core Controller* transfers data from host into DSP shared memory. When the data transfer is finished, *Core Controller* sends a message to DSP *Core Application* to notify it that data is ready to be processed. After the message has been sent, *Core Controller* waits for the answer indicating that processing is finished. On DSP core, depending on received message, *Core Controller* executes corresponding processing algorithm. At the end, the message sent from *Core Application* signalizes that processing is finished.

As previously described DSP core spend some amount of time for waiting message from the host. This waiting is caused by inability of host to immediately employ the core. The host first need to transfer data buffer into DSP memory and then to send message to the core. Dependably of transfer mechanism and data size, the transfer time can be significant and thus cause the core to stay even longer in waiting state. One way to overcome this limitation is to use *ping-pong* (PP) mechanism. The idea of PP mechanism is to provide double data buffering in DSP memory. Fig. 3. shows system behavior with PP mechanism. The only difference from previously described behavior is how host side transfers data. At the beginning of execution, for each core, *Core Controller* transfers (preloads) two data buffers into DSP memory. These buffers are labeled as PING and PONG. After the transfers, *Core Controller* sends two messages to the DSP *Core Application* and goes to wait for response

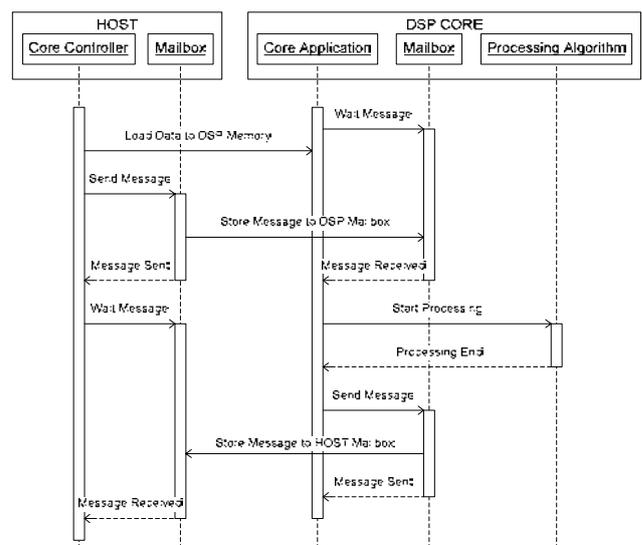


Figure 2. System behavior

message. On DSP side, *Core Application* begins with processing of the first (PING) buffer. With preloaded data, the core after processing PING buffer, and sending the message to the host, can immediately start processing the second (PONG) buffer without waiting. On the host side, during PONG processing, *Core Controller* transfers new, PING buffer. This process takes place between every two processing cycles, and in this way, PP mechanism reduces, or in the best case avoids, waiting for transfer completion.

III. SOFTWARE IMPLEMENTATION

Like there are many different multicore DSP architectures that can be used, there are many different ways and approaches to system software implementation. In this section we propose one solution for system software implementation using different building blocks.

On the host side, three software modules can be identified: *Core Controller*, *HOST Mailbox* and *PCI Express (PCIe) Driver*. Due to the specific functions, there can be multiple *Core Controller* instances in the system. As the part of the host, *Core Controller* module can be implemented by using Linux OS threads. In addition, *Core Controller* enables data preprocessing by providing the function *prepareProcessingData* for that purpose. *HOST Mailbox* module defines two new data structures, *Rx* and *Tx*, and three basic function to support intersystem communication. Structures *Rx* and *Tx* are unidirectional mailboxes on which status query, read, and send operation can be performed. The above-mentioned operations are provided by *mailboxQuery*, *mailboxRead* and *mailboxSend* functions, respectively. *PCIe Driver* module is a shared resource between all modules. As such, it can be implemented as Linux kernel module or as a runtime library. Utilization of peripherals for efficient data transfer, supported by PCIe DSP board, is provided by

sendMessageToDSPCore and *copyBufferToDSPMemory* functions that are implemented in *PCIe Driver* module.

The identified software modules on PCIe DSP board are: *DSP Mailbox*, *Processing Algorithm*, and *Core Application* module. For compatibility with host, *DSP Mailbox* module is implemented in the same way as *HOST Mailbox* module. One core can support several processing algorithms, and therefore each core can have several *Core Application* and *Processing algorithm* instances. Using threads and synchronization mechanisms, provided by SYS/BIOS RTOS, *Core Application* and *Processing algorithm* may be implemented very efficiently. Together, both modules should provide *startProcessing* and *processingEnd* functions which are used for processing algorithm control.

Based on the introduced API functions, one of the simplest, but most commonly used, use case scenario is described by following simplified processing steps:

1. DSP: *Rx.mailboxQuery*
2. HOST: *copyBufferToDSPMemory*
3. HOST: *Tx.mailboxSend*
4. HOST: *Rx.mailboxQuery*
5. DSP: *Rx.mailboxRead*
6. DSP: *startProcessing*
7. DSP: *processingEnd*
8. DSP: *Tx.mailboxSend* and go to 1
9. HOST: *Rx.mailboxRead* and go to 1

IV. SYSTEM VALIDATION

In this section we describe experiments that we made on the system prototype in order to measure the scalability of proposed system.

The prototype system is used for parallel processing of multichannel video. Multicore architecture supports 32 cores that are grouped in 4 DSPs. Each core worked on 1.25 GHz clock speed and supports 1 GB shared memory. Also, DSPs use DMA controller for video frames transfer. *Black Screen Detection* (BSD) algorithm was used as algorithm for digital video processing. BSD algorithm is part of BBT system [5].

Considering some factors such as the number of cores, and the requirement to provide a real-time processing, the reference data for which the measurements were performed is presented in full HD video (1080p@60fps), with duration of 32 seconds. Depending on the number of cores and PP mechanism, the reference sample processing time was measured and achieved speed up was analyzed. T_s and T'_s denotes processing time when only one core participates in the processing, with and without PP mechanism, respectively. Furthermore, T_p and T'_p denotes parallel processing time when more than one core participate. Achieved speed up is denoted by S and S' , where S' is the speed up acquired by the PP mechanism use. The results of the processing time are shown in Fig. 4. Specific values for processing time and achieved speed up are given in Table I.

Actual processing speed up, as the function of the number of participating cores, for both versions of system, is shown in Fig. 5. Comparing achieved speed up, for the same number of cores, it is obvious that the system with PP mechanism realizes significantly higher values which are directly the result of reduced time that cores spend in waiting

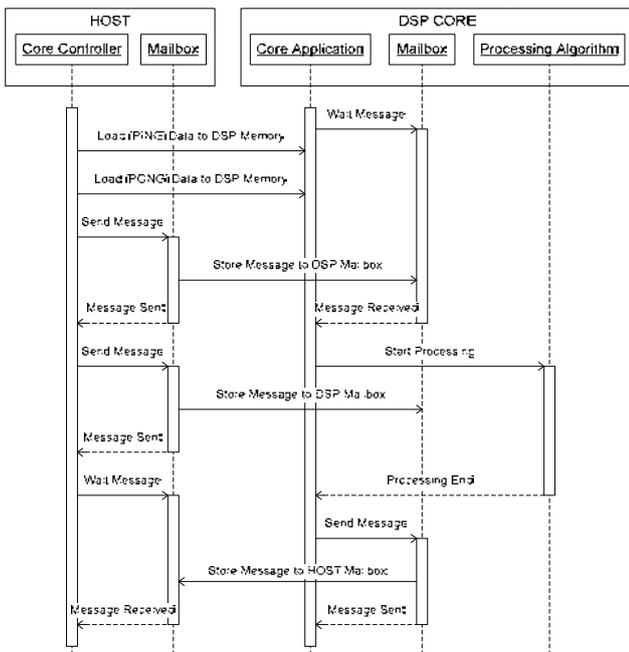


Figure 3. System behavior with *ping-pong* mechanism

TABLE I. VIDEO PROCESSING TIME AND SPEED UP

Number of Cores	2	4	8	16	32
T_p [ms]	19375	10490	5613	4606	4130
T_p' [ms]	16156	8097	4057	2150	1182
S	1.93	3.56	6.66	8.12	9.05
S'	2.0	3.99	7.96	15.02	27.32

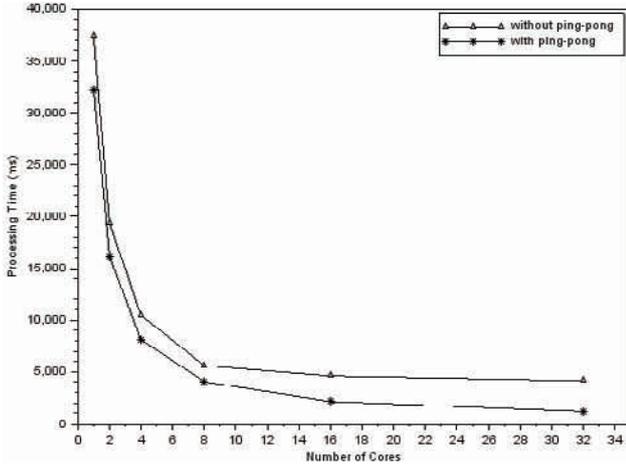


Figure 4. Video processing time

for new data. It can be seen that for certain number of cores system with PP mechanism provides almost linear speed up.

Inability of achieving a linear speed up in the system without PP is caused by the host. On the host side, beside DSP core controller threads are executed other system threads which equally consume CPU time. This fact introduces overhead that can influence the DSP core controller response time, i.e. the time needed to send new data buffer on DSP side and start processing. Also, caused by thread synchronization, it is possible that DSP core controller threads spend time waiting for a shared resource such as DMA controller. This limitation could be mitigated by good thread synchronization and scheduling algorithm that is tailored to correspond to parallel processing algorithms.

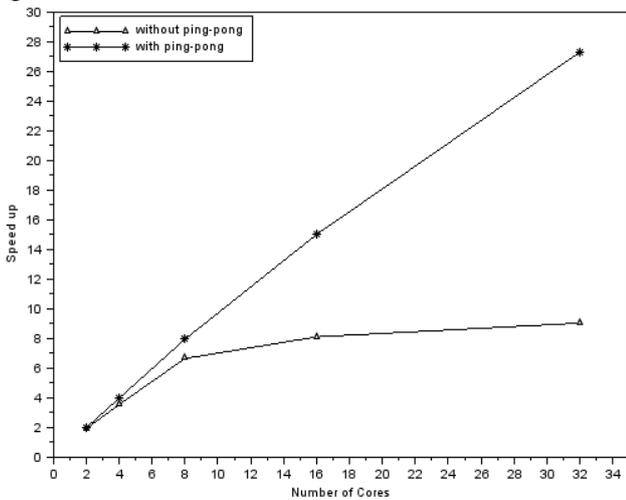


Figure 5. Achieved speed up

V. CONCLUSION

This paper describes an implementation of parallel processing system based on multicore DSP architecture using different building blocks. Based on actual implemented system for parallel processing of multichannel video, system scalability, in terms of processing speed up as a function of the number of cores was analyzed. The influence of a *ping-pong* mechanism was also analyzed.

The utilization of the full potential, which brings with it increasing the number of cores, is affected by two constraints, (i) distributed memory architecture and (ii) way of parallel processing control. Use of *ping-pong* mechanism as a solution to overcome the limitations caused by distributed memory architecture is shown to be very efficient. Concrete results indicate that the use of *ping-pong* mechanism, regardless of the number of cores, achieved significantly higher speed up than in a situation where it is not implemented, even more, in certain system configuration almost linear speed up is achieved. In described system, the impact of the processing control cannot be necessarily considered as a constraint because it is highly dependent on the processing algorithms, their mapping to DSP cores, and task scheduling.

From the previous analysis of proposed system it can be concluded that the use of multicore DSP architecture for the purpose of parallel processing implementation in terms of speed up scalability, is justified. It also has been shown that the maximum utilization of a large number of cores depends on several factors that must be considered in detail.

ACKNOWLEDGMENT

This work was partially supported by the Serbian Ministry of Education and Science, Grants TR 32031 and III 44009 and Provincial secretary of Science and Technology Development of Vojvodina Province, Grant 114-451-2434/2011-03.

REFERENCES

- [1] Miroslav Popovic, Miodrag Djukic, Vladimir Marinkovic, and Nikola Vranic, On Task Tree Executor Architectures Based on Intel Parallel Building Blocks, Computer Science and Information Systems (ComSIS), Vol. 10, No. 1, pp. 369-392, 2013.
- [2] Nikola Teslic, Vladimir Zlokolica, Vukota Pekovic, Tarkan Teckan, and Miodrag Temerinac, Packet-Loss Error Detection System for DTV and Set-Top Box Functional Testing, *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Vol. 56, No. 3, August 2010.
- [3] Nikola Vranic, Vladimir Marinkovic, Miodrag Djukic, Miroslav Popovic, An approach to parallelization of sequential C code, The 2nd Eastern European Regional Conference on Engineering of Computer Based Systems, Bratislava, Slovakia, September 5-6, 2011.
- [4] Djordje Kovačević, Mladen Stanojević, Vladimir Marinković, Miroslav Popović, A Solution for Automatic Parallelization of Sequential Assembly Code, *Serbian Journal of Electrical Engineering*, Vol. 10, No. 1, February 2013.
- [5] 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.

ZAŠTITA VISOKONAPONSKIH VODOVA PROTECTION OF HIGH VOLTAGE LINES

Milutin Jarić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu je predstavljen pregled zaštita visokonaponskih vodova, pregled trenutnih ponuda na tržištu i izvršen proračun impedantnog i vremenskog podešenja distantne zaštite za primer dela prenosne mreže.

Abstract – This paper presents overview of protection for high voltage lines, overview of current market offers in this field and example of impedance and time settings calculation for distance protection for part of transmission network.

Ključne reči – Zaštita visokonaponskih vodova

1. UVOD

Začetnici relejne zaštite su elektromehanički releji koji rade po principu elektromagnetnog privlačenja ili elektromagnetne indukcije. Ovi releji imaju dosta pokretnih delova i mogu da obavljaju samo jednu funkciju. Razvojem tehnologije javljaju se statički releji čiji je cilj da obavljaju istu funkciju kao elektromehanički ali sa statičkim poluprovodničkim komponentama i na taj način je produžen vek trajanja i smanjen broj potrebnih održavanja ali i dalje mogu da obavljaju samo jednu funkciju zaštite. Daljim razvojem tehnologije dolazi se do sadašnjih modernih mikroprocesorskih releja koji predstavljaju veliki napredak u pogledu broja funkcija koju jedan uređaj može da obavlja. Ovi releji su bazirani na mikroročunaru koji na osnovu ulaznih parametra i zadatih algoritama proračuna, može da obavlja gotovo sve funkcije za čega je pre bilo potrebno više releja. Poglavlje 2 predstavlja analizu releja koji se koriste u zaštiti visokonaponskih vodova.

Poglavlje 3 predstavlja način primene releja u cilju ostvarenja adekvatne zaštite visokonaponskih vodova.

Poglavlje 4 predstavlja kratak osvrt na princip rada statičkih i mikroprocesorskih releja i daje pregled trenutne ponude releja na tržištu nekih proizvođača.

Poglavlje 5 daje konkretan proračun impedantnog i vremenskog podešenja distantne zaštite.

2. RELEJNA ZAŠTITA

2.1 Šta je relejna zaštita i njena funkcija

Osnovni zadatak relejne zaštite je da izazove brzo isključenje elementa i/ili dela mreže koji je u kvaru ili opasnom pogonskom stanju, bez remećenja funkcionalnosti ostatka mreže.

Isključenje elementa i/ili dela mreže se ostvaruje otvaranjem prekidača. Signal za otvaranje se šalje iz releja kada je detektovan kvar ili abnormalno stanje. Pri svom funkcionisanju relejna zaštita mora da ispuni sledeće opšte zahteve: selektivnost, brzina, osetljivost, pouzdanost, jednostavnost i ekonomičnost.

2.2 Osnovni principi relejne zaštite

Relejnju zaštitu možemo da podelimo na glavnu relejnu zaštitu i rezervnu relejnu zaštitu. Glavna relejna zaštita predstavlja primarnu liniju odbrane, dok rezervna relejna zaštita deluje jedino ako primarna ne uspe. Stoga, osnovni princip u postavci relejne zaštite je taj da se obezbedi rezerviranje glavne zaštite tako da uzroci ne uspevanja delovanja glavne, ne utiču na delovanje rezervne relejne zaštite.

2.3 Podela Releja

Releji koji se koriste u zaštiti visokonaponskih vodova su:

1. Prekostrujni releji u okviru kojih se razlikuju: trenutni prekostrujni releji, prekostrujni releji sa strujno nezavisnom karakteristikom i prekostrujni releji sa strujno zavisnom karakteristikom.
2. Usmerni prekostrujni releji.
3. Distantni releji.
4. Diferencijalni releji.

2.4 Prekostrujni releji

Ova vrsta releja funkcioniše na osnovu poređenja podešene i izmerene vrednosti struje i sa ili bez vremenskog kašnjenja. Za ove releje je karakteristično da nisu usmereni i deluju pri kvarovima ispred i iza releja, čime nije moguće ostvariti adekvatnu zaštitu na dvostrano napajanim vodovima.

2.4.1 Trenutni prekostrujni relej

Ova vrsta releja nema dodatno kašnjenje u delovanju pored osnovnog vremena potrebnog da relej deluje. Relej je neusmeren i jedina referentna vrednost je struja.

2.4.2 Prekostrujni relej sa strujno nezavisnom karakteristikom

Ova vrsta releja ima dve referentne vrednosti: vreme i jačinu struje pri kojoj treba da deluje sa tim da vreme delovanja ne zavisi od jačine struje.

2.4.3 Prekostrujni relej sa strujno zavisnom karakteristikom

Ova vrsta releja kao referentne vrednosti ima jačinu struje i vreme koje zavisi od jačine struje pa u skladu sa tim poseduje sledeće standardizovane karakteristike: norma-

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je dr Duško Bekut, red.prof.

Ino zavisna karakteristika, vrlo zavisna karakteristika i ekstremno zavisna karakteristika.

2.5 Usmerni prekostrujni relej

Usmerni releji se koriste kod dvostrano napajanih vodova gde je potrebno odrediti smer struje kvara. Smer struja kvara se određuje na osnovu ugla između fazora struje i fazora napona. Referentni fazor je fazor napona koji se vrlo malo menja pri promeni smera struje, dok se ugao fazora struje drastično menja.

2.6 Distantni releji

Distantni releji funkcionišu po principu poređenja podešene i izmerene impedanse od lokacije releja do tačke doseganja i ukoliko je vrednost manja od podešene smatra se da se na vodu desio kvar. U okviru distantnih releja postoje: impedantni, reaktantni i admitantni relej. Problemi koji se javlju kod ovih tipova releja su postojanje otpora na mestu kratkog spoja i njihanje sinhronih mašina.

2.6.1 Impedantni relej

Običan impedantni relej nema mogućnost selektivnosti pri kvarovima ispred i iza releja, a da bi se ovaj problem prevazišao potrebno je uvažiti i usmernu komponentu, odnosno uvažiti ugao između fazora napona i struje.

2.6.2 Reaktantni relej

Ova vrsta releja deluje jedino ako je reaktansa manja od podešene referentne vrednosti. Ono što ovaj relej odlikuje to je neosetljivost na postojanje otpora luka na mestu kratkog spoja.

2.6.3 Admitantni (MHO) relej

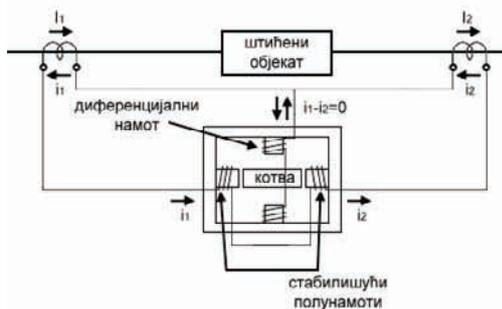
Ovaj relej je usmeren jer uvažava ugao između fazora struje i fazora napona i kao takav predstavlja najčešće primenjivani distantni relej.

2.7 Diferencijalni relej

Diferencijalni relej je relej koji deluje kada se pojavi razlika struja na ulazu i izlazu štice objekta. Sve dok je vod ispravan, struja koja u njega ulazi i struja koja iz njega izlazi su približno iste i relej miruje. Kada se desi kvar, razlika postaje osetna i relej deluje.

2.7.1 Diferencijalni elektromehanički relej

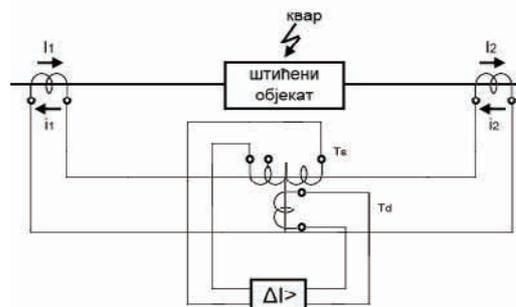
Ova vrsta diferencijalnih releja se izvodi kao releji koji rade na principu vage, kao indukcioni i releji sa zakretnom kotvom. Šema povezivanja releja sa zakretnom kotvom prikazana je na slici 1.



Slika 1. – Šema povezivanja diferencijalnog releja

2.7.2 Diferencijalni električni relej

Ovi diferencijalni releji umesto elektromotornih sila koje deluju na kotvu, vagu ili disk, koriste napone koji se dovode sa diferencijalnog Td i stabilizujućeg Ts namota na diodne mostove gde se upoređuju. Šema je prikazana na slici 2.



Slika 2. – Šema povezivanja električnog diferencijalnog releja

3. ZAŠTITA VISOKONAPONSKIH VODOVA

Visokonaponski vodovi su vodovi koji se najčešće koriste u prenosu električne energije od proizvodnog dela elektroenergetskog sistema do distribucije. Naponski nivoi visokonaponskih vodova su: 110 kV, 220 kV, 400 kV i 750kV. U cilju ostvarenja adekvatne zaštite koriste se sledeće zaštite: prekostrujna zaštita, usmerena prekostrujna zaštita, distantna zaštita, diferencijalna zaštita i automatsko ponovno uključivanje voda.

3.1 Prekostrujna zaštita

3.1.1 Strujno podešenje releja

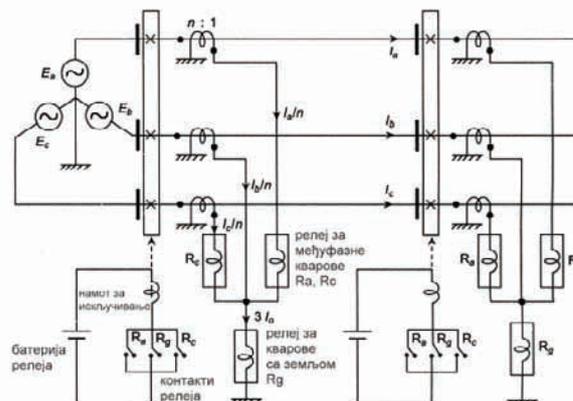
Strujno podešenje releja je takvo da je veće od maksimalno dozvoljene struje voda a manje od najmanje struje kvara, što se može iskazati relacijom:

$$I_{L \max} < I_{\text{podešenja}} < I_{f \min}$$

3.1.2 Vremensko podešenje releja

Vremensko podešenje releja je potrebno podesiti tako da se ostvari selektivnost u delovanju osnovne i rezervne zaštite tako da se da dovoljno vremena osnovnoj zaštiti da deluje, jer se od nje i očekuje da izoluje element u kvaru.

3.1.3 Primena prekostrujne zaštite

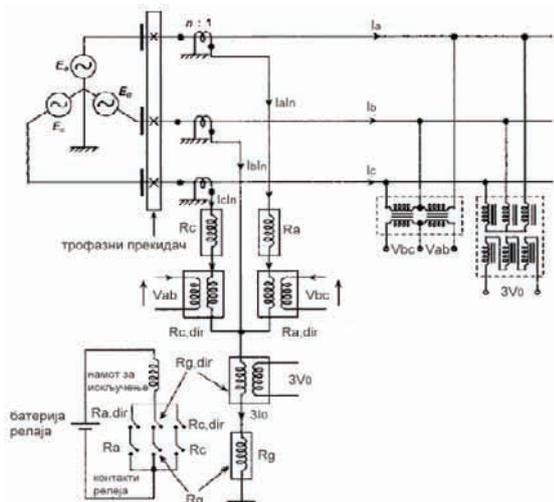


Slika 3. – Primena prekostrujne zaštite

Na slici 3. prikazan je način realizacije zaštite trofaznog voda u prenosnoj mreži gde je uzemljenje transformatora preko male impedanse pa je potrebno postaviti relej nulte komponente struje u zvezdište releja kako bi se detektovala struja pri jednopolnim kratkim spojevima koja po intenzitetu može da bude manja od nominalne struje voda.

3.2 Usmerena prekostrujna zaštita

Na slici 4 je prikazan način primene usmerenih releja u cilju ostvarivanja usmerene prekostrujne zaštite, koju je potrebno koristiti kada su visokonaponski vodovi dvostrano napajani ili kod paralelno jednostrano napajanih vodova



Slika 4. – Primena usmerene prekostrujne zaštite

3.3 Distantna zaštita

Distantna zaštita je najčešće primenjivana osnovna zaštita visokonaponskih vodova. U okviru delovanja postoje 4 stepena koji se impedantno i vremenski podešavaju kako bi se obezbedila adekvatna selektivnost u delovanju ove zaštite. Prvi stepen je osnovni i on nema vremensko zatezanje i obično se podešava da štiti 80%-90% dužine voda. Drugi stepen se podešava da štiti preostalih 20%-10% a da u isto vreme ne premaši ni jedan prvi stepen zaštita na susjednim sabirnicama. Kod drugog stepena se javljaju minimalna i maksimalna vrednost podešenja pa vremensko i impedantno podešenje zavisi od odnosa prethodno pomenute dve vrednosti. Treći stepen takođe poseduje dva slučaja impedantnog i vremenskog podešenja i služi da se obuhvate sabirnice iza susjednih i da se eventualno rezerviraju zaštite koje polaze sa susjednih sabirnica. Četvrti stepen je pobudni i služi da se sigurno detektuju kratki spojevi na susjednim sabirnicama i da se istovremeno obezbedi da ne dođe do pobuđivanja releja u druge dve faze ako je kvar u jednoj fazi.

3.4 Diferencijalna zaštita

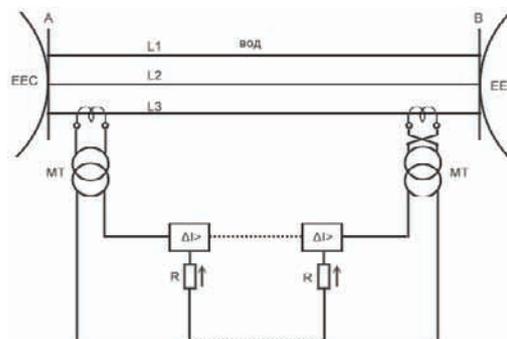
Diferencijalna zaštita zasniva se na činjenici da u slučaju kvara na elementu postoji razlika između struje koja ulazi u element i struje koja iz njega izlazi, dok pri normalnom režimu ova razlika je mala.

3.4.1 Podužna diferencijalna zaštita

Podužna diferencijalna zaštita je pogodna da se koristi kod relativno kratkih vodova gde se javlja problem

prilikom podešavanja prvog stepena distante zaštite, kada on premašuje susjedne sabirnice čak i kada je podešen na minimalnu vrednost.

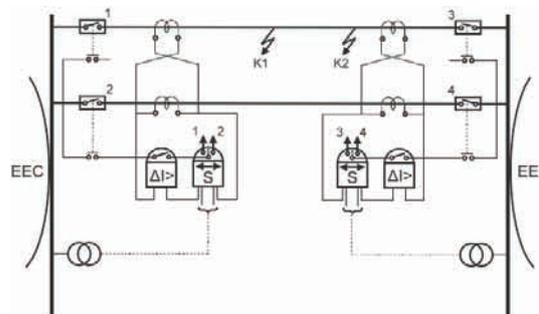
Podužna diferencijalna zaštita se zasniva na poređenju struja ili napona na krajevima diferencijalnog releja. Najčešće se koristi šema sa poređenjem napona kao što je prikazano na slici 5. U normalnom pogonu, i kada je kvar van zone štice, naponi na otpornicima R su jednaki i releji miruju. Kada se desi kvar unutar zone štice, naponi na otpornicima R nisu jednaki i zaštitom se deluje.



Slika 5. – Podužna diferencijalna zaštita

3.4.2 Poprečna diferencijalna zaštita

Ova vrsta zaštite se koristi na paralelnim vodovima. U normalnom pogonu i pri kvarovima van zone štice razlika struja između paralelnih vodova je približno nula. U slučaju kvara na jednom od vodova javlja se strujna razlika. Da bi se ostvarila selektivnost pri radu koristi se usmerni relej koji je redno vezan sa diferencijalnim relejem kao što je prikazano na slici 6.



Slika 6. – Poprečna diferencijalna zaštita

Strujni transformatori prikazani na slici 6. vezani su u opoziciju čime se ostvaruje da smer struje kvara određuje struja voda na kom se desio kvar. Neka se dogodio kvar K2 i neka je zaštitom kod sabirnica B taj kvar detektovan. Struja kroz diferencijalni i usmerni relej je imala jedan smer. Ako je prekidačem isključen vod u kvaru sa strane B, tok struje se menja i opet postoji diferencijalna struja što može prouzrokovati da se deluje i drugim prekidačem sa strane sabirnica B čime bi se isključio i ispravan vod. Da do ovoga ne bi došlo potrebno je izvršiti blokadu. Blokada je postignuta pri delovanju prekidačem kada se otvara i kolo preko kog se napajaju diferencijalni i usmerni releji.

Problem koji se javlja pri primeni ovakve zaštite je postojanje mrtve zone usled smanjenja jačine struje što je kvar dalje od izvora i nepostojanje zaštite za zdravi vod posle delovanja zaštite.

3.5 Automatsko ponovno uključanje voda

Iskustva u eksploataciji su pokazala da je od svih kvarova koji se dese 80% prolaznog karaktera koji nastaju kao posledica jonizacije vazduha oko izolatora. Ovo je naročito izraženo pri udarima groma u dalekovod. Drugi mogući uzrok su kratki spojevi provodnika sa stranim objektima. Ovi kvarovi mogu da se eliminišu sami od sebe ako se dozvoli kratak prekid napajanja kako bi se luk dejonizovao. Shodno prethodnom razmatranju može da se pretpostavi u početku da je svaki kvar prolazan i da se koristi tehnika automatskog ponovnog uključanja voda. Ukoliko je uključanje uspešno znači da je kvar zaista i bio prolazan, a ukoliko je uključanje neuspešno znači da je kvar trajan i potrebno je blokirati automatsko ponovno uključanje.

4. SAVREMENA REŠENJA ZAŠTITE VISOKONAPOSNIH VODOVA

4.1 Statički releji

Princip rada statičkih releja je sličan principu rada elektromehaničkih što znači da oni mogu da obavljaju istu funkciju. Statički releji koriste analogne elektronske uređaje umesto magnetnih namotaja i mehaničkih komponenti da bi kreirali karakteristiku releja. Merenja se izvode statičkim kolima koja se sastoje od komparatora, detektora nivoa, filtera itd. dok se ova merenja kod elektromehaničkih releja izvode poređenjem radnog i kočionog momenta. Veličina koju relej meri, na primer napon, se ispravlja i ako je iznad nekog definisanog nivoa relej okida.

4.2 Mikroprocesorski releji

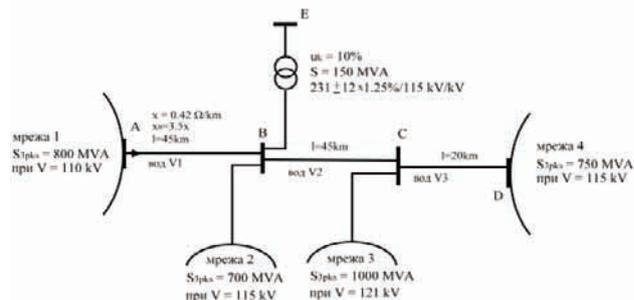
Konvencionalni elektromehanički i statički releji su fiksni po pitanju funkcije koje obavljaju što znači da je njihovom konstrukcijom određena funkcija koju će obavljati. Dodatno mogu da izvršavaju samo jednu funkciju. Sa druge strane, mikroprocesorski releji su programabilni releji čija se karakteristika i namena mogu promeniti. Pored osnovne funkcije zaštite, moderni mikroprocesorski releji su sposobni da vrše nadzor, kontrolu i više različitih funkcija.

4.3 Savremena rešenja zaštite

Savremena rešenja koja veći proizviđači releja nude, danas na tržištu, su mahom mikroprocesorski releji koji mogu da obavljaju više različitih funkcija. Na primer jedan takav uređaj čija je osnovna uloga da obezbedi distantnu zaštitu obezbeđuje još i sledeće zaštite: provera sinhronizma, podnaponska zaštita, zaštita od otkaza prekidača, prekostrujna zaštita za međufazne kvarove, prekostrujna zaštita za kvarove sa zemljom, prenaponska zaštita, usmerena prekostrujna zaštita, usmerena prekostrujna zaštita na nultu struju, automatsko ponovno uključanje, relej za blokadu, okidanje.

5. PRIMER PRORAČUNA DISTANTNE ZAŠTITE

Podesiti tri stepena zaštite i pobudni stepen kod sabirnica A na osnovu podataka sa slike 10. Svi vodovi su naponskog nivoa 110kV. Stepenn selektivnosti iznosi $\Delta t = 0.4$ s. Maksimalna radna struja iznosi 470 A, dok je struja izjednačenja 200A. Koeficijent sigurnosti iznosi: 0.9. Ostali podaci dati su na slici 7.



Slika 7. – Primer dela prenosa mreže

6. ZAKLJUČAK

Prekostrujne zaštite se oslanjaju samo na vrednost struje koja značajno može da varira u zavisnosti od kvara. Diferencijalna zaštita imao veoma veliki stepenn selektivnosti i najčešće se primenjuje kao poduzna diferencijalna zaštita. Distantna zaštita je zaštita koja se najviše primenjuje i predstavlja veoma dobro rešenje koje je zasnovano na merenju impedanse i poređenju sa podešenom vrednošću.

7. LITERATURA

1. Duško Bekut: Relejna zaštita, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, 2009.
2. Y.G. Paithankar and S.R. Bhide, Fundamentals of power system protection, Prentice-Hall of India Private Limited, New Delhi, 2003.
3. Mohindar S. Sachdev and Ratan Das, Understanding microprocessor-based technology applied to relaying, Power System Relaying Committee Report of Working Group I-01 of the Relaying Practices Subcommittee, 2009.
4. M.V. Bakshi U.A. Bakshi, Switchgear and protection, Tehnical Publications Pune, 2008.
5. <http://electrical-engineering-portal.com/the-solid-staterelay-static-relay-overview>
6. <http://www.fecime.org/referencias/npag/chap14-20-218-231.pdf>
7. <https://www.gedigitalenergy.com/multilin/catalog/transmission.htm>
8. <http://www.energy.siemens.com/hq/en/automation/power-transmission-distribution/protection/siprotec5/line-protection/>
9. <http://www.abb.com/product/us/9AAC710342.aspx?country=RS>

Kratka biografija:



Milutin Jarić je rođen u Bačkom Brestovcu 1989. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnika i računarstvo – Elektroenergetski sistemi odbranio je 2013. godine.

**КРАТКОРОЧНО ПРЕДВИЂАЊЕ ПОТРОШЊЕ ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ
ЗАСНОВАНО НА АУТОРЕГРЕСИВНОМ МЕТОДУ****SHORT TERM POWER LOAD FORECASTING USING AUTOREGRESSIVE METHOD**Радослав Плетикосић, *Факултет техничких наука, Нови Сад***Област – ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И РАЧУНАРСТВО**

Кратак садржај – У овом раду проучен је проблем краткорочног предвиђања потрошње електричне енергије у електроенергетским дистрибутивним системима. Имплементирано је предвиђање засновано на ауто регресивном методу и упоређени су тако добијени резултати предвиђања са резултатима добијеним применом теорије вектора подршке.

Abstract – This paper studies the problem of short term load forecasting in power distribution systems. Forecast has been implemented based on autoregressive prediction method and results compared with results obtained by support vector machine (SVM) method.

Кључне речи: Ауто регресија, ауто регресивни модел, предвиђање потрошње електричне енергије, AR.

1. УВОД

Услед све бржег развоја индустрије и све веће потребе за енергијом, неопходно је што прецизније управљање производњом енергије, јер се тиме постиже уштеда како на енергетском тако и на економском плану. Из тог разлога, предвиђање потрошње електричне енергије је постало једно од основних начина за управљање енергетским системима.

Потреба за предвиђањем потрошње електричне енергије је допринела да се развије велики број метода интелигентног управљања.

2. ОПИС РЕШАВАНОГ ПРОБЛЕМА

Предвиђање потрошње електричне енергије од великог је значаја за планирање и функционисање електро-енергетских постројења.

Предикција потрошње електричне енергије се може поделити у три групе:

- краткорочно предвиђање потрошње (*short term load forecasting*) за период од неколико сати до једне недеље,
- средњорочно предвиђање електричне енергије (*mid-term load forecasting*) за период од једне недеље до једне године и
- дугорочно предвиђање потрошње (*long-term load forecasting*) за период већи од једне године.

НАПОМЕНА:

Овај рад је проистекао из мастер рада чији ментор је био др Мирослав Хајдуковић, ред. проф.

Током година развијен је велики број метода за краткорочно предвиђање потрошње електричне енергије, а један од њих је ауто регресивни метод, који даје веома добре резултате у реалном времену.

2.1. Фактори који утичу на предвиђање потрошње електричне енергије

За предвиђање потрошње електричне енергије неколико фактора треба узети у обзир, као што су временски фактор, метеоролошки услови, економски услови и насумични фактори.

Временски интервал као фактор може бити сат у току дана, дан у недељи и доба године (зима, лето). Постоји значајна разлика у потрошњи електричне енергије за време радних дана и за дане викенда, за које је потрошња мања. Велика разлика у потрошњи може бити и за суседне дане, нпр. понедељак и петак који су суседни дани данима викенда, а често имају велику разлику у потрошњи. Празнични дани су специфични и веома тешки за предикцију потрошње у односу на дане који нису празници, због њихове ретке појаве. Празници су везани за географска подручја и имају велики утицај на потрошњу енергије. Највећи утицај на потрошњу имају празници као што су Нова година или Божић.

За краткорочно предвиђање потрошње електричне енергије температура и влажност ваздуха су метеоролошке променљиве са највећим утицајем и најчешће се користе. Поред ових фактора, утицај имају ваздушни притисак, сунчево зрачење, брзина ветра, падавине итд.

2.2. Методе за краткорочно предвиђање потрошње електричне енергије

Постоји велики број статистичких и техника вештачке интелигенције за краткорочно предвиђање потрошње електричне енергије. Неки од метода су регресивни метод, неуронске мреже, метод померајућих просека, теорија вектора подршке и експертски системи.

Регресивни метод је један од често коришћених статистичких метода. Код предвиђања потрошње електричне енергије, обично се за одређивање параметара модела користи зависност потрошње од метеоролошких услова и типа дана. Такође се за одређивање потрошње електричне енергије у обзир узима утицај празника, стохастички утицаји као што је вредност потрошње у претходном периоду или временски услови [1].

Неуронске мреже су системи из области вештачке интелигенције, пружају велике могућности за решавање сложених проблема. Неуронска мрежа састоји се од скупа процесних јединица које остварују међусоб-

ну комуникацију слањем сигнала преко везе са придруженим тежинским фактором.

Теорија вектора подршке (*Support Vector Machine*) је релативно нови и још сасвим неискоришћен концепт. Развијен је у оквиру теорије учења унапређивањем неуронских мрежа и базиран на принципу структурног смањења ризика (*structural risk minimization* – SRM), који је у великој мери бољи од емпиријског смањења ризика (*empirical risk minimization* – ERM), који се користи код неуронских мрежа.

SRM минимизује горњу границу очекиваног ризика, супротно од ERM који смањује грешку у тренинг подацима [2].

Основни принцип рада ове методе је да се обучавање врши на основу датих података у виду обучавајућег скупа, који се састоји из скупа улазних и скупа излазних података. Обучавање подразумева налажење функције која апроксимира однос улазних и излазних података. Затим овако обучена структура се користи за класификацију, регресију и слично [3].

Померајући просеци се најчешће користе код података временских серија (подаци који се односе на узастопне временске јединице – тренутке или интервале), па се зато и сврставају у методе које прате тренд, у циљу елиминисања краткорочних флукуација и откривања дугорочних тенденција или циклуса (при томе су појмови краткорочни и дугорочни релативни).

Метод померајућих просека зависи од карактера података и циљева истраживања, а реализује се у функцији параметара покретних просека (дужина скупа и пондерисање).

Експертски софтверски систем, као поље вештачке интелигенције, решава проблем за који би било потребно ангажовати експерте. Овај начин прогнозирања спада у традиционалне технике прогнозирања потрошње. Употребом експертских система опонаша се процедура коју користи експерт, посебно у ситуацијама када се ради о комплексним проблемима за које не постоји довољан број информација.

2.3 Ауторегресивни модел

Ауторегресивни модел је популаран линеаран метод, развијен за моделовање временских серија. Представља процес где будућност зависи од блиске прошлости [4].

Модел регресије експлицитно дефинишу следећу променљиву у секвенци, преко претходне, унутар специфичног временског прозора. Основни је линеарни ауторегресивни модел реда p , са уобичајеном ознаком $AR(p)$, код кога се случајна величина у времену изражава линеарном комбинацијом ранијих еквидистантних опсервација. Ауторегресивни модел има следећи облик:

$$X_t = \sum_{i=1}^p \Phi_i X_{t-i} + \varepsilon_t$$

где је ε_t Гаусов бели шум нормалне расподеле и средње вредности нула, Φ_i су параметри модела (реални бројеви), а X_t одређене корелисане случајне променљиве.

2.4. Одређивање параметара модела

За формирање доброг модела, избор атрибута је од пресудног значаја. Циљ је да атрибути дају што више информација моделу. Да би се препознали такви атрибути, потребно је извршити анализу кретања потрошње електричне енергије.

2.4.1. Метод најмањих квадрата

Метод најмањих квадрата је један од најстаријих и најједноставнијих метода за одређивање параметара модела. Сума квадрата разлике зависног фактора и његовог очекивања за сваки елемент узорка треба да је што мања.

2.4.2. Yule-Walker-ов метод

Модел за предикцију представља линеарну комбинацију параметара, који су снажно повезани са ковариансном функцијом процеса. *Yule-Walker*-ова једначина проучава ову директну везу у циљу да одреди параметре из коваријансе временске серије[4].

2.5. Обрада података

Пре одабира фактора који ће бити употребљени у моделу за предикцију, потребно је обавити анализу података. Том приликом се уочавају везе између потрошње електричне енергије и осталих података, као што су временски услови или локални празници. Уочени односи се узимају у обзир приликом одабира форме модела који се користи за предвиђање.

3. ОПИС РЕШЕЊА ПРОБЛЕМА

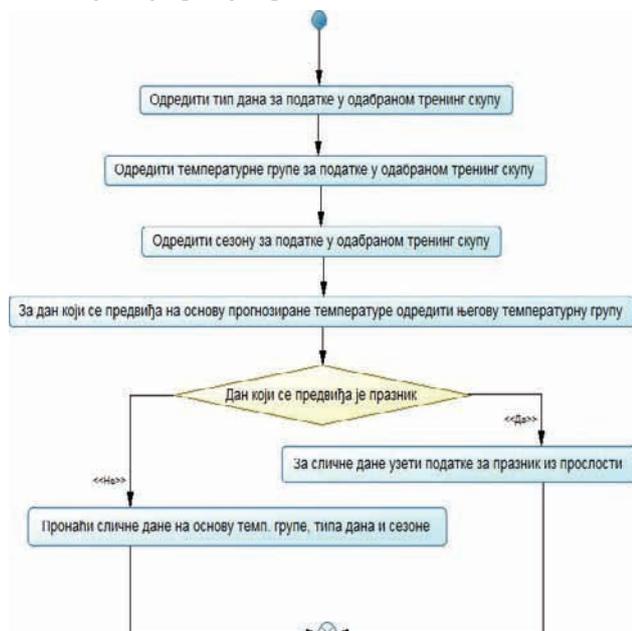
Имплементирани алгоритам за предвиђање потрошње коришћењем ауторегресије се показао као веома брз и због тога се може користити у реалном времену. Дијаграм решења проблема предвиђања потрошње електричне енергије помоћу ауторегресивног метода приказан је на слици 3.1.



Слика 3.1. Алгоритам за предвиђање коришћењем ауторегресије

3.1 Одређивање сличних дана

Одређивање параметара ауторегресивног модела врши се коришћењем алгоритма за тражење сличних дана чији дијаграм је приказан на слици 3.2.



Слика 3.2. Алгоритам за одређивање сличних дана

У оквиру одабраног скупа тренинг података траже се слични дани за дане које је потребно предвиђати. За дане из тренинг података, као и за дан за који се предвиђа се одреди температурна група, тип дана и сезона којој припада, јер на основу ових параметара се врши одређивање сличних дана.

Температурна група се одређује тако што се за дан одреди просечна температура и на основу тога се одреди којој температурној групи дан припада. Температурне групе имају опсеге приказане у табели 4.1.

Табела 3.1. Расподела температурних група

Температурна група	Температурни опсег [°C]
0	$T < 10$
1	$10 < T < 15$
2	$15 < T < 21.5$
3	$21.5 < T < 27$
4	$27 < T < 31$
5	$31 < T < 36$
6	$36 < T < 40$
7	$T > 40$

Тип дана је веома битан фактор за предвиђање потрошње електричне енергије, јер потрошња се разликује у зависности од типа дана. Типови дана се одређују на основу дана у недељи и, у зависности од тога, им се додељује одређена бројна вредност, што је приказано табелом 4.2. Дани се групишу и на основу сезона. Данима у летњој сезони је додељена вредност 1 за период од 75. до 296. дана у години, а данима у зимској сезони (данима ван овог опсега) је додељена вредност 0. За овако распоређене дане се у тренинг скупу података проналази 10 дана који задовољавају наведене услове.

Табела 3.2. Типови дана

Дан у недељи	Тип дана
Понедељак	1
Уторак	2
Среда	3
Четвртак	4
Петак	5
Субота	6
Недеља	0
Празници	7...

За пронађене сличне дане се такође узимају њихови наредни дани и на основу пронађених дана се одређују параметри модела.

3.2 Одређивање параметара модела

За рачунање параметара проучаваног ауторегресивног модела коришћен је метод најмањих квадрата, који је описан изразом:

$$S \cdot q = y$$

S је матрица која садржи сатне вредности, за период од десет дана, потрошње електричне енергије, температуре и влажности ваздуха. q је матрица која садржи параметре које је потребно одредити за предикцију коришћењем ауторегресивног модела. Матрица y садржи вредности потрошње електричне енергије за наредних десет дана у односу на S матрицу. Након решавања једначине параметри се добијају коришћењем израза:

$$q = (S'S)^{-1} S'y$$

Тестирањем је утврђено да период од 10 сличних дана даје најбоље резултате за предикцију, а са повећавањем броја сличних дана, које је потребно пронаћи, долази до незнатног успоравања самог алгоритма за предвиђање потрошње електричне енергије.

3.3. Ауторегресивни модел

Анализом података је установљено да најбоље резултате предвиђања потрошње електричне енергије дају комбинација улазних података за потрошњу, температуру и влажност ваздуха. Коришћени AR модел је представљен следећим изразом:

$$L_t = c + \gamma_1 L_{t-1} + \gamma_2 T_{t-1} + \gamma_3 H_{t-1} + \varepsilon_t$$

где је c константа, γ_1 , γ_2 , γ_3 су параметри модела добијени методом најмањих квадрата, L_{t-1} је вредност потрошње претходног дана за сат који се предвиђа, T_{t-1} прогнозирана вредност температуре у одређеном сату дана који се предвиђа, а H_{t-1} је прогнозирана вредност влажности ваздуха за одређени сат дана који се предвиђа. ε_t је вредност грешке, односно белог шума и за овај модел узето је да буде вредност 0. Због тога што се за температуру и влажност ваздуха користе прогнозирани подаци, веома је битна тачност временске прогнозе.

У случају да се врши предвиђање за више од једног дана, обучавајући скуп би за вредности потрошње електричне енергије узимао предиковане вредности за претходни дан и прогнозиране вредности температуре и влажности ваздуха за дан који се предвиђа.

Због тога са повећањем броја дана долази до акумулације грешке предвиђања. Такође велики утицај на предвиђање имају прогнозиране вредности временских услова, чије је предвиђање веома комплексно и зависи од много фактора.

4. РЕЗУЛТАТИ

За анализу резултата предвиђања потрошње електричне енергије врло често се примењује средња апсолутна процентуална грешка (*Mean Absolute Percentage Error* - MAPE) која се израчунава користећи следећи израз:

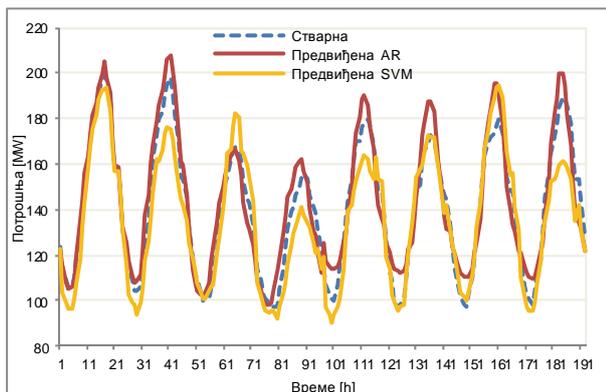
$$MAPE = 100 \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{A_t - F_t}{A_t} \right|,$$

где је A_t стварна вредност потрошње, F_t је предвиђена вредност потрошње, а n је број одбирака за који се врши оцењивање предвиђане потрошње (у овом случају је то број одбирака на сат времена).

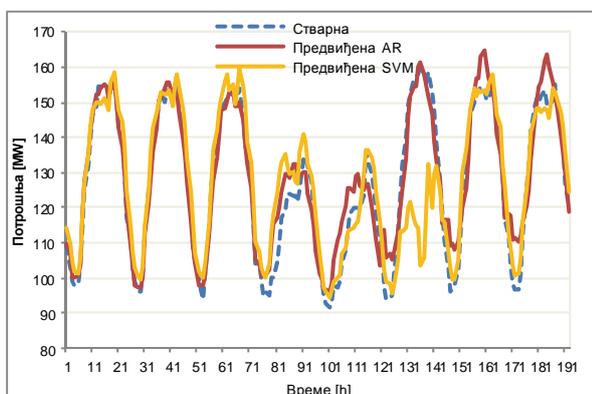
За потребе истраживања квалитета и успешности предвиђања потрошње електричне енергије, резултати ауторегресије су упоређивани са резултатима теорије вектора подршке (ТВП).

ТВП метод, за улазе користи потрошњу електричне енергије, температуру и влажност ваздуха.

На сликама 4.1. и 4.2. приказано је предвиђање потрошње за зимску и летњу сезону у периоду од 8 дана користећи SVM и AR методе.



Слика 4.1. Зимска сезона – предвиђање потрошње електричне енергије за 8 дана



Слика 4.2. Летња сезона – предвиђање потрошње електричне енергије за 8 дана

Табела 4.1. Вредности MAPE [%] по сезонама

	AR	SVM
Зимска сезона	4	4.88
Летња сезона	5.23	5.74

У табели 4.1 приказане су вредности MAPE, процентуално одступање предвиђене од стварне вредности, за летњу и зимску сезону, коришћењем ауторегресивног метода и теорије вектора подршке.

Проучавани метод за предвиђање потрошње електричне енергије је осетљив на велике промене тренда потрошње, тако да може дати већу грешку предвиђања, јер се ослања на догађаје из блиске прошлости. У случајевима када дође до велике промене тренда, резултати AR метода у односу на SVM су лошији.

5. ЗАКЉУЧАК

За велике електро-дистрибутивне системе важно је предвиђање потрошње електричне енергије. Добрим предвиђањем се постиже прецизно и квалитетно планирање процеса и уштеде како на енергетском, тако и на економском плану.

На основу анализе проблема краткорочног предвиђања потрошње електричне енергије имплементирано је такво предвиђање, засновано на ауторегресивном методу. Тако добијени резултати су упоређени са предвиђањима заснованим на методу Теорије Вектора Подршке.

Проучавани метод ауторегресије се показао као добар начин за краткорочно предвиђање потрошње електричне енергије у случајевима кад нема превелике промене тренда потрошње или нагле промене временских услова. У случају да дође до великих промена, долази и до значајног повећања грешке предвиђања.

Добра особина овог метода је његова једноставност, што омогућује да се у кратком временском року добијају резултати предвиђања. Зато се овај метод може користити у реалном времену за краткорочно предвиђање потрошње електричне енергије. У односу на упоређивани метод Теорије Вектора Подршке, ауторегресивни метод даје боље резултате, уколико нема велике промене тренда потрошње електричне енергије.

6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Sanjib Mishra, „Short term load forecasting using computational intelligence methods“, 2008
- [2] N. Turker and F. Gunes, „A competitive approach to neural device modeling: Support vector machines“
- [3] Јована Лугоња, *Теорија Вектора Подршке (ТВП)*
- [4] http://en.wikipedia.org/wiki/Autoregressive_model

Кратка биографија:



Радослав Плетикосић рођен је у Сиску 1987. год. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Електротехнике и рачунарства - Примењене рачунарске науке и информатика одбранио је 2013. год.

**UNAPREĐENJE PERFORMANSI SPARQL UPITA NAD MLO-AD ONTOLOGIJOM
IMPROVING SPARQL QUERY PERFORMANCE UPON MLO-AD ONTOLOGY**Igor Cverdelj-Fogaraši, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U okviru rada izvršena je analiza performansi SPARQL upita sa ciljem unapređenja uskog grla semantičkih web tehnologija – SPARQL backend-a. Polazna ideja unapređenja performansi bila je keširanje SPARQL upita na više različitih nivoa arhitekture. Počevši od pristupa keširanja SPARQL upita na HTTP reverznom proksiju – mehanizmima koje pruža HTTP protokol, keširanja SPARQL upita na namenskom SPARQL proksiju – ispred same SPARQL krajnje tačke, pa sve do kombinacije navedenih pristupa.

Abstract – A SPARQL query performance analysis has been carried out within this paper. The analysis has been performed with the aim of overcoming one of the major Semantic Web technologies bottleneck - SPARQL backend. The initial idea for performance improvement was caching SPARQL queries along with their results, across multiple tiers of the Semantic Web architecture. Starting from the HTTP reverse proxy caching approach, backed up with HTTP mechanisms, through the SPARQL query caching in front of an endpoint on a dedicated SPARQL proxy, all the way to bringing two of the previous approaches together.

Ključne reči: SPARQL, MLO-AD, OWL, caching, reverse proxy, HTTP, endpoint, semantic web

1. UVOD

U okviru rada evaluirane su performansi SPARQL upita sa ciljem unapređenja uskog grla semantičkih web tehnologija, pristupom keširanja na različitim nivoima. Rad je strukturiran po poglavljima na sledeći način.

U drugom poglavlju izneti su detalji MLO-AD (*Metadata for Learning Opportunity - Advertising*) stadarda za oglašavanje obrazovnih prilika, kao i ontologije za reprezentaciju navedenog standarda.

U trećem poglavlju opisani su mehanizmi keširanja SPARQL upita, sa posebnim akcentom na mehanizmima keširanja upita na nivou HTTP zahteva kao i SPARQL krajnje tačke.

Na kraju, u četvrtom poglavlju, prikazani su i analizirani eksperimentalni rezultati merenja performansi SPARQL upita na primeru MLO-AD ontologije.

Prikazom su obuhvaćeni rezultati postignuti na različitim nivoima keširanja, nakon čega je izvršena diskusija uticaja keširanja sa aspekta performansi SPARQL upita.

2. MLO-AD

U okviru ovog poglavlja biće nešto više reči o MLO-AD standardu za oglašavanje obrazovnih prilika, domenskom modelu MLO-AD standarda, kao i o njegovoj primeni u semantičkim tehnologijama, na primeru MLO-AD ontologije.

2.1 MLO-AD standard

MLO-AD predstavlja standardizovan model metapodataka koji pružaju mogućnost oglašavanja obrazovnih prilika na interoperabilan način, pri čemu se *obrazovnom prilikom* smatra svaka organizovana prilika da pojedinac ili grupa unaprede svoj obrazovni status učešćem u obrazovanju ili obuci. Cilj ovako definisanog skupa metapodataka jeste da se omogući jednostavan standard koji se može dobro uklopiti u već postojeće poslovne procese i tehnologije u obrazovanju. MLO-AD standard je takođe namenjen kako bi olakšalo dobavljačima informacija u oblasti obrazovanja da primenom semantičkih tehnologija i Veb arhitekture ostvare semantički bogatu i efikasnu razmenu i agregaciju informacija. Konačno, cilj je bio standard jednostavan za implementaciju, što bi osiguralo njegovo brzo usvajanje u evropskim zemljama. Osnovni cilj MLO-AD standarda je da obezbedi informacije o obrazovnim prilikama (institucijama, obrazovnim programima, itd.) koje bi pomogle studentima da odluče da li im je potrebno još informacija o obrazovnoj prilici i da, u slučaju postojanja takve potrebe, te informacije i nađu. Standard definiše načine elektronske predstave obrazovnih prilika u cilju što efikasnijeg oglašavanja obrazovnih prilika i prepoznavanja obrazovnih prilika od strane potencijalnih korisnika (npr polaznika obrazovnog programa). Sledeći učesnici bili bi ujedno i ključni korisnici standarda:

- *Obrazovne institucije* koje nude određene obrazovne prilike i žele da ih oglašavaju.
- *Studenti, poslodavci, upravljačke i administrativne institucije/tela* koja žele da pored različite elektronski reprezentovane obrazovne prilike.
- *Provajderi informacija u oblasti obrazovanja* koji agregiraju informacije o obrazovnim prilikama iz različitih izvora.

MLO-AD standard definiše odnose između navedena tri resursa, kao i predlog skupa metapodataka za svaki od njih, međutim, standard ne daje nikakve smernice po pitanju korišćenih rečnika za obezbeđenje semantičke interoperabilnosti između različitih obrazovnih domena, već samo definiše model podataka za opis obrazovnih prilika.

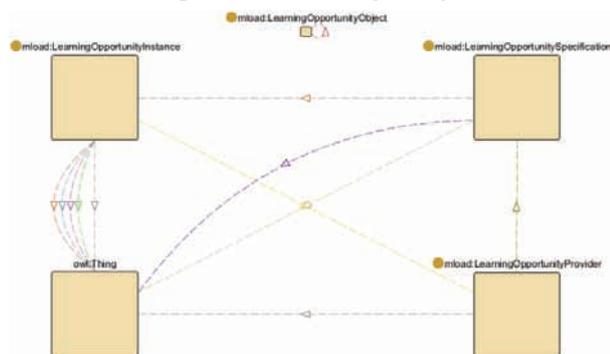
2.2 MLO-AD ontologija

Na osnovu prethodno opisanog MLO-AD standarda za oglašavanje obrazovnih prilika, kao i pomenutog MLO-

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Zora Konjović, red. prof.

AD domenskog modela, kreirana je MLO-AD OWL ontologija [2]. Na slici 2.1, data je vizualizacija najbitnijih elemenata MLO-AD ontologije, generisana uz pomoć komponente Jambalaya, alata Protégé [3], dok su u nastavku teksta specificirani neki njeni ključnih elementi.



Slika 2.1: Vizualizacija MLO-AD ontologije

Sa slike 2.1 mogu se uočiti ključni elementi MLO-AD ontologije. U tekstu koji sledi navedene su klase MLO-AD ontologije, sa svojim kraćim opisom [4].

- *Learning Opportunity Provider* modeluje provajdera obrazovne prilike, tj osobu ili organizaciju koja nudi određenu obrazovnu priliku/program.
- *Learning Opportunity Specification* predstavlja specifikaciju obrazovne prilike, tj apstraktan opis obrazovne prilike koji se sastoji od skupa konzistentnih podataka usaglašenih nad višestrukim instancama klase *Learning Opportunity Instance* (recimo, između više različitih obrazovnih institucija koje nude tu obrazovnu priliku).
- *Learning Opportunity Instance* predstavlja samu obrazovnu priliku, tj konkretnu instancu obrazovne prilike koja, za razliku od specifikacije obrazovne prilike, ne predstavlja apstrakciju, već može biti vezana sa određenim datumima ili mestima održavanja, polaznicima i slično.

3. KEŠIRANJE SPARQL UPITA

Ograničene performanse perzistentnog sloja aplikacija za Semantički Veb jedna su od glavnih prepreka za razvoj aplikacija Semantičkog Veba u mnogim slučajevima u kojima bi one imale značajnu ulogu [5]. Da bismo se približili performansama relacionih baza podataka, koje najčešće predstavljaju perzistentni sloj klasičnih Veb aplikacija, neophodno je razviti alternativni mehanizam za unapređenje performansi aplikacija za Semantički Veb. U nastavku ovoga poglavlja razmotreni su neki od nivoa arhitekture, na kojima bi keširanje SPARQL upita moglo doneti značajnije unapređenje performansi.

3.1 Keširanje upita na nivou HTTP zahteva

Iako se keširanje upita na HTTP nivou u prvi mah može protumačiti redundantnim i nedovoljno granuliranim, izbegavanje bespotrebnog obraćanja klijenata SPARQL krajnjoj tački ili skladištu tripleta u slučaju često postavljanih, sintaktički ekvivalentnih upita, može doprineti unapređenju performansi SPARQL upita. Ovo, pogotovo, važi ako se upitima preuzimaju podaci koji su sporo promenljivi. Često postavljani upiti su najčešće skladišteni u nekoj od struktura na SPARQL klijentima, usled čega sintaktičkih varijacija između semantički

ekvivalentnih upita najčešće nema. U korist mehanizmu keširanja na nivou HTTP zahteva govori i činjenica da se u praksi veliki broj često postavljanih upita odnosi na "izlistavanje" resursa iz određene kategorije koji, dalje, služe kao polazna tačka za specifičnije upite. Ukoliko, na primer, neku aplikaciju za semantički web koristi n klijenata, svih n klijenata (ili makar velika većina njih) će uputiti veliki procenat istovetnih upita. U tom slučaju ima smisla presresti komunikaciju između SPARQL klijenata i krajnje tačke radi uvođenja reverznog proksija, kao vrste medijatora, koji bi rasteretio krajnju tačku ili skladište tripleta zahteva za istim podacima koji u međuvremenu nisu bili izmenjeni, što u krajnjem slučaju može dovesti do značajnog unapređenja po pitanju performansi.

3.2 Keširanje upita na SPARQL krajnjoj tački

Keširanje upita je moguće izvršiti na nešto naprednijem nivou od keširanja samih HTTP zahteva. Ideja upotrebe mehanizma proksija, kao medijatora između klijenata i SPARQL krajnje tačke i ovde je primenljiva. Prethodno izneta činjenica, učestalosti ponovljenih upita, posebno dolazi do izražaja kod uopštenih upita poput izlistavanja svih ili individuala sa određenim svojstvom. Ovakvi uopšteni upiti često služe kao polazna tačka za pristupanje konkretnim resursima. Umesto upotrebe klasičnog reverznog proksi servera, u ovom slučaju pribegava se uvođenju posebnog sloja, *SPARQL* proksija, na kome bi se sprovodila kompleksna logika keširanja upita. Na putu od klijenta do SPARQL krajnje tačke, upit se presreće na SPARQL proksiju, gde se izvršava kompleksna logika na osnovu koje se donosi odluka da li se upit dalje prosleđuje SPARQL krajnjoj tački ili se rezultat vraća iz keša. U slučaju da se odgovor ne nalazi u kešu ili postoji procena da je njegovo stanje u međuvremenu izmenjeno, za vraćanje odgovora zadužena je SPARQL krajnja tačka koja dalje dolazi do upitom traženih podataka. U oba slučaja SPARQL proksi je taj koji rezultat vraća klijentu. Za razliku od reverznog proksija, SPARQL proksi na raspolaganju ima proizvoljnu logiku provere koja može biti implementirana, ne bi li se što više unapredile performanse. Unapređenje performansi SPARQL upita na ovom nivou direktno zavisi od implementirane logike kao i aspekata koji su tom prilikom pokriveni.

4. EVALUACIJA PERFORMANSI

U narednom tekstu detaljnije će biti izloženi rezultati merenja performansi SPARQL upita. Kao kontekst izvršavanja upita u narednom potpoglavlju opisana je specifikacija platforme kao i okruženja u kome je izvršeno merenje performansi SPARQL upita.

4.1 Specifikacija test okruženja

Testiranje performansi SPARQL upita, na različitim nivoima keširanja, izvršeno je na sledećoj platformi:

- Intel Core 2 Duo, Wolfdale E8500 @ 3.16 GHz × 2; 4 GB RAM; Ubuntu 11.10, 64-bit; Java 1.6, 32-bit; nginx 1.1.19 – HTTP reverse proxy; jena-fuseki 0.2.2 – SPARQL endpoint i TDB; jetty 8.1.11 – HTTP server; SparqlCache4J – SPARQL proxy server.

Izvršena je i dodatna konfiguracija same SPARQL krajnje tačke, kako bi se omogućila upotreba *Pellet* rezonera [6], sa ciljem rezonovanja nad OWL ontologijom, prilikom izvršavanja SPARQL upita. U okviru SPARQL krajnje tačke iskonfigurisan je i TDB, kao baza RDF podataka.

TDB za potrebe evaluacije, na različitim nivoima keširanja, sadrži opisanu MLO-AD OWL ontologiju sa više od 7000 semantičkih iskaza (tripleta) nad kojima je omogućeno rezonovanje.

4.2 Metod evaluacije

U okviru analize performansi SPARQL upita kao kontrolna grupa uzet je slučaj koji ne podrazumeva keširanje ni na jednom nivou. U okviru kontrolne grupe upiti se prosleđuju direktno od klijenata ka krajnjoj tački koja vrši procesiranje svakog upita, bez obzira na učestalost ponavljajućih upita. Eksperimentalne grupe podrazumevaju preostala tri slučaja koja su izložena dejstvu faktora keširanja. Pored navedenog, za svaki od slučajeva keširanja, kontrolnu i eksperimentalnu grupu, izvršena su dva slučaja testiranja. Prvi slučaj testiranja podrazumeva izvršavanje *query set*-ova sa neparametrizovanim upitima, dok drugi slučaj uključuje parametrizaciju upitom sadržanih literala. Prethodno pomenuti slučajevi predstavljani su tabelarno (tabela 4.1).

	Bez param.	Sa param.
Bez keširanja	Group 1	Group 2
SPARQL proksi	Group 3	Group 4
Reverzni proksi	Group 5	Group 6
SPARQL proksi + Reverzni proksi	Group 7	Group 8

Tabela 4.1: Kontrolne i eksperimentalne grupe

Merenje performansi ne izvršava se nad pojedinačnim upitima, već nad skupom upita, *query set*-om. *Query set* predstavlja skup od n SPARQL upita čija se vremena izvršavanja mere k puta ($k = 100$), za svaki od pomenutih slučajeva. Svaki *query set* sastavljen je od n , ne nužno različitih, SPARQL upita. U slučaju testiranja sa neparametrizovanim *query set*-ovima, termin *set* se može tumačiti kao kolekcija SPARQL upita, s obzirom na činjenicu da se među njima mogu naći isti SPARQL upiti. U slučaju testiranja sa parametrizovanim *query set*-ovima, termin *set* se može tumačiti doslovno, jer se on obavezno sastoji iz n različitih SPARQL upita.

U oba slučaja svih n upita, u okviru *query set*-a, izvedeni su iz m , gde je $m \leq n$, familija upita različitih nivoa složenosti. Neke od familija upita predstavljaju opšte upite, koji ne sadrže literalne zbog čega nisu pogodni za parametrizaciju. Ostale familije upita predstavljaju specifične upite, koji sadrže literalne, po kojima se vrši filtriranje, radi pristupa konkretnom resursu. Kod parametrizovanih *query set*-ova upiti u okviru *query set*-a izvedeni su parametrizacijom literala, njihovim vrednostima iz MLO-AD ontologije, dok se u slučaju neparametrizovanih *query set*-ova izvođenje upita iz konkretne familije vrši njegovim prostim repliciranjem, sa fiksnom vrednošću literala.

Za konkretan slučaj testiranja performansi SPARQL upita nad ranije predstavljenom OWL ontologijom, MLO-AD, kardinalitet *query set*-a, kao i broj familija različitih SPARQL upita, uzeti su empirijski i iznose $n = 55$, odnosno $m = 10$. Ovakav model *query set*-ova za testiranje performansi SPARQL upita osmišljen je po uzoru na *Berlin SPARQL Benchmark test* [7].

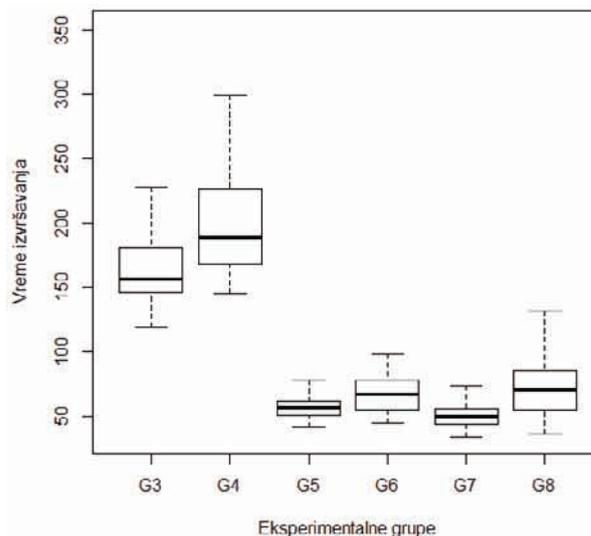
4.3 Rezultati evaluacije i analiza performansi

Kao osnovni kriterijum za ocenu performansi SPARQL upita korišćeno je vreme izvršavanja jednog *query set*-a izraženo u milisekundama. Za svaki od prethodno razmotrenih slučajeva, zabeleženo je vreme izvršavanja jednog *query set*-a k ($k = 100$) puta. Rezultati merenja za svaki od prethodno opisanih slučajeva dati su u nastavku.

	Mat. očekivanje (μ)	Stand. devijacija (σ)	Skewness (γ_1)	Kurtosis (γ_2)
G1	51264.29	3080.08	-3.01	9.43
G2	48299.86	1519.64	-1.83	5.2
G3	167.78	30.55	0.97	-0.09
G4	206.04	50.06	0.98	0.3
G5	57.39	8.56	0.61	0.11
G6	67.17	13.7	0.35	-0.87
G7	52.05	11.43	0.77	0.42
G8	68.07	17.03	0.47	-0.26

Tabela 4.2: Sumarna statistika rezultata merenja

Sumarna statistika rezultata merenja performansi predstavljena je tabelom 4.2. Pored matematičkog očekivanja i standardne devijacije, razmotreni su i *skewness* i *kurtosis* kao pokazatelji odstupanja podataka od normalne raspodele. Na slici 4.1 predstavljena je vizualizacija sumarne statistike koja je predstavljena tabelarno (tabela 4.2).



Slika 4.1: Boxplot dijagram za eksperimentalne grupe

S obzirom na činjenicu da analizirani podaci u priličnoj meri odstupaju od normalne raspodele, što je prethodno pokazano Shapiro-Wilk-ovim testom normalnosti, nad podacima je primenjena neparametarska Kruskal-Wallis-ova metoda analize varijanse.

Analizom varijanse je utvrđeno postojanje statistički značajne razlike između posmatranih uzoraka. Radi utvrđivanja konkretnih grupa podataka između kojih postoji statistički značajna razlika, primenjen je test

višestrukog poređenja, koji je dao sledeće rezultate (tabela 4.3).

Znakom ✓, označene su grupe između kojih postoji statistički značajna razlika, dok su znakom X označene one grupe između kojih nije potvrđeno postojanje statistički značajne razlike.

	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8
G1	X	X	✓	✓	✓	✓	✓	✓
G2	X	X	✓	✓	✓	✓	✓	✓
G3	✓	✓	X	X	✓	✓	✓	✓
G4	✓	✓	X	X	✓	✓	✓	X
G5	✓	✓	✓	✓	X	X	X	X
G6	✓	✓	✓	✓	X	X	✓	X
G7	✓	✓	✓	✓	X	✓	X	✓
G8	✓	✓	✓	X	X	X	✓	X

Tabela 4.3: Rezultati Kruskal-Wallis analize varijanse

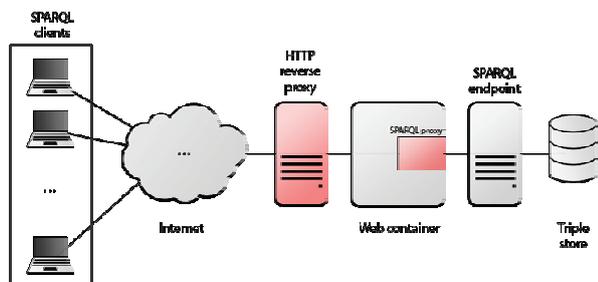
Statistički značajna razlika između G1 i G4, G6, G8; G2 i G3, G5, G7; G3 i G6, G8; kao i G4 i G5 ne predstavlja relevantnu informaciju, jer ukazuje na uticaj faktora parametrizacije upita, pored faktora keširanja, na performanse izvršavanja SPARQL upita, što izlazi izvan opsega ovoga rada.

Takođe, usled uticaja više faktora na jednu zavisnu promenljivu, neophodna je upotreba dvosmerne analize varijanse, s obzirom da jednosmerna analiza varijanse, na takvom slučaju, nije primenljiva.

Sa druge strane, utvrđena statistički značajna razlika između G1 i G3, G5, G7; kao i G2 i G4, G6, G8; predstavlja korisnu informaciju, jer ukazuje na pozitivan efekat keširanja rezultata SPARQL upita na oba nivoa (keširanje RDF grafa, HTTP saobraćaja).

Osim toga, statistički značajna razlika između G3 i G5, G7; kao i G4 i G6, G8 konkretno ukazuje na pozitivan efekat keširanja na reverznom proksi serveru sa aspekta unapređenja performansi.

Postojanje statistički značajne razlike, između navedenih eksperimentalnih grupa, ukazuje na činjenicu da uvođenje reverznog proksi servera, pored SPARQL proksija, u arhitekturu aplikacije dovodi do dodatnog unapređenja performansi SPARQL upita.



Slika 4.2: Arhitektura sa keširanjem na oba nivoa

Na slici 4.2 data je arhitektura sistema koja podržava keširanje SPARQL upita na oba prethodno opisana nivoa.

5. ZAKLJUČAK

Kao arhitektura koja pruža najznačajnije unapređenje performansi SPARQL upita, pokazala se eksperimentalna grupa u kojoj je razmotreno keširanje na oba prethodno pomenuta nivoa (slika 4.2). Keširanjem HTTP saobraćaja na HTTP reverznom proksiju, uz keširanje SPARQL upita i odgovarajućih segmenata RDF grafa na SPARQL proksi serveru, postiže se optimum unapređenja performansi SPARQL upita. Keširanjem parova HTTP zahtev/odgovor, otvara se mogućnost momentalnog davanja odgovora na sintaktički identične, ponovljene upite, koji su česta pojava u realnim slučajevima korišćenja sistema zasnovanih na semantičkim tehnologijama. Sa druge strane, keširanjem SPARQL upita i odgovarajućih segmenata RDF grafa, na SPARQL proksiju, otvara se mogućnost implementacije proizvoljne logike sa ciljem optimizacije postojećih mehanizama keširanja kao i selektivne invalidacije neažurnih objekata koji se nalaze u kešu. Pored toga, otvara se mogućnost prepoznavanja zahteva sa, ne samo sintaktički, već i semantički istovetnim SPARQL upitima, što dodatno povećava broj pogodaka prilikom novih zahteva. Upravo iz prethodno navedenih razloga, keširanje, kao globalni pristup unapređenja performansi SPARQL upita, se pokazao vrlo efikasnim sa aspekta značajnog povećanja upotrebne vrednosti korišćene MLO-AD OWL ontologije.

6. LITERATURA

- [1] CEN - European Committee for Standardization. 2008. CEN Workshop Agreement. [online] <ftp://ftp.cenorm.be/PUBLIC/CWAs/e-Europe/WS-LT/CWA15903-00-2008-Dec.pdf>
- [2] Segedinac, M., Konjović, Z., Surla, D. and Savić, G. 2012. "An OWL representation of the MLO model", paper presented at *IEEE 10th Jubilee International Symposium on Intelligent Systems and Informatics*, Subotica, Serbia: pp. 465-470.
- [3] Stanford. 2013. *The Protégé Ontology Editor and Knowledge Acquisition System*. [online] <http://protege.stanford.edu/>
- [4] Karlberg, P. 2013. CWA för MLO-AD – vad betyder det. Mjuk infrastruktur, [blog] <http://mjukis.blogg.skolverket.se/?p=36>
- [5] Martin, M., Unbehauen, J. and Auer, S. 2010. "Improving the Performance of Semantic Web Applications with SPARQL Query Result Caching", paper presented at *7th Extended Semantic Web Conference (ESWC 2010)*, Heraklion, Greece.
- [6] Pellet. 2004. *Pellet: OWL 2 Reasoner for Java*. [online] <http://clarkparsia.com/pellet>
- [7] Bizer, C. and Schultz, A. 2009. The Berlin SPARQL Benchmark. *International Journal On Semantic Web and Information Systems*.

Kratka biografija:



Igor Cverdelj-Fogaraši rođen je u Novom Sadu 1984. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Energetska elektronika i električne mašine odbranio je 2013.god.

**PRIMENA SINHRONIH I ASINHRONIH GENERATORA U AGREGATSKIM
POSTROJENJIMA I U POSTROJENJA MALIH HIDROELEKTRANA**
**APPLICATION OF SYNCHRONOUS AND ASYNCHRONOUS GENERATORS IN
AGGREGATE SYSTEMS AND SMALL HYDROPOWER SYSTEMS**

Željko Starčević, Veran Vasić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U radu su prikazani sinhroni i asinhroni generatori koji svoju primenu nalaze u agregatskim postrojenjima i postrojenjima malih hidroelektrana.

Abstract – *The subject of this paper is synchronous and asynchronous generators in application aggregate systems and small hydropower systems.*

Ključne reči: *Sinhroni i asinhroni generatori.*

1. UVOD

Samostalni izvori električne energije su uređaji koji pretvaraju neki oblik energije u električnu i vrše snabdevanje potrošača električnom energijom nezavisno od elektroenergetskog sistema. Kao jedan od samostalnih izvora koristi se dizel/benzinski električni agregat, koji hemijsku energiju nafte pretvara u električnu energiju. Pretvaranje se vrši posredstvom motora sa unutrašnjim sagorevanjem na red spregnutim sa električnim generatorom.

Male hidroelektrane imaju najveći udeo u proizvodnji električne energije iz obnovljivih izvora na evropskom i svetskom nivou. Male hidroelektrane mogu imati značajnu ulogu kao zamena za fosilna goriva, jer za razliku od mnogih drugih obnovljivih izvora električne energije mogu po potrebi proizvesti određenu količinu električne energije u bilo koje vreme, u onim razdobljima kada je protok vode dovoljan, a i u mnogim slučajevima po cenama koje su konkurentne elektranama na fosilna goriva.

2. AGREGATSKA POSTROJENJA

Električni generator pogonjen je dizel ili benzinskim motorom sa unutrašnjim sagorevanjem. Grupa motor-generator postavlja se na zajedničko postolje. Generatori se najčešće izrađuju sa automatskom regulacijom napona. Snaga generatora se kreće do 2,5 MVA mada se u praksi najčešće sreću generatori do nekoliko stotina kilovata. Snaga generatora zavisi od mogućnosti izrade pogonskog motora.

Za manje snage agregata koriste se i dizel i benzinski motori sa unutrašnjim sagorevanjem.

Monofazni generatori se koriste do snage od 3 kVA i pokreću se dizel ili benzinskim motorima. Trofazni generatori do snage 5 kVA takođe se pokreću

dizel/benzinskim motorima. Trofazni agregati sa snagom većom od 20 kVA pokreću se dizel motorima. Treba napomenuti da su dizel električni agregati (DEA) principijelno snažniji od benzinskih agregata, pa se za snage veće od 20 kVA koriste samo dizel agregati. S druge strane kada se porede dizel i benzinski agregati, za iste snage dizel agregati su znatno skuplji od benzinskih i pri tome su bučniji.

Postoje dva tipa električnih agregata:

- otvoreni i
- zatvoreni tip.

Otvoreni tip agregata namenjen je montaži u zatvorenu prostoriju, odnosno prostoriju posebno namenjenu za agregat. Prostorija treba da bude određenih dimenzija zavisno od snage agregata. Dimenzije prostorije kao i ostale njene karakteristike, kao što su otvori za vazduh preporučuju se od strane proizvođača.



Slika 1. *Otvoreni tip električnog agregata*

Zatvoreni tip agregata ima izolovano metalno kućište koje smanjuje nivo buke i namenjen je za montažu na otvorenom prostoru. Ovo kućište štiti agregat od atmosferskih uticaja.



Slika 2. *Zatvoreni tip električnog agregata*

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Veran Vasić.

Električni agregati najčešću primenu nalaze kao rezervni izvori napajanja, koriste se u sistemima sa uključenjem nakon kratke pauze. U ovom slučaju dolazi do uključenja nakon nestanka mrežnog napajanja. Praktično je vreme uključenja agregata od trenutka nestanka napona do postizanja nominalnog napona agregata 10 – 20s.

3. POSTROJENJA MALIH HIDROELEKTRANA

Mala hidroelektrana (MHE) je određena kao postrojenje za iskorištavanje energije vodotokova sa izlaznom električnom snagom od 500 kW do 10 MW.

Prema neto padu mogu se podeliti:

- sa niskim padom ($H < 30\text{m}$),
- sa srednjim padom ($30\text{m} < H < 100\text{m}$),
- sa visokim padom ($H > 100\text{m}$).

Prema režimu rada:

- MHE na izolovanoj mreži (ostrvski rad),
- MHE povezane na EES (paralelni rad),
- MHE u kombinovanom radu.

MHE na izolovanoj mreži koriste se za napajanje objekata koji su udaljeni od elektroenergetskog sistema, to su najčešće seoska područja i farme. MHE povezane na EES proizvedenu električnu energiju predaju EES, dok MHE u kombinovanom radu mogu da rade kako u ostrvskom režimu tako i paralelno sa elektroenergetskim sistemom.

3.1 KOMPONENTE MHE

Ulazni presek je otvor na brani koji se otvori i kroz kontrolna vrata voda cevovodom dolazi do turbine određenim masenim protokom. Ulaz vode može da se nalazi na površini ili ispod površine vode.

Brana predstavlja građevinu čija je uloga da osigura akumulaciju vode. Konstrukcija brane može biti od betona, drveta ili njihovom kombinacijom.

Dovod predstavlja deo koji spaja ulazni presek sa vodenom komorom. Može biti kanal ili tunel, koji može biti gravitacioni ili pod pritiskom.

Vodena komora je zadnji deo dovoda, a služi za odgovaranje na promene opterećenja. Dimenzije vodene komore imaju uticaj na pravilno funkcionisanje MHE.

Električna centrala kod MHE ima ulogu da zaštiti elektromehaničku opremu od vremenskih nepogoda.

Turbina ima ulogu transformacije kinetičke energije vode u mehaničku energiju pomoću rotirajućih delova. Mlaz vode udara i okreće lopatice turbine koja je vratilom vezana za generator.

Male vodene turbine mogu da postignu efikasnost do oko 90%. U postrojenjima MHE primenjuju se dve vrste generatora, sinhroni generatori opremljeni sa vlastitim sistemom pobude i asinhroni generatori koji pobudu dobijaju iz mreže.

Transformatori se postavljaju na izlazu iz elektrane, pomoću koga se povećava napon naizmjenične struje da bi se smanjili gubici prilikom prenosa energije.

Izlazni presek predstavlja deo MHE iz koga se iskorišćena voda cevovodima vraća u donji tok reke.

4. SINHRONI GENERATORI

Sinhroni generatori suvereno vladaju područjem proizvodnje električne energije u savremenim elektranama, te stoga predstavljaju jedan od glavnih delova elektroenergetskog sistema. Pored elektrana primenu su našli i u rezervnim izvorima napajanja – agregatskim postrojenjima, obnovljivim izvorima električne energije.

4.1 Pobudni sistemi sinhronih generatora

Osnovni zadatak pobudnog sistema generatora je da obezbedi pobudnu struju pobudnom namotaju i tako obezbedi stvaranje magnetskog polja u generatoru. Pored toga pobudni sistem omogućava upravljanje i zaštitu sinhronih generatora regulacijom pobudnog napona pa time i pobudnom strujom. Zaštitne funkcije osiguravaju da sinhroni generator i pobudni sistem ne prelaze granice sigurnog rada u pogledu dozvoljenih napona i struja[2].

Prema načinu na koji se obezbeđuje jednosmerna pobuda, pobudni sistemi sinhronih generatora mogu se svrstati u četiri osnovne grupe:

- pobudni sistemi sa jednosmernim mašinama,
- pobudni sistemi sa naizmjeničnim mašinama,
- beskontaktni pobudni sistemi,
- statički pobudni sistemi.

Pobudni sistemi sa mašinama jednosmerne struje su zastareli više se ne proizvode ali ih ima još u primeni.

Pobudni sistemi sa naizmjeničnim (AC) mašinama koriste mašine naizmjenične struje kao izvore pobudnog napona za sinhroni generator.

Kod bezkontaktnih pobudni sistema pobudu naizmjenične pobudne mašine napaja preko tiristorskog mosta pomoćni generator sa permanentnim magnetima. Najviše se primenjuje kod malih i srednjih generator pogonjenih dizel motorima.

Statički pobudni sistemi mogu da se podele na [2]:

- statički pobudni sistemi sa kontrolisanim ispravljačem napajani iz naponskog izvora,
- statički pobudni sistemi sa kontrolisanim ispravljačem napajani iz mešovitog izvora.

Pobudni sistemi sa kontrolisanim ispravljačem napajani iz naponskog izvora, kod njih je napajanje pobude izvedeno pomoću transformatora priključenog na priključnice generatora ili spoljne sabirnice i regulisano je upravljivim ispravljačem. Ovaj sistem je jeftin i lak za održavanje.

Ideja pobudnih sistemi sa kontrolisanim ispravljačem napajani iz mešovitog izvora je da se napajanje vrši kombinacijom strujnog i naponskog izvora i tako u uslovima kvara u sistemu, napajanje vrši dominantno strujnom komponentom.

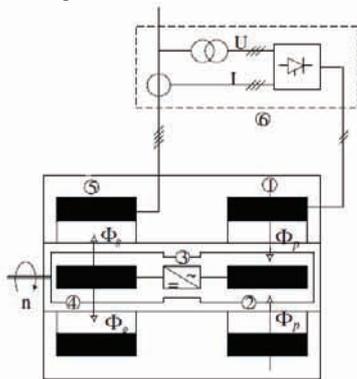
Na taj način ostvaruje se puna sposobnost pobuđivanja pri kvaru u sistemu i prevazilazi nedostatak kod prethodnog sistema.

Napajanje ispravljača se vrši sa naponskog energetskog transformatora i strujnog transformatora sa kontrolisanim zasićenjem ili, alternativno, sa samo jednim pobudnim transformatorom.

4.2 Sinhroni samopobudni generatori bez četkica

Sinhroni samopobudni generatori bez četkica imaju veliku primenu u agregatskim postrojenjima, oni takođe nalaze primenu i u postrojenjima MHE.

Princip konstrukcije i rada sinhronih samopobudnih generatora bez četkica, slika 3, je sledeći [1]. Na statoru generatora se nalaze glavni trofazni namotaj generatora i pobudni namotaj trofazne budilice, čiji se trofazni namotaj nalazi na rotoru. Osim trofaznog namotaja budilice, na rotoru se nalazi i trofazni poluprovodnički ispravljački most i glavni pobudni namotaj generatora. Glavni pobudni namotaj generatora se napaja jednosmernom strujom preko ispravljačkog mosta iz trofaznog namotaja budilice. Budilica indukuje elektromotornu silu više učestanosti da bi se dobila jednosmerna struja što manje valovitosti. Pobudni namotaj budilice, koji se nalazi na statoru, vezan je preko tiristorskog ispravljačkog mosta na trofazni izlaz generatora. Podešavanjem struje pobudnog namotaja budilice, preko odgovarajućeg regulatora, vrši se regulacija napona generatora. Pri polasku generatora budilica se inicijalno pobuđuje usled remanentnog magnetizma u magnetnom kolu.



Slika 3. Konstrukcija sinhronih samopobudnih generatora

Na slici 3 prikazani su: 1 – pobuda budilice, 2 – glavni namotaj budilice, 3 – ispravljač, 4 – pobuda generatora, 5 – glavni namotaj generatora, 6 – deo za automatsku regulaciju napona.

Sinhroni generator i njegov pogonski motor dimenzionišu se prema procenjenoj jednovremenoj snazi potrošača koje oni napajaju. Nominalna snaga generatora i motora treba da budu veće od procenjene jednovremeno – maksimalne snage potrošača, pri čemu se nominalna snaga data u katalogu za standardne uslove primene koriguje ako se temperatura ambijenta i nadmorska visina razlikuju od standardnih vrednosti. Kod ovih generatora se javljaju dva specifična problema o kojima se mora voditi računa pri njihovom projektovanju. To su problemi dinamičkog pada napona i distorzije napona.

Pri nagloj promeni opterećenja (naročito induktivnog) dolazi do značajne promene napona na priključcima generatora (ΔU), do smanjenja napona pri povećanju opterećenja i povećanju napona pri smanjenju opterećenja. Uzrok ovih promena napona su električna i magnetna kašnjenja u kolima generatora i regulatora. Procentualna relativna promena napona u odnosu na nominalnu vrednost približno se može izračunati kao proizvod relativne vrednosti subtranzijentne reaktanse (x_r)

i relativne promene snage opterećenja u odnosu na nominalnu snagu generatora (ΔS_r):

$$\Delta u_r = x_r \cdot \Delta S_r \quad (1)$$

Faktor totalne distorzije napona, definisan je kao:

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{v=2}^n U_v^2}}{U_{eff}} \quad (2)$$

U_v označava efektivnu vrednost pojedinačnih viših harmonika napona, a U_{eff} ukupnu efektivnu vrednost napona.

4.3 Sinhroni generatori sa stalnim magnetima

Sinhroni generatori sa stalnim magnetima koriste se u postrojenjima malih hidroelektrana. Stalni magneti omogućavaju da se dobije fluks rotora bez prisustva namotaja i struja na rotoru.

U radu generatora rotor se obrće u sinhronizmu sa statorskim poljem tako da u ustaljenom stanju nema promene magnetske indukcije u magnetskom polju rotora. Kako nema gubitaka u namotaju rotora i magnetskom kolu rotora, nema ni oslobađanja toplote tokom rada. Na osnovu toga hlađenje generatora ne predstavlja problem pa se može konstruisati rotor manjih dimenzija. Problem sinhronih generatora sa stalnim magnetima je u otežanoj promeni fluksa, što stvara poteškoće pri radu u režimu slabljenja polja.

Stalni magneti mogu biti ugrađeni na površini rotora ili u unutrašnjosti. Način na koji se ugrađuju magneti ima veliki uticaj na parametre generatora i njegove eksploatacione karakteristike. Induktivnost statora određena je magnetskom otpornošću koja se značajno menja u zavisnosti od načina ugradnje magneta.

Kod mašina sa unutrašnjom montažom stalnih magneta, relativni iznos induktivnosi je od 0,1 do 0,5 dok je kod mašina sa površinskom montažom ovaj iznos od 0,01 do 0,1 [3].

4.4 Sinhronizacija sa električnom mrežom

Sinhronizacija je postupak kojim se sinhroni generator dovodi u takvo radno stanje da se može priključiti na EES bez negativnih posledica [4]. Da bi se mogla izvršiti sinhronizacija potrebno je da budu zadovoljeni sledeći uslovi:

- pre prve sinhronizacije potrebno je utvrditi redosled faza. Faze na generatoru se moraju slagati sa fazama na mreži.
- frekvencija generatora mora biti jednaka frekvenciji mreže. Naponi generatora moraju biti jednaki naponima na mreži

$$U_{g1} = U_{m1} = U_{g2} = U_{m2} = U_{g3} = U_{m3} \quad (3)$$

- naponi generatora i mreže moraju biti u fazi

$$\theta_{g1} = \theta_{m1} = \theta_{g2} = \theta_{m2} = \theta_{g3} = \theta_{m3} \quad (4)$$

Postoje dva načina sinhronizacije:

- fina i
- gruba sinhronizacija.

5. ASINHRONI GENERATORI

Prednost asinhronih mašina u odnosu na ostale vrste električnih mašina, su prvenstveno manja cena, jednostavnija konstrukcija, pouzdanost i sigurnost u radu, robusnost, manji momenat inercije, lako održavanje. Nedostaci asinhronih mašina su uglavnom vezani za uslove pokretanja i mogućnost regulisanja brzine obrtanja u širokim granicama. Primena mikroprocesora i energetske elektronike omogućila je ekonomično upravljanje motorima za naizmeničnu struju i time konkurentnost i u području pogona sa promenljivom brzinom. Iako manje primenjeni, asinhroni generatori nalaze primenu u praksi. Najčešće se primenjuju u postorojenjima malih hidroelektrana, dizel električnih agregata, vetro elektrana.

5.1 Kompenzacija reaktivne snage

Da bi se smanjila potrošnja reaktivne snage iz distributivne mreže koju uzima asinhroni generator, potrebno je izvršiti kompenzaciju dela reaktivne snage generatora. Kompenzacijom reaktivne snage smanjuje se prividna snaga, a time i struja u priključnim vodovima potrošača. Rezultat kompenzacije je rasterećenje transformatora, generatora i vodova od prenosa reaktivne energije, smanjenje troškova za prekomernu preuzetu reaktivnu energiju. Reaktivna energija može da se kompenzuje na četiri načina:

- pojedinačnom,
- grupnom,
- centralnom,
- mešovitom kompenzacijom.

5.2 Asinhroni generatori za paralelan rad

Kada se asinhrona mašina priključi na električnu mrežu i pogoni brzinom većom od sinhrona, mašina će proizvoditi aktivnu snagu i raditi kao generator. Kod ovih generatora se reaktivna struja magnetiziranja, potrebna za održavanje magnetnog fluksa, mora dovesti spolja. Pri paralelnom radu generatori povlače iz mreže reaktivnu struju, ali toj istoj mreži, generatori vraćaju proizvedenu električnu energiju, naravno uz izvestan gubitak. To znači da su ovi generatori i proizvođači i neznatni potrošači električne energije.

Asinhroni generatori u postrojenjima MHE pri paralelnom radu sa elektroenergetskim sistemom (distributivnom mrežom), rade bez ljudske posade, a sa kratkospojenim rotorom ne zahtevaju uređaje za regulaciju napona, niti uređaje za regulaciju turbine. Treba napomenuti da za generatore veličinu napona i frekvencije diktira EES [5].

5.3 Asinhroni generatori za samostalan rad

Za razlikuju od asinhronih generatora sa paralelnim radom koji reaktivnu energiju povlače iz električne mreže, ovi generatori reaktivnu snagu dobijaju iz priključenih kondenzatorskih jedinica. Problem koji se javlja kod ovih generatora je u održavanju konstantnog napona u toku rada. U cilju rešavanja ovog problema ovi generatori se rade u sledećim verzijama:

- asinhroni generatori sa stabilizovanim izlaznim karakteristikama,

- asinhroni generatori sa kontrolisanim izlaznim karakteristikama.

Asinhroni generatori sa stabilizovanim izlaznim karakteristikama, kod njih se postiže tačnost izlaznog napona od $\pm 5\%$ u odnosu na nazivni napon. Znak (+) odnosi se na prazan hod, a znak (-) na nominalno opterećenje generatora. Stabilizacija napona ovih generatora postiže se tako što se na krajeve priključaka priključi jedna prigušnica.

Asinhroni generatori sa regulisanim izlaznim karakteristikama, tačnosti izlaznog napona $\pm 0,5\%$ u odnosu na nazivni napon generatora i postiže se pomoću upravljivih poluprovodnika [5].

6. ZAKLJUČAK

Agregatska postrojenja nalaze veliku primenu kao rezervni izvori napajanja, zbog sve veće potrebe za neprekidnim napajanjem. Oni svoju primenu nalaze u poslovnim, uslužnim objektima, gradilištima, domaćinstvima. Takođe nalaze primenu i u objektima udaljenim od EES-a. MHE imaju najveći udeo u proizvodnji električne energije iz obnovljivih izvora. Koriste se za snabdevanje električnom energijom ruralnih sredina, za navodnavanje, farme. Što se tiče postrojenja MHE, Srbija ima značajan potencijal koji je, na žalost, još uvek nedovoljno iskorišćen. Jedan od razloga za takvu situaciju je nedovoljna investiciona aktivnost u ovom sektoru.

7. LITERATURA

- [1] Zoran Radaković, Milan Jovanović, "Specijalne električne instalacije", Akademska misao, Beograd, 2008.
- [2] Dragan Popović, Veran Vasić, Zvonko Gorečan, Jugoslav Dujić, "Modelovanje u elektroenergetici", Novi Sad, 2009.
- [3] Slobodan Vukosavić, "Električne mašine", Univerzitet u Beogradu, Elektrotehnički fakultet, Akademska misao, Beograd, 2010.
- [4] Zvonimir Sirotić, Zlatko Maljković, "Sinkroni strojevi", Zagreb, 1996.
- [5] Milosav Mihajlović, "Male hidrocentrale", Beograd, 1985.

Kratka biografija:

Željko Starčević rođen je u Loznici 1987. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Energetska elektronika i električne mašine odbranio je 2013.god.



Veran Vasić je doktorirao na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu 2001. god. Oblast interesovanja su elektromotorni pogoni i automatizacija industrijskih procesa.

JEDNO REŠENJE TESTIRANJA *PUBLISH/SUBSCRIBE* KOMUNIKACIJE ONE SOLUTION FOR TESTING *PUBLISH/SUBSCRIBE* COMMUNICATIONS

Goran Vlaović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu izloženo je jedno programsko rešenje za testiranje jedne konkretne implementacije *publish/subscribe* paradigme primenjene u DMS Smart Grid rešenju. Pored određenih pojedinosti vezanih za implementaciju, pomenute su i neke specifičnosti koje se odnose na funkcionalnost rešenja.

Abstract – In this paper it is presented a software solution for testing of one concrete implementation of *publish/subscribe* paradigm applied in DMS Smart Grid solution. In addition to specific details related to the implementation, these are mentioned some specifics related to the functionality of the solution.

Ključne reči: *Publish/subscribe, Testiranje, Performanse*

1. UVOD

Kritični sistemi za upravljanje informacijama veoma često rade u *network-centric* okruženjima koja karakteriše velik broj platformi, senzora, čvorova odlučivanja i povezanih računara kako bi se omogućilo razmenjivanje informacija, podržalo zajedničko donošenje odluka, i ostvarivale promene u fizičkom okruženju. Ovakvi sistemi su dizajnirani tako da osiguraju da prave informacije dospeju na pravo mesto u pravo vreme zadovoljavanjem zahteva *end-to-end* kvaliteta servisa (*quality of service – QoS*), kao što su kašnjenje, *jitter*, protok, pouzdanost, i skalabilnost. Obećavajuća infrastruktura za takve sisteme za upravljanje informacijama može biti *publish/subscribe middleware* koji zadovoljava postavljene zahteve [1].

2. *PUBLISH/SUBSCRIBE* SISTEMI

Publish/subscribe sistemi danas se smatraju ključnom tehnologijom za širenje informacija u softverskim sistemima. Svaki učesnik u *publish/subscribe* komunikaciji može igrati ulogu objavljivača (*publisher*) ili pretplatnika (*subscriber*) na informacije. Objavljivači proizvode informacije u obliku događaja, koje potom “konzumiraju” pretplatnici. Pretplatnici mogu izraziti svoj interes na podskup svih informacija izdavanjem pretplata. Pretplate se koriste za filtriranje dela događaja koje proizvode objavljivači.

U literaturi se izdvajaju tri uobičajene šeme pretplaćivanja, koje predstavljaju načine na koje pretplatnici izražavaju svoje interesovanje za događaje od interesa, na koje žele da se pretplate.

Topic-based šema pretplaćivanja zasniva se na konceptu naslova subjekta, gde je svaki događaj (informacija koja se objavljuje) proširen naslovom, npr. ključnom reči koja

je čitljiva čoveku ili mašini. Pretplaćujući se na naslov, korisnik se zapravo pretplaćuje na podatke kojima je taj naslov pridružen.

Content-based šema pretplaćivanja bazira se na aktuelnom sadržaju razmatranih događaja. Ovde podaci nisu klasifikovani prema nekom predefinisanim spoljašnjem kriterijumu (npr. naslovu), već prema trenutnim svojstvima samih podataka.

Typed-based šema pretplaćivanja koristi koncept izveden iz objektno-orijentisanog programiranja – događaji se deklariraju kao objekti koji pripadaju određenom tipu, i koji stoga mogu enkapsulirati attribute, kao i metode.

Glavna semantička odlika *publish/subscribe* sistema predstavlja način toka događaja od objavljivača do pretplatnika: pretplatnici nisu direktno poznati objavljivačima, već se indirektno adresiraju na osnovu sadržaja događaja. Ovaj oblik anonimnosti u potpunosti razdvaja objavljivače od pretplatnika. *Publish/subscribe* komunikacija obezbeđuje razdvajanje objavljivača i pretplatnika sa aspekta (1) *prostora* – strane koje interaguju ne moraju znati jedna za drugu, (2) *vremena* – strane koje komuniciraju ne moraju istovremeno aktivno učestvovati u interakciji i (3) *sinhronizacije* – objavljivači nisu blokirani u toku kreiranja događaja, a pretplatnici mogu biti asinhrono obavesteni o pojavi događaja u toku obavljanja neke konkurentne aktivnosti [2].

Na slici 1 prikazana je interakcija između objavljivača i pretplatnika koja se obavlja preko *publish/subscribe* sistema, koji se u opštem slučaju sastoji iz skupa čvorova koji međusobno koordiniraju kako bi prosledili objavljene događaje do svih (i ako je moguće samo) zainteresovanih pretplatnika [3].



Slika 1. Interakcija između pretplatnika i objavljivača

3. *QUALITY OF SERVICE* U *PUBLISH/ SUBSCRIBE* SISTEMIMA

Quality of Service (QoS) (kvalitet servisa) sistema se definiše kao skup osobina koje se odnose na kooperativno ponašanje komponenti sistema koje realizuju usluge

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Aleksandar Erdeljan, vanr. prof.

sistema. U cilju zadovoljenja svojih korisnika, sistem mora da ispuni neke *QoS* zahteve. Ovaj termin može se koristiti za dve različite klase svojstava. Tako se mogu razlikovati aplikacioni *QoS* i komunikacioni *QoS*. Kao komunikacioni *QoS* mogu se označiti sledeća svojstva komunikacije:

1. *Kašnjenje* – vreme koje je potrebno da paket podataka putuje od izvora do odredišta,
2. *Propusni opseg* – kapacitet komunikacionog kanala, npr. količina informacija koja se može preneti tokom zadatog vremenskog perioda,
3. *Jitter* – mera variranja kašnjenja paketa podataka tokom vremena,
4. *Pouzdanost* – verovatnoća da mrežni paket dođe do odredišta,
5. *Trajnost* – garantovano vreme tokom koga događaj postoji u sistemu,
6. *Redosled* – garancija da će korisnik primati događaje u istom redosledu po kom su kreirani od strane proizvođača,
7. *Globalni redosled* – garancija da će korisnik koji prima poruke od strane različitih proizvođača primati događaje u istom redosledu po kom su kreirani od strane proizvođača, uzimajući u obzir eksterni sat [4], [5].

U [6] se kao uobičajene mere performansi nekog sistema između ostalih navode i:

1. *Vreme odziva* – definiše se kao interval između upućivanja korisničkog zahteva i odgovora sistema. Vreme odziva sistema generalno se uvećava kako se uvećava *opterećenje* sistema.
2. *Iskorišćenje* resursa - meri se kao deo vremena tokom koga je resurs zauzet servisiranjem zahteva.

3.2. Uticaj razdvajanja objavljiivača i pretplatnika na *QoS*

Procesiranje događaja u *publish/subscribe* infrastrukturi rezultuje time da događaji putuju preko nekoliko mrežnih skokova, gde je svaki rutirajući skok izvor nedeterminizma, zbog prenosa preko asinhronih WAN kanala ili privremenog preopterećenja čvora. Ovo može dovesti do toga da vreme isporuke događaja raste beskonačno, što vodi ka smanjenoj verovatnoći dostave notifikacije svim namenjenim pretplatnicima. Trajnost događaja, trajanje pretplata i retransmisija događaja može pomoći u redukovanju nedeterminističkog ponašanja, obezbeđujući veću pouzdanost dostave. Generalno, što se duže događaj zadržava u sistemu, manje nedeterminizma se očekuje, po ceni povećanog zauzeća memorije.

Real-time aplikacije često zahtevaju striktnu kontrolu nad vremenom koje je potrebno da neka informacija dospe do svih korisnika. Čak i unutar potpuno kontrolisanih okruženja, *publish/subscribe* infrastruktura koja razdvaja objavljiivače i pretplatnike, može uvesti nedeterminizam usled rutirajućih anomalija i nepredvidivih kašnjenja prilikom procesiranja na svakom čvoru [3].

4. PubSubTestTool ALAT ZA TESTIRANJE I DIJAGNOSTIKU DMS Pub/Sub KOMUNIKACIJE

4.1. DMS Pub/Sub

Advanced Distribution Management System (ADMS ili DMS) je integrisan softverski sistem za upravljanje, analizu i optimizaciju rada električne mreže. Izgrađen je na konceptu *Smart Grid* rešenja. DMS omogućuje

korisnicima mreže da donose inteligentne odluke koje im pomažu da rukovode mrežom efikasnije, pouzdanije, i sa manjim troškovima.

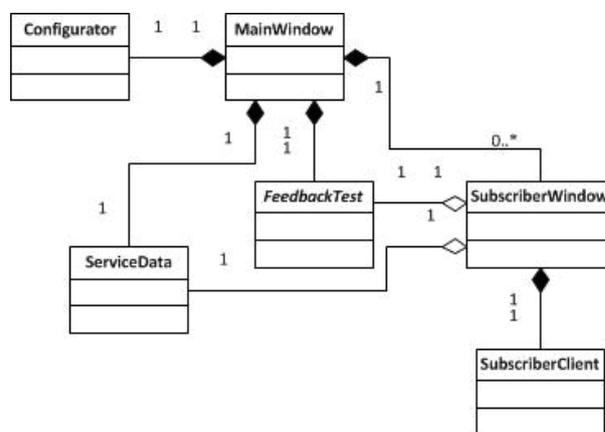
DMD (*Dynamic Mimic Diagram*) predstavlja grafički korisnički interfejs DMS sistema. DMD interaguje sa različitim DMS servisima u cilju generisanja trenutnih prikaza mreže i slanja komandi.

Za specifične zahteve operacionog klijenta – DMD-a, DMS implementira posebno prilagođenu *publish/subscribe* tehnologiju zasnovanu na WCF-u – DMS Pub/Sub. Ova *publish/subscribe* implementacija koristi *point-to-point TCP/IP* konekciju sa DMD klijentima i prilagođena je za dostavljanje manjeg broja većih “komada” podataka klijentu na optimalan način. DMS Pub/Sub omogućuje ažuriranje integriteta (*integrity update*) za nove pretplatnike. U slučaju otkaza DMS Pub/Sub se automatski rekonektuje. Glavni cilj DMS Pub/Sub-a jeste da obezbedi dobre performanse za velik broj klijenata (stotine klijenata).

Putem DMS Pub/Sub-a objavljuju se podaci iz SmartCache-a. SmartCache predstavlja *in-memory real-time* bazu podataka, koju DMS servisi koriste za lokalno pohranjivanje zahtevanih podataka, pri čemu je drugim servisima omogućeno da pristupe pohranjenim podacima. Kada neki servis izazove izmenu podataka u svom SmartCache-u (*add, remove* ili *update*), SmartCache šalje zahtev za objavljivanjem nastalih izmena *publish/subscribe* komponenti servisa. Objavljeni podaci iz SmartCache-a se dostavljaju pretplatniku u specijalnim kontejnerskim objektima (*ResourceDescription*). U slučaju da je pretplatnik pri pretplaćivanju podneo zahtev za *integrity update*, odmah nakon pretplaćivanja poslaće mu se sav sadržaj SmartCache-a u tom trenutku.

4.2. Opis rešenja

PubSubTestTool je alat namenjen testiranju i praćenju rada DMS Pub/Sub komunikacije. Alat omogućuje praćenje sadržaja poruka koje objavljiivač objavljuje, uvid u količinu objavljenih podataka (veličinu protoka), kao i određivanje vremena odziva *publish/subscribe* servisa. Ideja je bila da se napravi jednostavan alat koji bi omogućio praćenje sadržaja poruka i testiranje performansi DMS Pub/Sub komunikacije u toku rada sistema. Kako bi alat bio što pogodniji za upotrebu, za komunikaciju sa korisnikom trebalo je implementirati odgovarajući grafički interfejs.



Slika 2. Dijagram klasa PubSubTestTool-a

Na slici 2 prikazana je osnovna struktura PubSubTestTool-a. Bitno mesto u rešenju zauzima

SubscriberClient klasa. Ona sadrži instancu *DMS Pub/Sub* pretplatnika, metode za uspostavljanje konekcije, zatvaranje konekcije, pretplaćivanje, obustavljanje pretplate. Ovde se čuvaju i parametri konekcije (adresa i port servisa objavljivača), lista svojstava koja se prate (naslovi), i neki drugi parametri pretplaćivanja, kao i referenca na metodu koja predstavlja deo povratnog ugovora (*callback contract*) servisa objavljivača, koju on poziva pri objavljivanju svake notifikacije, i unutar koje je implementirano rukovanje pristiglim notifikacijama.

Spisak podržanih servisa objavljivača zajedno sa neophodnim konfiguracionim podacima (poput adrese, naziva servisa, itd.) čuva se u *PubSubTestTool.config XML* konfiguracionoj datoteci. Za čitanje ove datoteke i pribavljanje ostalih neophodnih informacija (npr. portova) zadužena je *Configurator* klasa. Proširivanje skupa podržanih objavljivača postiže se jednostavnim proširenjem konfiguracionog *XML* fajla.

Glavne komponente *GUI* dela *PubSubTestTool-a* predstavljaju *MainWindow* i *SubscriberWindow* klase. *MainWindow* klasa opisuje izgled i ponašanje polaznog (glavnog) prozora. Ovde je korisniku omogućeno da odabere servis na koji se želi pretplatiti, da podešava parametre pretplaćivanja, i da odabere svojstva, odnosno naslove na koja se želi pretplatiti, u skladu sa važećim *DMS* modelom podataka. Nakon pretplaćivanja otvara se *SubscriberWindow* prozor. Ova komponenta sadrži instancu *SubscriberClient-a*, i unutar nje je implementirano rukovanje pristiglim podacima – notifikacijama. Moguće je otvoriti neograničen broj *SubscriberWindow* prozora koji su pretplaćeni na različita svojstva različitih servisa, od kojih se svaki izvršava u zasebnoj niti. Svaki ovaj prozor sadrži tri taba u okviru kojih su realizovane tražene funkcionalnosti testiranja *DMS Pub/Sub-a*.

Data tab - implementira vizuelizaciju pristiglih podataka. Svi pristigli podaci se prikazuju tabelarno, gde kolone tabele odgovaraju odabranim svojstvima koja se prate, a redovi tabele predstavljaju objekte koji stižu sa servisa.

Data Flow tab – implementira merenje protoka podataka. Protok je moguće meriti kao broj objekata u jedinici vremena, pri čemu se posmatra broj primljenih poruka, ili kao broj bajtova u jedinici vremena, pri čemu se posmatra samo veličina podataka koji se prenose unutar poruke (bez zaglavlja poruke). Rezultati merenja prikazuju se tabelarno i u vidu dinamičkog grafika. Jedinica vremena je konfigurabilna (min. 1 s).

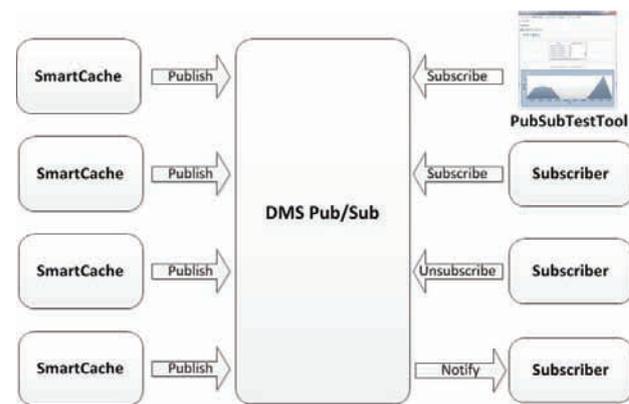
Feedback test tab – implementira merenje vremena odziva *publish/subscribe* servisa na promene podataka u odgovarajućem *SmartCache-u*. Pozivanjem operacija tipa *ADD*, *MODIFY* ili *DELETE* odgovarajućeg servisa, izazivaju se promene podataka unutar njegovog *SmartCache-a*, koje se potom objavljuju posredstvom *DMS Pub/Sub-a*. Ovde se meri vreme od poziva udaljene metode, do prijema prvog podatka objavljenog usled nastale promene. Kako se pozivi *ADD*, *MODIFY* i *DELETE* operacija razlikuju od servisa do servisa, za svaki servis se konstruiše poseban *plugin*, koji implementira pozivanje operacija za manipulaciju podacima tog servisa. Jedan *plugin* predstavlja *.dll* biblioteku, koja sadrži jednu klasu, za koju je ključno da nasleđuje *FeedbackTest* apstraktnu klasu, i implementira njenu *Execute* metodu. U okviru *Feedback test* taba

prikazuju se rezultati poziva *ADD*, *MODIFY* i *DELETE* operacija – vreme poziva, vreme prijema objavljenih podataka, veličina pristiglih podataka, i poruka o uspešnosti, odnosno grešci usled poziva određene operacije. Moguće je podešavati broj sukcesivnih poziva ovih operacija, kao i vremenski interval između dva poziva. Na ovaj način mogu se realizovati neki jednostavniji test-scenariji.

4.3. Karakteristike *PubSubTestTool-a*

Jedna od osnovnih ideja pri realizaciji ovog alata, bila je da on bude jednostavan za upotrebu, u smislu da sa stanovišta korisnika ne zahteva kompleksnu instalaciju i da poseduje jednostavan grafički interfejs. Ovi zahtevi dosta su uticali na funkcionalnost samog rešenja, jer su se uglavnom manifestovali kao ograničenja.

Kao što je prikazano na slici 3, *PubSubTestTool* u *DMS* sistemu predstavlja zapravo još jednog pretplatnika, i praktično jedina razlika u odnosu na klasične pretplatnike jeste način na koji se tretiraju pristigli podaci. U pogledu određivanja performansi, rešenja primenjena u *PubSubTestTool* alatu, iako pružaju osnovni uvid u kvalitet funkcionisanja sistema, ne pružaju kompletnu sliku *QoS-a*. Ovo je uglavnom posledica toga što se performanse posmatraju samo sa strane pretplatnika (testiranje se sprovodi samo sa strane pretplatnika).



Slika 3. Interakcija *PubSubTestTool-a* sa *DMS* sistemom

Protok podataka meri se kao broj poruka koje dolaze do pretplatnika (u [7] ovo merenje je označeno kao *mereni protok*), i ne ostvaruje se uvid u to koliko je opterećenje objavljivača. Samim tim ne može se sagledati kompletna slika ponašanja celokupnog *publish/subscribe* sistema.

U *publish/subscribe* sistemima često je potrebno odrediti kašnjenje poruka, kao vreme distribucije poruke od objavljivača do pretplatnika ([8], [9]). To znači da su za određivanje kašnjenja neophodne informacije i od objavljivača (trenutak slanja poruke) i od pretplatnika (trenutak prijema poruke). *PubSubTestTool* ima drukčiji pristup. Kako se ovde sav uvid u performanse *DMS Pub/Sub* komunikacije ostvaruje sa strane pretplatnika, informacija sa objavljivača o trenutku objave informacije nije dostupna. Stoga se ovde meri širi vremenski parametar od vremena propagacije notifikacija, odnosno meri se vreme odziva servisa, kako je definisano u odeljku 3. Na taj način izbegnuta je potreba za vremenskim podacima sa objavljivača, jer se i upućivanje korisničkog zahteva (poziv udaljene procedure interfejsa nekog *DMS* servisa) i prijem odgovora (poruke koje objavljuje objavljivač kao posledicu poziva udaljene procedure interfejsa *DMS* servisa) vrši u okviru

PubSubTestTool-a. Stoga, mereno vreme pored kašnjenja u slanju poruka u *publish/subscribe* komunikaciji, obuhvata i vreme poziva i izvršenja udaljene procedure, što onemogućuje jasan uvid u ponašanje samog *DMS Pub/Sub* sistema.

Postojanje grafičkog interfejsa takođe ima uticaja na funkcionalnost alata. Na primer, kod merenja protoka, pri intenzivnijem saobraćaju, ukoliko se odabere suviše mala jedinica vremena, usled intenzivnog prijema notifikacija, učestalo osvežavanje iscrtavanja grafika opterećuje aplikaciju, i dolazi do zastoja u radu.

I pored navedenih nedostataka, *PubSubTestTool* pruža osnovni uvid u funkcionisanje *DMS Pub/Sub* komunikacije. Istina, on ne predstavlja pogodno sredstvo za sprovođenje sveobuhvatnih testova performansi i utvrđivanja *QoS*-a *publish/subscribe* sistema u celini, kakvi su opisani u testovima u [7-9]. Ovakvi testovi zahtevaju sistem za testiranje performansi koji je mnogo sofisticiraniji, koji u merenja uključuje i pretplatnike i objavljivače, komunikacione slojeve nižeg nivoa, i koji omogućuje kreiranje ozbiljnih test-scenarija (kakvi su na primer opisani u [7]). Međutim, ovaj alat ipak može pružiti osnovne informacije o konkretnoj *DMS Pub/Sub* konekciji, o postojanju eventualnih anomalija u funkcionisanju objavljivača, opterećenju pretplatnika, a ove informacije se mogu kasnije kombinovati i za ostvarivanje nekih širih zaključaka.

I pored nedostataka u korišćenoj metodologiji, dobijeni podaci su dovoljni za izvlačenje osnovnih zaključaka o funkcionisanju komunikacije. Na primer, kod određivanja protoka, iako se ne meri broj poruka koje emituje objavljivač, kako se ovde radi o *publish/subscribe* komunikaciji baziranoj na *TCP/IP* protokolu (*unicast*), oprečenost servisa objavljivača se može jednostavno odrediti ukoliko je poznat broj pretplatnika koji su pretplaćeni na naslove tog servisa – množenjem dobijenih rezultata brojem pretplatnika.

Što se tiče kašnjenja, ovde nema jasne slike o kašnjenju *publish/subscribe* sistema, ali se opet ostvaruje uvid u neke vremenske karakteristike funkcionisanja komunikacije. Upotrebom *PubSubTestTool*-a ostvaruje se uvid i u funkcionisanje servisa, jer se nakon poziva metode servisa dobija ili potvrda o uspešnom izvršenju, ili poruka o grešci na servisu.

Iako se *PubSubTestTool* ne može koristiti za kreiranje ozbiljnih test-scenarija kakvi se sreću u navedenoj literaturi, mogućnost istovremenog pokretanja velikog broja pretplatnika na različite servise i naslove, i pokretanja simultanih testova za merenje vremena odziva, moguće je kreirati različite konfiguracije pretplatnika, i izazivati različita opterećenja komunikacije, što može doprineti donošenju preciznijih zaključaka o funkcionisanju veze.

Još jedna značajna osobina ove aplikacije je i u tome što prikazuje sadržaj svih poruka koje dolaze sa objavljivača. Na taj način moguće je na primer utvrditi eventualne nepravilnosti u redosledu slanja poruka, ili ispravnost sadržaja podataka koji stižu sa servisa.

Na kraju, treba napomenuti da je alat jednostavan za upotrebu, konfigurabilan i ne zahteva mnogo resursa, što i pored navedenih nedostataka u metodologiji merenja, čini ovo rešenje interesantnim.

5. ZAKLJUČAK

Testiranje i određivanje *QoS*-a *publish/subscribe* sistema nije jednostavan zadatak. *Publish/subscribe* paradigma uvodi određene specifičnosti koje otežavaju sprovođenje postupaka testiranja i evaluacije. Ove specifičnosti potiču prevashodno od sinhronizacionog, vremenskog i prostornog razdvajanja pretplatnika i objavljivača. Nedostatak direktne veze između pretplatnika i objavljivača čini definisanje i sprovođenje bilo kakve *end-to-end QoS* strategije veoma teško.

U ovom radu ponuđeno je jedno rešenje za testiranje i monitoring jedne konkretne implementacije *publish/subscribe* paradigme. Ovo rešenje pruža uvid u osnovne pokazatelje kvaliteta funkcionisanja *publish/subscribe* komunikacije, a jedna od glavnih prednosti jeste jednostavnost upotrebe. Iako primenjene metodologije evaluacije imaju svojih manjkavosti, neki karakteristični problemi koji se javljaju pri testiranju *publish/subscribe* sistema, poput problema sa sinhronizacijom satova, ovde su jednostavno rešeni.

6. LITERATURA

- [1] M. Xiong, J. Parsons, J. Edmondson, H. Nguyen, D. Schmidt, "Evaluating Technologies for Tactical Information Management in Net-Centric Systems", Proceedings of the Defense Transformation and Net-Centric Systems conference, April 2007.
- [2] P. Th. Eugster, P. A. Felber, R. Guerraoui, A. Kermarrec, "The Many Faces of Publish/Subscribe", ACM Computing Surveys, Vol. 35, No. 2, June 2003.
- [3] A. Corsaro, L. Querzoni, S. Scipioni, S. Tucci-Piergiovanni, A. Virgillito, "Quality of Service in Publish/Subscribe Middleware", Global Data Management, Vol. 8, Jul 2006.
- [4] N. K. Diakov, "Monitoring Distributed Object and Component Communication", University of Twente, Enschede, Jun 2004.
- [5] D. Mahrenholz, "Providing QoS for Publish/Subscribe Communication in Dynamic Ad-Hoc Networks", Magdeburg 2006.
- [6] R. Jain, "Art of Computer Systems Performance Analysis Techniques For Experimental Design Measurements Simulation And Modeling", April 1991.
- [7] E. Withers, "Pub/sub performance in WebSphere Business Integration Brokers", IBM Hursley, Maj 2005.
- [8] T. H. Harrison, C. O'Ryan, D. L. Levine, D. C. Schmidt, "The Design and Performance of a Real-time CORBA Event Service", Jun 1998.
- [9] M. Xiong, J. Parsons, J. Edmondson, H. Nguyen, D. C. Schmidt, "Evaluating the Performance of Publish/Subscribe Platforms for Information Management in Distributed Real-time and Embedded Systems", Vanderbilt University, 2009.

Kratka biografija:



Goran Vlaović rođen je u Sremskoj Mitrovici 1986. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Računarstvo i automatika odbranio je 2013.god.

SOFTVER ZA USAVRŠAVANJE TEHNIKE BRZOG ČITANJA SOFTWARE FOR IMPROVING READING SPEED

Milan Dobrota, Milan Vidaković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – *Zadatak ovog rada jeste izrada Ruby on Rails aplikacije za usavršavanje tehnike brzog čitanja i poboljšavanje shvatanja pročitano teksta. Sofver sadrži 7 vežbi, ciljajući određene neurološke i mehaničke faktore čitanja, omogućavajući korisnicima da prate svoj napredak. Implementiran je i administratorski deo, pomoću koga se vrši dodavanje i izmena tekstova i drugih podataka neophodnih za izvršavanje vežbi, kao i privilegija korisnika.*

Abstract – *Speed Reader is a Ruby on Rails application used for improving reading speed and comprehension. Speed Reader consists of 7 reading exercises, targeting specific neurological and mechanical factors of reading process, while allowing users to track their progress. Managing content and other data needed for testing functionality is done in the administrator section.*

Ključne reči – *Ruby, Ruby on Rails, brzina čitanja, učenje, PostgreSQL, REST*

1. UVOD

Ruby on Rails [1] je *open source* platforma za razvoj *web* aplikacija. *Ruby* [2] je *open source*, objektno orijentisani programski jezik, kreiran od strane Japanskog programera Yukihiko "Matz" Matsumoto-a sredinom 1990-tih godina, čiji je fokus jednostavnost sintakse i poboljšanje produktivnosti programera. Dosta pažnje je posvećeno sintaksi, koja je inspirisana programskim jezicima *Perl* i *Smalltalk*.

Ruby stiže popularnost Jula 2004-te godine, kada je Danski programer David Heinemeier Hansson abstraktovao *web* platformu iz projekta zvanog *Basecamp*, i objavio njen kod.

Ova platforma biva nazvana *Ruby on Rails*, ubrzo biva integrisana u *Mac OSX v10.5 "Leopard"*, i koristi se za razvoj socijalne mreže *Twitter*, posle čega biva prihvaćena i od strane sledećih kompanija: *Amazon, BBC, Chicago Tribune, Cisco, EA, Google, IBM, NASA, New York Times, Oracle, Siemens* i *Yahoo*.

1.1. Arhitektura Ruby on Rails platforme

Rails je *web development* platforma implementirana u programskom jeziku *Ruby*. Dva principa su od velike važnosti:

NAPOMENA:

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

1. *DRY* - "Don't Repeat Yourself" - Ponavljanje koda na više mesta se izbegava.

2. Konvencija pre konfiguracije - Postoje određene konvencije za koje nije potrebna eksplicitna konfiguracija kako bi se olakšalo inicijalno kreiranje aplikacije i kako bi se izbegli ogromni konfiguracioni dokumenti.

Ruby biblioteke se nazivaju *gem*-ovi. (*gems*) i distribuiraju se putem *RubyGems package manager-a*. *Gem*-ovi se mogu sastojati od ili koristiti druge *gem*-ove u svojoj implementaciji. *Ruby on Rails* je *gem* koji se u verziji 3.2.13 sastoji od 26 drugih *gem*-ova. Najvažniji *gem*-ovi su: *Action Pack, Action Controller, Action Dispatch, Action View, Action Mailer, Active Model, Active Record, Active Resource, Active Support* i *Railties*. *Action Pack* je paket koji sadrži *Action Controller, Action View* i *Action Dispatch*, i koji je odgovoran za kontrolere i prezentacioni sloj. *Action Controller* je komponenta koja je odgovorna za kontrolere unutar *Rails* aplikacije. *Action Controller* procesira ulazne HTTP zahteve, ekstrahuje parametre i prosleđuje ih metodu kontrolera. Ova platforma takođe vodi računa o sesijama, renderovanju i redirektovanju. *Action View* je odgovoran za prezentacioni sloj. Format izlaza može biti HTML, XML i JSON. *Action view* takođe podržava AJAX. *Action Dispatch* izvršava rutiranje web zahteva i prosleđuje ih određenim kontrolerima unutar *Rails* aplikacije ili čak drugim *Rack* aplikacijama.

Action Mailer je platforma koja omogućava primanje, procesiranje i slanje email poruka. *Active Model* je odgovoran za komunikaciju između *Action Pack gem-a* i *gem-a* odgovornog za čitanje i pisanje u bazu podataka (ORM), poput *ActiveRecord-a*. *ActiveModel* omogućava laku zamenu *ActiveRecord-a* drugim ORM *gem*-ovima ukoliko je potrebno.

Active Record predstavlja osnovnu funkcionalnost modela u *Rails* aplikaciji.

Modeli obično nasleđuju *ActiveRecord::Base*.

ActiveRecord omogućava pisanje koda koje ne zavisi od tipa baze podataka, napredne metode pretrage i asocijacije između modela. *Active Resource* je odgovoran za konekciju između objekata poslovne logike i REST web service-a. *Active Resource* implementira CRUD (*create, read, update, delete*) mapiranje *web* resursa na lokalne objekte.

Active Support predstavlja kolekciju korisnih klasa i ekstenzija standardne *Ruby* biblioteke koje se koriste u *Rails* platformi i koje takođe mogu biti korišćene od strane aplikacije. *Railties* platforma služi generisanju novih *Rails* aplikacija i povezivanju različitih platformi i *plugin*-ova u *Rails* aplikacijama.

Ruby on Rails aplikacije su dizajnirane u skladu sa *Rest* paradigmom.

Rest (Representational State Transfer) predstavlja tip soferske arhitekture distribuiranih sistema.

Roy Fielding je prvi put pomenuo ovaj princip 2000. godine u svojoj doktorskoj disertaciji. Ovaj princip je kasnije razvijen od strane *W3C* grupe. REST arhitektura se sastoji od klijenta i servera. Klijenti iniciraju zahteve ka serverima, dok serveri procesiraju ove zahteve i vraćaju odgovarajuće odgovore. Zahtevi i odgovori predstavljaju transfer reprezentacije resursa. Resurs u ovom kontekstu predstavlja bilo kakav logički koncept od važnosti. Reprezentacija resursa je obično dokument koji opisuje trenutno, odnosno željeno stanje resursa. REST omogućava transakciju stanja između web servera bez obzira u kojoj tehnologiji su njihovi servisi implementirani. REST je kreiran da bude čitljiv. Za razliku od SOAP-a, REST ne zahteva parsiranje XML-a i šalje manje podataka.

1.2. Struktura Ruby on Rails aplikacije

Ruby on Rails platforma je dizajnirana u skladu sa dizajn šablonom *model view controller (MVC)*. MVC, pored ostalih beneficija, omogućava separaciju aplikacione logike i korisničkog interfejsa, kao i lakše održavanje koda zbog preciznog definisanja na kom mestu određena logika treba biti implementirana.

Model kod vrši komunikaciju sa bazom podataka i reprezentuje te podatke uz pomoć Ruby objekata. Većina poslovne logike se nalazi u ovom sloju. Ovi objekti se kreiraju pri svakom HTTP zahtevu, obično iz koda kontrolera ili drugih modela. Svi modeli nasleđuju klasu *ActiveRecord::Base* i obično se nalaze u direktorijumu *app/models*. U *Ruby on Rails-u* asocijacija predstavlja konekciju između dva *Active Record* modela. Asocijacije su definisane korišćenjem deklaracionog poziva unutar klasa. Rails podržava šest tipova asocijacija: *belongs_to*, *has_one*, *has_many*, *has_many :through*, *has_one :through* i *has_and_belongs_to_many*. Asocijacija *belongs_to* generiše 1:1 vezu sa drugim modelom, tako da postoji koncept pripadnosti između svake instance modela koji deklariše ovaj tip asocijacije sa modelom naznačenim u deklaraciji. Asocijacija *has_one* takođe generiše 1:1 konekciju sa drugim modelom, s tim što svaka instanca modela koji deklariše ovaj tip asocijacije sadrži ili poseduje jednu instancu modela naznačenog u deklaraciji. Asocijacija *has_many* indicira 1:N konekciju sa drugim modelom. Ovaj tip asocijacije se često uparuje sa *belongs_to* asocijacijom. Ova asocijacija indicira da svaka instanca modela koji deklariše ovaj tip asocijacije ima nula ili više instanci drugog modela. Asocijacija *has_many :through* se često koristi kako bi se ostvarila N:N konekcija kroz treći model. Asocijacija *has_and_belongs_to* se koristi u slučaju kada se spojna (*join*) tabela ne želi mapirati na *ActiveRecord* klasu. Ovaj tip asocijacije se retko koristi.

Kontroleri vrše procesiranje HTTP zahteva, obično kroz instanciranje modela, kojima se vrši prosleđivanje podataka. Rezultati pozvanih metoda se koriste za generisanje HTTP odgovora, bilo da je u pitanju HTML, JSON, XML ili neki drugi tip odgovora (*mime type*). Svi kontroleri nasleđuju klasu *ApplicationController*, koja biva generisana unutar *Rails* aplikacije, i koja dalje nasleđuje *ActionController::Base*, klasu koja je definisana

u *gem-u ActionController*. Kontroleri u *Rails* aplikaciji se nalaze u direktorijumu *app/controllers*.

Struktura HTTP odgovora se definiše u prezentacionom sloju. Podaci iz kontrolera bivaju prosleđeni prezentacionom sloju pomoću promenljivih instanci. U dobro dizajniranoj aplikaciji, prezentacioni sloj ne bi trebalo da vrši direktnu komunikaciju sa bazom podataka, već da koristi objekte instancirane od strane kontrolera i modela. Fragmenti prezentacionog sloja mogu biti definisani u posebnim fajlovima (*partials*). Fajlovi koji definišu strukturu prezentacionog sloja se nalaze u direktorijumu *app/views*. Logika prezentacionog sloja se može abstrahovati uz pomoć *helper* metoda. Helperi vrše formatiranje podataka u skladu sa željenim prikazom. Metode definisane unutar helpera su dostupne u prezentacionom sloju. Helperi su definisani u direktorijumu *app/helpers*. Konfiguracija aplikacije se nalazi u direktorijumu *config/*. Ovi fajlovi su obično u *yml* formatu. Podaci o autentifikaciji ka bazi podataka se nalaze u fajlu *config/database.yml*, dok direktorijum *config/environments/* sadrži nekoliko konfiguracija od kojih samo jedna biva učitana u zavisnosti od toga da li je aplikacija u *test*, *development* ili *production* režimu rada. Moguće je definisati i dodatne režime, npr. *stajdž (stage)*, koji je veoma sličan produkcijskom, a koristi se neposredno pre istog za ručno testiranje (*quality assurance*, ili kraće *QA*). Nakon QA faze, vrši se prenos koda na produkcijske servere. Rutiranje predstavlja određivanje kontrolera i metoda kojim će se procesirati ulazni HTTP zahtev. Ovo se vrši u skladu sa pravilima rutiranja definisanim u aplikaciji. Ova pravila se zasnivaju na inspekciji URL-a i HTTP akcije. Pravila rutiranja u *Ruby on Rails* aplikaciji se nalaze u fajlu *config/routes.rb*.

2. SPECIFIKACIJA

Speed Reader je softver sa usavršavanjem ne samo brzine čitanja, već i razumevanja pročitnog teksta. Korisnici imaju na raspolaganju 7 vežbi, koje usavršavaju tehniku čitanja i koje omogućavaju korisnicima da prate svoj napredak. Podaci se čuvaju u PostgreSQL bazi podataka.

2.1. Funkcije aplikacije

Da bi se unapredila brzina čitanja i retencija sadržaja, potrebno je koristiti ponuđene vežbe. Speed Reader se sastoji od šest vežbi koje vežbaju različite aspekte čitanja: *Flash Reading*, *Flashing Numbers*, *Flashing Dots*, *Scrambled Words*, *Word Search* i *Synonyms/Antonyms*.

Flash Reading vežba poboljšava brzinu procesiranja i interpretacije reči. Tekst biva podeljen u grupe od po jedne ili više reči i one, jedna po jedna, bivaju prikazane na ekranu. Svrha ove vežbe jeste izolovanje procesa interpretacije reči, bez horizontalnog pokreta oka. *Flashing Numbers* vežba poboljšava perifernu viziju. Ovo je veoma bitno pošto mozak ne može interpretirati reči koje nisu vidljive. Poboljšavanjem periferne vizije moguće je videti veći broj reči i uz poboljšavanje brzine interpretacije reči korišćenjem *Flash Reading* vežbe, moguće je povećati brzinu čitanja. *Flashing Dots* vežba takodje poboljšava perifernu viziju prikazivajući korisniku određeni broj tacaka na veoma kratko vreme, nakon cega korisnik treba da unese broj tacaka u

tekstualno polje forme. *Scrambled Words* vežba poboljšava koncentraciju. Nakon inicijalnog odbrojanja, tekst biva prikazan, s tim što je svaka reč "promešana" - prvo i poslednje slovo su na mestu, dok unutrašnjost reči ima proizvoljan raspored. Interpretacija ovakvih reči zahteva koncentraciju, čije poboljšanje je svrha ove vežbe. Ukoliko korisnik ne može prepoznati originalnu reč, postavljanje kursora miša na željenu reč (bez klikanja) će prikazati originalnu reč. *Word Search* vežba poboljšava sposobnost korisnika da brzo skenira tekst i pronadje određenu rec u tekstu. *Synonyms/Antonyms* vežba takođe poboljšava brzinu procesiranja reči. Klikom na start, par reči biva prikazan i korisnik treba da ih označi kao sinonime (reči istog značenja) ili antonime (reči suprotnog značenja).

Ukoliko korisnik biva ulogovan sa privilegijama administratora, u levoj koloni će se pojaviti nova sekcija "Admin". Ova sekcija sadrži pet linkova: *Users*, *Contents*, *Word Pairs*, *Categories* i *Languages*. Sekcija *Users* omogućava pregled, editovanje i brisanje korisnika. Klikom na link "Users" u levoj koloni prikazuje se stranica sa listom korisnika. Korisnici mogu biti izmenjeni klikom na dugme "Edit" i obrisani klikom na dugme "Destroy". Najčešća svrha menjanja korisnika je promena privilegije. Klikom na dugme "Edit" prikazuje se forma na kojoj se nalazi selekt HTML polje sa listom uloga. Vrednosti su "admin" i "member". Promena ove vrednosti biva finalizirana klikom na dugme "Update User".

Sekcija "Contents" omogućava pregled, dodavanje, izmenu i brisanje tekstova, kao i pitanja vezana za tekst, koja se koriste u testovima razumevanja. Početna stranica ove sekcije prikazuje listu tekstova. Pored svakog teksta se nalazi dugme za promenu i brisanje teksta. Ime teksta u listi je link koji otvara stranicu na kojoj se mogu videti detalji vezani za dati tekst. Pitanja iz liste mogu biti izmenjena i brisana. Nova pitanja takođe mogu biti dodata na ovoj stranici klikom na dugme "Add questions". Ovaj klik otvara stranicu na kojoj se može uneti tekst pitanja, tekst odgovora i izabrati tačan odgovor. Tačno jedan odgovor mora biti ispravan da bi se pitanje moglo sačuvati. Pitanje se čuva klikom na dugme "Create Question". Promena pitanja i samog teksta se vrši na sličan način kao i kreiranje istih.

Word Pairs - Ovi parovi reči se koriste u vežbi *Synonyms/Antonyms*. Klikom na link "Word Pairs" u levoj koloni može se videti lista parova sa kontrolama dodavanja novih parova, i promenu i brisanje postojećih parova. Klikom na dugme "New" prikazuje se forma na kojoj se mogu uneti dve reči i izabrati veza između njih - sinonimi ili antonimi. Klikom na dugme "Create word pair" forma se šalje serveru i par se čuva u bazi.

Kategorije (*Categories*) predstavljaju žanrove teksta. Trenutno postoje sledeće kategorije: *Health & Fitness*, *History*, *Horror*, *Mystery*, *Romance*, *Science* i *Self-Help*. Ime kategorije se može izmeniti klikom na "Edit". Kategorija se može obrisati klikom na "Destroy". Dugme "New" otvara novu stranicu sa formom za kreiranje nove kategorije.

Jezici (*Languages*) - Ova sekcija se odnosi na jezike tekstova koji se mogu čitati. Početna stranica ove sekcije pokazuje jezike koji mogu biti izabrani pri kreiranju novog ili promeni postojećeg teksta, kao i u korisničkom

interfejsu selektovanja teksta. Nove jezici mogu biti dodati klikom na dugme "New".

3. IMPLEMENTACIJA

Svaka vežba je implementirana kao poseban model. U direktorijumu app/models mogu se naći sedam modela koji odgovaraju vežbama: *ReadingSpeedTest* (app/models/reading_speed_test.rb), *FlashReadingTest* (app/models/flash_reading_test.rb), *FlashingNumbersTest* (app/models/flashing_numbers_test.rb), *FlashingDotsTest* (app/models/flashing_dots_test.rb), *ScrambledWordTest* (app/models/scrambled_word_test.rb), *WordSearchTest* (app/models/word_search_test.rb) i *SynonymsAndAntonymsTest* (app/models/synonyms_and_antonyms_test.rb)

U ovom direktorijumu se takođe može naći *ComprehensionTest* (app/models/comprehension_test.rb) međutim ova klasa nije *Active Record* model, i ne može se sačuvati u bazi podataka već se samo koristi za kalkulaciju vrednosti. Većina vežbi implementira metodu klase *setup_for* koja kao argument prima korisnika. Ovaj metod se poziva pri kreiranju novog testa. Pošto model nema pristup sesiji, kontroler prosleđuje ovaj argument modelu, a odgovornost modela je da sakupi, generiše ili izračuna ostale vrednosti koje su neophodne kako bi se test mogao početi izvršavati. Neki od njih pozivaju *Content_for_reading_test* koji vraća proizvoljni tekst za citanje. Neki od testova implementiraju metodu *chart_for(user)* koja je zadužena za prikupljanje informacija koje će dalje biti korišćene za konstrukciju grafika. Biblioteka koja je korišćena za iscrtavanje grafika je *HighCharts* [3]. Metod *chart_for* je zadužen za inicijalizovanje *HighChart* objekata, a samo prikupljanje podataka je delegirano metodu *historical_data_for(user)*. Ovaj metod pretražuje bazu podataka i vraća podatke o testovima iz proteklih 30 dana, s tim što ukoliko postoji više od 30 testova, vraća samo poslednjih 30.

Model *Content* predstavlja podatke o tekstu koji ce biti korišćen za citanje. Ovaj model ima tri *has_many* asocijacije i jednu *belongs_to* asocijaciju. Asocijacija *has_many :questions* omogućava kreiranje pitanja koja kasnije mogu biti korišćena za test razumevanja. Opcija *:dependent => :delete_all* predstavlja kaskadno brisanje objekata. Ukoliko model tipa *Content* bude obrisani iz baze podataka, pitanja će takođe biti obrisana. Asocijacija *has_many :categorizations* predstavlja spojni model za ostvarenje N:N asocijacije između modela *Content* i *Category*. Tekst može biti tagovan sa nula ili više kategorija, i nula ili više tekstova mogu biti pod istom kategorijom.

Tekst je asociiran sa samo jednim jezikom, i stoga korišćeni tip asocijacije je *belongs_to*. Validacije su kreirane nad poljima name, body i language. Ova polja su obavezna. Validacije u *Rails-u* mogu biti primenjene na asocijacije, što je u ovom slučaju urađeno sa asocijacijom language. Metodi označeni sa *before_save* i *before_destroy* se izvršavaju pre čuvanja, odnosno brisanja objekta. U ovom slučaju to je isti metod - *expire_cache*, koji briše keš koji se koristi za smanjenje broja poziva ka bazi. Slike tekstova se čuvaju u *Amazon*

S3 bazi [4]. Integracija sa ovim servisom je omogućena zahvaljujući *aws-s3* gem-u koji je korišćen od strane *paperclip* gem-a koji implementira *has_attached_file* metod. Ovaj model takođe ima sposobnost računanja broja reči. Ovo je postignuto korišćenjem graničnika reči `\b` u regularnim izrazima koji vodi računa ne samo o razmacima nego i o interpunkciji. Svaka reč ima dva graničnika reči, na početku i na kraju, i stoga da bi se dobio broj reči broj graničnika reči treba biti podeljen sa 2. Metod *filter* se koristi za pronalaženje tekstova određenog jezika i kategorije. Ovaj metod se izvršava kod selekcije teksta željenog jezika i kategorije i implementiran je kroz AJAX poziv koji biva poslat serveru pri promeni vrednosti jednog od HTML select elemenata. Ovaj metod ima i keširanu verziju *cached_filter* koja prvo proverava keš, i vraća vrednost iz keša ukoliko postoji, a ukoliko ne, poziva metod *filter* i čuva rezultat u kešu.

Kontroleri u Speed Reader aplikaciji uglavnom definišu skup ili podskup standardnih sedam *RESTful* metoda: *index*, *new*, *create*, *show*, *edit*, *update* i *destroy*. Svi kontroleri nasleđuju *ApplicationController*. Ovaj kontroler je automatski generisan pri kreiranju *Rails* aplikacije i on nasleđuje *ActionController::Base*. Metod *before_filter* prima ime metoda koji treba biti izvršen pre svake metode kontrolera tokom procesiranja zahteva. Metod *authenticate_user!* je implementiran u biblioteci *Devise* koja se koristi za autentikaciju. Ukoliko korisnik nije ulogovan, ovaj metod će izvršiti redirekciju na login stranicu. *Devise gem* takođe implementira metod *current_user* koji vraća trenutno ulogovanog korisnika.

Standardni jezik prezentacionog sloja je *ERB* (*Embedded Ruby*), međutim *Speed Reader* koristi *Haml* (*HTML Abstraction Markup Language*) [5]. *HAML* elementi se ugnježdavaju indentacijom tako da se ne može dogoditi da se *HTML* elementi zatvore pogrešnim redosledom. Takođe *HAML* koristi manje znakova u svojoj sintaksi. *Speed Reader* koristi *jQuery* biblioteku [6]. Testovi u prezentacionom sloju su *JavaScript* objekti, koji kreiraju, brišu i menjaju *HTML* elemente na stranici. *Ruby* prosleđuje podatke *JavaScript*-u direktnim renderovanjem vrednosti.

Speed Reader koristi *RSpec* [7] za testiranje koda. Testiranje je izvršeno na više nivoa - testiranje delova (*unit*) i integracioni testovi. *Speed Reader* je integrisan sa *Travis CI* platformom [8]. Svaki put nakon izvršavanja *git push* komande, *Travis* server izvršava testove i vrši notifikacije putem email-a ukoliko se javi greška u testovima. Istorija izvršavanja testova je takođe dostupna putem web interfejsa na <https://travis-ci.org/milandobrota/SpeedReading>.

4. ZAKLJUČAK

Speed Reader aplikacija predstavlja lak i jednostavan način za usavršavanje nekih od faktora koji utiču na brzinu čitanja. Poboljšanje brzine procesiranja reči, proširenje periferne vizije i usavršavanje tehnike skeniranja teksta predstavljaju osnovu unapređenja brzine i veštine čitanja. Postoje najmanje dva pravca daljeg razvoja *Speed Reader* aplikacije:

1. Istraživanje i implementacija vežbi koje usavršavaju iste ili dodatne faktore koje utiču na brzinu čitanja. Na primer, jedan od takvih faktora jeste dobro poznavanje reči korišćenih u stručnom tekstu. Proširivanje opšteg i stručnog rečnika i poznavanje stručnih koncepata omogućavaju lakše shvatanje i brže savlađivanje teksta. Može se uočiti da se ovaj pravac kreće prema usavršavanju tehnika učenja.

2. Praćenje načina na koji korisnici koriste aplikaciju, sa fokusom na uočavanju prostora za napredak prvenstveno po pitanju korisničkog interfejsa i analitičkih funkcija. Na primer, postoji mogućnost da bi određeni korisnici bili zainteresovani da ih aplikacija podseća da treba da vežbaju ili da aplikacija daje prioritet onim vežbama za koje su rezultati datog korisnika ispod proseka.

5. LITERATURA

- [1] *Ruby on Rails*, <http://rubyonrails.org>
- [2] *Ruby*, <http://www.ruby-lang.org>
- [3] *HighCharts*, <http://www.highcharts.com>
- [4] *Amazon S3*, <https://aws.amazon.com/s3>
- [5] *Haml*, <http://haml.info>
- [6] *jQuery*, <http://jquery.com>
- [7] *RSpec*, <http://rspec.info>
- [8] *TravisCI*, <https://travis-ci.org>

Kratka biografija:

Milan Dobrota, rođen 30. marta 1986. godine u Novom Sadu, Srbija. Završio je osnovnu školu „Sveti Sava“ u Rumenci 2001. godine i iste godine upisuje gimnaziju „Jovan Jovanović Zmaj“ u Novom Sadu, matematički smer. 2005. godine završava srednju školu i upisuje se na Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, smer računarstvo i automatika, usmerenje računarske nauke. Milan ima 5 godina iskustva u razvoju *Ruby on Rails* aplikacija i trenutno radi kao senior software engineer u kompaniji *Tribune Company* u Čikagu.

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.



Jedno rešenje realizacije i prikaza korisničkih podešavanja na Android baziranom prijemniku digitalnog TV signala

Stanislava Marković, *Fakultet Tehničkih Nauka*, Novi Sad, stanislava.d.markovic@gmail.com, Milena Milošević, *Fakultet Tehničkih Nauka*, Novi Sad, milena21.mm@gmail.com, Marko Živanović, *Fakultet Tehničkih Nauka*, Novi Sad, zivanovic1marko@gmail.com, Nenad Jovanović, *Fakultet Tehničkih Nauka*, Novi Sad, zirafa_golub@yahoo.com, Dražen Dražić, *RT-RK Computer Based Systems*, Novi Sad, Drazen.Drazic@rt-rk.com

Apstrakt — U ovom radu će biti opisana realizacija i prikaz korisničkih podešavanja u okviru DTV (eng. Digital television) aplikacije na Android baziranom prijemniku digitalnog TV signala. Rad sadrži opis i skripturu korisničkih podešavanja programske podrške za televizijske prijemnike, kao i proširenje podešavanjima Android operativnog sistema.

Korisnička podešavanja se mogu podeliti u dve grupe - podešavanja programske podrške za televizijske prijemnike i Android bazirana podešavanja.

Glavne reči — Android; podešavanja; digitalna televizija.

I. UVOD

Televizija je najrasprostranjeniji i najpopularniji kućni uređaj koji informiše, obrazuje i zabavlja ljude. Osnovna karakteristika digitalne televizije (eng. Digital television, u daljem tekstu DTV) predstavlja prenos slike, zvuka i dodatnih informacija u digitalnom formatu. Digitalni prenos omogućuje kvalitetniju i oštiju sliku i kvalitetniji zvuk bez šumova. Efekti interferencije sa drugim signalima, koji mogu biti slučaj u analognom, u digitalnom prenosu nisu mogući, tako da su slika i zvuk koje digitalni signal nosi isti kao i na izvoru emitovanja, sve dok signal ne postane toliko slab da prijem više nije moguć.

Android operativni sistem je besplatan (eng. *open source*), projektovan i zasnovan na Linux platformi za ugrađene sisteme, pa se sve više proizvođača DTV uređaja odlučuje za realizaciju rešenja programske podrške [1] zasnovane na ovom operativnom sistemu, koji pored toga nudi veliki broj

Stanislava Marković - Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Trg Dositeja Obradovića 6, 21 000 Novi Sad, Srbija (e-mail: stanislava.d.markovic@gmail.com).

Milena Milošević - Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Trg Dositeja Obradovića 6, 21 000 Novi Sad, Srbija (e-mail: milena21.mm@gmail.com).

Marko Živanović - Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Trg Dositeja Obradovića 6, 21 000 Novi Sad, Srbija (e-mail: zivanovic1marko@gmail.com).

Nenad Jovanović - Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Trg Dositeja Obradovića 6, 21 000 Novi Sad, Srbija (e-mail: zirafa_golub@yahoo.com).

Dražić Dražen - RT-RK Computer Based Systems, Narodnog fronta 23a, 21 000 Novi Sad, Srbija (e-mail: Drazen.Drazic@rt-rk.com).

NAPOMENA:

- a) Ovaj rad proistekao je iz master rada Stanislave Marković. Mentor je bio prof. dr Nikola Teslić.
- b) Rad je prethodno publikovan na konferenciji ETRAN, Zlatibor, juni 2013.

aplikacija koje su dostupne za preuzimanje. Nedostatak podrške za DTV u Android operativnom sistemu i jedan primer realizacije razmotreni su u [2].

Kombinacija digitalne televizije i Android operativnog sistema menja pojam gledanja televizije sa dosadašnje pasivne u interaktivnu, dvosmernu komunikaciju, tako da ovaj spoj omogućava istovremeno gledanje DTV sadržaja, krstarenje Internetom, gledanje fotografija, korišćenje socijalnih mreža i još mnoštvo drugih radnji. Samim tim potrebno je realizovati objedinjena TV i Android podešavanja koja će kontrolisati Android DTV aplikaciju.

U ovom radu opisana je programska podrška TV prijemnika i realizacija i prikaz sistema korisničkog podešavanja date programske podrške.

II. OPIS SISTEMA PROGRAMSKE PODRŠKE ANDROID BAZIRANOG TV PRIJEMNIKA

Programska podrška TV prijemnika (eng. *Middleware*) koristi Linux module za upravljanje TV fizičkom arhitekturom (eng. *driver*). Ona je zadužena za rukovanje složenim podacima koje dobija od fizičke arhitekture i obezbeđuje brojne usluge višim slojevima.

Sloj koji se nalazi između JNI sprege (eng. *Java Native Interface*) i programske podrške apstrahuje funkcionalnost programske podrške i obezbeđuje spregu sa višim slojevima (eng. *Middleware Abstraction Layer*, u daljem tekstu MAL).

JNI predstavlja spregu između Java programskog jezika i C/C++ koda. Na ovaj način Android aplikacije napisane u Java programskom jeziku, koristeći JNI, mogu da komuniciraju sa MAL-om, a samim tim da koriste DTV funkcionalnost programske podrške TV prijemnika.

DTV servis [3] predstavlja standardni Android servis koji objedinjuje DTV funkcionalnost koristeći JNI i obezbeđuje skup DTV funkcija izložen gornjim slojevima (u daljem tekstu DTV API).

Android4TV aplikacija se sastoji iz dva dela – Aplikativnog servisa (eng. *Application service*) i GUI (eng. *Graphical user interface*) aplikacije.

Aplikativni servis predstavlja standardni Android servis i logičku jedinicu Android4TV aplikacije. Povezan je sa DTV servisom preko DTV sprege i na taj način mu je obezbeđena

funkcionalnost programske podrške TV prijemnika. Ova logička jedinica prilagođava DTV API zahtevima Android4TV GUI aplikacije, koji je proširen funkcionalnošću Android framework-a.

Android4TV GUI aplikacija predstavlja grafički prikaz Android4TV aplikacije. Zadužena je za prikaz svih grafičkih komponenti i direktnu komunikaciju sa korisnikom.

Na slici 1 prikazana je programska podrška Android baziranog TV prijemnika.



Sl. 1 Programska podrška Android baziranog TV prijemnika

III. REALIZACIJA KORISNIČKIH PODEŠAVANJA

Korisnička podešavanja se mogu podeliti u dve grupe - podešavanja programske podrške za televizijske prijemnike (TV podešavanja) i Android bazirana podešavanja.

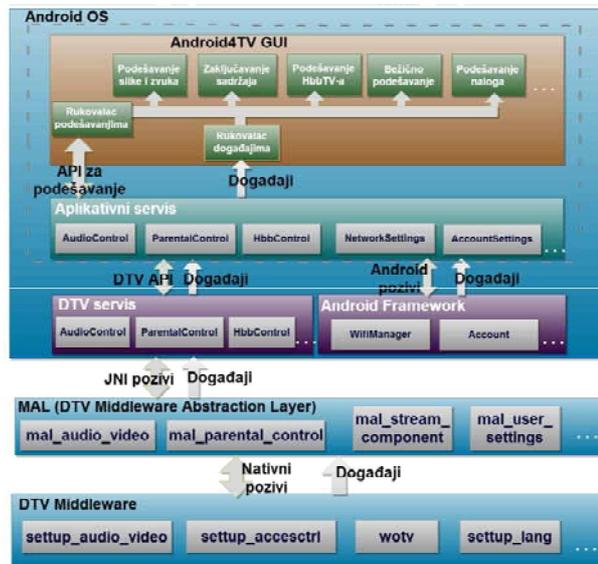
Na slici 2 prikazana je arhitektura korisničkog podešavanja programske podrške Android baziranog TV prijemnika.

A. Android bazirana podešavanja

Android operativni sistem obezbeđuje framework API koji Android4TV aplikacija koristi kako bi obezbedila sistemsku funkcionalnost. Aplikativni servis se oslanja na Android framework i tako obezbeđuje logičku realizaciju sistemskih podešavanja, dok je grafička prezentacija realizovana u Android4TV GUI aplikaciji.

Pod Android baziranim podešavanjima podrazumevaju se sistemska podešavanja koja pokreće Android4TV GUI aplikacija, a vezana su za Android platformu. U ovu grupu spadaju podešavanja: mreže, vremena i datuma, jezika, aplikacija, naloga, kao i informacije o uređaju, dok formatiranje i ažuriranje programske podrške predstavlja kombinovana TV i sistemska podešavanja.

Za realizaciju ovih podešavanja korišćene su ugrađene Android funkcije i realizovana su u programskom jeziku Java.



Sl. 2 Arhitektura korisničkog podešavanja

- Podešavanje bežične mreže

Podešavanja bežične mreže podrazumeva uključivanje i isključivanje bežičnog ispravljača, pretraživanje dostupnih pristupnih tačaka, povezivanje, unos šifre i prekidanje veze sa datom pristupnom tačkom. Za uključivanje i isključivanje bežične mreže korišćena je Android klasa WiFiManager [4] u okviru modula NetworkSettings u aplikativnom servisu. Kada se uključi bežična mreža, počinje skeniranje pristupnih tačaka. Aplikativni servis čeka obaveštenje o nastalim sistemskim događajima (eng. broadcast event), kako bi obavestio Android4TV GUI aplikaciju o nastalom događaju funkcijom obrade povratnog poziva (eng. callback), odnosno prosledio Android4TV GUI aplikaciji pronađene pristupne tačke. Prilikom povezivanja na željenu pristupnu tačku Android4TV GUI aplikacija prosleđuje ime i šifru Aplikativnom servisu, kako bi on proverio da li je šifra ispravna i ako jeste, povezao se na željenu pristupnu tačku.

- Podešavanje vremena i datuma

Podešavanja vremena obuhvata automatsko ili ručno podešavanje datuma, vremena, vremenske zone i formata prikazanog vremena. Modul Aplikativnog servisa DataAndTimeSettings obezbeđuje pomenuta podešavanja korišćenjem Android klase Calendar.

- Podešavanje jezika

Podešavanje jezika pokreće Android4TV GUI aplikacija, tako što odabere željeni jezik i prosledi ga modulu Aplikativnog servisa LanguageSettings, koji korišćenjem Android klase Locale i Configuration obavi krajnje podešavanje jezika. Po obavljenom podešavanju Aplikativni servis obaveštava Android4TV GUI aplikaciju o rezultatu.

- Podešavanje aplikacija

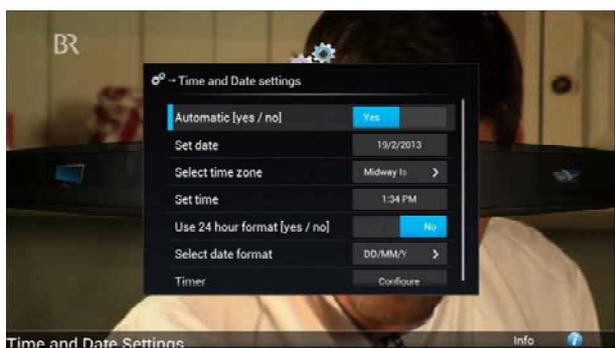
Podešavanje aplikacija obuhvata filtriran prikaz instaliranih i sistemskih aplikacija, kao i njihovo uklanjanje, onemogućavanje korišćenja, ili zaustavljanje. Takođe obezbeđuje osnovne informacije o aplikaciji, kao što je njena

veličina i lista dozvola u okviru operativnog sistema kojima ova aplikacija raspolaže (eng. permissions). Ova podešavanja obezbeđuje modul Aplikativnog servisa ApplicationSettings.

- Podešavanje naloga

Podešavanje naloga podrazumeva dodavanje novog, brisanje ili sinhronizaciju već postojećeg naloga. Takođe, u ova podešavanja spada i automatska sinhronizacija. Modul Aplikativnog servisa AccountSettings obezbeđuje pomenuta podešavanja korišćenjem Android klasa Account i AuthenticatorDescription.

Primer prikaza Android baziranog podešavanja prikazan je na slici 3.



Sl. 3 Prikaz Android baziranog podešavanja

B. TV podešavanja

Grafička reprezentacija podešavanja realizovana je u Android4TV GUI aplikaciji, koja se oslanja na Aplikativni servis, preko koga su joj izložena TV podešavanja. Aplikativni servis se oslanja na DTV servis koji izlaže TV funkcionalnost ka višim slojevima, a koji preko JNI-a komunicira sa MAL-om, a MAL sa programskom podrškom TV prijemnika. Korisnička TV podešavanja realizovana su u C programskom jeziku na nivou programske podrške TV prijemnika.

Podešavanja digitalnog TV prijemnika koja će detaljnije biti opisana obuhvataju podešavanja vezana za sliku i zvuk, pretraživanje kanala, zaključavanje sadržaja (eng. parental control), HbbTV (eng. Hybrid-Broadcast-Broadband TV), podešavanja jezika zvuka, prevoda i teleteksta.

- Podešavanja slike i zvuka

Pod podešavanjima slike podrazumeva se podešavanje razmere slike (eng. aspect ratio), osvetljenja, kontrasta, intenziteta boje (eng. color temperature), dok podešavanje zvuka obuhvata povećanje i smanjenje jačine zvuka. Modul programske podrške TV prijemnika setup_audio_video je odgovoran za kontrolu video i audio komponenti.

- Podešavanja prioritnog jezika

Korisnik je u mogućnosti da preko Android4TV GUI aplikacije podesi prvi i drugi prioritni jezik za zvuk, prevode i teletekst. Pri prebacivanju na određeni kanal proverava se da li postoji audio komponenta čiji je jezik prvi prioritni. Ako postoji ta komponenta, ona će biti aktivirana, odnosno zvuk će ići na jeziku koji odgovara prvom prioritnom. U suprotnom,

ako ne postoji komponenta sa prvim prioritnim jezikom, proverava se drugi prioritni, a ako i on ne postoji, pušta se podrazumevana komponenta koja postoji u digitalnom toku podataka. Takođe, u svakom trenutku postoji mogućnost da korisnik izabere audio jezik ili jezik prevoda od ponuđenih jezika u digitalnom toku podataka. Modul programske podrške TV prijemnika koji je zadužen za rukovanje pomenutim podešavanjima naziva se setup_lang.

- Podešavanja HbbTV-a

HbbTV kao interaktivni sadržaj objedinjuje sadržaj sa Interneta i emitterski sadržaj. U okviru TV podešavanja postoji mogućnost za njegovo uključivanje/isključivanje. Jednom kada se isključi HbbTV sadržaj se neće pojavljivati ni na jednom kanalu, sve dok se ponovo ne omogući. U slučaju kada je omogućen HbbTV, sadržaj će biti prikazan na onim kanalima kod kojih je sama HbbTV aplikacija signalizirana u digitalnom toku podataka. Modul programske podrške TV prijemnika koji je zadužen za rukovanje pomenutim podešavanjima naziva se wotv.

- Zaključavanje određenih sadržaja.

Uzrast za koji je emitovani sadržaj dostupan dobija se od programske podrške TV prijemnika. Da li će sadržaj biti prikazan ili ne, zavisi od dostupnosti sadržaja za određeni uzrast. U okviru TV podešavanja korisnik podešava uzrast koji predstavlja granicu ispod kojeg TV sadržaj neće biti prikazan (od 4 do 18 godina). Ako sadržaj ne bude prikazan, korisnik može ukucati šifru kako bi ga učinio dostupnim. Modul programske podrške TV prijemnika u kom je realizovano pomenuto podešavanje naziva se setup_accessctrl.

- Pretraživanje kanala

Android4TV GUI aplikacija pokreće ručno pretraživanje kanala prosleđivanjem željene frekvencije MAL modulu mal_tuner preko Aplikativnog servisa, DTV servisa i JNI-a. Ovaj modul komunicira sa modulom programske podrške ter_install koji radi podešavanje parametara modula nižih programskih slojeva. Niži programski slojevi vrše početak pretrage kanala upravo na zahtev ter_install modula. Ukoliko je podešavanje parametara uspešno izvršeno, prelazi se na pretraživanje kanala. Automatsko pretraživanje kanala svodi se na pretraživanje kanala nad skupom frekvencija koje su definisane izabranom zemljom. Ovaj modul je takodje zadužen za prosleđivanje obaveštenja višim programskim slojevima o novonastalim događajima.

Primer prikaza TV podešavanja prikazan je na slici 4.

C. Prikaz korisničkih podešavanja

Za prikaz korisničkih podešavanja zadužena je Android4TV GUI aplikacija. Prikaz obe grupe korisničkih podešavanja realizovan je u Java programskom jeziku, korišćenjem ugrađenih komponenti Android operativnog sistema, kao što su Dialog, View, Button, TextView... Primeri prikaza korisničkih podešavanja prikazani su na slikama 3 i 4.



Sl. 4 Primer prikaza TV podešavanja

IV. ZAKLJUČAK

U ovom radu opisana je programska podrška Android baziranog TV prijemnika kao i realizacija i prikaz sistema korisničkog podešavanja date programske podrške.

Dalji razvoj programske podrške TV prijemnika je usmeren ka dodavanju novih korisničkih podešavanja i optimizaciji postojećih.

ZAHVALNICA

Ovaj rad je delimično finansiran od Ministarstva prosvete i nauke Republike Srbije, projekat 44009, od 2013. godine.

LITERATURA

- [1] Vladimir Kovačević, Miroslav Popović, "Sistemska programska podrška u realnom vremenu", Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet Tehničkih Nauka, 2002
- [2] M. Vidakovic, N. Teslic, T. Maruna, and V. Mihic, "Android4TV:a proposition for integration of DTV in Android devices", IEEE 30th International Conference on Consumer Electronics (ICCE), Las Vegas, January 2012, pp. 441-442.
- [3] Vidaković, N. Kuzmanovic, M. Savic, V. Mihic, "Java Implementation of DTV Services on the Android Platform" Proceedings 2012, IEEE 2nd International Conference on Consumer Electronics – Berlin,
- [4] Web sajt Google Developers, www.developers.google.com, 31. 3.2013.

ABSTRACT

This paper describes implementation and visualization of user settings within Android DTV application on Android based set-top box. It presents description and architecture of DTV Middleware user settings and the extension with Android based settings.

User settings can be divided in two categories - DTV Middleware based and Android system based settings.

One solution of implementation and visualization of user settings on Android based set-top box

Stanislava Marković, Milena Milošević, Marko Živanović, Nenad Jovanović, Dražen Dražić

Jedno rešenje realizacije i prikaza pretraživanja servisa na Android baziranom prijemniku digitalnog TV signala

Marko Živanović, *Fakultet Tehničkih Nauka*, Novi Sad, zivanovic1marko@gmail.com, Stanislava Marković, *Fakultet Tehničkih Nauka*, Novi Sad, stanislava.d.markovic@gmail.com, Miroslav Bako, *Fakultet Tehničkih Nauka*, Novi Sad, miroslav.bako@gmail.com, Milena Milošević, *Fakultet Tehničkih Nauka*, Novi Sad, milena21.mm@gmail.com, Dejan Čotra, *RT-RK Computer Based Systems*, Novi Sad, dejan.cotra@rt-rk.com

Apstrakt - U ovom radu biće prikazano jedno rešenje realizacije i prikazivanja pretrage servisa na Android baziranom prijemniku digitalnog DVB-T signala. Osnovni cilj biće predstaviti DTV (eng. Digital television) funkcionalnost pod Android operativnim sistemom. Za prikupljanje i obradu DTV podataka biće korišćena programska podrška za televizijske prijemnike (eng. *Middleware*) napisana u izvornom (C/C++) programskom jeziku. Moduli koji će biti prikazani predstavljaju delove Android programske podrške i programske podrške za televizijske prijemnike.

Ključne reči - DTV; Android, Pretraga servisa.

I. UVOD

Od 1939. godine kada je svetskoj javnosti predstavljen prvi komercijalni TV prijemnik, televizija polako zamenjuje radio kao osnovni izvor informacija. Tokom 40-tih i 50-tih godina razvijaju se crno-beli TV standardi (Iconoscope, Image Orthicon, Vidicon, Plubicon), a revolucija se događa krajem 1950-tih pojavom televizije u boji i video trake. Razvoj tranzistora i integrisanih kola tokom 70-tih godina omogućava pretvaranje analognog u digitalni signal i tada se počinju javljati prve ideje o digitalnoj televiziji.

U poslednjih dvadesetak godina u svetu postoji tendencija da se postupci obrade i prenosa informacija izvršavaju u digitalnom domenu. Ovaj trend je prisutan i u oblasti televizije, pa se s toga javljaju težnje ka digitalizaciji iste. Osnovna karakteristika digitalne televizije predstavlja prenos slike i zvuka sa dodatnim informacijama u digitalnom formatu. Digitalni prenos obezbeđuje bolji kvalitet. Slika i zvuk se prilikom snimanja pretvaraju u digitalnu formu postupcima odmeravanja, kvantovanja i kodovanja i u takvom obliku se prenose kroz medijum

prenosa, odnosno kanal. Prednosti ovakvog načina prenosa i zapisa signala su velike:

- teoretski, signal se može preneti na neograničenu udaljenost,
- postoji mogućnost kompresije signala, a samim time i bolje iskorišćenje resursa,
- digitalno primljena slika teži savršenosti jer je sistem otporan na interferenciju tokom prenosa, impulsne smetnje i refleksije koje su karakteristične za analognu televiziju,
- detekcija i korekcija grešaka.

Danas u Evropi dominira DVB (eng. *Digital Video Broadcasting*) koncept digitalne televizije. Pored ovog koncepta postoji još i ATSC (eng. *Advanced Television System Committee*), koji je dominantan u SAD [2].

Pojavom digitalne televizije omogućeni su mnogobrojni noviteti koje nudi sprega između sve sofisticiranije programske podrške i fizičke arhitekture.

II. FORMATI ZA PRENOS DTV PODATAKA

Tokovi audio i video podataka koji se emituju nazivaju se elementarni tokovi (eng. *ES – Elementary Stream*). Ukoliko prenosni uređaj nije podložan pojavi grešaka u toku prenosa, elementarni tokovi se kombinuju u programski tok (eng. *PS – Program Stream*). Programski tok se sastoji od PES (eng. *Packetized Elementary Stream*) paketa. Ovakav format omogućava jednostavnije programsko rukovanje podacima i koristi se za reprodukciju slike i zvuka (npr. reprodukcija sa CD-a ili DVD-a) kao i u nekim mrežnim aplikacijama. Ukoliko je prenosni put podložan pojavi grešaka (npr. *broadcasting*), elementarni tokovi se kombinuju u prenosni tok podataka (eng. *TS – Transport Stream* u daljem tekstu TS). TS format je pogodan za kombinovanje više TV programa u jedinstven informacioni tok. Na Slici 1. je prikazana organizacija programskog toka i prenosnog toka podataka.

Marko Živanović – Fakultet Tehničkih Nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija (e-mail: zivanovic1marko@gmail.com).

Stanislava Marković - Fakultet Tehničkih Nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija (e-mail: stanislava.d.markovic@gmail.com).

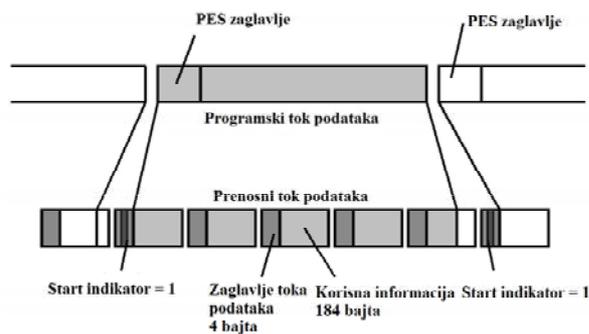
Miroslav Bako – Fakultet Tehničkih Nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija (e-mail: miroslav.bako@gmail.com).

Milena Milošević – Fakultet Tehničkih Nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija, (e-mail: milena21.mm@gmail.com).

Dejan Čotra – RT-RK Computer Based Systems, Narodnog Fronta 23a, 21000 Novi Sad, Srbija, (e-mail: dejan.cotra@rt-tk.com).

NAPOMENA:

- Ovaj rad proistekao je iz master rada Marka Živanovića. Mentor je bio prof. dr Nikola Teslić.
- Rad je prethodno publikovan na konferenciji ETRAN, Zlatibor, juni 2013.



Sl. 1. Programski i prenosni tok podataka.

Svaki paket iz prenosnog toka podataka poseduje svoj PID (eng. *Packet ID*). Da bi se prijemnoj strani omogućilo da poveže PID vrednosti sa odgovarajućim DTV (eng. *Digital television*) servisima sadržanim u prenosnom toku podataka, zajedno sa PES paketima prenose se i specijalni kontrolni strimovi koji sadrže tzv. signalne tabele. Postoje sledeće signalne tabele:

- SDT (eng. *Service Description Table*) – sadrži nazive i druge detalje o servisima.
- PAT (eng. *Program Association Table*) – sadrži listu PID vrednosti paketa iz toka podataka.
- PMT (eng. *Program Map Table*) - definiše listu PID vrednosti paketa iz toka podataka pridružene određenom servisu.
- NIT (eng. *Network Information Table*) – sadrži informacije o mreži koja emituje.
- CAT (eng. *Conditional Access Table*) – koriste se kod zaštićenih DTV servisa.
- EIT (eng. *Event Information Table*) – obezbeđuju informacije o trenutno prikazivanom sadržaju i narednim sadržajima.

III. STRUKTURA PROGRAMSKE PODRŠKE ANDROID BAZIRANOG PRIJEMNIKA DIGITALNOG TV SIGNALA

Na Slici 2. prikazana je struktura programske podrške Android baziranog prijemnika digitalnog TV signala.



Sl. 2. Struktura programske podrške Android baziranog prijemnika digitalnog TV signala.

Operativni sistem je prvi sloj programske podrške iznad fizičke arhitekture. Najvažnija uloga operativnog sistema u DTV prijemniku je da obezbedi okruženje za podršku obrade više zadataka istovremeno (eng. *Multitasking*).

Iznad operativnog sistema nalazi se programska podrška za televizijske prijemnike koja obezbeđuje usluge višeg nivoa koje su sastavni deo DTV funkcionalnosti. Programska podrška za televizijske prijemnike obezbeđuje odgovarajuću programsku spregu, koja apstrahuje funkcionalnost TV uređaja, fizičke arhitekture, kao i funkcija operativnog sistema, čime je omogućeno da proizvođači aplikativne DTV programske podrške ne moraju da poznaju specifičnosti fizičke arhitekture DTV prijemnika. Ovim je omogućeno da se aplikacije koje koriste istu programsku podršku TV prijemnika, mogu izvršavati na različitim fizičkim arhitekturama.

Android aplikacija predstavlja standardnu Android aplikaciju koja koristi ugrađene Android komponente za stvaranje i prikazivanje grafičkih elemenata, a u cilju prikazivanja DTV funkcionalnosti krajnjim korisnicima, a što je opisano u [1].

IV. OPIS FUNKCIONALNOSTI PROGRAMSKE PODRŠKE ZA TELEVIZIJSKE PRIJEMNIKE

A. CHAL (*Hardware Abstraction Layer*)

Sloj koji se nalazi između programske podrške za televizijske prijemnike i operativnog sistema, u daljem tekstu CHAL (*Comedia Hardware Abstraction Layer*), raspolaze skupom funkcija koje apstrahuje funkcionalnosti vezane za korišćeni operativni sistem i fizičku arhitekturu i obaveštava više programske slojeve o nastalim događajima. Ovaj sloj prikazan je na Slici 3.. CHAL se sastoji od sledećih modula:

- TBOX (*Tool Box*),
- TKEL (*Thin Kernel Encapsulation Layer*),
- TDAL (*Thin Driver Adaptation Layer*).



Sl. 3. Hardware Abstraction Layer (CHAL).

1) TBOX

Cilj TBOX modula je da prikazuje kompletnu spregu (razmenu poruka, merenja, ulaznih i povratnih vrednosti funkcija itd.) između programske podrške za televizijske prijemnike i sloja nižeg nivoa.

2) TKEL

TKEL modul enkapsulira funkcije koje su specifične za korišćeni operativni sistem. (sinhronizacija, kritične sekcije, semafori, komunikacija, pravljenje programskih niti itd.).

3) TDAL

Svi funkcionalni blokovi neophodni programskoj podršci za televizijske prijemnike za izvršavanje (audio, video, demultiplexer, demodulator, itd.), obuhvaćeni su ovim modulom. TDAL modul abstrahuje rukovaoce (eng. *Drivers*). Svaki blok fizičke arhitekture DTV prijemnika poseduje odgovarajući TDAL rukovalac. Neki od blokova ovog modula su sledeći:

- TDAL_AV

Kontroliše jačinu zvuka, zaustavlja video, itd..

- TDAL_AVS

Upravlja formatom slike i zvuka. Rukovaoci kontrolišu i usmeravaju nekoliko signala, koji dolaze od unutrašnjeg dekodera, ili spoljašnjih periferija.

- TDAL_DMx

Ovaj modul omogućava funkcije za razdvajanje digitalnog prenosnog toka podataka na zvuk, sliku i dodatne informacije [3]. Do željenih informacija se dolazi podešavanjem filtera sa određenim PID-om koji je definisan DVB standardom.

- TDAL_DMD

Ovaj blok je od posebnog interesa za ovaj rad jer omogućava promenu frekvencije i pretraživanje servisa [4].

- TDAL_GFX

Predstavlja grafičku spregu. Upravlja grafičkim regionima, paletama boja, iscrtavanjem slika [5].

- TDAL_KBD

Upravlja ulazima sa tastature.

- TDAL_TS

Predstavlja spregu za upravljanje prenosnim tokovima podataka. (prikazivanje i snimanje u istom trenutku).

- TDAL_OUTPUT

Njegova uloga je da obezbedi spregu između programske podrške televizijskog prijemnika i video izlaza.

- TDAL_DISP

Njegova uloga je da obezbedi spregu između programske podrške televizijskog prijemnika i video prikaza [6].

V. ANDROID PROGRAMSKA PODRŠKA DTV FUNKCIONALNOSTI

A. JNI (Java Native Interface)

Java Native Interface definiše način komunikacije između koda koji je napisan u Java programskom jeziku i izvornog (C/C++) koda. Na ovaj način Android aplikacija napisana u Java programskom jeziku, koristeći JNI, može da koristi DTV funkcionalnost programske podrške za televizijske prijemnike.

B. Android aplikacija

Sa Slike 2. Android aplikacija predstavlja blok koji je sačinjen od standardne Android aplikacije koja predstavlja grafičku reprezentaciju DTV funkcionalnosti, Aplikativnog servisa i DTV servisa. Ovu strukturu Android programske podrške DTV funkcionalnosti možemo videti na Slici 4..

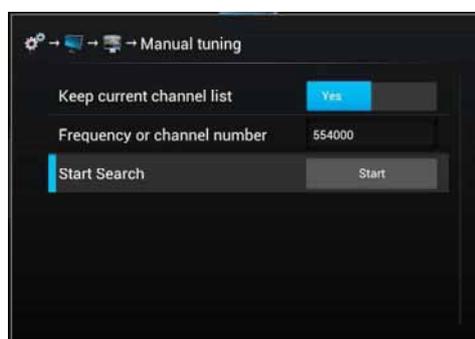


Sl. 4. Struktura Android programske podrške.

DTV Servis predstavlja standardni Android servis za razmenu podataka između dva različita procesa. Ovaj servis komunicira sa programskom podrškom za televizijske prijemnike koristeći JNI, i izlaže grupu funkcija (API, eng. *Application Programming Interface*), višim nivoima za komunikaciju. Ova grupa funkcija naziva se DTV API. Aplikativni servis predstavlja standardni Android servis za razmenu podataka između dva različita procesa. Ovaj servis komunicira sa DTV servisom putem DTV API-a i izlaže grupu funkcija (API), Android GUI aplikaciji za komunikaciju. Ova grupa funkcija naziva se Application API. Razlog postojanja Aplikativnog servisa koji izlaže poseban skup funkcija klijentskoj aplikaciji je prilagođenje DTV API-a specifičnostima Android GUI aplikacije. Android GUI aplikacija predstavlja standardnu Android aplikaciju pisanu u programskom jeziku Java, i koja komunicira sa Aplikativnim servisom koristeći Application API. Ova aplikacija koristeći ugrađene Android komponente stvara i prikazuje grafičke komponente (dijaloge), za svaku od funkcionalnosti digitalne televizije omogućene programskom podrškom za televizijske prijemnike.

VI. PRETRAGA SERVISIA

Na Slici 5. prikazana je grafička komponenta Android GUI aplikacije za podešavanje parametara ručne pretrage servisa.



Sl. 5. Grafička komponenta Android GUI aplikacije za unos parametara ručne pretrage servisa.

Uneta frekvencija se preko Application API-a, DTV API-a i JNI-a prosleđuje programskoj podršci televizijskog

prijemnika kao željena frekvencija za pretraživanje servisa. TDAL_DMD modul CHAL nivoa je modul koji je zadužen za pretragu servisa. Da bi omogućili pretraživanje servisa, u modulu TDAL_DMD neopходно je izvršiti proveru i podešavanje parametara pretrage servisa. Ovo podešavanje vrši TERINSTALL modul programske podrške za televizijske prijemnike. Ukoliko je podešavanje parametara uspešno izvršeno, prelazi se na pretraživanje servisa na prosleđenoj frekvenciji. Nakon pretraživanja definisanog opsega, demodulator se pozicionira na prvi servis u tom opsegu i počinje da preuzima prenosni tok podataka samo sa ove frekvencije. Ako se pretraživanjem utvrdi da ne postoji ni jedan servis, odgovarajuća poruka se šalje višim programskim nivoima. Razdvajanje prenosnog toka podataka vrši modul TDAL_DMХ, tako što se podese filteri da razdvajaju samo pakete sa određenim PID-ovima definisanim u DVB standardu. Tako razdvojeni tok zvuka i slike se prosleđuje modulu TDAL_AV gde se vrši smeštanje i njegovo pripremanje za prikaz. Modul TDAL_DISP učestvuje u prikazivanju videa.

Automatsko pretraživanje kanala se svodi na pretraživanje kanala na skupu frekvencija čiji opseg je definisan izborom zemlje.

Programska podrška za televizijske prijemnike podržava prijavljivanje viših programskih slojeva za obaveštavanje o novonastalim događajima. Tako, tokom pretrage servisa, gornji slojevi se obaveštavaju o detaljima pretrage (frekvencija pretrage, kvalitet signala, jačina signala, ime pronađenog servisa, itd.). Na Slici 6. prikazana je grafička reprezentacija pretrage servisa.



Sl. 6. Grafički prikaz rezultata pretrage servisa.

VII. ZAKLJUČAK

U ovom radu opisano je jedno rešenje realizacije i prikazivanja pretrage servisa na Android baziranom prijemniku digitalnog DVB-T signala.

Predstavljena je realizacija pretraživanja servisa kao i komunikacija između viših i nižih slojeva programske podrške napisanih u različitim programski jezicima.

Zvog broja nivoa u programskoj podršci Android baziranog prijemnika digitalnog TV signala, dalji razvoj bio bi usmeren ka smanjenju vremena izvršavanja funkcija.

ZAHVALNICA

Ovaj rad je delimično finansiran od strane Ministarstva prosvete i nauke Republike Srbije, projekat TR-44009, od 2013. godine.

LITERATURA

- [1] M. Vidakovic, N. Teslic, T. Maruna, and V. Mihic, "Android4TV: a proposition for integration of DTV in Android devices", IEEE 30th International Conference on Consumer Electronics (ICCE), Las Vegas, January 2012, pp. 441-442.
- [2] U. Reimers, DVB: The Family of International Standards for Digital Video Broadcasting, 2nd edition, October 15, 2004
- [3] Iwedia, TDAL_DMХ Technical Specifications, 2009
- [4] Iwedia, TDAL_DMD Technical Specifications, 2009
- [5] Iwedia, TDAL_GFX Technical Specifications, 2009
- [6] Iwedia, TDAL_DISP Technical Specifications, 2009

ABSTRACT

This paper describes one solution of realisation and visualisation of service installation on Android based DVB-T set-top box. The main goal was to integrate DTV functionality with Android operating system. DTV Middleware written in native code was used for collecting and processing DTV related data. Modules which are described in this paper are part of Android operating system and DTV Middleware.

One solution of realisation and visualization of service installation on Android based set-top box.

Marko Živanović, Stanislava Marković, Miroslav Bako, Milena Milošević, Dejan Čotra.

Jedno rešenje realizacije i prikaza multimedijanih sadržaja na Android baziranom prijemniku digitalnog TV signala

Veljko Ilkić, Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad, veljkoi@gmail.com, Marko Kovačević, Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad, kovacevic.mare@gmail.com, Miloš Milanović, Fakultet Tehničkih nauka, Novi Sad, milos_milanovic@yahoo.com, Filipović Jovana, RK-RK Computer Based Systems, jovana.filipovic@rt-rk.com, Atanasievski Marko, RT-RK Computer Based Systems, marko.atanasievski@rt-rk.com

Apstrakt—Ovaj rad prikazuje jedno rešenje prikupljanja, prikaza, rukovanja i reprodukovanja različitog multimedijalnog sadržaja na Android baziranom prijemniku digitalnog televizijskog signala. Ovo rešenje objedinjuje različite multimedijalne sadržaje sa stanovišta implementacije i njihovog formata u jedinstveni skup, formirajući apstrakciju sa stanovništva krajnjeg korisnika, gde se televizijski kanali, Android aplikacije i widget-i, DLNA poslužiocima, PVR datoteke, slike, video i audio sadržaji tretiraju podjednako sa stanovništva televizijske aplikacije i koriste pomoću jedinstvene grafičke sprege.

Gljučne reči— Android; DVB; DLNA; PVR;

I. UVOD

Ovaj dokument opisuje realizaciju rešenja za pretraživanje, rukovanje i reprodukciju multimedijalnog sadržaja, prikupljenog sa različitih izvora podataka na Android baziranom prijemniku digitalnog televizijskog signala.

Ovim rešenjem, krajnjem korisniku se omogućuje jednostavan pristup televizijskim i radio kanalima, Android aplikacijama i *widget*-ima, DLNA (*Digital Living Network Alliance*) poslužiocima, lokalnom sistemu podataka, audio i video zapisima ili PVR (*Personal Video Recorder*) datotekama.

Korisniku je obezbeđeno da pristupa multimedijalnom sadržaju putem jedinstvene grafičke korisničke sprege realizovane u vidu ugrađene Android kontrole, koja sadrži tri nezavisne liste sadržaja:

- Lista prethodno pristupanim sadržajima
- Lista omiljenih sadržaja

Veljko Ilkić – Fakultet Tehničkih Nauka u Novom Sadu, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija (e-mail: veljkoi@gmail.com)

Marko Kovačević – Fakultet Tehničkih Nauka u Novom Sadu, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija (e-mail: kovacevic_mare@gmail.com)

Miloš Milanović – Fakultet Tehničkih Nauka u Novom Sadu, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija (e-mail: milos_milanovic@yahoo.com)

Jovana Filipović – RK-RK Computer Based Systems, Narodnog Fronta 23A, 21000 Novi Sad, Srbija (e-mail: jovana.filipovic@rt-rk.com)

Marko Atanasievski – RK-RK Computer Based Systems, Narodnog Fronta 23A, 21000 Novi Sad, Srbija (e-mail: marko.atanasievski@rt-rk.com)

NAPOMENA:

- Ovaj rad proistekao je iz master rada Veljka Ilkića. Mentor je bio prof. dr Nikola Teslić.
- Rad je prethodno publikovan na konferenciji ETRAN, Zlatibor, juni 2013.

- Svi multimedijalni sadržaji

U okviru ovog rešenja realizovana je i funkcionalnost filtriranja sadržaja prema tipu i formatu, gde se istovremeno filtriraju sve tri ponuđene liste multimedijalnog sadržaja. Isto tako korisniku je omogućeno da pristup nekom sadržaju zaštititi zaključavanjem.

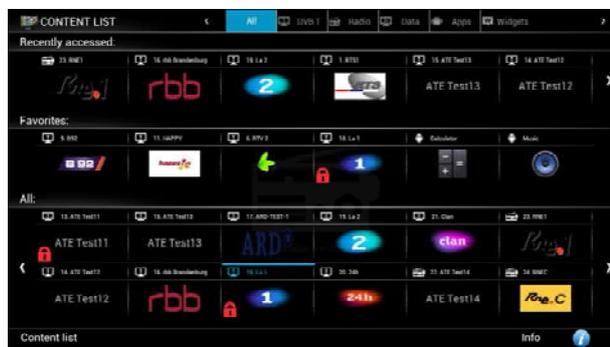
Radi veće preglednosti i jednostavnosti korišćenja, multimedijalni sadržaj se u okviru krajnje aplikacije prikazuje uz pomoć dve nezavisne, ali identične grafičke sprege, koje tretiraju multimedijalni sadržaj na identičan način, prikazane na slici 1 i 2.

Prva grafička sprega obuhvata prikaz Android orijentisanog i televizijskog sadržaja kao što su:

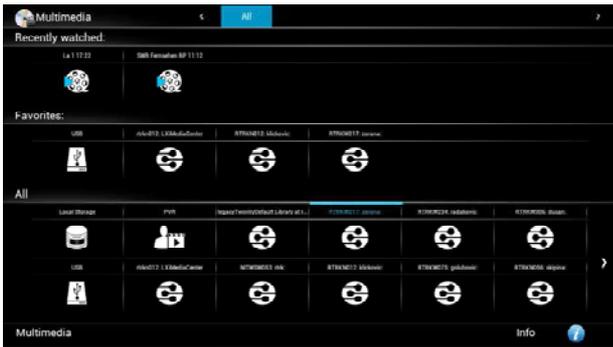
- Televizijski kanali
- Radio kanali
- Android aplikacije
- Android widget aplikacije

Druga grafička sprega obuhvata prikaz:

- Video sadržaja
- Audio sadržaja
- Slika
- usnimljenog PVR sadržaja



Sl. 1. Grafička sprega za prikaz Android orijentisanog i televizijskog sadržaja



Sl. 2. Grafička spregra za prikaz DLNA poslužioca, USB uređaja, video, audio zapisa, itd.

Mogućnost filtriranja omogućuje grupisanje multimedijalnih sadržaja istog tipa i njihovo izdvajanje iz liste svih dostupnih sadržaja. Podržani su sledeći tipovi multimedijalnog sadržaja:

- DVB-T televizijski kanali
- DVB-S televizijski kanali
- DVB-C televizijski kanali
- IP televizijski kanali
- Radio kanali
- Android aplikacije
- Android *widget* aplikacije
- Slike
- Video zapisi
- Audio zapisi
- PVR zapisi
- DLNA poslužiooci
- USB uređaji

II. ANALIZA PROBLEMA

Za potrebe realizacije ovakve funkcionalnosti neophodno je obezbediti ispravnu komunikaciju na svim nivoima Android OS programskog steka, počevši od nižih slojeva pa sve do aplikativnog sloja i grafičke korisničke sprege [1].

Potrebno je omogućiti prikupljanje svih dostupnih multimedijalnih podataka u nižim slojevima, i obezbediti odgovarajuću spregru i propagaciju podataka prema aplikativnom sloju.

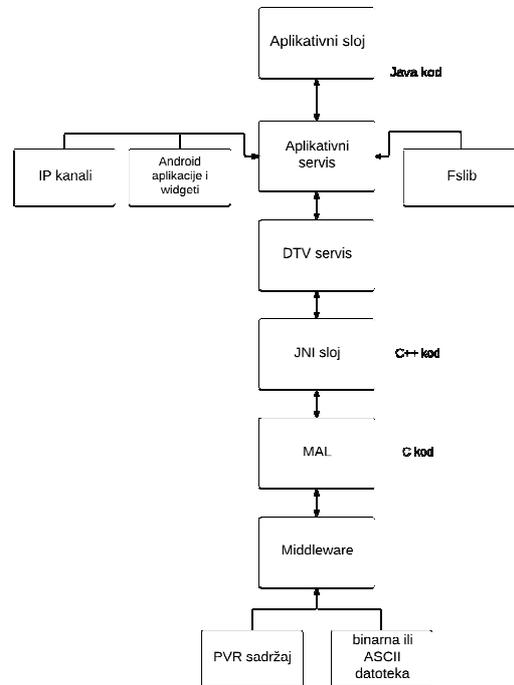
Komunikacija aplikativnog sloja sa najnižim slojevima programskog steka prikazana je na slici 3.

Aplikativni sloj poseduje mogućnost pregleda i izlistavanja svih podržanih i dostupnih multimedijalnih podataka, kao i njihovu reprodukciju.

Kako se podržani multimedijalni sadržaji razlikuju po svom formatu, rešenje mora sadržati različite module za reprodukciju:

- Modul za reprodukciju televizijskog sadržaja
- Modul za reprodukciju audio i video sadržaja
- Modul za prikaz galerije slika
- Modul za pokretanje instaliranih Android aplikacija i *widget* aplikacija

Rešenje mora omogućiti da se suštinski različiti multimedijalni sadržaji tretiraju na isti način sa stanovišta aplikativnog sloja i krajnjeg korisnika.



Sl. 3. Grafik komunikacije aplikativnog sloja sa nižim modulima

III. REŠENJE

Kako bi se obezbedila ispravna apstrakcija svih multimedijalnih sadržaja na aplikativnom nivou, uvodi se klasa *Content*, koja objedinjuje sve elemente i polja različitih multimedijalnih sadržaja, što ga čini instancom najveće apstrakcije.

Sa strane aplikativnog sloja svi multimedijalni sadržaji su posmatrani kao objekti klase *Content* bez obzira na njihov tip.

Objekti klase *Content* dobavljaju se iz aplikativnog servisa, koji je u direktnoj sprezi sa krajnjom aplikacijom.

U zavisnosti od postavljenog tipa filtera unutar aplikacije, tj. od tipa sadržaja, unutar aplikativnog servisa postoji više načina na koji se multimedijalni sadržaji pribavljaju iz nižih slojeva, kao i više načina na koji se različiti multimedijalni sadržaji reprodukuju na zahtev krajnjeg korisnika. Na osnovu ovoga uvode se dodatne klase naslednice klase *Content* (*ServiceContent*, *MultimediaContent*).



Sl. 4. Raspored Android widget aplikacija na ekranu digitalnog televizijskog prijemnika

Aplikativni servis pristupa instaliranim Android aplikacijama putem *ApplicationManager*-a i *PackageManager*-a.

```
activity.getPackageManager().getInstalledApplications(0);
```

Android *widget* aplikacijama se pristupa putem klase *WidgetManager*.

```
AppWidgetManager.getInstance().getInstalledProviders();
```

Njihovo korištenje se svodi na pokretanje odgovarajuće instalirane aplikacije ili smeštanje odgovarajućeg *widget*-a na ekran. Kako bi se korisnički doživljaj učinio što boljim, ovo rešenje poseduje mogućnost rukovanja i manipulacije *widget* aplikacijama pomoću *drag and drop* komandi [2].

DLNA poslužioci, video i audio zapisi, galerija slika, USB uređaji se u aplikativni servis dobivljaju pomoću *Fslib* i *UPnP* (*Universal Plug and Play*) biblioteka, koje su zadužene za prepoznavanje poslužioaca na mreži, priključenih USB uređaja [3], i izlistavanje njihovog sadržaja, kao i sadržaja lokalnog sistema podataka, koji mogu biti video zapisi, audio zapisi ili slike [4]. Ovi multimedijalni sadržaji su unutar aplikativnog servisa predstavljeni klasom *MultimediaContent*, koja je klasa naslednica klase *Content*.

Za prikaz video i audio sadržaja zadužen je ugrađeni modul za reprodukciju (*MediaPlayer*) unutar Android OS-a, dok se za prikaz slike koristi *ImageViewer* modul.

Kako bi se obezbedila funkcionalnost vezana za digitalnu televiziju, uvodi se DTV servis koji predstavlja spregu između aplikativnog servisa i DTV *middleware*-a.

Pošto aplikativni servis i DTV servis predstavljaju dva odvojena procesa njihova komunikacija mora teći kroz *Binder* mehanizam, koji služi za razmenu podataka između različitih procesa unutar Android OS-a.

U okviru ovog rešenja prisutne su dve vrste televizijskog sadržaja: IP (*Internet Protocol*) sadržaj i DVB (*Digital Video Broadcast*) sadržaj.

Za reprodukciju IP sadržaja se koristi sličan princip kao i kod reprodukcije video sadržaja sa nekog od DLNA poslužioaca, korišćenjem HTTP protokola (*HyperText Transfer Protocol*).

IP sadržaj se u aplikativni servis dobavlja parsiranjem sadržaja odgovarajuće konfiguracione datoteke i preuzimanjem odgovarajućih URL (*Uniform Resource Locator*) adresa.

S druge strane, DVB televizijskim sadržajem se rukuje na nižim nivoima programskog steka. Nakon pretraživanja dostupnog DVB sadržaja, podaci o televizijskim servisima se smeštaju u binarnu ili ASCII (*American Standard Code for Information Interchange*) datoteku. Potom se podaci o DVB sadržaju do aplikativnog servisa prosleđuju putem JNI (*Java Native Interface*) sloja, MAL (*Middleware Abstraction Layer*) sloja i DTV servisa.

Povezivanje aplikativnog servisa sa DTV servisom se ostvaruje pozivom metode

```
bindService(intent, connection, flag);
```

Po uspostavljanju komunikacije sa DTV servisom biće prozvana povratna metoda *onServiceConnected()*, u kojoj može biti dobavljena *IDTVManager* sprega, koja sadrži sve metode DTV servisa.

```
dtvManager = IDTVManager.Stub.asInterface((IBinder) boundService);
```

Dobavljanje sadržaja digitalne televizije se potom obavlja na sledeći način:

```
ServiceContent ret = dtvManager.getList(serviceListIndex).getService(serviceIndex);
```

Za reprodukciju DVB sadržaja zaduženi su moduli za reprodukciju u *middleware*-u.

```
dtvManager.getList(serviceListIndex).setCurrentServiceByIndex(serviceIndex);
```

Snimljeni PVR sadržaji se u u aplikativni servis dobavljaju preko DTV servisa (*DTVService*). Informacije o PVR podacima, koji se fizički obično nalaze na USB memoriji, su smešteni unutar *middleware* sloja. Zbog toga je potrebno da DTV servis preko JNI sloja i MAL sloja komunicira sa *middleware*-om i dobavi potrebne podatke, koji se prosleđuju povratnom putanjom sve do aplikativnog sloja.

Za reprodukciju snimljenog PVR sadržaja zadužen je modul u *middleware*-u.

Svi dobavljeni multimedijalni sadržaji unutar aplikativnog servisa se na odgovarajući način prevode u objekte klase

Content, što uvodi potreban nivo apstrakcije sa strane aplikativne sprege.

Mogućnost zaključavanja određenih multimedijalnih sadržaja implementiran je na različiti način u zavisnosti od tipa, ali je grafička sprege ka krajnjem korisniku ista za svaki od njih kao i sprege ka aplikativnom sloju.

```
activity.getService().getParentalControl.  
setContentLockStatus(content,true);
```

Zaključavanje Android aplikacija i IP kanala odvija se na nivou aplikativnog servisa, dok se zaključavanjem ostalih multimedijalnih sadržaja rukuje na nivou *middleware* modula.

Pri realizaciji grafičke sprege korišćene su sistemske komponente Android OS-a, kako bi se u što većoj meri zadržala kompatibilnost sa različitim verzijama operativnog sistema.

IV. ZAKLJUČAK

U doba sve bržeg razvoja informacione tehnologije, ogromne količine dostupnog multimedijalnog sadržaja i sve veće tehnološke pismenosti stanovništva, potrebe običnog korisnika televizijskog prijemnika sve više rastu.

Ovim radom prikazan je jedan od načina kako bi moderan televizijski prijemnik trebao da rukuje različitim izvorima multimedijalnih podataka i pruži krajnjem korisniku pregledan i pre svega jednostavan pristup svim mogućim multimedijalnim sadržajima.

ZAHVALNICA

Ovaj rad je delimično finansiran od Ministarstva prosvete i nauke Republike Srbije, projekat TR-32034, od 2011. godine.

LITERATURA

- [1] M. Vidakovic, N. Teslic, T. Maruna, and V. Mihic, "Android4TV:a proposition for integration of DTV in Android devices", IEEE 30th International Conference on Consumer Electronics (ICCE), Las Vegas, January 2012, pp. 441-442. J. K. Author, "Title of chapter in the book," in *Book Title*, ch. x, sec. x, pp. xxx-xxx, City of Publisher, Country: Abbrev. of Publisher, year
- [2] N. Kuzmanovic, T. Maruna, M. Savic, G. Miljkovic, D. Isailovic, "Google's Android as an application environment for DTV decoder system", IEEE 14th International Symposium on Consumer Electronics (ISCE), Braunschweig, June 2010.
- [3] Nenad Jovanović, Miloš Milanović, Veljko Ilkić, Borivoj Ivetić, "Jedan predlog korišćenja DLNA protokola na DTV uređajima I implementacija na DTV platform baziranoj na Androidu", 20th Telecommunications forum TELFOR 2012.
- [4] Digital Network Alliance (DLNA) – Home Network Interoperability Guidelines 1.5

ABSTRACT

This paper represents one solution of collecting, representing, manipulating and reproduction of different multimedia content on Android based digital STB. This solution combines various multimedia content from the perspective of implementation and format in unique set, creating abstraction for end user, where are TV channels, Android applications and widgets, DLNA servers, PVR files, images, video and audio content are treated at the same way by TV application and graphical interface.

One solution of realization and representation various multimedia content on Android based digital STB

Veljko Ilkić, Marko Kovačević, Miloš Milanović, Jovana Filipović, Atanasievski Marko

Jedno rešenje realizacije i prikaza elektronskog programskog vodiča na Android baziranom prijemniku digitalnog TV signala

Branimir Pavlović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, branimir.pavlovic@rt-rk.com*, Marko Kovačević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, kovacevic.mare@gmail.com*, Branimir Kovačević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, brankomir@gmail.com*, Nemanja Žigić, *RT-RK Computer Based Systems, nemanja.zigic@rt-rk.com*, Dragan Narančić, *RT-RK Computer Based Systems, dragan.narancic@rt-rk.com*

Apstrakt — Ovaj rad sadrži opis realizacije upravljanja informacijama za elektronski programski vodič (u daljem tekstu EPG (eng. Electronic program guide)) iz EIT (eng. Event Information Table) tabela koje se nalaze u samom DTV (eng. Digital Television) prenosnom toku podataka, propagacija tih podataka do Android aplikacije i prikaza tih podataka u grafičkoj korisničkoj sprezi. Za prikupljanje i obradu DTV podataka korišćena je programska podrška za televizijske prijemnike (eng. Middleware).

Ključne reči—EPG; EIT; DTV; DVB; GUI; JNI

I. UVOD

EPG pruža korisniku digitalne televizije mogućnost da u svakom momentu pregleda raspored emisija koje se emituju kao i emisije koje će se emitovati. EPG najčešće pruža informacije za 7 ili 14 dana unapred (u ovom radu je pokriven slučaj za 7 dana). Korisniku je omogućeno da pregleda raspoređene informacije po vremenu emisija, imenu ili žanru koristeći daljinski upravljač. Emisije u standardnim programskim vodičima su najčešće raspoređene tabelarno gde jedan red tabele predstavlja emisije istog kanala, a vremenska skala raste sa leva na desno (u ovom radu će biti predstavljen EPG kod koga vremenska skala raste odozgo na dole, a kolona predstavlja emisije istog kanala).

Podaci za popunjavanje EPG-a se mogu distribuirati i preko interneta (ovaj rad ne pokriva ovaj slučaj).

II. OPIS FUNKCIONALNOSTI

Sistem za prikaz EPG informacija se oslanja na jedan od najvažnijih standarda za digitalnu televiziju DVB (eng. Digital Video Broadcast), prvenstveno na njegov deo koji

Branimir Pavlović - Fakultet Tehničkih Nauka u Novom Sadu, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija (e-mail: branimir.pavlovic@rt-rk.com).

Marko Kovačević - Fakultet Tehničkih Nauka u Novom Sadu, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija (e-mail: kovacevic.mare@gmail.com)

Branimir Kovačević - Fakultet Tehničkih Nauka u Novom Sadu, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija (e-mail: brankomir@gmail.com)

Nemanja Žigić – RT-RK Computer Based Systems, Narodnog Fronta 23A, 21000 Novi Sad, Srbija (e-mail: nemanja.zigic@rt-rk.com)

Dragan Narančić – RT-RK Computer Based Systems, Narodnog Fronta 23A, 21000 Novi Sad, Srbija (e-mail: dragan.narancic@rt-rk.com)

NAPOMENA:

- Ovaj rad proistekao je iz master rada Branimira Pavlovića. Mentor je bio prof. dr Nikola Teslić.
- Rad je prethodno publikovan na konferenciji ETRAN, Zlatibor, juni 2013.

definiše način prenosa informacija o emisijama koje se nalaze u EIT tabeli.

Osnovna odlika modernog EPG-a je prikaz emisija TV kanala sedam dana unapred. Iz emisija koje su prikazane u EPG-u moguće je dobiti informacije kao što su:

- vreme početka i kraja emisije (trajanje)
- ime emisije
- žanr emisije (film, sport, zabava itd.)
- kraći i duži opis same emisije
- nivo roditeljske kontrole (eng. parental rate)
- tip zvuka

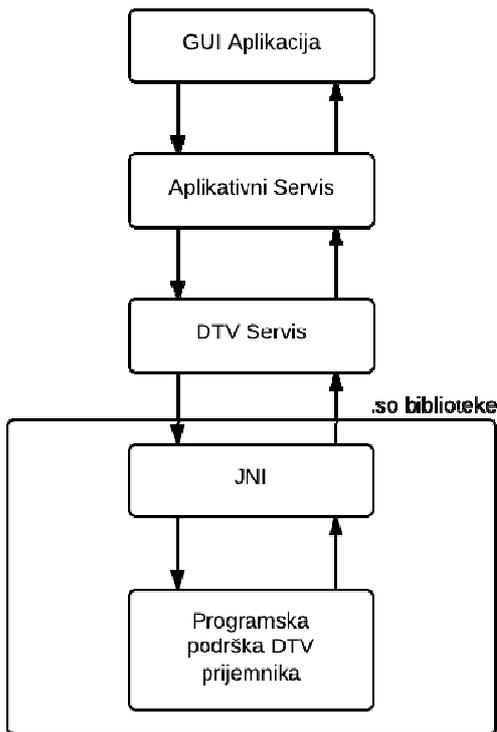
Takođe pomoću EPG-a predstavljenog u ovom rešenju moguće je podesiti podsetnik za neku emisiju, kao i zakazati snimanje emisije.

III. OPIS REŠENJA

Rešenje se sastoji od nekoliko različitih delova programske podrške koji su međusobno povezani [1]. Ti delovi (po nivou apstrakcije) su:

- DTV Servis
- Aplikativni Servis
- GUI (eng. Graphical User Interface) Aplikacija.

Jedan od važnih delova ovog sistema je svakako uspostava veze između DTV servisa i aplikativnog servisa, kao i veze između aplikativnog servisa i GUI aplikacije, što je i prikazano na Sl. 1. DTV servis se pokreće prilikom pokretanja uređaja i njegovo izvršavanje se nikada ne prekida (dok je uređaj uključen). Prilikom pokretanja GUI aplikacije pokreće se i aplikativni servis pozivom metode `bindService()` [2]. Ovim pozivom se pokreće servis ako već nije pokrenut. Po pokretanju, aplikativni servis se povezuje sa DTV servisom. Potrebno je da aplikativni servis i DTV servis uspostave vezu da bi GUI aplikacija i aplikativni servis uspostavili vezu. Razlog za takav uslov proizilazi iz činjenice da se tek po uspostavi veze dobija objekat servisa koji služi za komunikaciju sa datim servisom.



Sl. 1. Grafički prikaz delova programske podrške

DTV Servis [3] koristi programsku podršku DTV prijemnika putem JNI sprege (eng. Java Native Interface) [4]. Pri pokretanju DTV servisa učitavaju se .so biblioteke koje sadrže JNI spregu i programsku podršku televizijskog prijemnika.

Zbog prirode Java programskog jezika da se izvršava na virtuelnoj mašini, Java metode ne mogu direktno pozivati C metode. JNI dozvoljava Java programskom jeziku da izvršava kod iz biblioteka koje su napisane u drugim programskim jezicima kao što su C, C++. JNI sprega je uvedena iz razloga što je programaska podrška DTV prijemnika napisana u C programskom jeziku, dok su servisi i GUI aplikacija napisane u Java programskom jeziku.

Radi lakše komunikacije servisa sa ostalim aplikacijama (servisima) koristi se aplikativna Java sprega preko AIDL (eng. Android Interface Description Language) datoteka [2]. AIDL datoteka predstavlja spregu u kojoj su sadržane metode kojima se pristupa iz klijentskih aplikacija ili drugih servisa.

Neki od modula DTV aplikativne Java sprege su IVideoControl, IAudioControl, ITeletextControl itd. Od značaja za ovaj rad je modul IEpgControl koji predstavlja komponentu elektronskog programskog vodiča koja se koristi za prikazivanje dodatnih informacija o DTV sadržaju tj. emisijama. Paket android.dtv.epg sadrži klase za upravljanje EPG modulom.

Aplikativni Servis je zamišljen kao veza između DTV servisa i GUI aplikacije, obuhvatajući sve funkcionalnosti DTV servisa kao i proširenje sa funkcijama koje se odnose na sam Android operativni sistem.

U klasi koja je zadužena za EPG (EpgControl.java) se nalazi nekoliko metoda. Metode od značaja su

`getEpgEventListCount()` koja vraća broj emisija za dati indeks DTV kanala, `getEpgEvent()` koja vraća objekat klase `EpgEvent`. Ove dve metode pozivaju odgovarajuće metode iz DTV servisa kako bi se dobile informacije o emisijama. Metode `getEpgFilterGenre()` i `setEpgFilterGenre()` filtriraju emisije po žanrovima kako bi GUI aplikacija dobila samo emisije izabranog žanra.

GUI Aplikacija je zamišljena kao TV aplikacija u kojoj korisnik korišćenjem daljinskog upravljača vrši interakciju sa DTV prijemnikom. Ona pokriva sve funkcionalnosti koje DTV prijemnik treba da podržava kao što su: menjanje kanala, prikazivanje teleteksta, skeniranje kanala kao i prikazivanje EPG informacija.

Prikaz EPG informacija je realizovan u posebnoj grafičkoj ravni koja se u Android operativnom sistemu naziva Dialog [2], i nalazi se iznad grafičke ravni u kojoj se odvija reprodukcija video signala. Pri prikazivanju EPG dijaloga, potrebno je odrediti koliko piksela na ekranu predstavlja jedan sat trajanja emisije, jer je moguće prikazati vremenski interval od dva ili osam sati u delu EPG-a rezervisanom za prikaz emisija. Potom je potrebno saznati trenutno vreme pomoću metode `getTimeFromStream()`. Potom se popunjava galerija koja se nalazi na dnu EPG-a, kao što je prikazano na Sl. 2, sa DTV kanalima i informacije sa kanala koji se trenutno prikazuje se nalaze na centralnom delu ekrana. U Android operativnom sistemu popunjavanje galerije se realizuje nasleđivanjem klase `BaseAdapter` i implementiranjem metode `getView()` i samim povezivanjem objekta nasleđene klase i galerije. Tek po popunjavanju galerije DTV kanalima moguće je popunjavati deo EPG dijaloga rezervisan za EPG informacije.

Popunjavanje EPG dela za informacije o emisijama se svodi na pozivanje metode `getEpgEventListCount(int indexOfService, int dayInWeek)` gde je `indexOfService` indeks kanala koji se uzima iz galerije, a `dayInWeek` predstavlja dan za koji se prikazuju informacije. Pozivanjem ove metode se u programskoj podršci DTV prijemnika kreira lista sa objektima klase `EpgEvent`. Potom se iterira kroz kreiranu listu pozivom metode `getEpgEvent(int index)`, gde je `index` indeks u kreiranoj listi. Za svaki objekat klase `EpgEvent` se kreira grafička reprezentacija u obliku pravougaonika čija visina predstavlja trajanje te emisije. Visina svakog elementa se računa po formuli:

$$\frac{no_sec\ onds_event}{3600} * one_hour_height. \quad (1)$$

Takođe se računa i razmak između elemenata sličnom formulom:

$$\frac{now_st - prev_end}{3600} * one_hour_height. \quad (2)$$

U formuli (1) `no_seconds_event` predstavlja trajanje željene emisije u sekundama, a `one_hour_height` predstavlja visinu jednog sata u pikselima koja je ranije izračunata. U formuli (2) se umesto trajanja emisije koristi razlika između

početka nove (now_st) i kraja stare (prev_end) emisije.

Izračunati elementi se zatim dodaju jedan ispod drugog i prikazuju na ekranu kao što je prikazano na Sl.2. U glavnom ekranu je prikazano ime emisije, vreme trajanja i kratak opis same emisije. Ukoliko je emisija kratka, u pravougaoniku koji predstavlja tu emisiju nije moguće prikazati sve informacije, pa se u tom slučaju prikazuje samo ime emisije.



Sl. 2. Realizacija EPG-a u GUI aplikaciji

Specifične komande kao što su:

- pregledanje zakazanih podsetnika (zeleni taster),
- menjanje vremenske skale (crveni taster),
- menjanje aktivnog žanra (plavi taster),

se vrše na obojene tastere daljinskog upravljača kao što je prikazano na Sl.2.

Po izboru događaja u EPG-u korisniku se otvara dijalog sa dodatnim informacijama koji sadrži ime događaja, duži opis događaja, njegov žanr kao i nivo roditeljske kontrole. U datom dijalogu postoje dodatne opcije za zakazivanje podsetnika za izabrani događaj, kao i zakazivanje snimanja tog događaja ukoliko je moguće. U slučaju da je događaj u toku, nije moguće zakazati podsetnik i snimanje. Izborom opcije IMDb (eng. Internet Movie Database) moguće je pogledati detaljan opis emisije kao i pogledati najavu (eng. trailer) u internet pretraživaču.

Izgled dijaloga sa dodatnim informacijama je dat na Sl.3.



Sl. 3. Realizacija EPG dijaloga sa dodatnim informacijama

IV. ZAKLJUČAK

U ovom radu je opisana veza između gradivnih delova DTV aplikacije, način pravilne upotrebe programske podrške DTV prijemnika i korišćenje dobijenih informacija od programske podrške DTV prijemnika pri kreiranju njihove grafičke prezentacije u GUI aplikaciji.

Prikazane su određene mogućnosti koje poseduje jedan moderan EPG i njihova realizacija.

ZAHVALNICA

Ovaj rad je delimično finansiran od Ministarstva prosvete i nauke Republike Srbije, projekat TR-332034, od 2011. godine.

LITERATURA

- [1] M.Vidakovic, N.Teslic, T.Maruna, and V.Mihic: Android4TV: a proposition for integration of DTV in Android devices, IEEE 30th International Conference on Consumer Electronics (ICCE), Las Vegas, January 2012, pp. 441-442
- [2] Sajt Android podrške za razvoj www.developer.android.com, učitano 28.03.2013
- [3] iWedia sajt, www.iwedia.com, učitano 28.03.2013
- [4] JNI Oracle sajt <http://docs.oracle.com/javase/1.4.2/docs/guide/jni/spec/jniTOC.html>, učitano 28.03.2013

ABSTRACT

This paper describes the implementation of information management for the Electronic Program Guide from the EIT table that is located in the DTV signal, the propagation of such data to the Android application and display this data in GUI Application. The DTV middleware is responsible for providing all of the DTV related features.

One solution of implementation and displaying of Electronic Program Guide on Android based DTV receiver

Branimir Pavlović, Marko Kovačević, Branimir Kovačević, Nemanja Žigić, Dragan Narančić



Jedno rešenje prikupljanja i prikazivanja teletext i subtitle informacija na Android baziranom prijemniku digitalnog TV signala

Branimir Kovačević, Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad, brankomir@gmail.com, Marko Kovačević, Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad, kovacevic.mare@gmail.com, Mladen Kovačev, Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad, mladenkovacev@gmail.com, Atanasievski Marko, RT-RK Computer Based Systems, Novi Sad, atanasievski.marko@rt-rk.com, Starčević Dušan, RT-RK Computer Based Systems, Novi Sad, starcevic.dusan@rt-rk.com

Apstrakt— Ovaj rad predstavlja jedno rešenje prikupljanja i prikazivanja teletext i subtitle podataka digitalne televizije na Android baziranom prijemniku digitalnog TV signala. Cilj je preuzeti i predstaviti DTV (eng. Digital television) podatke pod Android operativnim sistemom korišćenjem C/C++ koda. Za prikupljanje i obradu DTV podataka korišćena je programska podrška za televizijske prijemnike (eng. Middleware) napisana u C programskom jeziku. Za prikazivanje sadržaja korišćena je DTV Android aplikacija koja komunicira sa programskom podrškom televizijskog prijemnika putem JNI sprege (eng. Java Native interface), koja vrši pretvaranje C/C++ struktura u Java objekte i obrnuto. Kako bi se izbeglo slanje slika koje predstavljaju sadržaj interaktivnih servisa digitalne televizije od programske podrške televizijskog prijemnika (C/C++ kod) ka Android aplikaciji (Java kod) iscertavanje grafičkih podataka se vrši u C/C++ kodu korišćenjem OpenGL ES grafičke biblioteke.

Cljučne reči—DTV; Android; teletext; subtitles, OpenGL ES

I. UVOD

Većina današnjih televizora i digitalnih TV prijemnika je programirana u nekom izvornom programskom jeziku (C/C++). Međutim, trenutni ugrađeni procesori imaju više jezgara i veću radnu frekvenciju što omogućava korišćenje programskih jezika kao što je Java. Trenutni DTV uređaji su zasnovani na Linux operativnom sistemu i na njih se može instalirati Android operativni sistem koji nudi veliki izbor aplikacija za preuzimanje i instalaciju. Ključno pitanje je da li je moguće uključiti DTV u Android operativni sistem?

Jedan korak u rešavanju tog problema koji se odnosi na prikaz interaktivnih servisa digitalne televizije prikazan je u ovom radu. Rad [1] opisuje predlog za kombinovanje više programskih jezika pri razvoju DTV programske podrške radi

Branimir Kovačević - Fakultet Tehničkih Nauka u Novom Sadu, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija (e-mail: brankomir@gmail.com)

Marko Kovačević - Fakultet Tehničkih Nauka u Novom Sadu, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija (e-mail: kovacevic.mare@gmail.com)

Mladen Kovačev - Fakultet Tehničkih Nauka u Novom Sadu, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija (e-mail: mladenkovacev@gmail.com)

Atanasievski Marko, RT-RK Computer Based Systems, Narodnog Fronta 23a, 21000 Novi Sad, Srbija (e-mail: atanasievski.marko@rt-rk.com)

Starčević Dušan, RT-RK Computer Based Systems, Narodnog Fronta 23a, 21000 Novi Sad, Srbija (e-mail: starcevic.dusan@rt-rk.com)

NAPOMENA:

- Ovaj rad proistekao je iz master rada Branimira Kovačevića. Mentor je bio prof. dr Nikola Teslić.
- Rad je prethodno publikovan na konferenciji ETRAN, Zlatibor, juni 2013.

ostvarivanja boljih performansi, tako da ovaj rad daje prikaz mogućeg rešenja za prikupljanje i sam prikaz grafičkih podataka DTV uz korišćenje Java i C/C++ programskih jezika. Rad [1] daje pregled arhitekture za realizaciju DTV na Android platformi. U ovom radu je predstavljeno jedno rešenje prikupljanja i prikaza grafičkih DTV podataka na Marvell BG2 SOC platformi sa ugrađenim biračem kanala (eng. Tuner) pod Android operativnim sistemom. Tehnika samog iscertavanja interaktivnih servisa digitalne televizije ne zavisi od DTV standarda niti od verzije Android operativnog sistema. Konkretno rešenje je ispitano korišćenjem programske podrške televizijskog prijemnika koja podržava DVB-T, DVB-S i DVB-C standarde na uređajima sa Android operativnim sistemom (2.3.x Gingerbread, 4.0.x Ice Cream Sandwich). Ciljna platforma i ispitno okruženje su opisani u radu [1].

II. REALIZACIJA PRIKUPLJANJA I ISCERTAVANJA DTV SADRŽAJA

A. Realizacija prikupljanja i iscertavanja teleteksta

Teletext je televizijski informacioni servis razvijen u Velikoj Britaniji 1970-tih godina. Nudi veliki izbor tekst-baziranih informacija, kao što su nacionalne, internacionalne i sportske vesti, vremenska prognoza i TV program.

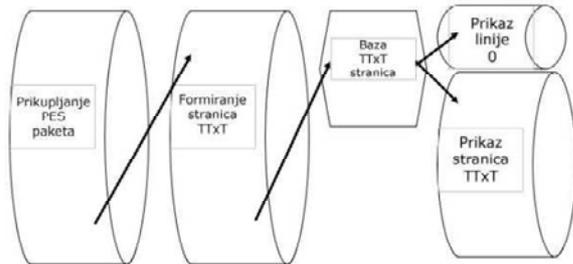
U digitalnoj televiziji, po DVB standardu, teletext podaci se prenose u PES (eng. Packetized Elementary Stream) paketima. Na jednom kanalu digitalne televizije možemo imati više različitih teletext podataka (različitog tipa ili jezika). U svakoj PMT tabeli (eng. Program Map Table) nalaze se teletext deskriptori koji sadrže informacije o jeziku teleteksta, tipu teleteksta (inicijalna teletext stranica, subtitle stranica ili stranica sa dodatnim informacijama) i PID-ovi (eng. Packet Identifier) paketa programskog toka za svaki od dostupnih tipova teleteksta.

Kada korisnik zahteva prikaz teleteksta, DTV Android aplikacija putem JNI sloja zahteva od programske podrške televizijskog prijemnika spisak svih dostupnih tipova teleteksta za dati kanal. Po dobijanju tih podataka od programske podrške televizijskog prijemnika, DTV Android aplikacija stvara dijalog (regularnu Android komponentu za grafički prikaz sadržaja) na kome prikazuje informacije o

dostupnim tipovima teleteksta.

Izborom odgovarajuće opcije iz menija, programska podrška televizijskog prijemnika započinje prikupljanje teleteksta podataka (PES paketa) sa PID-om koji odgovara izabranoj opciji.

Modul za prikupljanje i obradu teleteksta podataka u DTV programskoj podršci se sastoji od četiri komponente: modul za prikupljanje PES paketa, modul za formiranje stranica teleteksta, baza podataka teleteksta, modul za prikaz stranica, što je prikazano na Sl. 1. i opisano u [2].



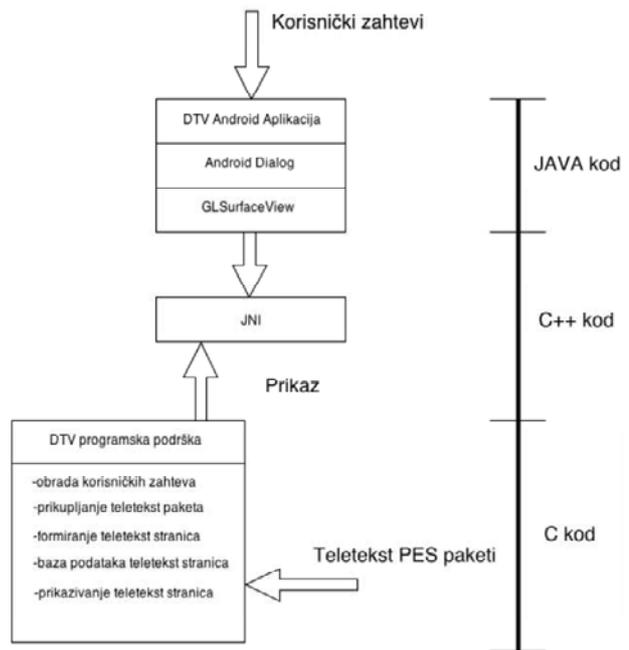
Sl. 1. Teletekst modul u DTV programskoj podršci

PES paketi koji sadrže teletekst podatke se skladište u kružni bafer. Svaki PES paket sadrži 45 bajtova, tako da se cela linija teleteksta može preneti u jednom paketu. Jedan bajt predstavlja jedan karakter, a strana teleteksta se sastoji od 24 linije sa po 40 karaktera. Preostalih 5 bajtova je potrebno za smeštanje teleteksta kontrolnih informacija kao što su jezik i set karaktera. Formiranje stranica teleteksta započinje pretraživanjem kružnog bafera. Svi paketi koji pripadaju istoj stranici se dekoduju i grupišu kako bi formirali stranicu. Po formiranju, teletekst stranica se smešta u bazu podataka. Inicijalna stranica, kao i svaka druga stranica koju korisnik zatraži pribavlja se iz baze. Pošto je dobavljena stranica u obliku niza karaktera, potrebno je od datog niza karaktera formirati odgovarajuće slike u Bitmap formatu.

Najjednostavniji način da se te slike prikažu je slanje odgovarajućih Bitmap-a iz DTV programske podrške (C programski kod) kroz JNI sloj do Android aplikacije kako bi se u Javi izvršilo iscrtavanje. Ovaj način iscrtavanja je veoma spor i nepouzdan zbog slanja velikih količina podataka od DTV programske podrške, preko JNI sloja, do Java aplikacije. Zbog toga se iscrtavanje mora izvršiti u izvornom C/C++ kodu programske podrške koji obezbeđuje dovoljnu brzinu izvršavanja programa i zadovoljava visoke zahteve za performansama koje Java ne može da ispuni.

Za prikazivanje stranica teleteksta unutar DTV Android aplikacije, stvara se prilagođen Android dijalog kako bi teletekst bio vidljiv krajnjem korisniku, ali stvarno iscrtavanje se vrši u C/C++ kodu korišćenjem JNI sprege. Iscrtavanje formirane Bitmap-e se vrši putem OpenGL ES [3], koji se koristi za iscrtavanje 2D i 3D grafike visoke performanse na Android operativnom sistemu. U DTV Android aplikaciji se stvara Android dijalog gde se umesto objekta View Android dijaloga koristi objekat GLSurfaceView. GLSurfaceView u svojoj klasi sadrži i objekat klase koja implementira spregu Renderer. Da bi se izvršilo iscrtavanje teleteksta Bitmap-e, potrebno je redefinisati 3 metode koje pripadaju programskoj

sprezi `Renderer`: `onDrawFrame()`, `onSurfaceChanged()`, `onSurfaceCreated()`. U metodi `onSurfaceCreated()` se obavljaju inicijalna podešavanja (podešavanja koja se ne menjaju često u toku ciklusa iscrtavanja). Metoda `onSurfaceChanged()` se proziva ukoliko dođe do promene veličine dijaloga za iscrtavanje. Stvarno iscrtavanje se obavlja u metodi `onDrawFrame()`. U ovoj metodi se putem JNI sprege poziva programska podrška televizijskog prijemnika (C kod) u kojoj se vrši iscrtavanje prethodno stvorene teleteksta Bitmap-e tako što se teletekst Bitmap-a metodom `glTexImage2D()` dodeljuje GL teksturi koja se potom iscrtava na `GLSurfaceView` korišćenjem OpenGL ES metoda. Procedura prikupljanja i iscrtavanja teleteksta je ilustrovana na Sl. 2.



Sl. 2. Procedura prikupljanja i iscrtavanja teleteksta

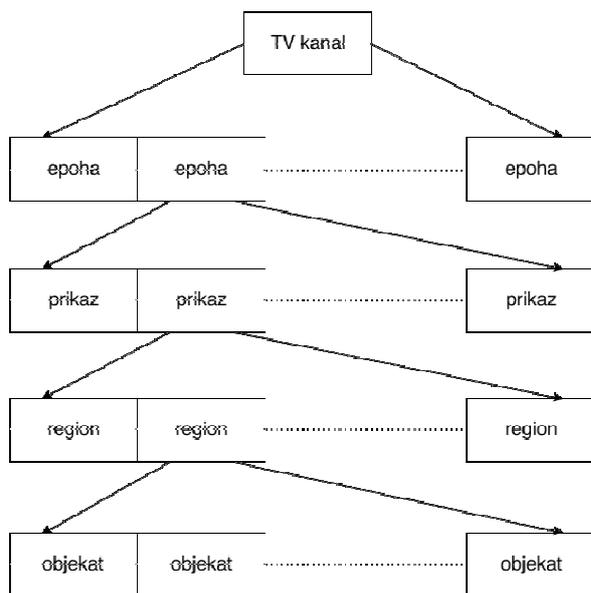
Interakcija korisnika sa teletekstom se odvija putem redefinisavanja Android OS sprege - `KeyListener`-a teleteksta dijaloga (`KeyListener` predstavlja spregu koja prihvata događaje prouzrokovane od strane tastature ili daljinskog upravljača). `KeyListener` uzrokuje pozive metoda DTV Java aplikacije, koje preko JNI sloja šalju date komande DTV programskoj podršci na izvršavanje. U slučaju teleteksta interakcija obuhvata: prikaz teleteksta, promenu stranice teleteksta, menjanje transparentije teleteksta, skaliranje teleteksta, pomeranje teleteksta, sakrivanje teleteksta.

B. Realizacija prikupljanja i iscrtavanja prevoda (eng. Subtitles)

Postoje dva osnovna razloga za uvođenje prevoda u digitalnu televiziju: prevod omogućava korisniku da prevaziđe jezičku barijeru pri gledanju TV programa. Drugi razlog za uvođenje prevoda je da omogući korisnicima sa oštećenim sluhom da lakše prate TV program, jer putem prevoda informacije o zvučnim efektima i izgovorenim rečima stižu do njih. Postoje dve vrste subtitle formata: teletekst subtitle i

DVB subtitle. Teletekst subtitle se emituje na određenim teletekst stranicama. Obično su to stranice 777 ili 888. Način dobavljanja i prikazivanja teletekst subtitle-a je isti kao i način dobavljanja i prikazivanja bilo koje druge stranice teleteksta, što je opisano u prethodnom poglavlju.

DVB prevod je kodiran i multipleksiran tako da formira prevod tok podataka, koji se prenosi u MPEG-2 prenosnom toku podataka u PES paketima do STB(eng. Set-top box) gde se tokovi podataka demultipleksiraju i dekoduju. Dekodovani prevod (u formi Bitmap-e) se zatim prikazuje na ekranu. DVB sistem za prevod koristi na regionima-zasnovanu, bit-mapiranu i indeksiranu kolor grafiku [4]. Za definisanje boja grafičkih elemenata koriste se palete boja (eng. Colour Look-Up Table (CLUT)). Na Sl. 3 je data hijerarhijska struktura DVB prevoda.



Sl. 3. Hijerarhijska struktura DVB prevoda

Svaki TV program se sastoji iz jedne ili više epoha. Prevod podaci jedne epohe moraju biti u memoriji prevod dekodera dok se ne signalizira dekodiranje sledeće epohe. Epoha uključuje sekvencu od jednog ili više prikaza. Prikaz može ostati na ekranu nekoliko sekundi. Svaki prikaz se sastoji od regiona sa specifičnom pozicijom. Region je pravougaona oblast ekrana sa horizontalnim i vertikalnim dimenzijama i dubinom piksela. Svaki region je povezan sa CLUT, koja definiše boju i transparentnost svakog piksela. Dubine piksela od 2, 4 i 8- bita su podržane dozvoljavajući da 4, 16, ili 256 različitih piksela bude korišćeno u svakom regionu. Svaki region se sastoji od grafičkih objekata kao što su prevod, logo kanala..

DVB prevodi se prenose kao PES paketi u MPEG prenosnom toku podataka [5]. Kompletan lista svih programa dostupnih u prenosnom toku podataka se nalazi u PAT tabeli (eng. Program Association Table). Svaki program sadrži broj programa i PID paketa programskog toka koji sadrži PMT. PMT sadrži PID-ove PES paketa koji sadrže video, audio ili

podatke (npr. prevod) tog programa. Segmenti prevoda se nalaze u PES paketima. U zaglavlju PES paketa se nalazi polje PTS (eng. Presentation time stamp) koje označava vreme pojavljivanja prevoda sadržanog u tom PES paketu na ekranu. Ovakav mehanizam optimizuje protok tako što dozvoljava subtitle podacima da budu isporučeni dekoderu pre nego što je to stvarno potrebno. Prilikom iscrtavanja subtitle-a u tačno određenom vremenskom trenutku (kada govornik stvarno izgovara date reči), važno je koristiti C programski jezik, a ne Javu. Potrebno je postići dovoljnu brzinu iscrtavanja, tako da sinhronizacija između reprodukcije i subtitle-a ne bude narušena.

Korisnici mogu korišćenjem daljinskih upravljača prikazivati ili sklanjati prevod, birati jezik prevoda, kao što je prikazano na Sl. 4.



Sl. 4. Izbor određene komponente prevoda

Vrlo važna karakteristika o kojoj se mora voditi računa prilikom realizacije DTV subtitle funkcionalnosti je kvalitet i fleksibilnost procesa iscrtavanja subtitle slika.

Za prikaz subtitle podataka pod Android operativnim sistemom koristi se ista tehnika kao i kod iscrtavanja teleteksta. Kada korisnik želi da prikaže subtitle, DTV Android aplikacija stvara dijalog sa određenim dimenzijama i prethodno definisanom pozicijom na ekranu. Nakon toga, aplikacija poziva funkciju za inicijalizaciju subtitle modula. Ova funkcija prosleđuje komandu ka DTV programskoj podršci kako bi se krenulo u pribavljanje subtitle podataka iz toka podataka. Nakon dekodovanja pribavljenih podataka, po dobijanju odgovarajućeg PTS-a, DTV programska podrška stvara odgovarajuću Bitmap-u. DTV Android aplikacija metodom `onDrawFrame()`, putem JNI sprege, vrši iscrtavanje prethodno dobijene Bitmap-e tako što se Bitmap-a metodom `glTexImage2D()` dodeljuje teksturi koja se potom iscrtava na `GLSurfaceView` Android dijaloga korišćenjem `OpenGL ES` metoda.

III. ZAKLJUČAK

Ovaj rad predstavlja jedno rešenje prikupljanja i prikaza teletekst i subtitle podataka digitalne televizije uz korišćenje C/C++ i Java programskog jezika. Ciljna platforma na kojoj je ispitivano rešenje je DTV uređaj sa Android operativnim sistemom. U postupku implementacije, praćena je DVB specifikacija i korišćena je DTV programska podrška radi

pribavljanja DTV informacija iz toka podataka. Grafički elementi (teletext i subtitle) se pribavljaju u C kodu, dok se Java koristi samo za osvežavanje površina za iscertavanje. Na ovaj način, performanse nisu degradirane i nije ugrožen odziv u realnom vremenu testiranih sistema.

ZAHVALNICA

Ovaj rad je delimično finansiran od Ministarstva prosvete i nauke Republike Srbije, projekat 36029, od 2013. godine.

LITERATURA

- [1] M. Vidakovic, N. Teslic, T. Maruna, and V. Mihic, "Android4TV: a proposition for integration of DTV in Android devices", IEEE 30th International Conference on Consumer Electronics (ICCE), Las Vegas, January 2012, pp. 441-442.
- [2] ETSI EN 300 706: "Enhanced Teletext Specification"
- [3] A. Munshi, D. Ginsburg, D. Shreiner, OpenGL ES 2.0 Programming Guide, 2009s
- [4] ETSI EN 300 743: Digital Video Broadcasting (DVB); Subtitling systems; v.1.3.1 (2006-07).
- [5] W. Fischer, Digital Video and Audio Broadcasting Technology, A Practical Engineering Guide, Third Edition

ABSTRACT

This paper presents a solution for collecting and visualization of DTV related data on devices with Android OS. The main goal was to obtain and then display DTV related data on Android graphical layer using native C/C++ code. The DTV middleware is responsible for providing all of the DTV related features and is written in C/C++ native code. The Android DTV application communicates with DTV middleware over JNI layer, which converts the DTV related data from C/C++ structures to Java objects and vice versa. All rendering is done in C/C++ native code using OpenGL ES graphical library which provides sufficient speed of program execution and accomplishes high-performance demands requested by our project.

One solution for gathering and visualization of teletext and subtitle data on Android based set-top box

Branimir Kovačević, Marko Kovačević, Mladen Kovačev, Atanasievski Marko, Starčević Dušan

PROJEKAT KONSTRUKCIJE VIŠESPATNE ARMIRANOBETONSKE STAMBENO-POSLOVNE ZGRADE U NOVOM SADU**DESIGN PROJECT OF STRUCTURE OF MULTISTORY RC RESIDENTAL -BUSINESS BUILDING IN NOVI SAD***Dragan Zvicer, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast- GRAĐEVINARSTVO**

Sadržaj- U radu je prikazan projekat konstrukcije višespratne armiranobetonske stambeno-poslovne zgrade S+Pr+6 kao i uporedna analiza proračuna ploča na probijanje prema PBAB87 i EC2.

Abstract- The project of structure of multistory reinforced concrete residential-business building basement + ground floor + 6 stories, and a comparative analysis of punching slabs by PBAB 87 and EC 2.

Ključne reči: armiranobetonska zgrada, skeletni sistem, probijanje ploča.

1. UVOD

Projektnim zadatkom predviđeno je projektovanje stambeno-poslovne zgrade spratnosti suteran + prizemlje + šest spratova. Zgrada je u osnovi oblika slova H. Definisani su gabariti, rasteri stubova, namena pojedinih površina, lokacija i konstruktivni sistem.

2. OPIS PROJEKTA**2.1. Projektni zadatak i arhitektonsko rešenje**

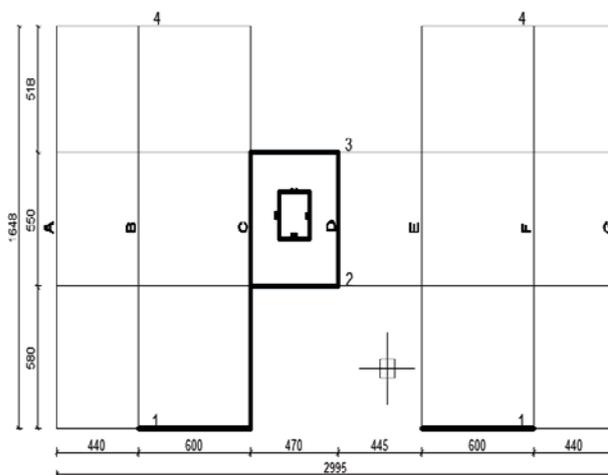
Zgrada se izvodi kao skeletni sistem sa platnima za ukrućenje. Položaj konstruktivnih elemenata definisan je sa četiri podužna i sedam poprečnih ramova (slika 1.). U „X“ pravcu pružaju se ramovi čiji su međusobni rasteri od 5.18, 5.50, 5.80m. Rasteri ramova koji se pružaju u „Y“ pravcu su 4.40, 4.45, 4.70 i 6m. Objekat je stambeno-poslovne namene. U suteranu su projektovane ostave za sve stanove, lokale kao i potrebne tehničke prostorije. Prizemlje je predviđeno za poslovni prostor i na njemu se nalazi osam lokala. Na preostalim spratovima projektovane su stambene jedinice u rasponima od garsonjera do trosobnih stanova. Na svakom spratu se nalazi po šest stanova. Spratna visina suterana je 3.00m, prizemlja 3.70m i svih spratova 3.00m. Za vertikalnu komunikaciju predviđeni su lift i trokrako stepenište postavljeno oko liftovskog jezgra.

Zidovi i plafoni se malterišu i boje polu-disperzivnom bojom. Keramičke pločice se u sanitarnim prostorijama postavljaju do plafona, a u kuhinji do visine 1.5m. Fasadni zidovi se izvode tipa sendvič, (opeka 12cm + styrodur 4cm + opeka 12cm).

Sa spoljašnje strane zida se nanosi malter a zatim fasada određene boje. Unutrašnji zidovi su debljina 19cm i 12cm od giter bloka i opeke.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio prof. dr Zoran Brujić.

*Slika 1. Šema ramova***2.2. Konstruktivni sistem zgrade**

Konstruktivni sistem zgrade je skeletni koga čine vertikalni elementi- stubovi, zidna platna i horizontalni elementi- grede.

Međuspratna konstrukcija je projektovana kao sistem kontinualnih krstasto armiranih ploča, debljine 18cm. Primaju gravitaciono opterećenje jednog sprata i prenose ga na stubove objekta. Pored toga međuspratna konstrukcija ukružuje sistem u horizontalnom pravcu i prima horizontalne sile i prenosi ih dalje na vertikalne elemente. Krov je projektovan kao ravan sa padom od 2%. Stepenište se sastoji iz tri kose ploče i horizontalnih međupodesta debljine d=15cm.

Dimenzije greda u oba pravcu su 30/50cm. Po obodu, stubovi su usvojeni dimenzija 50/50cm, a od III sprata dimenzije su smanjene na 40/40cm. U unutrašnjosti objekta, u suteranu i prizemlju, dimenzije stubova su 60/60cm, od I do III 50/50cm, a od III sprata 40/40cm. Stubovi su projektovani tako da zadovoljavaju propisane uslove iz Pravilnika o tehničkim normativima za izgradnju u seizmički aktivnim područjima.

Zidovi za ukrućenje postavljeni su u oba ortogonalna pravca (slika 1.) i njihova uloga je da prime i prenesu na temelje horizontalna seizmička opterećenja i doprinesu celokupnoj krutosti zgrade. Pomenuti zidovi su debljine d=20cm, samo su zidovi liftovskog okna d=15cm. Projektovani su tako da zadovoljavaju propisane uslove iz Pravilnika o tehničkim normativima za izgradnju objekata visokogradnje u seizmičkim područjima. U suteranu su projektovani armiranobetonski zidovi debljine d=20cm.

Objekat je fundiran na temeljnoj ploči, debljine d=60cm. Ploča je prepuštena izvan osa ramova za 70cm.

Korišćena je marka betona MB35, a armatura RA 400/500.

Dozvoljeni napon u tlu je dobijen u geomehničkom elaboratu i on iznosi $\sigma_{doz}=190\text{kN/m}^2$.

2.3. Analiza opterećenja

Stalna opterećenja čine sopstvena težina konstrukcije (stubovi, grede, zidna platna, tavanice) i težine nenosivih elemenata (zidovi ispune, podovi, krovne obloge).

Naneta su na ploče kao površinska i linijska opterećenja. Korisna opterećenja su u funkciji namene prostorije, i naneta su na ploče kao površinska, intenziteta 1.5kN/m^2 (stanovi), 2.0kN/m^2 (lokali) i 3.0kN/m^2 (stepeništa, balkoni).

Opterećenje snegom iznosi 0.75kN/m^2 osnove krova. Opterećenje vetrom je naneto kao linijsko raspodeljeno opterećenje po stubovima u dva ortogonalna pravca.

Seizmičko opterećenje je analizirano metodom statički ekvivalentnog opterećenja.

2.4. Statički i dinamički proračun

Konstrukcija je modelirana prostorno u programskom paketu Tower 6.0, baziranom na primeni metode konačnih elemenata (slika 2.). Opterećenja na model su aplicirana kao linijska i površinska, saglasno analizi opterećenja, a posebno za svaki slučaj osnovnog opterećenja.

Pri formiranju proračunskog modela korišćena je mreža konačnih elemenata (dimenzije elementa $50\times 50\text{cm}$). Tlo je modelirano pomoću Vinklerovog (Winkler) modela podloge – elastične opruge.



Slika 2. 3D izgled konstrukcije

2.5. Dimenzionisanje i armiranje elemenata

Svi elementi su dimenzionisani saglasno važećim propisima [1], [2], prema uticajima merodavnih graničnih kombinacija opterećenja, za šta je iskorišćena opcija korišćenog softvera.

Za sve elemente konstrukcije korišćen je beton MB35. Pri dimenzionisanju elemenata, i za podužnu i za poprečnu armaturu, usvojena je rebrasta RA 400/500.

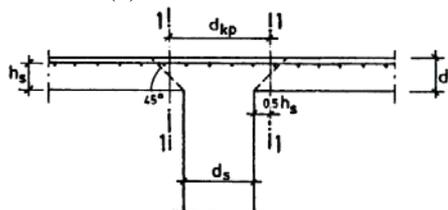
U stubovima i zidovima za ukrućenje je izvršena kontrola dopuštenih normalnih napona. Sprovedene su i kontrola napona u tlu i kontrola pomeranja vrha zgrade kao i provera temeljne ploče na probijanje.

3. UPOREDNA ANALIZA PRORAČUNA PLOČA NA PROBIJANJE PREMA PBAB 87 I EC2

3.1. Opšte

Proračun ploča na probijanje sprovodi se kod ploča direktno oslonjenih na stubove, kao i kod ploča oslonjenih na stubove preko ojačanja, glave stuba odnosno kapitela. U slučaju ploča bez kapitela, ploča sa malim kapitelima i ploča sa velikim koncentrisanim opterećenjima javlja se problem obezbeđenja ploče od probijanja. Do probijanja ploča dolazi zbog velikih smičućih napona, odnosno glavnih napona zatezanja.

PBAB zahteva da se u vertikalnim presecima ploče oko stuba, odnosno koncentrisanog opterećenja, sračunaju uticaji važni za sigurnost ploče na probijanje, i po potrebi izvrši osiguranje kritičnih preseka poprečnom armaturom. Provera se vrši za eksploataciona opterećenja, a maksimalni smičući napon τ se upoređuje sa dopuštenim naponima smicanja. Maksimalni računski smičući napon usled probijanja treba računati za presek 1-1 (slika 3.) pomoću obrasca (1):



Slika 3. Proračunski model prema PBAB 87

$$\tau = \frac{T_{\max}}{O_{kp} \cdot h_s} \quad (1)$$

Računski napon smicanja mora da zadovolji uslov:

$$\tau \leq \gamma_2 \cdot \tau_b \quad (2)$$

Kada je, međutim,

$$\tau \leq 2/3 \cdot \gamma_1 \cdot \tau_a \quad (3)$$

nije potrebna računaska armatura za prijem sila zatezanja. Beton je u stanju da primi i prenese transverzalnu silu koja deluje u oblasti oslonca u kritičnim presecima 1-1.

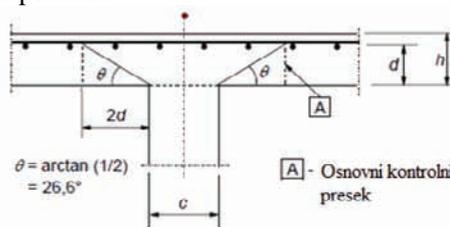
Ako se naponi τ nalaze u granicama:

$$2/3 \cdot \gamma_1 \cdot \tau_a < \tau \leq \gamma_2 \cdot \tau_b \quad (4)$$

mora se za preuzimanje transverzalne sile T_{\max} predvideti armatura A_{ak} .

$$A_{ak} = \frac{0.75 \cdot T_{\max}}{\sigma_v / 1.8} \quad (5)$$

Prema EC2 postupak proračuna napona smicanja usled probijanja zasniva se na određivanju napona smicanja u kontrolnim presecima duž ivica stuba i na osnovnom kontrolnom preseku (slika 4.). Ukoliko se pri proračunu na osnovnom kontrolnom preseku pojavi potreba za armaturom za prijem smicanja, treba odrediti dalji kontrolni obim na kojem armatura za prijem smicanja više nije potrebna.



Slika 4. Proračunski model prema EC2

Maksimalni napon smicanja u kontrolnom obimu po EC2 određuje se pomoću obrasca:

$$v_{Ed} = \beta \frac{V_{Ed}}{u_i \cdot d} \quad (6)$$

β - koeficijent koji zavisi od ekscentriciteta opterećenja;

Potrebno je izvršiti sledeće kontrole:

Po obimu stuba, ili po obimu opterećene površine, proračunska vrednost maksimalnog napona smicanja od probijanja ne sme da bude prekoračena

$$v_{Ed} < v_{Rd,max} \quad (7)$$

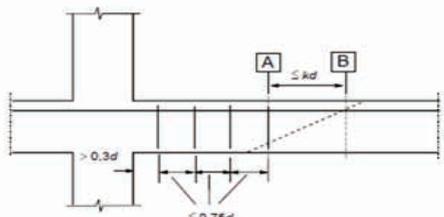
Armatura za prijem smicanja nije potrebna ukoliko je:

$$v_{Ed} < v_{Rd,c} \quad (8)$$

Kada je u posmatranom kontrolnom preseku:

$$v_{Ed} > v_{Rd,c} \quad (9)$$

potrebno je predvideti armaturu za prijem smicanja.



Slika 5. Postavljanje armature prema EC2

3.2. Poređenje rezultata proračuna ploče na probijanje na osnovu analiziranih standarda

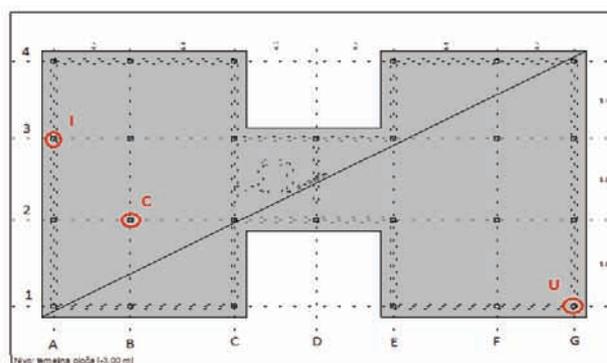
Proračunom napona smicanja u kontrolnim presecima prema ova dva propisa dobijaju se znatne razlike. Uporedna analiza rezultata na konkretnim primerima pokazuje da su naponi u kritičnom preseku veći proračunom po PBAB-u. Takođe su i dozvoljeni naponi koje beton može da prihvati bez dodatne armature veći po domaćem pravilniku.

Prema PBAB-u proračun se zasniva na metodi dopuštenih napona dok se prema EC2 naponi računaju po teoriji graničnog stanja nosivosti. Drugi bitan razlog razlici je manji kritični presek prema PBAB-u. Evropski pravilnik zahteva obaveznu proveru napona smicanja i na preseku uz stub, pored preseka udaljenog 2d od stuba. Dok prema PBAB-u postoji samo jedan kritični presek udaljen za polovinu statičke visine ploče od stuba. Evrokod u proračun uvodi i uticaj ekscentričnog oslanjanja preko koeficijenta β , u zavisnosti od položaja stuba.

Za razliku od EC2, PBAB predlaže povećanje računskog napona samo za ivične i ugaone stubove.

Upoređivani su rezultati proračuna na realnom primeru, na objektu čiji je projekat konstrukcije urađen u ovom radu. Prikazani su proračuni probijanja temeljne ploče, za centralni, ivični i ugaoni stub. Centralni stub (C) u preseku osa 2 i B, ivični (I) u preseku 3 i A i ugaoni (U) na preseku 1 i G (slika 6).

U preseku kod centralnog stuba računski napon prevazilazi maksimalni dozvoljeni i iz tog razloga izvedena su ojačanja (kontra kapiteli) na centralnim stubovima. Projektovan je kapitel poprečnog preseka 120/120cm i visine 90cm. Prema EC2 računski napon je manji od maksimalnog dozvoljenog ali prevazilazi granični napon koji betonski presek može da prihvati. Potrebna je dodatna armatura $A_{sw}=15.77\text{cm}^2$. Proračunski napon po PBAB-u je veći za $\approx 60\%$ od napona dobijenog po EC2.



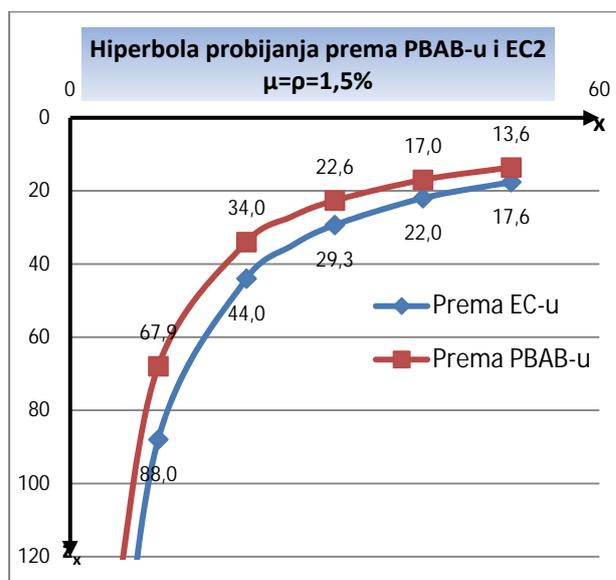
Slika 6. Temeljna ploča

U drugom primeru kod ivičnog stuba prema oba pravilnika naponi u kritičnim presecima su manji od graničnih, nije potrebna dodatna armatura. Računski napon je veći za $\approx 120\%$, a granični za $\approx 150\%$ prema PBAB-u. U presecima kod ugaonih stubova takođe ni po jednom od dva pravilnika nije potrebna dodatna armatura za prijem smičućih napona. Računski napon za ugaoni stub je veći za $\approx 160\%$, dok je granični veći za 150% proračunom po PBAB-u.

3.3. Određivanje hiperbole probijanja prema PBAB i EC2

Dimenzije kapitela se određuju iz uslova da kapitel obuhvati hiperbolu probijanja odnosno da ne budu prekoračeni smičući naponi u betonu. Hiperbola probijanja je granična linija koja se dobija iz uslova da su naponi smicanja u bilo kom preseku jednaki dopuštenim. Konstrukcijom hiperbole probijanja dolazimo do potrebne debljine ploče odnosno dimenzija kapitela. Hiperbola se po istom principu konstruiše kada beton može prihvatiti smičuću silu i kada je potrebna dodatna armatura za prijem napona smicanja. U praksi se najčešće projektuje kapitel tako da ne bude potrebna dodatna armatura.

U nastavku je dat prikaz hiperbole probijanja prema ova dva standarda kao i promena potrebne debljine ploče odnosno visine kapitela usled promene procenta armiranja podužnom armaturom.

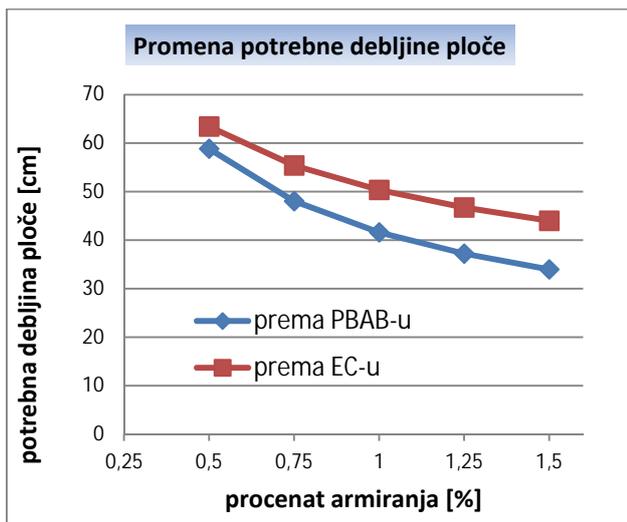


Slika 7. Prikaz hiperbole probijanja za slučaj bez dodatne armature

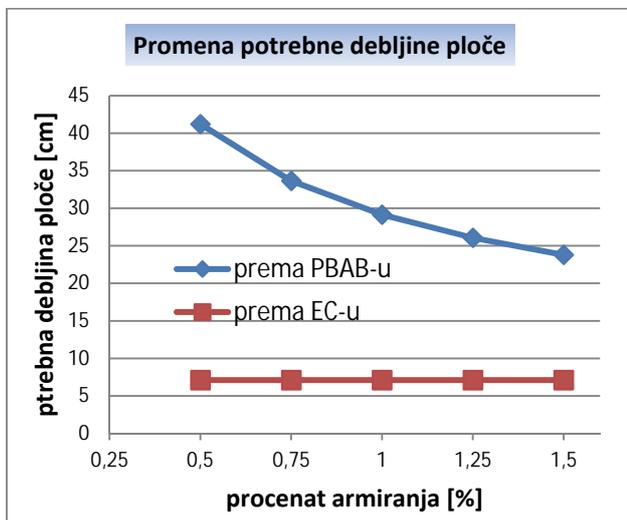
Za primer je uzeta AB ploča debljine 20cm, stub preseka 40/40cm, MB30 i armatura RA 400/500. Sila u stubu je usvojena proizvoljno i iznosi 600kN.

Sa uporednog prikaza hiperbole probijanja zaključujemo da je potrebna debljina ploče odnosno kapitela veća prema EC2. Povećanjem procenta armiranja razlika između potrebne debljine ploče prema ova dva standarda raste. Za maksimalni dozvoljeni procenat po PBAB-u ($\mu=1,5\%$) iznosi $\approx 30\%$ (slika 7.).

Na sledećim graficima zasebno su prikazane promene potrebne debljine ploče za nosivost betona bez smičuće armature i maksimalne nosivosti.



Slika 8. Prikaz potrebne debljine ploče usled promene armature za nosivost bez smičuće armature



Slika 9. Prikaz potrebne debljine ploče usled promene armature za maksimalnu nosivost preseka

Sa prvog dijagrama (slika 8.) se može videti da je promena potrebne debljine ploče usled povećanja procenta armiranja slična po oba pravilnika. Trend smanjenja potrebne debljine je izraženiji kada se poredi rezultati po PBAB-u. Prema ovom pravilniku se potrebna debljina ploče sa povećanjem procenta armiranja od minimalne do maksimalne dozvoljene vrednosti smanjuje za 42% dok se prema EC2 smanjuje za 30%. Prirast nosivosti sa promenom armature je veći prema PBAB-u. Promena pri maksimalnoj nosivosti preseka prema PBAB

pravilniku je ista kao promena pri nosivosti betona bez dodatne armature. Potrebna debljina ploče pri maksimalnoj nosivosti preseka prema EC2 ne zavisi od procenta armiranja već od kvaliteta betona (slika 9.).

4. ZAKLJUČAK

Postoji mnogo bitnih razlika u proračunu ploča na probijanje po PBAB-u i EC2. Osnovna razlika je sama metoda proračuna. Prema PBAB-u se preseći računaju po teoriji dopuštenih napona dok se prema EC2 računaju po teoriji graničnog stanja nosivosti. Razlikuje se i određivanje kontrolnog preseka, oblik i broj kontrolnih obima i rastojanje od ivice opterećene površine. Kontrolni obim, prema PBAB-u, je uvek kružnog oblika i postoji samo jedan na polovini statičke visine od ivice stuba. Prema EC2 oblik kontrolnog obima zavisi od oblika opterećene površine, usvajaju se najmanje dva. Prvi je neposredno uz stub a drugi na udaljenosti $2d$ od ivice stuba. Bitna razlika je i uticaj ekscentričnog opterećenja ploče. U našem pravilniku, samo je navedeno da se naponi ivičnih i ugaonih stubova mogu povećati za 40% i nije definisan tok proračuna. U evropskim normama je posvećeno dosta pažnje ovom uticaju i kroz koeficijent β je definisan proračun. Minimalna debljina ploče prema EC2 ograničena je na 20cm kada je potrebna armatura za smicanje. PBAB ograničava minimalnu debljinu ploče na 15cm ili $d \geq l/35$, nezavisno od potrebe za dodatnom armaturom. Postoji razlika i u određivanju maksimalne nosivosti preseka ali i u nosivosti betona bez smičuće armature. Maksimalna nosivost po PBAB-u zavisi od površine podužne armature i od kvaliteta betona. Dok prema EC2 zavisi isključivo od kvaliteta betona. Nosivost betona bez smičuće armature prema našem pravilniku takođe zavisi od procenta armiranja i kvaliteta betona. Nosivost samog betona prema EC2 pored ova dva parametra zavisi i od debljine ploče. Uticaj debljine ploče se u proračun uvodi preko koeficijenta k koji je ograničen na vrednost $1 \leq k \leq 2$. PBAB procenat armiranja ograničava na $0.5\% \leq \mu \leq 1.5\%$ za razliku od EC2 koji ovaj procenat ograničava na $\leq 2\%$.

5. LITERATURA

- [1] Zbirka *Jugoslovenskih pravilnika i standarda za građevinske konstrukcije*;
- [2] Grupa autora: *Beton i armirani beton* prema BAB 87, knjiga 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 građevinarstva*, Građevinska knjiga, Beograd, 1989.
- [5] *Evrokod 2: Proračun betonskih konstrukcija- Deo 1-1: Opšta pravila i pravila za zgrade*, Beograd, 2006.

Kratka biografija:



Dragan Zvicer rođen je u Sremskoj Mitrovici 1983. godine. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstvo- Betonske konstrukcije odbranio je 2013. godine.

**ПРОЦЕНА СТАЊА, САНАЦИЈА И РЕВИТАЛИЗАЦИЈА ЗИДАНЕ СТАМБЕНЕ
ЗГРАДЕ У НОВОМ САДУ****ASSESSMENT, REPAIR AND REVITALIZATION OF MASONRY RESIDENTIAL
BUILDING IN NOVI SAD**

Љубица Грујић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област – ГРАЂЕВИНАРСТВО

Кратак садржај: У овом раду проказана је процена стања, санација и ревитализација зидане стамбене зграде у Новом Саду. У првом делу приказана је вредност објекта као споменика културе, историјски моменти, идентитет као и техничка мера његове заштите. У другом делу описана је детаљна анализа зграде. Уочена оштећења описана су текстуално и визуелно. Да би се дала реална оцена стања конструкције урађена је анализа прикупљених података и предложене су мере санације.

Abstract: This paper describes the assessment, rehabilitation and revitalization of the masonry residential building in Novi Sad. The first part shows the value of the building as an intangible cultural heritage, its historical moments, identity and technical measures for its protection. The second part describes a detailed review of the building. Observed damages are described textually and visually. In order to give a realistic estimation of the structure of the old building, an analysis of all collected data is done and remediation measures are proposed.

Кључне речи: ревитализација, процена стања, санација

1. УВОД

Рад се састоји од две међусобно независне целине. Први део представља теоријско – истраживачки део у коме је описан архитектонски стил тадашњег времена – "ар deco", изградња и реконструкција зграде кроз историју као и промена њене намене од зидане куће до стамбеног објекта. Други део је везан за анализу, процену стања и санацију стамбене зграде.

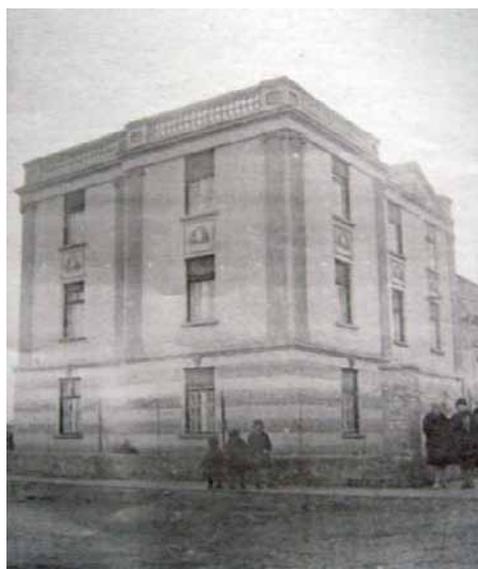
Зграда припада градској целини на којој су између два светска рата у мањим блоковима плански зидане репрезентативне породичне куће, те је крај познат као "зона вила". Сама зграда носила је име "Зграда градитеља бродова".

Кућа на два спрата подигнута је 1929. Године. Пројектант и инвеститор био је Стеван Радивојевић, који је испројектовао још неколико кућа (вила) у овом крају. 1936. године, дограђује се друга, наизглед симетрична половина на постојећу двоспратну кућу.

НАПОМЕНА:

Овај рад проистиче из мастер рада чији је ментор била др Мирјана Малешев, ред. проф.

Мења се првобитан изглед: подиже се спрат и поткровље, проходан раван кров се замењује косим, орнаменти архитектонског стила се уклањају и додаје декоративна "пластика", ризалит и окулуси. На гавној фасади су три ризалита и пет оса отвора. Средњи ризалит са узаном застакљеном вертикалом степенишног отвора, окулуsom изнад и двокрилним, ниским улазом приземља, представља централни мотив објекта. Релеф и вертикални застакљени отвор степенишног светларника ограничени су једноставним, равно обликованим и тракастим рамом изведеним од ружичастог млевеног камена (слике 1 и 2).



Слика 1 Изглед куће изграђене 1929. год.



Слика 2 Зграда дограђена и реконструисана 1936. год. (садашњи изглед куће)

1.1 Општи принципи у примени техничке заштите градитељског наслеђа

Објекат је евидентиран као културно добро и спада у трећу категорију заштите објеката као споменика културе. Сврха заштите споменика културе је:

- Очување споменика у неокрњеном и изворном стању.
- Предузимање потребних мера за њихово редовно одржавање.
- Спречавање сваке радње којом би се могло непосредно променити својство, облик, значај и изглед споменика културе.
- Обезбеђење услова да споменици културе према својој намени и значају, служе задовољењу културних, научних, естетских и едукативних потреба грађана и друштвене заједнице.

Зграда током година мењала свој, провобитан изглед проширењем приземне етаже, чиме губи веродостојност у првобитном изгледу и заштиту града Новог Сада као културно – историјског споменика.

1.2 Конзервација историјских споменика

Конзервација је поступак при којем се тежи да се споменик очува у стању у којем се налази без икаквих додатака и стабилизација угрожених делова конструкције. Циљ је очување аутентичности самог објекта, очување архитектонског стила и успомене на период у којем је изграђена. Поступак обухвата:

- Начела минималне интервенције – санацију свих делова конструкције код којих су угроени сви потребни критеријуми које она треба да задовољи.
- Коришћење метода и материјала које су усмерене ка отклањању постојећих проблема без могућности појаве истих у будућности уз могућност примене старих техника и материјала али и коришћење савремених.

2. ПРОЦЕНА СТАЊА ЗИДАНЕ СТАМБЕНЕ ЗГРАДЕ У НОВОМ САДУ

Детаљним прегледом објекта утврђени су дефекти и оштећења настали током изградње и експлоатације самог објекта.

2.1 Конструктивни систем

Објекат се састоји из: подрумског простора, приземља, прве етаже, пруге етаже и таванског простора. Конструктивни систем зграде је масиван и састоји се од носећих неармираних зидова у оба ортогонална правца дебљине 51cm, од опеке старог формата: 25x12x6.5cm и дебљине 62cm од опеке старог формата 30x15x7.5cm. Преградни зидови су дебљине 34.5cm и 27cm. Зидови етажа су омалтерисани са унутрашње стране малтером класе М2.5. Основа зграде је неправилног правоугаоног облика, димнзија 23.04x13.20m. Спратна висина подрума је 1.70m, приземља 3.23m, осталих етажа: 3.35m и тавана 2.14 m. Кровна конструкција је дрвена и ослања се на систем носивих зидова чиме се добија "високи кров". Кровни покривач се састоји од обичних, челичних панела дебљине 0.5–0.6mm. Траке су правоугаоне,

димензија 100x50cm које су двоструким лежећим шавовима повезане у траке. Кров је благог нагиба, око 10°. Тераса првог спрата покривена је тендом, а надограђени део стана приземља покривен је бибер теголом браон боје. Фасада је полихромна, сиве и ружичасте боје, тзв. "прскана" или јеж фасада, крупноће зрна око 2mm. Састоји се од минералног декоративног малтера – хирофа, који даје рељефни изглед објекту и доприноси површинској заштити фасадних зидова. Присутна су два типа међуспратних конструкција:

- Бетонска таваница са челичним носачима – (подрум).
- Флексибилне дрвене међуспратне таванице дебљине 24cm (остале етаже).

Плафони дрвених таваница су монолитни и састоје се од плафонског малтера набаченог преко једног или два слоја трске, са дашчаном облогом. Подови међуспратних таваница се састоје од подне облоге и подлоге. Обложени су у зависности од функције и намене просторија. У спољашње степениште спадају терасне степенице. Унутрашње степениште је двокрако, конзолно АБ степениште, бочно ослоњено на носеће зидове. Плоче подеста и међуподеста се ослањају на носиве зидове. Према начину израде степениште је монтажно, од префабрикованих елемената који се уграђују монтажом.

2.2 Детаљан визуелни преглед

Детаљним прегледом објекта утврђени су дефекти и оштећења у појединим деловима етажа:

Неки од примера уочених оштећења су:

- Оштећења зидова у виду отпадања малтера, одвајања опекарских производа, стварања мемле и мрља. (Слика 3)
- Корозија челичних I - ноосача и стварање агрегатних гнезда на међуспратној конструкцији подрума (Слика 4).
- Отадање фасаде и малтера, дезинтеграција материјала (Слика 5).
- Прслине које формирају мрежу на плафонима
- Оштећења крова у виду отпадања заштитног битуменског премаза и корозија челичног лима (Слике 6 и 7).
- Отпадање слојева малтера и боје, појава биолошке корозије АБ плоче лођа (Слика 8).
- Оштећења степенишног крака, подеста, челима степеница и газашта у виду прслина, дробљења бетона и пукотина (Слика 9).

Узроци појаве описаних оштећења су:

- Пропадање објекта због неодржавања.
- Оштећења настала услед изостанка топлотне изолције у зидовима.
- Оштећења услед вибрација изазваних саобраћајем.
- Оштећења услед преоптерећења појединих делова зграде променом њихове намене.
- Оштећења зидова од мрза и соли.



Слика 3 Изглед подруског зида



Слика 4 Изглед плафона подрума



Слика 5 Изглед фасаде објекта



Слика 6 Изглед заштитног премаза крова



Слика 7 Изглед челичних лимених панела



Слика 8 Изглед плоче једне од лођа зграде



Слика 9 Оштећења степеништа

3. ПРЕДЛОГ САНАЦИОНИХ МЕРА

Ради рестаурације објекта предвиђене су различите активности, а неке од њих су:

- Уграђивање хоризонталне хидроизолације пресецањем зидова (ХИО), израда вертикалне хидроизолације до 30cm изнад коте терена на свим спољашњим зидовима објекта и наношење средства за побољшање водонепропустљивости подрумских зидова уз суседни објекат -пенетрати
- Санација међуспратних конструкција уклањањем оштећених делова и њихова замена новим. Ојачање флексибилне међуспратне таванице спратова спрезањем постојећих дрвених греда и нове АБ плоче. Извођење антикорозионе заштите међуспратне конструкције подрума са челичним носачима као и санирање зона сегрегације бетона.

- Извођење постојећих подних облога, извођење нове АБ подне плоче са одговарајућом хидроизолацијом и термоизолацијом на свим етажама, подруму и тавану. Извођење нових подних облога чија врста зависи од намене просторија.
- Санација степеништа ходника зграде предвиђена је променом статичког система тј. конзолно степениште се прихвата на слободном крају челичним носачем – косом гредом.

4. ЗАКЉУЧАК

Анализом уочених оштећења закључено је да је угрожена функционалност и трајност објекта. Као последица неодржавања објекта, дозиђивања и доградње у различитом временском периоду, функционалност објекта је угрожена и у поодмаклој фази, те сходно томе, потребно је предузети обимније мере санације.

Са становишта локалне и глобалне стабилности, носећи зидови нису угрожени. Зидови подрума су оштећени услед дејства капиларне влаге. Оштећења на међуспратним конструкцијама су таква да не угрожавају стабилност конструкције за стално и повремено оптерећење. У случају земљотреса, због меких флексибилних таваница и непостојања хоризонталних серклажа, стабилност објекта може бити нарушена. Под подрума је земљани и од опеке, без подне плоче и вертикалне и хоризонталне хидроизолације просторије, па је проблем продора воде присутан чиме је угрожена функционалност и трајност конструкције. На АБ плочама лођа најизраженија оштећења су на слободним крајевима, а последица су дугогодишњег дејства атмосферичких фактора. Ова оштећења не утичу на носивост плоча, али значајно нарушавају изглед објекта. Монтажно АБ степениште спада у слабији део конструкције због активног рада пукотина које узрокују све већа оштећења.

Оштећења на месту ослањања не угрожавају носивост конструкције степеништа у тој мери да воде ка урушавању. Степениште је изведено као конзолно, што је у супротности са важећим правилником о асеизмичком пројектовању.

Кровна дрвена конструкција је делимично испуцала, кровни покривач од челичних лимова је у потпуности кородирао, а завршни премаз битумена испуцао, остарио и отопио, чиме је нарушена основна улога кровног покривача – заштита од продора влаге.

Овим је доведено у питање критеријум трајности носеће конструкције објекта а тиме и његова функционалност.

На зидовима објекта нису примећена оштећења која би указивала на постојање слегања објекта. С тога, темељи објекта су у задовољавајућем стању. Предложеним мерама санације и ревитализације овом објекту ће се вратити стари сјај и сачуваће се од даљег пропадања.

5. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Властимир Радоњанин, Мирјана Малешев: *Материјал са предавања из предмета „Праћење, процена стања и одржавање грађевинских објеката“* и *„Материјали и технике санације и заштите грађевинских објеката“*, 2009.
- [2] Донка Станчић: *Нови Сад од куће до куће, Завод за заштиту споменика културе града Новог Сада*, 2005.
- [3] Мартин Митаг: *Грађевинске конструкције, 18. Потпуно прерађено издање*, 2000.
- [4] Борис Трогрлић, Милко Батинић, Анте Михановић: *Зидане зграде – пројектовање и прорачун*, 2012.
- [5] Правилници и технички нормативи
- [6] Каталогизација произвођача

Кратка биографија:



Љубица Грујић, рођена је у Новом Саду 1984. године. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Грађевинарство – Смер за процену стања и санацију објеката, одбранила је 2013. год.

PROJEKAT BETONA ZA STAMBENO-POSLOVNI OBJEKAT NA UGLU ULICA CARA DUŠANA I BRAĆE GRULOVIĆ U NOVOM SADU**PROJECT OF CONCRETE FOR RESIDENTIAL-BUSINESS BUILDING AT THE CORNER OF STREETS CARA DUSANA AND BRACE GRULOVIC IN NOVI SAD**

Ana Medan, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – Tema ovog rada jeste Projekat betona za građenje stambeno- poslovnog objekta na uglu ulica Cara Dušana i Braće Grulović u Novom Sadu. Rad se sastoji iz dva dela, odnosno teorijsko – istraživačkog dela, u kome je data uporedna analiza ugrađivanja i njege betona na visokim temperaturama prema BAB-87 i ACI305R-10 i stručnog dijela koji obuhvata: Projekat betona za predmetni objekat, Projekat betona Izvođača radova – izvedeno stanje i zaključke.

Abstract – Topic of this paper is the Project of concrete for residential – business building at the corner of Cara Dusana and Brace Grulovic street in Novi Sad. The paper includes two parts:

1) Theoretical part - research part in which the comparative analysis of hot weather concreting and curing according to BAB-87 and ACI305R-10 is presented;

2) Expert part that encircles the main data of building; Project of concrete for the objective building; Project of concrete which was made by contractor – accomplished case, and conclusion.

Ključne reči: projekat betona, vrste betona, klase betona, partije betona, kontrola kvaliteta, betoniranje i njega betona na visokim temperaturama, BAB-87, ACI305R-10

1. UPOREDNA ANALIZA UGRAĐIVANJA I NJEGE BETONA NA VISOKIM TEMPERATURAMA PREMA BAB-87 I ACI305R-10

U okviru teorijsko - istraživačkog rada, analizirani su i upoređeni nacionalni propisi za ocenu i kontrolu saglasnosti betona sa propisima Američkog instituta za beton ACI305R-10.

Kontrola kvaliteta predstavlja skup postupaka i odluka koje se odnose na projektovane tehničke uslove, kao i proveru koje se vrše radi utvrđivanja ispunjenosti ovih tehničkih propisanih zahteva. U standardu ACI305R-10 su navedena pravila i postupci pri ugrađivanju i njezi betona na visokim temperaturama, uključujući testiranja svežeg betona. Standard ASTM C31/C31M zahtjeva da uzorci betona budu zaštićeni od sunca, vetra, brzog isparavanja i kontaminacije. Posebna pažnja je posvećena njezi ovih uzoraka na 27°C pri čemu se izbjegavao gubitak vlage na početku perioda njege, u skladu sa propisima iz ASTM C31/C31M, sa izuzetkom za C1611/C1611M i C1621/C1621M za samougrađujući beton.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Mirjana Malešev, redovni profesor.

Problemi pri betoniranju na visokim temperaturama su sljedeći: potreba za većim količinama vode; tendencija dodavanja vode na gradilištu; lošija ugradljivost betona, što dovodi do poteškoća u radu, kompaktiranju i sušenju, kao i do veće mogućnosti pojave hladnih spojnica; veće plastično skupljanje i opasnost od pojave pukotina; i teža kontrola aeracije. Oštećenja betona izazvana dejstvom visokih temperatura ne mogu nikad biti u potpunosti ublažena. Posljedice betoniranja na visokim temperaturama:

- lošija ugradljivost betona,
- brže vezivanje betona,
- opasnost od pojave pukotina,
- niže čvrstoće betona nakon 28 dana

1.1. Postupci betoniranja na visokim temperaturama

Prema ACI305R-10, mjere u uslovima betoniranja na visokim temperatura u cilju izbjegavanja potencijalnih problema obuhvataju:

izbor materijala sa zadovoljavajućim svojstvima za uslove visokih temperatura; redukovanje i kontrolisanje temperature svežeg betona; upotreba betona sa konzistencijom koja dozvoljava brzo ugrađivanje i efektivno očvršćavanje; minimiziranje trajanja transporta, ugradnje, očvršćavanja i njege betona; zakazivanje betoniranja noću ili rano ujutro kada su vremenski uslovi najpovoljniji; zaštita betona od gubitka vlage tokom perioda ugradnje i njege i održavanje sastanaka u vezi usvajanja mjera za betoniranje na visokim temperaturama. tokom stalnog mješanja betonske mješavine, količina vode potrebna za dobijanje predviđene gustine betona se takođe povećava sa porastom temperature. Uzlov da se betoniranje smatra rizičnim je temperatura vazduha od preko +25°C tokom nekoliko uzastopnih dana. Prema BAB-87, ugrađivanje betona u kalupe ili oplatu pri spoljnim temperaturama iznad +30 °C se smatra betoniranjem u posebnim uslovima. Za betoniranje u posebnim uslovima se moraju osigurati posebne mjere zaštite betona.

1.2. Recepture za betonske mješavine

Količina ohlađene vode ne smije da prelazi zahtjevane uslove u recepturi, što zavisi od odnosa komponenti i sadržaja vlage u agregatu. Kada se koriste cementi niske toplote hidratacije, sporiji porast temperature i istovremeni gubitak toplote iz betona umanjuju maksimalne temperature. Sadržaj cementa treba ograničiti na količinu potrebnu za obezbeđivanje čvrstoće betona. Treba koristiti cement sa umjerenom toplotom hidratacije. Postoje mješavine koje povoljno utiču na karakteristike betona na visokim temperaturama. Standardi na osnovu kojih se ove mješavine

propisuju su sljedeći: ASTM C494/C494M-Vrsta G, ASTM C1017/C1017M -Vrsta II. Krupni agregat utiče na veću potrebu za vodom u odnosu na sitni, ali ima veću otpornost na pucanje (ACI 224R). Preporučuje se upotreba čistog i blago vlažnog agregata koji nije bio direktno izložen suncu, i izbjegavanje upotrebe poroznih agregata koji će doprinjeti većoj potrošnji vode u betonu. Prema našim standardima, cement i ostali sastojci betona koji se ugrađuje u masivne elemente moraju biti takvi da temperatura ugrađenog betona ni u kom slučaju ne bude viša od +65 °C. U protivnom, preduzimaju se mjere za hlađenje komponenata betona ili hlađenje betona u samom elementu.

1.3. Proizvodnja betona

Treba preduzeti sve potrebno kako bi se temperatura svježeg betona održavala što nižom. Temperatura betona se obično može umanjiti za 0.5°C ukoliko se umanje temperature nekih komponenata betona: 4°C redukcije u temperaturi cementa; 2°C redukcije u temperaturi vode; ili 1°C redukcije u temperaturi agregata. Trebalo bi obavljati postupke kao što su: kontrola promjene dimenzija uzoraka, kontrola hidratacije, kontrola mješanja u automikseru, hlađenje agregata, regulisanje boje automiksera, itd.

1.4. Transport betonske mješavine

Za beton koji se transportuje auto-mikserom treba obezbjediti 70 obrtaja na početku rada, da bi se transportom obezbjedilo adekvatno stanje betona, uzevši u obzir njegovo sleganje i sadržaj vazduha. Bubanj ne smije da se zaustavlja duže vrijeme. Postoji mogućnost brzog vezivanja ili očvršćavanja betona u bubnju pri visokim temperaturama. Specifikacije koje regulišu ukupan broj obrtaja se obično ograničavaju na 300 obrtaja po vozilu. Ovo ograničenje važi za: beton koji zadržava svoju obradljivost bez dodavanja vode; posebno dodavanje mješavina za umanjeње količine vode ili direktno dodavanje tečnog azota u cilju umanjeња temperature betona. Naši standardi navode da treba uvesti sve neophodne mjere kako bi se sačuvala obradljivost betona tokom transporta i ugradnje.

1.5 Ugrađivanje i njega betona

Visoke početne temperature sušenja mogu negativno da utiču na krajnju čvrstoću betona, više nego što bi to učinila visoka temperatura samog betona. Njega betona treba da traje najmanje 7 dana od dana ugradnje. Različite metode njega betona su opisane u standardu ACI 308R. Ovim konceptom je pažnja usmjerena ka njezi betona u njegovoj „plastičnoj“ fazi. Ovi standardi detaljno opisuju procedure i metode njega betona na visokim temperaturama. Među najzanimljivijim metodama je metoda hlađenja betona i vode tečnim azotom, pomoću čega se povećana temperatura prilikom transporta betona može umanjiti na gradilištu. Niža granica temperature betona se postiže kada se beton najbliži igli za injektiranje pretvori u smrznuti grumen. Količina tečnog azota varira u zavisnosti od betonske mješavine i potrebnog smanjenja temperature. Prema našem pravilniku BAB-87, beton mora biti zaštićen od prebrzog isušivanja, brze izmene toplote između betona i vazduha, padavina i tekuće vode, visokih i niskih temperatura, vibracija koje mogu promijeniti unutrašnju strukturu i drugih mehaničkih oštećenja u vrijeme vezivanja i početnog očvršćavanja. Ako se koriste usporivači vezivanja i dodaci za povećanje obradljivosti, njihovo djelovanje treba prethodno dokazati

na uzorcima sa odabranim cementom i očekivanom temperaturom betona.

1.6. Zaključak

Betoniranje na visokim temperaturama pripada kategoriji posebnih uslova za rad, a standardi ACI305R-10 su svoje odredbe zasnovali na postupcima koji su preduzeti u njihovoj zemlji. Svi aspekti ovog procesa su detaljno navedeni, počev od formiranja receptura do njega betona i pregleda uzoraka. Naši nacionalni propisi, obzirom na godinu izrade, uopšteno obrađuju ove aspekte. U međuvremenu je došlo do značajnih izmjena u mehanizaciji, načinu i broju preventivnih mjera zaštite betona od isušivanja. Treba obratiti pažnju na komponente betonske mješavine, sredstva spoljašnjeg i unutrašnjeg transporta kao i njega ugrađenog betona, uključujući adekvatne metode hlađenja.

2. OSNOVNI PODACI O OBJEKTU

Stambeno – poslovni objekat na uglu ulica Cara Dušana i Braće Grulović u Novom Sadu je projektovan kao objekat koji bi svojom arhitekturom doprineo izgradnji savremenijih i funkcionalnijih objekata u ovom delu grada. Projekat je osmislio i razradio Projektni biro Urbis d.o.o. Novi Sad, rukovodilac projekta i odgovorni projektant Marija Šaranović, dipl.inž.građ., radove izvodila firma „Best Izgradnja“ iz Novog Sada. Prema svom dispozicionom obliku, objekat se sastoji od dvije lamele raspoređene u obliku slova L (slika 1).



Slika 1: Stambeno-poslovni objekat na uglu ulica Cara Dušana i Braće Grulović

Objekte lamele su spratnosti Su + Pr + 4 + Pk. Ukupna visina obje lamele od temelja do krova iznosi 22,46m. Ugao ove dvije ulice je naglašen staklenom fasadom i kružnom pločom u okviru potkrovlja objekta, na visini od 21,16m. Prizemne etaže su projektovane povećane visine sa galerijskim prostorom, odnosno prostorom za lokale. Stanovi su raspoređeni u sve četiri etaže. U dijelu suterena lamele 1 se nalazi dvonamjensko sklonište. Drugi dio je predviđen za garažni prostor. U jednom dijelu iznad temeljne ploče u lameli 2 se prostor ispunjava pijeskom do nivoa prizemlja, čime se povećava sigurnost objekta na isplivavanje. Takođe, u drugom dijelu se nalaze garaže. Konstruktivni sistem objekta je AB skeletni sistem u globalnom rasteru 37,0m x 49,0m. Prema preporukama geomehaničkog elaborata, fundiranje objekta se vrši na temeljnoj AB ploči, debljine 50cm. Vertikalne noseće elemente čine stubovi okruglog, kvadratnog i pravougaonog poprečnog presjeka promjenljivih dimenzija po svim etažama kao i armirano betonski zidovi debljine 20cm po etažama i oko lifta. Zidovi skloništa su debljine 40cm. Međuspratne konstrukcije su projektovane kao „specijalne“

pečurkaste ploče bez kapitela, oslonjene na stubove. Armirano betonska stepeništa su različitog konstruktivnog sistema, sa pločom debljine 16 cm. Krovna konstrukcija objekta je koljenasta armirano betonska ploča debljine 20cm sa termo i hidroizolacionim slojevima.

3. PROJEKAT BETONA ZA PREDMETNI OBJEKAT

Projekat betona je elaborat tehnološkog karaktera čijom primenom treba da budu osigurana dva osnovna cilja: obezbeđenje svih zahteva postavljenih kroz projekat konstrukcije kao i blagovremeno planiranje svih aktivnosti koje su u vezi sa pomenutim zahtevima, kako bi se isključila potreba i mogućnost improvizacija u fazi izvođenja radova i time izbegle eventualne štetne posledice vezane za propuste u organizaciji i tehnologiji.

3.1. Definisane kategorije, klase i vrste betona

Proračunom je dobijeno da ukupna količina betona, koju je potrebno ugraditi iznosi 3181,8m³. U konkretnom slučaju primenjuju se transportovani betoni, pa saglasno BAB 87 u okviru ovog objekta svi primenjuvani betoni pripadaće kategoriji B.II. Na osnovu zahtjevanih svojstava iz projekta konstrukcije, definisane su tri klase betona: klasa A (MB20), klasa B (MB30) i klasa C (MB40). Prema članu 10 PBAB-a 87, određena su nominalno najkрупnija zrna agregata za najkritičnije preseke u konstrukciji sa aspekta gustine armature. Na osnovu definisanog najkрупnijeg zrna agregata i načina ugrađivanja betona, u okviru svake klase definisane su vrste – sastavi betona (tabela 1).

Tabela 1. Klase i vrste betona sa oznakama receptura

Klasa betona	A	B		C
Vrsta betona	A	B1	B2	C

Predmetne oznake imaju sljedeća značenja:

A - MB 20, trofrakcijski agregat, D_{max}=16mm, plastična konzistencija;

B1 - MB 30, trofrakcijski agregat, D_{max}=16mm, pumpani beton, tečna konzistencija;

B2 - MB 30, četvorofrakcijski agregat D_{max}=31,5mm, plastična konzistencija;

C - MB 40, četvorofrakcijski agregat D_{max}=31,5mm, plastična konzistencija.

3.2. Projektovanje sastava betona

Prije početka sastavljanja receptura za izradu probnih betonskih mješavina, urađena su laboratorijska ispitivanja cementa i agregata. Ustanovljeno je da ovi materijali ispunjavaju sve potrebne uslove kvaliteta i da se mogu koristiti za spravljanje betona.

Računski sastavi betonskih mješavina za izradu prethodnih proba odabrani su na osnovu sledećih uslova:

- voda je usvojena prema zahtjevanoj konzistenciji,
- količina cementa iz vodocementnog faktora koji se dobija iz obrasca Bolomeja:

$$f_{b,28} = A \times f_{p,c} \times (1 - 0,5\omega) / \omega \quad (1)$$

pri čemu je $f_{b,28} = MB + 8MPa$,

- količina uvučenog vazduha $\Delta p = 2\%$.

- količina agregata iz sume apsolutnih zapremina komponentnih materijala u 1m³ betona.

Računski sastavi probnih betonskih mešavina prikazani su u tabeli 2.

Tabela 2: Računski sastavi betonskih mešavina

	m _c (kg/m ³)	m _v (kg/m ³)	m _a (kg/m ³)
A	310	194	1836
B/1	390	196	1758
B/2	360	181	1828
C	388	163	1844

Konačni sastavi se određuju na osnovu eksperimentalnih rezultata. U okviru eksperimentalne provjere, spravlja se još po dvije betonske mešavine za svaku vrstu betona, čiji su sastavi dobijeni na sledeći način: mijenja se količina cementa za $\pm \Delta m_c$ (obično 20-40kg) u odnosu na proračunsku vrednost, količina vode se zadržava ista, a količina agregata se određuje iz sume apsolutnih zapremina. Konačni sastavi betonskih mešavina određuju se na osnovu rezultata ispitivanja 28-dnevne čvrstoće pri pritisku i iz uslova: $f_{km} \geq MB + 8MPa$.

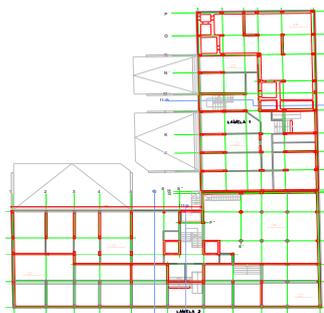
3.3. Plan betoniranja, transport i potrebna oprema

Transportovani beton se spravlja u fabrici betona firme „Best izgradnja“ iz Novog Sada, kapaciteta 50 m³/h (teorijski učinak 60m³/h). Spoljni transport sveže betonske mase vrši se automikserima. Fabrica betona posjeduje 3 automiksere kapaciteta 10m³. Prosječna brzina kretanja vozila iznosi 50 km/h. Udaljenost fabrike betona od mesta ugrađivanja je cca. 20km. Vremenski je potrebno 25 min do gradilišta (mjesto ugrađivanja). Auto-pumpa se može koristiti za direktno betoniranje konstrukcije. Časovni učinak auto-pumpe je 100 m³/h, strijela je dužine 39m. Za je nepumpani beton, unutrašnji transport sveže betonske mase se vrši toranjskom dizalicom, pomoću velike korpe za beton, zapremine 0.6 m³ i to direktnim pretovarom iz automješalice. Za zbijanje betona primjenjuje se električni pervibrator sa prečnikom igle Ø 45 mm, tipa IREN 45, proizvođača „WACKER“, kapaciteta 18m³/h. Temeljna ploča je debljine 50cm i betoniraće se u jednom sloju po debljini. Beton se prvo ugrađuje u dna i zidove lift. okna u sloju debljine 50cm u obje lamele. Betoniranje se obavlja korpom kрана. Nakon toga, pristupa se betoniranju temeljne ploče. Betoniranje se obavlja auto-pumpom a zbijanje betona pomoću vibratora i vibro-letvi. Da bi se betoniranje dela temeljne ploče sa količinom betona od 206m³ obavilo u sklopu jedne radne smene, iznajmljuju se 4 automiksere kapaciteta 10m³.

3.4. Faze betoniranja

Betoniranje AB temeljne ploče će se obaviti bez prekida, kontinualno u trakama (Slika 2). Širina trake se usvaja iz uslova da se betoniranje susedne trake mora započeti prije početka vezivanja cementa (max 120min od početka spravljanja betona). Dinamika betoniranja temeljnih ploča je usvojena tako da se prvo izbetoniraju dna sva tri liftovska okna, zatim zidovi sva tri liftovska okna, zatim temeljna ploča lamele 1 i na kraju temeljna ploča lamele 2.

Visina zidova u lameli 1, u području skloništa iznosi 2,30m dok u ostalim dijelovima suterena ona iznosi 2,45m. Zidovi se betoniraju u slojevima od po 40 cm.



Slika 2. Osnova temeljne ploče

Zidovi i stubovi u svim etažama osim potkrovlja će se betonirati auto-pumpom. Krovna ploča lamele 1 će se betonirati u 3 faze a krovna ploča lamele 2 u 2 faze.

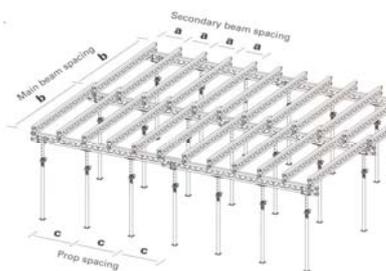
Dinamički plan betonskih radova rađen je u programskom paketu Microsoft Office - Microsoft Office Project 2003. Na osnovu toga, radovi na betoniranju AB konstrukcije stambeno-poslovnog objekta na uglu ulica Cara Dušana i Braće Grulović bi trebalo da se izvedu u periodu 04.05.2009.– 30.03.2010. Uzet je potreban broj uzoraka za svaki dan betoniranja spram količine betona koja se ugrađuje toga dana uz dodatne uzorke da bi se zadovoljio uslov za formiranje partija betona za ocenu prema kriterijumima 1 i 3. Formirano je 39 partija za kontrolu saglasnosti sa uslovima iz projekta konstrukcije.

3.5. Oplate i skele

Međuspratna konstrukcija zgrade je ploča direktno oslonjena na stubove i izvodiće se na skeli/oplati dobijenoj sklapanjem gotovih elemenata proizvođača "PERI"-Beograd (Sl. 3).

Radi se o sistemu koji se sastoji od tzv. podešavajućih nosača "PERI UP skele" i od odgovarajućih podešavajućih podupirača.

S obzirom na karakteristike međuspratne ploče, saglasno tehničkim podacima koji se odnose na podešavajuće nosače navedenog sistema, ovi nosači treba da budu postavljeni na razmaku od 0,60m.



Slika 3. PERI UP" skela za betoniranje ploče

3.6. Terminsko oslobađanje konstrukcije od oplate

Uzimajući u obzir odredbu BAB 87, temperature vazduha u periodu izvođenja betonskih radova, kao i dinamiku betoniranja, oslobađanje stubova i zidova od oplate je predviđeno nakon 3 dana od njihovog betoniranja. Oslobađanje međuspratne ploče od oplate se obavlja 15 dana nakon betoniranja, kako bi se ostvarilo umanjenje u trajanju betonskih radova.

Većina radova se obavlja u letnjem periodu, pa je u slučaju visokih temperatura potrebno obezbediti potrebne uslove radi odgovarajuće njege i zaštite betona.

4. PROJEKAT BETONA PREDMETNOG OBJEKTA – IZVEDENO STANJE

4.1. Definisane kategorija, klasa i vrsta betona i Plan betoniranja za izvedeno stanje

Podaci o komponentnim materijalima i njihovom ispitivanju koji su korišćeni u prethodnom poglavlju su dobijeni od firme „Best izgradnja“ iz Novog Sada, koja je izvodila radove na ovom objektu. Takođe, ova firma je kontrolisala kvalitet betonskih mešavina u skladu sa propisanim merama za fabriku betona. Recepture za upotrebljene marke betona su bile dostupne samo za 2 meseca trajanja radova. Plan betoniranja, odnosno projekat betona od strane izvođača nije urađen.

4.2. Faze betoniranja i terminsko oslobađanje konstrukcije od oplate

Dinamički plan gradjenja, u okviru koga su grubo obuhvaćeni planovi betoniranja konstrukcijskih elemenata, je izradjen, ali nije poštovan prilikom izvođenja objekta. O definisanju partija betona i uzimanju uzoraka nisu pronađeni podaci. Uvidom u građevinski dnevnik ustanovljeno je da su uzorci uzimani prilikom izvođenja betoniranja, ali nije vođena evidencija o mestu ugrađivanja betona.. Ako je i izvršena numeracija i obeležavanje mesta uzimanja uzorka i njihovo ispitivanje, o tome nisu pronađeni pisani tragovi. Jedini trag ispitivanja kvaliteta ugrađenog betona je rečenica upisana u građevinski dnevnik od strane nadzora "armatura pregledana, dozvoljava se betoniranje, uzorke ugrađenog betona uzeti prema pravilniku BAB". Nedostaje kontrola saglasnosti sa uslovima projekta konstrukcije koja se sprovodi na uzorcima uzetim na gradilištu.

Za izvedeno stanje predmetnog objekta ne postoji detaljan i precizan terminski plan oslobađanja konstrukcije od oplate, tj. skele.

5. ZAKLJUČAK

Izradom dinamičkog plana delimično su sagledane potrebne aktivnosti, međutim, samo izradom Projekta betona za konkretni objekat, poštujući sve odredbe iz pravilnika BAB 87, moguće je obezbediti pravilno, kvalitetno i ekonomski najpovoljnije izvođenje radova na betoniranju konstrukcije. Time bi se isključila potreba i mogućnost improvizacija u fazi izvođenja radova i izbegle eventualne štetne posledice vezane za propuste u organizaciji i tehnologiji građenja.

6. LITERATURA

- [1] Mihailo Muravljev, "Osnovi teorije i tehnologije betona", *Građevinska knjiga*, Beograd, 2000.
- [2] Milan Trivunić i Zoran Matijević, "Tehnologija i organizacija građenja", Novi Sad, 2004.
- [3] Beton i armirani beton prema BAB 87, *Građevinski fakultet univerziteta u Beogradu*, Beograd, 2004.
- [4] Zbornik radova "Harmonizacija domaće i evropske regulative u oblasti tehnologije betona saglasno standardu EN 206-1:2000", Beograd 2004.

Kratka biografija:



Ana Medan, rođena je u Mostaru 1982. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstva-teorija i tehnologija betona odbranila je juna 2013.god.

**ANALIZA TRANSPORTA GRAĐEVINSKOG MATERIJALA
THE ANALYSIS OF THE BUILDING MATERIAL TRANSPORTATION**Dragan Ždero, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

Kratak sadržaj – U ovom radu izvršena je analiza transporta građevinskog materijala do gradilišta stambenog objekta $Su+Pr+I+Pe$ u Beogradu. Analiza je urađena na osnovu unapred usvojene tehnologije i organizacije građenja.

Abstract – This paper describes the analysis of building material transport to the building site of a residential building $Su+Pr+I+Pe$ in Belgrade. The analysis is based on previously established construction technology and organisation.

Ključne reči: tehnologija, organizacija, transport

1. UVOD

Da bi se transport građevinskog materijala obavljao što brže, efikasnije i pouzdanije neophodna je primena građevinskih mašina. Ovim radom je prikazana analiza i izbor najpovoljnije mašine za transport građevinskih materijala.

2. ANALIZA TRANSPORTA GRAĐEVINSKOG MATERIJALA

Radom se prezentuje izbor najpovoljnije građevinske mašine za obavljanje određenog posla koji se vrši na osnovu cene rada.

Cena rada građevinske mašine se računa po času rada. Za potrebe određivanja cene pozicija građenja u kojima učestvuje građevinska mehanizacija, cena obračunata po času rada se svodi na jedinicu mere pozicije.

Na analizu izbora građevinskih mašina presudna su dva parametra, praktičan učinak U_p i ukupni troškovi za 1 čas rada mašine E_{uk} . Na osnovu ova dva parametra dolazimo do cene transporta od koje zavisi izbor najpovoljnije (najjeftinije) mašine za transport.

2.1. Mašine za transport

Izbor mašina za transport vrši se na osnovu sledećih kriterijuma:

- transport na gradilištu ili van gradilišta
- vrste tereta koji se transportuje
- karakteristika transportnog sredstva
- dužine transporta
- brzine kretanja transportnog sredstva
- praktičnog učinka

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je dr Milan Trivunić. red. prof.

Praktični učinak prevoznog sredstva se može sračunati kao:

$$U_p = U_t * k_v * k_p * k_r$$

gde je:

U_t - teorijski učinak

k_v - koeficijent korišćenja radnog vremena

k_p - koeficijent punjenja radnog organa

k_r - koeficijent rastresitosti (primenjuje se, ako se radi o transportu zemljanih materijala)

Teorijski učinak transportnog sredstva se sračunava na sledeći način:

$$U_t = T / T_c * q$$

gde je:

T_c - trajanje ciklusa

q - zapremina, tj. nosivost transportnog sredstva

T - 60 ako je T_c u min, ili 1 ako je T_c u časovima

$$T_c = t_u + t_v + t_i + t_m + t_o$$

gde je:

t_u - vreme utovara transportnog sredstva

t_v - vreme transporta punog vozila

t_i - vreme istovara transportnog sredstva

t_m - vreme manevrisanja

t_o - vreme transporta praznog vozila

Trajanje ciklusa transporta se može sračunati i kao:

$$T_c = t_u + t_i + t_m + t_p$$

gde je:

t_p - vreme prevoza koje se može sračunati na sledeći način:

$$t_p = L / v_{sr}$$

gde je:

L - dužina transporta

v_{sr} - srednja brzina kretanja

$$v_{sr} = (v_{pu} + v_{pr}) / 2$$

gde je:

v_{pu} - srednja brzina punog vozila

v_{pr} - srednja brzina praznog vozila

$$v_{sr} = \sum v_j / m$$

gde je:
 v_j - brzina na pojedinim deonicama
 m - broj deonica

$$v_j = L_j / T_j$$

gde je:
 L_j - dužina pojedine deonice
 T_j - vreme provedeno na pojedinoj deonici

Kada nije moguće analizirati prevoz za konkretnu deonicu, prema prethodno datim formulama, srednja brzina prevoza se može dobiti pomoću koficijenata redukcije i maksimalne dozvoljene brzine na putu transporta. Koeficijenti redukcije zavise od uslova prevoza i da li je vozilo puno ili prazno i dati su u tabeli 1. Proračun brzina kretanja je sledeći:

$$v_{pu} = k_1 * v_{doz}$$

$$v_{pr} = k_2 * v_{doz}$$

Tabela 1. Koeficijenti redukcije za određivanje srednje brzine prevoza

Uslovi prevoza	Vrsta prevoza	
	pun k_1	prazan k_2
Lokalni	0.500	0.665
Mali	0.585	0.750
Srednji	0.585	0.835
Srednji - dug	0.665	0.835
Dugački	0.665	0.915

U nastavku je dat prikaz raspoloživih sredstava – mašina za transport:

2.1.1. Kamioni kiperi

Koriste se za transport rasutih materijala (šljunak, pesak i sl.)

IVECO TRAKKER AD380T41 6X4 (slika 1.)
 Nabavna vrednost mašine: 6.800.000,00 dinara
 Zapremina: 11,00 m³
 Snaga motora: 301 kW
 Gume: 13 R22,5 Michelin



Slika 1. Iveco trakker AD380T41 6x4

DAF CF85.410 6X4 (slika 2.)
 Nabavna vrednost mašine: 9.000.000,00 dinara

Zapremina: 12,00 m³
 Snaga motora: 300 kW
 Gume: 315/80 R22,5 GoodYear



Slika 2. DAF CF85.410 6x4

RENAULT KERAX 450 XTREM 8X4 (slika 3.)

Nabavna vrednost mašine: 9.750.000,00 dinara
 Zapremina: 15,00 m³
 Snaga motora: 353 kW
 Gume: 12 R24 GoodYear



Slika 3. Renault kerax 450 xtrem 8x4

2.1.2. Kamioni s ceradom

Koriste se za transport nerasutih materijala (opeka, cement, armatura i sl.)

IVECO EUROCARGO 75E18P (slika 4.)
 Nabavna vrednost mašine: 4.527.000,00 dinara
 Nosivost: 35,00 kN
 Snaga motora: 130 kW
 Gume: 205/75R17,5 Continental



Slika 4. Iveco eurocargo 75E18P

ISUZU NPR 75 LK (slika 5.)

Nabavna vrednost mašine: 4.872.000,00 dinara

Nosivost: 41,60 kN

Snaga motora: 110 kW

Gume: 215/75R17,5 Continental



Slika 5. Isuzu NPR 75 LK

MAN TGL 12.250 LX (slika 6.)

Nabavna vrednost mašine: 6.657.000,00 dinara

Nosivost: 76,30 kN

Snaga motora: 184 kW

Gume: 245/70R17,5 Continental



Slika 6. MAN TGL 12.250 LX

2.2. Izbor mašina za transport

Cena časa rada građevinske mehanizacije je jedan od presudnih elemenata za izbor mašina za izvršenje pojedinih radova. Takođe veoma značajan pokazatelj kako pri izboru, tako i u obračunu troškova izvršenja radova na pojedinim pozicijama je i cena po jedinici mere (po m³ iskopa, po m³ spravljanja betona, po kN prenetog tereta i sl.).

Transport građevinskog materijala vrši se u gradskim uslovima i putem gradskih saobraćajnica. Šljunak i pesak se kamionom dopremaju sa deponije, koja se nalazi na 9,40 km udaljenosti od gradilišta. Beton se naručuje iz privatne fabrike betona i za transport se brine proizvođač betona. Preostali građevinski materijal se kamionima doprema sa stovarišta koje je 4,90 km udaljeno od gradilišta. U tabeli 1 su dati izlazni rezultati proračuna cene časa rada za svaki raspoloživ kamion kiper, a u tabeli 2 za svaki raspoloživi kamion s ceradom,

gde je:

q – zapremina, nosivost

NV – nabavna vrednost kamiona

E_{am} – troškovi amortizacije

$$E_{am} = NV / \text{radni vek kamiona}$$

Radni vek kamiona = 10.000,00 časova

E_{io} – troškovi investicionog održavanja

$$E_{io} = 12\% NV / D_r$$

D_r – Efektivno radno vreme u jednoj godini = 1120 h

$E_{K_{IOS}}$ – troškovi kamate na osnovna sredstva i osiguranje

$$E_{K_{IOS}} = (4,00\% + 1,50\%) NV / D_r$$

E_{jt} – jednokratni troškovi

$$E_{jt} = (1 / v_{sr} * (E_{am} + E_{io} + E_{K_{IOS}} + E_E)) / D_r$$

l – dužina transporta u toku godine = 3200 h

E_{os} – troškovi osnovnih sredstava

$$E_{os} = E_{am} + E_{io} + E_{K_{IOS}} + E_{jt}$$

E_{to} – troškovi tekućeg održavanja

$$E_{to} = (NV * p_o) / 15.000$$

p_o - koeficijent uslova rada (tabela 2.)

Tabela 2. Koeficijent uslova rada

Uslovi	p_o
Povoljni	0.20-0.45
Prosečni	0.30-0.55
Nepovoljni	0.40-0.65
Veoma nepovoljni	0.50-0.75

E_{hab} – troškovi habajućih delova

$$E_{hab} = 10\% E_{to}$$

E_g – troškovi guma

$$E_g = br_g * C_{1g} * (1,10 / T_g - 1 / RV)$$

br_g – broj guma

C_{1g} – cena jedne gume

T_g – vek trajanja guma (tabela 3.)

Tabela 3. Vek trajanja guma

Uslovi rada	Broj časova eksploatacije guma (T_g)
Povoljni	4000 - 5000 h
Prosečni	3000 - 3500 h
Nepovoljni	2000 - 2500 h

E_{pe} – troškovi pogonske energije

$$\text{Potrošnja goriva: } G = N_o * g_s * k_e$$

N_o – snaga motora mašine

g_s – specifična potrošnja goriva (3,00 N/kWh – za dizel motore)

$$k_e = k_v = 0,83$$

Cena dizela: 150,30 din/l

1l dizela = 0,85 kg

1kg = 9,81 N

$$150,30 * 0,85 = 127,76 \text{ din/kg dizela}$$

$127,76 / 9,81 = 13,02$ din/N dizela

$E_{pe} = G * 13,02$ din/N dizela

E_{maz} – troškovi maziva

$E_{maz} = 10\% E_{pe}$

E_{rs} – troškovi radne snage

Godišnji fond vremena rada radnika i mašine se razlikuju. Za radnike godišnji fond vremena rada je 2000 časova (plaćen godišnji odmor i kad mašina ne radi).

M VI - cena časa rada radnika:

$352 * (2000/1120) = 628,57$ din/h

E_E – troškovi eksploatacije

$E_E = E_{to} + E_{hab} + E_g + E_{pe} + E_{maz} + E_{rs}$

E_{RiD} – troškovi režije i dobiti

$E_{RiD} = (E_{os} + E_E) * k$

$k = 0,40$

E_{uk} - ukupni troškovi za 1 čas rada mašine

$E_{uk} = E_{os} + E_E + E_{RiD}$

E_t – cena transporta materijala

$E_t = E_{uk} / U_p$

Tabela 4. Rezultati proračuna cene časa rada raspoloživih kamiona kiperera

	IVECO TRAKKER AD380T41 6X4	DAF CF85.410 6X4	RENAULT KERAX 450 XTREM 8X4
q [m ³]	11.00	12.00	15.00
NV [din]	6800000.00	9000000.00	9750000.00
U _p [m ³ /h]	21.59	23.41	28.76
E _{am} [din/h]	680.00	900.00	975.00
E _{io} [din/h]	728.57	964.29	1044.64
E _{KiOs} [din/h]	333.93	441.96	478.79
E _{jt} [din/h]	1319.63	1373.03	1581.15
E _{os} [din/h]	3062.13	3679.28	4079.59
E _{to} [din/h]	136.00	180.00	195.00
E _{hab} [din/h]	13.60	18.00	19.50
E _g [din/h]	197.14	165.00	187.71
E _{pe} [din/h]	9758.36	9725.94	11444.19
E _{maz} [din/h]	975.84	972.59	1144.42
E _{rs} [din/h]	628.57	628.57	628.57
E _E [din/h]	11709.51	11690.10	13619.39
E _{RiD} [din/h]	5908.66	6147.75	7079.59
E_{uk} [din/h]	20680.30	21517.14	24778.57
E_t [din/m³]	957.83	919.14	861.51

Na osnovu rezultata proračuna cene časa rada raspoloživih kamiona iz tabele 1, kao najpovoljnija (najjeftinija) mašina za transport peska i šljunka usvaja se Renault kerax 450 xtrem 8x4.

Dok se na osnovu rezultata iz tabele 2 kao najpovoljnija (najjeftinija) mašina za transport paljene žice, eksera, dasaka, gredica, letvi, bunarskih motki, čelika, opeke, blokova, cementa, peska, kreča, bitulita i butan gasa usvaja kamion s ceradom Isuzu NPR 75 LK.

3. ZAKLJUČAK

Radom je prezentovana analiza i izbor najpovoljnije građevinske mašine za obavljanje transporta građevinskog materijala.

Tabela 5. Rezultati proračuna cene časa rada raspoloživih kamiona s ceradom

	IVECO EUROCARGO 75E18P	ISUZU NPR 75 LK	MAN TGL 12.250 LX
q [KN]	35.00	41.60	76.30
NV [din]	4527000.00	4872000.00	6657000.00
U _p [KN/h]	68.85	75.60	99.66
E _{am} [din/h]	452.70	487.20	665.70
E _{io} [din/h]	485.04	522.00	713.25
E _{KiOs} [din/h]	222.31	239.25	326.91
E _{jt} [din/h]	643.30	582.50	891.49
E _{os} [din/h]	1803.35	1830.95	2597.35
E _{to} [din/h]	90.54	97.44	133.14
E _{hab} [din/h]	9.05	9.74	13.31
E _g [din/h]	33.43	30.86	45.00
E _{pe} [din/h]	4214.57	3566.18	5965.24
E _{maz} [din/h]	421.46	356.62	596.52
E _{rs} [din/h]	628.57	628.57	628.57
E _E [din/h]	5397.62	4689.41	7381.79
E _{RiD} [din/h]	2880.39	2608.14	3991.66
E_{uk} [din/h]	10081.36	9128.50	13970.80
E_t [din/KN]	146.43	120.76	140.18

Za transport rasutih materijala na raspolaganju su bila tri kamiona kiperera. Analizom praktičnog učinka U_p i ukupnih troškova za 1 čas rada mašine E_{uk}, dobijena je cena transporta obračunata po jedinici mere pozicije za svaki od tri kamiona kiperera. Kao najpovoljnija mašina za transport rasutih materijala od ta tri kamiona izabran je kamion kiper sa najnižom cenom po jedinici mere pozicije, Renault kerax 450 xtrem 8x4.

Za transport nerasutih materijala na raspolaganju su bila tri kamiona s ceradom. Identičnom analizom kao kod kamiona kiperera, kao najpovoljnija i ujedno najjeftinija mašina za transport nerasutih materijala izabran je kamion Isuzu NPR 75 LK.

4. LITERATURA

[1] Milan Trivunić i Zoran Matijević, *Tehnologija i organizacija građenja – Praktikum*, drugo izdanje, Novi Sad: FTN izdavaštvo, 2006.

[2] Nebojša Šarac, *Tehnologija i organizacija građenja montažne hale i analiza transporta montažnih elemenata*, Master rad, Novi Sad: FTN, 2011.

Kratka biografija:



Dragan Ždero je rođen 1984. godine u Novom Sadu. Fakultet Tehničkih Nauka u Novom Sadu je upisao 2003. godine. Ispunio je sve obaveze i položio sve ispite predviđene studijskim programom sa prosečnom ocenom od 8,61. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti građevinarstvo – Smer za tehnologiju i organizaciju građenja, odbranio je 2013. godine.

PROJEKAT FUNDIRANJA HALE ZA SKLADIŠTENJE SEMENSKE ROBE U ČENEJU**FOUNDATION PROJECT OF HALL FOR STORAGE SEED GOODS IN ČENEJ**

Dubravka Lovrić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – U radu su prikazani rezultati geomehničkih ispitivanja tla koji su neophodni za fundiranje objekta hale za skladištenje semenske robe u Čeneju. Izvršen je statički proračun objekta i uticaja u temeljima na osnovu parametara tla za predmetnu lokaciju. U okviru rada analizirani su temelji montažnih armiranobetonskih stubova, njihovo dimenzionisanje, motažu i primeri veze stub – temelj.

Abstract – In the paper the geomechanical results are given that are necessary for founding the hall for storage seed goods in Čenej. The calculation of static in object and influence in building foundations based on parameters of soil for that location. In the paper are analyzed foundations prefabricated of reinforced concrete pillars, their dimensioning, montage and examples of connections pillar – foundation.

Ključne reči: Ispitivanje terena, Fundiranje, Temelj samac, Montažni temelji, Hala

1. UVOD

Hala za skladištenje semenske robe se nalazi u Čeneju (Slika 1), u sklopu Instituta za ratarstvo i povrtarstvo u Novom Sadu.

Dimenzije hale iznose 112x54m sa visinom u temenu koja iznosi 11m. Konstrukcija objekta je od montažnih AB elemenata. Objekat je fundiran na temeljima samcima i temeljnim gredama. Temelji samci se izvode sa čašicama za ugradnju montažnih stubova, gde se posle montaže stuba vrši monolitizacija na licu mesta.

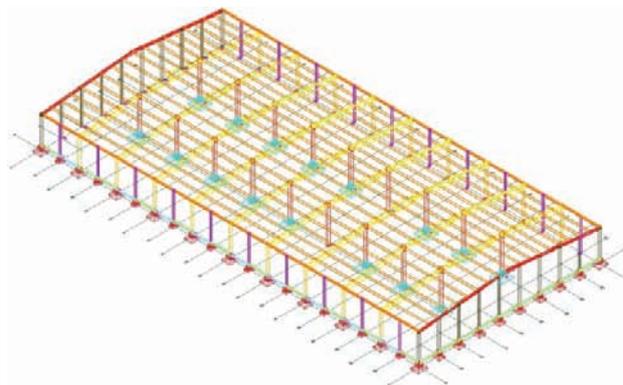
Krovna konstrukcija objekta sastoji se od AB montažnih elemenata, a krovni pokrivač je od panela sa ispunom mineralne vune $d=10\text{cm}$. AB elementi koji sačinjavaju krovnu konstrukciju su glavni krovni nosači raspona $l=17,80\text{m}$ i dvopojasni $l=17,70\text{m}$. Rožnjače se postavljaju na međusobnom razmaku od 2,7m. Zidovi se izvode od fasadnih vertikalnih panela od čeličnog lima $d=0,6\text{m}$.

Pored geomehničkih ispitivanja tla koja su izvedena za fundiranje hale, u radu su analizirani temelji montažnih armiranobetonskih stubova, njihovo dimenzionisanje, parametri za izbor motaže i primeri veze stub – temelj.

Urađena je i analiza opterećenja, statički proračun i dimenzionisanje elemenata hale.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Mitar Đogo, red.prof.



Slika 1. Trodimenzionalni model hale za skladištenje semenske robe u Čeneju

2. GEOMEHANIČKA ISPITIVANJA TLA

U cilju definisanja uslova fundiranja objekta izvedena su potrebna ispitivanja tla i izrađen je geomehnički elaborat za potrebe izgradnje AB montažne hale za skladištenje semenske robe u Čeneju. U tom cilju, urađena su terenska i laboratorijska ispitivanja tla[1].

Terenska ispitivanja obuhvatila su bušenje 20 istražnih bušotina, na predmetnoj mikrolokaciji, do dubine od 8m. Bušenje je izvršeno mašinskom garniturom. Tokom bušenja je utvrđena slojevitost tla i uzeti su reprezentativni uzorci za laboratorijska ispitivanja. Istražnim bušenjem izmeren je nivo podzemne vode u terenu, na dubini od 5,60-6,80m od površine terena, zavisno od kote bušotine.

Radi identifikacije i klasifikacije tla, utvrđivanja fizičko-mehaničkih karakteristika tla, izvršena su laboratorijska ispitivanja na reprezentativnim uzorcima tla.

Karakteristike tla su dobijene sledećim opitima:

- prirodna vlažnost (SRPS U.B1.012)
- konzistencija tla - Aterbergove granice (SRPS U.B1.020)
- zapreminska težina (SRPS U.B1.016)
- granulometrijski sastav tla (SRPS U.B1.018)
- opit direktnog smicanja tla (SRPS U.B1.028)
- edometarski opit stišljivosti (SRPS U.B1.032)

Na neporemećenim uzorcima tla izvršena su laboratorijska ispitivanja i na osnovu rezultata i terenske identifikacije, utvrđeno je da se tlo na predmetnoj lokaciji sastoji od sledećih slojeva:

- NASIP – sastoji se od peska, prašine i gline sa malo drobine građevinskog šuta, mestimične

drobine krečnjaka, smeđe tamne, tamne i bele boje (debljina sloja 1,1-2,0m).

- HUMUSNI SLOJ – tamne boje (debljina sloja 0,40-1,30m).
- PRAŠINA PESKOVITA - sa 1-2% glinovite frakcije, žuto smeđe boje (na bušotinama $B_1 - B_{14}$ na dubini 0,40-1,30m, debljine 1,60-3,20m od površine terena, osim na B_2 gde se pojavljuje na dubini od 2,0m, gde je debljine 0,40m).
- PRAŠINA GLINOVITA – do zaglinjen pesak, žuto smeđe boje (na dubini od 0,40-2,0m, a debljine sloja 2,20-3,20m).
- PESAK – sitnozrn, u površinskom delu sloja sa većim procentom prašine, žuto smeđe boje, smeđe i sive boje (na dubini od 2,10- 4,20m, a debljina nije utvrđena jer su se bušotine završile u ovom sloju).

Dozvoljeno opterećenje plitko fundiranog temelja izračunato je po izrazu [3].

$$q_{d2} = \gamma/2 \cdot B \cdot N_{\gamma} \cdot S_{\gamma} \cdot i_{\gamma} + (C_m + q \cdot t_g \cdot \varphi_m) \cdot N_c \cdot S_c \cdot d_c \cdot i_c + q \quad (1)$$

Proračun je urađen za temelje samce, a rezultati su dati u tabeli 1.

Tabela 1. Dozvoljena opterećenja temelja

Df(m)	Dimenzije temelja				
	1,2x1,2	1,5x1,5	2,0x2,0	2,5x2,5	3,0x3,0
	Dozvoljeno opterećenje (kPa)				
1,00	141,84	140,63	142,12	144,56	147,69
1,25	170,14	169,36	168,64	170,17	172,62
1,50	199,49	198,20	196,04	196,48	198,24
1,75	229,14	226,58	224,29	223,48	224,45
2,00	259,65	225,65	253,41	251,16	251,07

Proračun sleganja tla urađen je po Steinbrenner-ovoj metodi [2] sa usvojenim parametrima temelja, dubinom fundiranja i dodatnim opterećenjem na karakterističnom geološkom profilu.

Sleganje se računa prema formuli:

$$s_c = \int_0^H \frac{p_x}{M_v} \cdot d_x \quad (2)$$

izračunato sleganja temelja samca je $\Sigma s = 1,58$ cm.

3. TEMELJI MONTAŽNIH AB STUBOVA

Industrijalizovani način građenja objekata zahteva građenje temelja koji omogućuju montažu gotovih AB stubova. Radi obezbeđenja potrebne veze između gotovih AB stubova i njihovih temelja potrebno je gornji deo temelja izvesti sa udubljenjem, oblika i dimenzija koji treba da omoguće što jednostavniju montažu gotovih stubova. Oblik gornjeg dela temelja podseća na čašicu, po čemu se i zovu temelji sa čašicama. Na Slici 2, je prikazana temeljna čašica sa gradilišta. Ovi temelji se veoma retko izvode kao motažni elementi. Za montažne

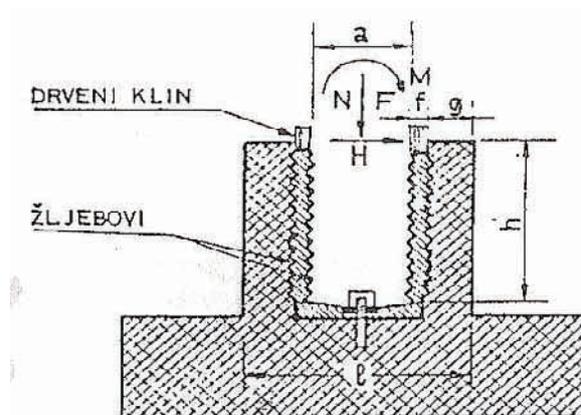
temelje potrebna je posebna priprema podloge, što zahteva dosta vremena i poskupljuje ovakav način njihovog građenja, te se stoga, najčešće, izvode na mestima na kojima su i predviđeni kao temelji stubova.



Slika 2. Temeljna montažna čašica na gradilištu u Čeneju

Oblik i dimenzije čašice zavise od toga da li je potrebno obezbeđenje uklještenja stubova ili je dovoljna zglobna veza stuba i temelja.

Za postizanje što bolje veze potrebno je da unutrašnjost zidova čašice bude što hrapavija. Potrebna hrapavost se može obezbediti ako se na bočnim stranama zidova čašice izvode žljebovi, Slika 3.



Slika 3. Šematski prikaz žljebova na bočnim zidovima unutar temeljne čašice

Za obezbeđenje monolitne veze i potrebno sadejstvo stuba i čašice pored neophodne hrapavosti, moraju biti i ispunjeni sledeći uslovi [2]:

1. Debljina zida čašice ne može biti manja od 10cm. Veća debljina od $0,5a$ nije potrebna. Najčešće je dovoljno da debljina zida čašice bude 20cm.
2. Dubina čašice mora biti jednaka

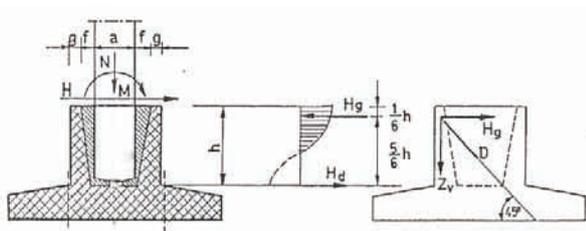
$$h = 1,2a \text{ ako je } \frac{M}{N_G} \leq 0,15 \quad (3)$$

$$h = 2,0a \text{ ako je } \frac{M}{N_G} \geq 2,00 \quad (4)$$

gde su:

M – moment u odnosu na gornju ivicu čašice temelja
 N – normalna sila u stubu
 h – dubina čašice temelja
 a – dužina stranice stuba paralelne ravni u kojoj deluje moment M.

U slučaju monolitne veze stuba i temelja može se usvojiti pretpostavka o paraboličnoj raspodeli otpora po visini zida čašice [2], Slika 4.



Slika 4. Parabolična raspodela sila otpora

Potrebna površina armature za prijem zatežuće sile Z_v jednaka je

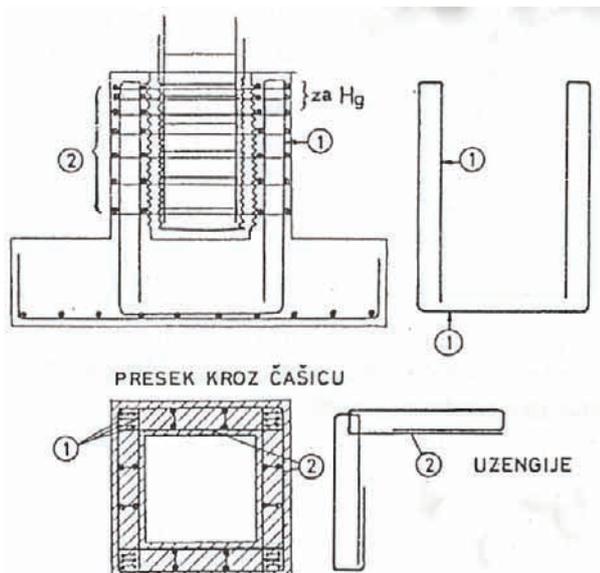
$$F_{av} = \frac{Z_v}{\sigma_a} \quad (5)$$

Za prenošenje sile H_g sa bočnih na podužne zidove čašice potrebnu površinu armature možemo odrediti iz sledećeg odnosa:

$$F_{ag} = \frac{H_g}{\sigma_a} \quad (6)$$

Sila H_d se prenosi na temeljnu ploču bez dodatne armature.

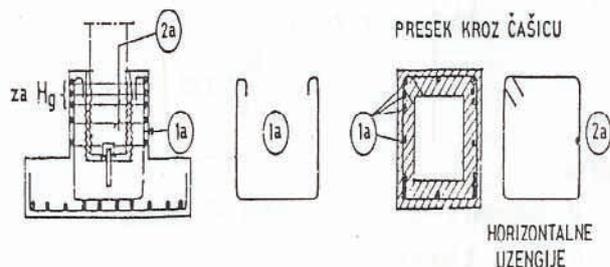
Ako je odnos $\frac{M}{N} > 0,15$ tada zatežuću silu Z_v treba primiti armaturom oblika 1, a horizontalnu silu H_g treba preneti zatvorenim uzengijama oblika 2, Slika 5.



Slika 5. Izgled armature kada je odnos $\frac{M}{N} > 0,15$

Armatura za prenošenje horizontalne sile H_g sa bočnih na podužne zidove čašice treba rasporediti tako da težište ove armature bude na odstojanju jednakom $h/6$ od gornje ivice čašice temelja. Ostali deo čašice se armira zatvorenim uzengijama na razmaku od 15 do 20cm.

Ako je odnos $\frac{M}{N} < 0,15$ tada su dovoljne obične horizontalne zatvorene uzengije sa spoljne strane i otvorene vertikalne uzengije koje treba osloniti na armature temeljne ploče, Slika 6.



Slika 6. Izgled armature kada je odnos $\frac{M}{N} < 0,15$

Temeljnu ploču treba dimenzionisati kao i svaku drugu AB temeljnu stopu, vodeći računa o tome da je u ovom slučaju merodavan presek $x = a/2 + f + g$. [2]

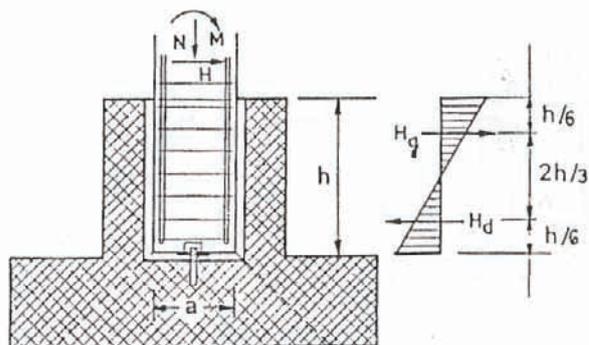
Ako između stuba i čašice temelja nije obezbeđena monolitna veza tada je, za prenošenje sila sa stuba na temelj, potreban veća dubina čašice temelja i veća debljina njenih zidova. Isto tako, potrebna je i veća debljina temeljne ploče i više armature. Na Slici 7 je prikazana gotova temeljna stopa i čašica.

U ovom slučaju, za obezbeđenje potrebnog stepena uklještenja stuba u temelj, dubinu čašice temelja treba odrediti prema sledećim uslovima:

$$h = 1,65a, \quad \text{ako je} \quad \frac{M}{Na} \leq 0,15$$

$$h = 2,65a, \quad \text{ako je} \quad \frac{M}{Na} \geq 2,00$$

Za raspodelu otpora po visini čašice, u ovom slučaju, usvaja se pravolinijska raspodela, Slika 7.



Slika 7. Pravolinijska raspodela sila otpora

Iz uslova da je suma momenata svih sila koje deluju na čašicu temelja, u odnosu na njenu donju ivicu, jednaka nuli dobija se

$$H_g = \frac{3M}{2h} + \frac{3}{4}H = Z_v \quad (7)$$

a iz uslova da je suma horizontalnih projekcija svih sila jednaka nuli nalazimo

$$H_d = \frac{3M}{2h} + \frac{1}{4}H \quad (8)$$

Sila H_g se, i u ovom slučaju kao i u prethodnom, prihvata armaturom i prenosi na podužne zidove čašice temelja.

Međutim, u ovom slučaju se mora i sila H_d prihvatiti potrebnom armaturom ili se dno čašice temelja mora upustiti u temeljnu ploču za $h/6$. Smanjenje visine temeljne ploče usled upuštanja dna čašice u temeljnu ploču se ne uzima u obzir pri dimenzionisanju temeljne ploče na savijanje, ali se pri kontroli na probijanje o tome mora voditi računa.

Potrebana površina armature za prijem sila H_g i H_d jednaka je, respektivno

$$F_{a_g} = \frac{H_g}{\sigma_s} = F_{a_v} \quad (9)$$

$$F_{a_d} = \frac{H_d}{\sigma_s} \quad (10)$$

Armatura za prijem sile H_g se raspoređuje tako da joj težište bude na odstojanju $h/6$ od gornje ivice čašice temelja. Ostali deo čašice se armira, konstruktivno, armaturom istog prečnika, ali na međusobnim razmacima $e = 15 - 20 \text{ cm}$.

Na Slici 8 je prikazan izgled montažne temeljne čašice i montažnog temelja sa čašicom.



Slika 8. Prikaz montažne temeljne čašice i montažnog temelja sa čašicom

Pri montaži stubova se mora voditi računa o sledećem:

1. Veza mora da omogući prenošenje svih uticaja koji se u montažnom spoju javljaju, kao i sva potrebna pomeranja,
2. svi montažni elementi treba da budu izvedeni tako da ispune uslove koji se odnose na dozvoljene granice tolerancije u smislu dimenzija,
3. naknadno skupljanje elemenata i eventualno ugrađenog betona u samu vezu može da naruši nosivost i trajnost veze,
4. oblik elemenata koji se susiće u montažnoj vezi može značajno, iskomplikovati izradu, transport, uskladištenje i dizajn istih,
5. obim radova pri izradi montažnih veza treba da bude što manji,
6. kod spojeva koji su otkriveni treba poveriti računa i o estetskim zahtevima,

7. loš izbor veze može u znatnoj meri da poveća cenu ukupnih radova na konstrukciji.

4. ANALIZA OPTEREĆENJA

Statički proračun izvršen je prema podacima o tlu preuzetih iz geotehničkog elaborata, a u skladu sa postojećim važećim propisima i pravilima za projektovanje objekta. Analizirana su sledeća opterećenja:

- stalno opterećenje
- povremeno opterećenje
- opterećenje od vetra
- seizmičko opterećenje.

Opterećenje snegom je usvojeno $0,75 \text{ kN/m}^2$. Opterećenje vetrom je računato prema važećim standardima, a osnovna brzina vetra za područje Novog Sada je 35 m/s . Seizmičko opterećenje je računato prema važećim standardima. Dimenzionisanje svih elemenata i objekta u celini je takođe izvršeno u skalu sa postojećim važećim propisima PBAB 87[4], [5].

5. ZAKLJUČAK

Na osnovu ispitivanja terena, izvedenih računskih analiza vezanih za uticaje u temeljima, utvrđeno je da su kontaktni naponi i sleganja temelja za maksimalna eksploataciona opterećenja u granicama dozvoljenih.

Objekat je AB montažna konstrukcija. Industrijalizovani načina građenja objekta zahteva temelje koji omogućavaju montažu gotovih AB stubova, čiji oblik i dimenzije zavise od toga da li je potrebno obezbeđenje ukleštenja ili je dovoljna zglobna veza stuba i temelja. Veze AB elemenata su izabrane i proračunate tako da prenesu sve statičke uticaje koji se u konstrukciji javljaju u svim fazama izgradnje, montaže i eksploatacije.

6. LITERATURA

- [1] Vasić Milinko, "Inženjerska geologija", Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad 2003.
- [2] Stevan Stevanović, "Fundiranje I", Naučna knjiga, Beograd, 1989.
- [3] Milović M. Dušan, Đogo B. Mitar, "Greške u fundiranju", Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2009.
- [4] "Beton i armirani beton prema BAB87 – Osnove proračuna i konstruisanja", Univerzitetska štampa, Beograd, 2000.
- [5] "Beton i armirani beton prema BAB87 – Primeri i prilozi", Univerzitetska štampa, Beograd, 2000.

Kratka biografija:



Dubravka Lovrić rođena je u Novom Sadu 1982. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstva – Fundiranje odbranila je 2013.god.

PROJEKAT FUNDIRANJA STAMBENO POSLOVNOG OBJEKTA U NOVOM SADU**FOUNDATION PROJECT OF THE RESIDENTAL BUSINESS BUILDING IN NOVI SAD**Elizabetha Francuski, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

Kratak sadržaj – U prvom delu rada prikazani su rezultati geomehaničkih ispitivanja tla koji su neophodni za fundiranje stambeno poslovnog objekta u Novom Sadu. Na osnovu ovih ispitivanja, izvršen je proračun sniženja nivoa podzemnih voda bunarima, kao i proračun potporne konstrukcije od čeličnih talpi, potrebnih za zaštitu temeljne jame. Modeliranje konstrukcije, statički i seizmički proračun, dimenzionisanje linijskih elemenata i temeljne ploče, izvršeno je u drugom delu rada korišćenjem programskog paketa TOWER 6.

Abstract – The first part of the paper presents the geomechanical results which are necessary for founding the residential business building in Novi Sad. Based on these results, the calculation of lowering the groundwater levels with wells are done, and also calculation steel sheet piles supporting structures for the protection of the foundation pit. Modeling of the structure, static and seismic analysis, calculations of the line elements and base plates, were done in the second part of the paper using the software package Tower 6.

Ključne reči: Ispitivanje terena, fundiranje, bunari za sniženje NPV, čelične talpe, skeletna AB konstrukcija.

1. UVOD

Objekat je projektovan kao stambeno poslovna zgrada, nalazi se u Novom Sadu, spratnosti Sut+Priz+Gal+6+Pk, slika 1. Objekat je u osnovi poligonalnog oblika dimenzija 18x34m. Prizemlje i galerija predviđeni su isključivo kao poslovni prostor, na ostalim etažama nalazi se 36 stambenih jedinica, dok je u suterenu predviđena izradnja skloništa i 12 garaža.

Rad sadrži:

- geotehnička istraživanja tla na predmetnoj lokaciji
- karakteristike tla i definisanje uslova fundiranja
- proračun snižavanja NPV
- proračun priboja za zaštitu temeljne jame
- proračun statičkih uticaja u elementima konstrukcije i njihovo dimenzionisanje

2. KONSTRUKTIVNI SISTEM OBJEKTA

Objekat je projektovan kao skeletna AB konstrukcija, sastavljena od stubova, ploča i zidova za ukrućenje.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Mitar Đogo, red.prof.



Slika 1. Fotografija objekta

U suterenu objekta projektovani su obodni AB zidovi debljine $d = 35\text{cm}$. Predviđeno je da se objekat fundira na AB temeljnoj ploči, ojačanoj temeljnim gredama, debljine $d = 70\text{cm}$. Debljina ploča ostalih etaža iznosi $d = 22\text{cm}$. Dimenzije stubova se kreću od $55 \times 55\text{cm}$ do $45 \times 45\text{cm}$, dok debljine zidnih platana iznose $d = 20$ do 25cm .

3. GEOMEHANIČKO ISPITIVANJE TERENA

Za potrebe projektovanja i izvođenja objekta kao i radi sagledavanja geomehaničkih karakteristika temeljnog tla, izvedeni su istražni radovi i obavljena geomehnička ispitivanja terena. Rezultati geomehničkih ispitivanja terena predstavljaju neophodnu podlogu za proračun sniženja NPV bunarima, proračun potporne konstrukcije od čeličnih talpi za obezbeđenje vertikalnog iskopa temeljne jame i statički proračun i dimenzionisanje konstrukcije i temelja objekta [1].

3.1. Terenska istraživanja

U cilju utvrđivanja litološkog sastava terena, uzimanja reprezentativnih uzoraka tla za laboratorijska ispitivanja i registrovanja nivoa podzemnih voda, obavljena su potrebna terenska istraživanja.

Izvedene su 4 istražne bušotine dubine po 8.0 m. Svaka istražna bušotina je geodetski snimljena. Bušenje je vršeno rotacionim postupkom sa kontinuiranim jezgrovanjem zbog preciznijeg određivanja granica između pojedinih litoloških članova i mogućnosti makroskopske analize svakog sloja. Iz istražnih bušotina uzeti su poremećeni i neporemećeni uzorci izvađenog tla koji su korišćeni za geomehnička ispitivanja i analize.

Prilikom istražnog bušenja izmeren je nivo podzemne vode (NPV) na dubini od 1,10 do 1,70m u odnosu na površinu terena.

3.2. Laboratorijska ispitivanja

Na poremećenim i neporemećenim uzorcima tla, uzetim iz bušotina, izvršena su geomehnička i laboratorijska ispitivanja i ogledi koji su propisani Pravilnikom za fundiranje objekata. Izvršena je detaljna indentifikacija slojeva tla i utvrđene su fizičko-mehaničke karakteristike tla.

Karakteristike tla su dobijene preko sledećih opita:

- prirodna vlažnost (SRPS U.B1.012)
- konzistencija tla - Aterbergove granice (SRPS U.B1.020)
- zapreminska težina (SRPS U.B1.016)
- granulometrijski sastav tla (SRPS U.B1.018)
- opit direktnog smicanja tla (SRPS U.B1.028)
- edometarski opit stišljivosti (SRPS U.B1.032)

3.3. Geološke karakteristike tla

Prvi litološki sloj od površine terena je humus i nasip, debljine je do 60cm.

Drugi litološki sloj je svetlosivi sitnozrni prašinsti pesak, pojavljuje se u bušotini B1 na dubini od 0,4 do 1,2m. Neujednačene je visine i u ostalim bušotinama se pojavljuje kao treći litološki sloj. Nalazi se iznad podzemne vode, srednje je zbijenosti i konsolidovan je.

Treći litološki sloj je svetlosmeđi i svetlosivi sitnozrni prašinsti pesak. Pojavljuje se u bušotini B1 na dubini 1,20 do 4,50m. Nalazi se potopljen u podzemnoj vodi, srednje je zbijenosti i konsolidovan je. Četvrti litološki sloj je sivi sitnozrni prašinsti pesak sličnih karakteristika kao i prethodni sloj.

Peti litološki sloj je sivi sitnozrni (muljeviti) pesak sa organskim ostacima, primećen je samo u bušotini B1 na dubini preko 4,50m. Nalazi se u podzemnoj vodi, sadrži organske ostatke sa muljevitim primesama, srednje je zbijenosti i delimično konsolidovan.

Fundiranje objekta će biti izvršeno u slojevima II i III, oba sloja su povoljna sredina za plitko temeljenje objekta [2].

3.4. Geomehnički uslovi za fundiranje objekta

Prema geomehničkim parametrima dobijenim iz terenskih istraživanja izvršen je proračun dozvoljene nosivosti tla u kome se fundira objekat i proračun sleganja konstrukcije.

Dubina fundiranja je $D_f=3,48m$. Veličina graničnog i dozvoljenog opterećenja tla računata je za temeljnu ploču oblika pravougaonika ($B \times L=34,0 \times 18,0$) prema Brinch Hansenu (izraz 1).

Kohezija $c=0kPa$; Ugao unutrašnjeg trenja $\varphi=30^\circ$;
Zapreminska težina $\gamma=19,50 kN/m^3$;
Zapreminska težina potopljenog tla je $\gamma=10,50 kN/m^3$

$$q_f = \frac{\gamma_2}{2} \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma + \gamma_1 \cdot D_f \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q + c_m \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i \quad (1)$$

$$q_a = \frac{q_f}{F_s} \Rightarrow q_a = 335,88kPa; \quad (2)$$

Sleganje tla računato je za krutu temeljnu ploču oblika pravougaonika, a prema metodi Steinbrenner-a.

Na osnovu Steinbrenner-ovog dijagrama za određivanje napona ispod temeljne ploče kao i obrasca za proračun konsolidacionog sleganja:

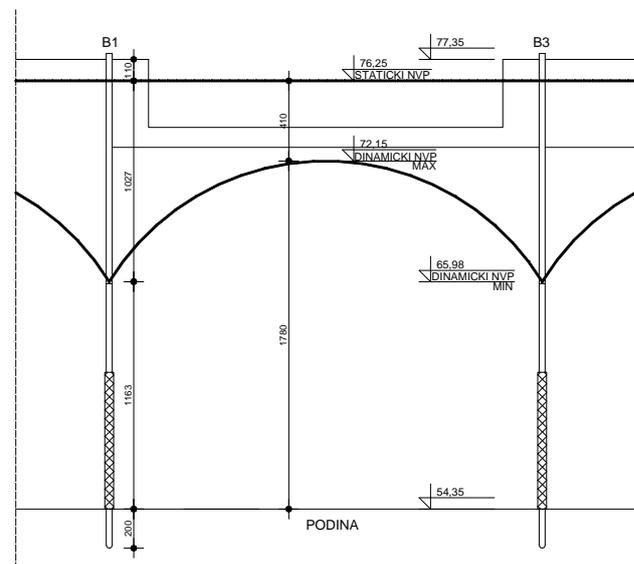
$$s_c = \int_0^H \frac{p_z}{M_v} \cdot d_z \quad \text{sračunata su sleganja za centričnu tačku}$$

„G“. Izračunato sleganje je $s=2,63cm$.

4. SNIŽENJE NPV-a

Geomehničkim ispitivanjima ustanovljeno je da je kota NPV iznad kote dna temeljne jame. Kako bi se obezbedili uslovi za rad u suvom izvršen je proračun sniženja NPV do dubine 0,5m ispod kote dna temeljne jame bunarima.

Za sniženje nivoa podzemnih voda koristiće se četiri bunara savršenog tipa koji kaptiraju izdani sa slobodnim nivoom, relativne dubine oko 25m. Na osnovu izvršene analize merodavnih hidrogeoloških parametara i rezultata geotehničkih istraživanja za proračun je usvojena filtraciona šema data na slici 2



Slika 2. Tehničko rešenje sniženja nivoa podzemnih voda sistemom bunara

Temeljna jama predmetnog objekta je pravilnog, pravougaonog oblika sa odnosom stranica približno $L/B=2:1$. Proračun bunara će biti sproveden za grupu bunara raspoređenih po konturi temeljne jame oblika pravougaonika.

Za potrebe proračuna često se grupa bunara zamenjuje jednim "velikim bunarom" sa ekvivalentnim poluprečnikom i kapacitetom crpljenja Q_{sum} , slika 3. Za slučaj da se taj bunar nalazi u centru temeljne jame, a grupa bunara po obodu temeljne jame na udaljenosti od centra približno:

$$x_1 = x_2 = x_3 = x_4 = \dots = x_n = x_0 \quad (3)$$

Uz pretpostavku da bunari rade istovremeno i da su istog kapaciteta, onda je:

$$Q_{sum} = n \cdot Q \quad (4)$$

gde je:

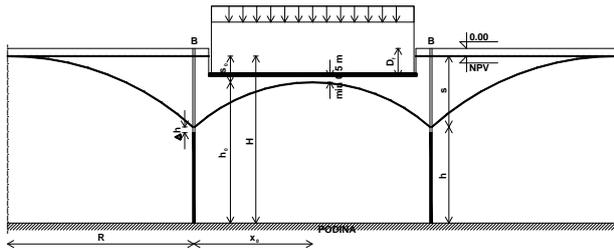
n - ukupan broj potrebnih bunara
 Q - kapacitet jednog bunara

Za slučaj izdani sa slobodnim nivoom kapacitet crpljenja "velikog bunara", u težištu temeljne jame, se može izračunati pomoću sledeće formule [1]; [5]:

$$Q_{sum} = \pi \cdot k \cdot \frac{(2 \cdot H - s_0) \cdot s_0}{\ln R_v - \ln x_0} \quad (5)$$

gde su:

k – koeficijent vodopropustljivosti u [m/dan]
H – statički nivo podzemnih voda [m]
s₀ – depresija u centru "velikog bunara" [m]
R_v – radijus uticaja "velikog bunara" [m]
x₀ – radijus (poluprečnik) "velikog bunara" [m]



Slika 3. Šematski prikaz izgleda "velikog bunara"

Poluprečnik bunara je x₀:

$$x_0 = \sqrt{\frac{B \cdot L}{\pi}} = \sqrt{\frac{18 \cdot 34}{\pi}} = 13,96m \quad (6)$$

ili korišćenjem izraza Girinskog:

$$x_0 = \frac{L+B}{4} \cdot \eta = \frac{34+18}{4} \cdot 1,17 = 15,21m \quad (7)$$

gde je:

$$\frac{B}{L} = \frac{18}{34} = 1,89 \quad \text{pa je: } \eta = 1,17 \quad (8)$$

- Usvojen je poluprečnik x₀=15m.
- Za radijus dejstva „velikog bunara“ usvojen je R=500m.
- Depresija koju treba ostvariti u centru „velikog bunara“ S₀=2,88 m
- Statički nivo podzemnih voda H=21,90 m, jer je NPV na koti 76,25 mm, a podina na koti 54,35 mm, slika 2.
- Usvaja se koeficijent filtracije k=3,0x10⁻⁴ m/sec.
- Poluprečnik bunara r₀=0,15 m
- Usvaja se kapacitet jednog bunara q=10 l/sec

Sledi da je:

$$Q_{sum} = \pi \cdot k \cdot \frac{(2 \cdot H - s_0) \cdot s_0}{\ln R_v - \ln x_0} = 0,032m^3 / sec = 32,0l / sec \quad (9)$$

$$Q_{sum} = n \cdot q \Rightarrow n = \frac{Q_{sum}}{q} = \frac{32,0l / sec}{10,0l / sec} = 3,2kom \quad (10)$$

Potreban broj bunara iznosi n=4kom, raspoređeni su oko temeljne jame prema šemi sa slike 4.

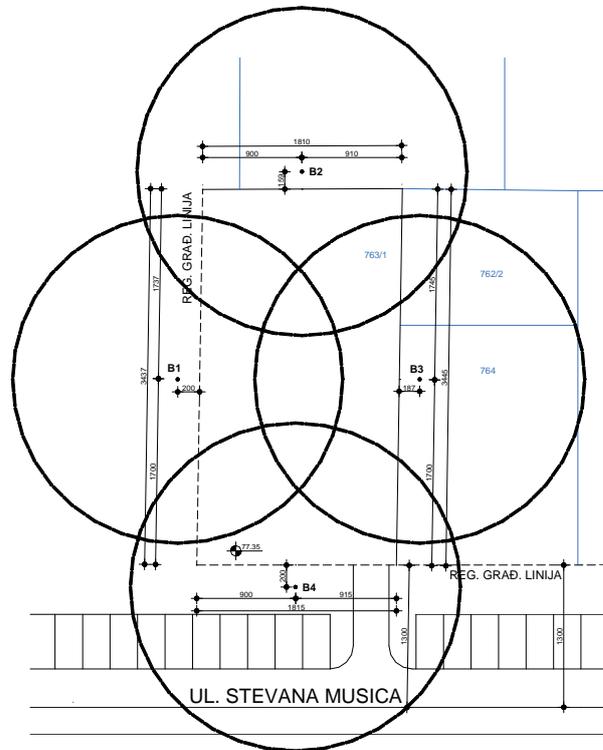
$$h_0 = \sqrt{H^2 - \frac{Q_{sum}}{\pi \cdot k} (\ln(R+x_0) - \ln x_0)} = 17,80m \quad (11)$$

$$s_0 = H - h_0 = 21,90 - 17,80 = 4,10m \quad (12)$$

dok je:

$$h = \sqrt{H^2 - \frac{Q_{sum}}{\pi \cdot k} (\ln(R+r_0) - \ln r_0)} = 11,63m \quad (13)$$

$$s = s_{max} = H - h = 21,90 - 11,63 = 10,27m \quad (14)$$



Slika 4. Raspored bunara i njihov radijus delovanja

5. ZAŠTITA TEMELJNE JAME

Zaštita temeljne jame biće izvedena pribojem koji se formira od čeličnih talpi. Prema proračunu potrebno je 280 čeličnih Larssen talpi dužine 8m za obezbeđenje temeljne jame [4].

5.1. Opis metode zaštite temeljne jame

Ova metoda predstavlja jedno od savremenijih rešenja u ovoj oblasti. Zaštitni zid temeljne jame se formira od većeg broja čeličnih talpi koje se međusobno povezuju i utiskuju u zemlju. Utiskivanje se vrši pomoću vibracionog malja. Tokom ovog postupka talpe su zašticene specijalnim kapama sa drvenim podmetačima, slika 5.

Projektovani položaj čeličnih talpi pri njihovom pobijanju može se obezbediti vođicama koje moraju biti postavljene u dva nivoa. Potrebno rastojanje između vođica se obezbeđuje drvenim ulošcima. Pobijanje talpi se vrši u grupama od po dve do tri talpe.

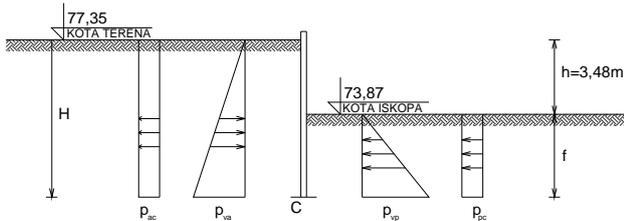


Slika 5. Postupak utiskivanja čelične talpe

Po završetku radova na temeljima i podzemnim delovima objekta, talpe se izvlače iz zemlje. Postupak izvlačenja se, kao i postupak utiskivanja, vrši vibracionim maljem [4].

5.2. Proračun zaštitnih zidova temeljne jame

Talpe su izložene bočnim pritiscima tla [3], slika 6. Kohezija $c=0\text{kPa}$; Ugao unutrašnjeg trenja $\varphi=30^\circ$; Zapreminska težina $\gamma=19,40\text{ kN/m}^3$



Slika 6. Bočni pritisci na zaštitne zidove temeljne jame

$$p_{va} = \gamma \cdot H \cdot k_a = 19,40 \cdot (3,48 + f) \cdot 0,333 = 6,46 \cdot (3,48 + f) \quad (15)$$

$$p_{ac} = 2 \cdot c \cdot \sqrt{k_a} = 2 \cdot 0 \cdot \sqrt{0,333} = 0 \quad (16)$$

$$k_a = \operatorname{tg}^2 \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right) = \operatorname{tg}^2 \left(45 - \frac{30}{2} \right) = 0,333 \quad (17)$$

$$p_{vp} = \gamma \cdot f \cdot k_p = 19,40 \cdot f \cdot 3,0 = 58,20 \cdot f \quad (18)$$

$$p_{pc} = 2 \cdot c \cdot \sqrt{k_p} = 2 \cdot 0 \cdot \sqrt{3,0} = 0 \quad (19)$$

$$k_p = \operatorname{tg}^2 \left(45 + \frac{\varphi}{2} \right) = \operatorname{tg}^2 \left(45 + \frac{30}{2} \right) = 3,0 \quad (20)$$

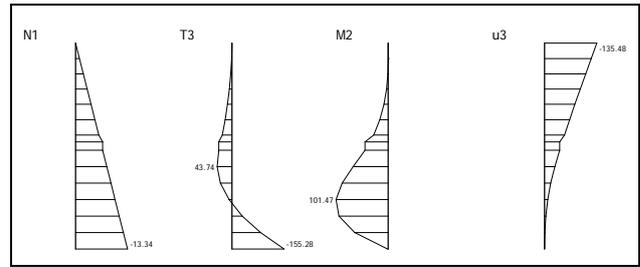
Iz uslova da je $M_c=0$ se izračunava visina f , slika 6.

$$\frac{1}{3} \cdot E_a \cdot (3,48 + f) - \frac{1}{3} \cdot F_p \cdot f = 0 \quad \text{gde su:}$$

$$E_a = \frac{1}{2} \cdot p_{va} \cdot H = 39,12 + 22,48 \cdot f + 3,23 \cdot f^2 \quad (21)$$

$$E_p = \frac{1}{2} \cdot p_{vp} \cdot f = \frac{1}{2} \cdot 58,2 \cdot f = 29,1 \cdot f \quad (22)$$

$$17,249 \cdot f^3 - 22,462 \cdot f^2 - 78,208 \cdot f - 90,758 = 0 \Rightarrow f = 3,21\text{m} \\ H = D_f + f = 3,48 + 3,85 = 7,33\text{m} \Rightarrow \text{usv}H = 8\text{m} \quad (23)$$



Slika 7. Dijagrami uticaja u čeličnoj talpi

$$W_{pot} = \frac{M_{max}}{\sigma_{dop}} = \frac{101,47 \cdot 10^2}{16,5} = 614,97\text{ cm}^3 / \text{m} \Rightarrow \quad (24)$$

Usvojene su čelične Larssen talpe, tip profila II [4]:

$$W_{stv} = 850\text{ cm}^3/\text{m} < W_{pot} = 614,97\text{ cm}^3/\text{m}$$

6. ZAKLJUČAK

Na osnovu parametara dobijenih ispitivanjem terena utvrđeno je da je tlo u kome se temelji objekat povoljno za fundiranje, da je potrebno obezbediti četiri bunara oko temeljne jame da bi se snizio nivo podzemne vode i da bi se moglo pristupiti iskopu. Takođe je utvrđeno da je zbog dubine fundiranja neophodno izvršiti zaštitu zidova temeljne jame i usvojeno je rešenje zaštite čeličnim Larssen talpama.

Proračunom temeljne konstrukcije sprovedenim u programu Tower 6, utvrđeno je da su kontaktni naponi i sleganja temelja za maksimalna opterećenja u granicama dozvoljenih.

7. LITERATURA

- [1] Vasić Milinko, "Inženjerska geologija", Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad 2003.
- [2] Milović M. Dušan, Đogo B. Mitar, "Greške u fundiranju", Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad 2005.
- [3] Johan Sklena, "Rešeni zadaci iz fundiranja", Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad 2005.
- [4] Stevan Stevanović, "Fundiranje I", Naučna knjiga, Beograd 1982.
- [5] Stevan Stevanović, "Fundiranje III", Naučna knjiga, Beograd 1983.

Kratka biografija:



Elizabeta Francuski rođena je u Novom Sadu 1976. god. Odbranila je master rad na Fakultetu tehničkih nauka 2013. god., iz oblasti Građevinarstva – Fundiranje.

PROJEKAT FUNDIRANJA HALE U STAROJ PAZOVI**PROJECT FUNDING OF HALL IN STARA PAZOVA**Vera Jelić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

Kratak sadržaj – U prvom delu rada dati su rezultati geomehaničkih ispitivanja tla neophodni za fundiranje objekta hale proizvodno - magacinske namene u Staroj Pazovi. Na osnovu tih ispitivanja izvršen je statički proračun objekta i uticaja u temeljima, primenom prograskog paketa TOWER 6. U drugom delu rada analizirani su uticaji u konstrukciji za različite vrednosti modula reakcije tla.

Abstract – The first part discusses the results of geotechnical testing of soil necessary for the foundation building production halls -. The comparison of static calculation and influence in building the foundations, using the software package, Tower 6. The second part analyzed the effects in the structure for different values of the modulus of the soil.

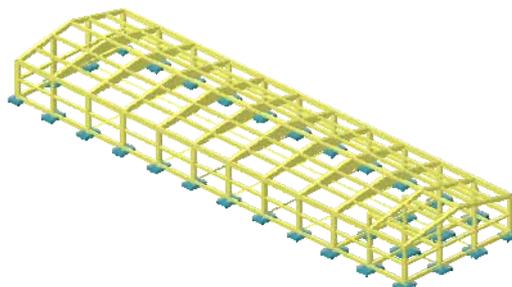
Ključne reči: Ispitivanje terena, Fundiranje, Temelj samac, Modul reakcije tla, Hala, Tower.

1. UVOD

Objekat je jednobroda hala širine 18.0 m i dužine 66.0 m. Sastoji se od prizemlja, na većem delu hale, a u prva dva polja izvodi se pored prizemlja i sprat dužine $2 \times 6.0 = 12.0$ m. Upravni deo je na spratu dim. 18.0 m x 12.0 m. Konstrukcija objekta je projektovana kao montažna hala od prefabrikovanih armiranobetonskih elemenata (slika 1). Objekat se fundira na temeljima samcima. Temelji objekta dimenzionisani su prema datim uticajima i prema geomehaničkim ispitivanjima. Temelji samci izvode se sa čašicama za prijem montažnih stubova. Dimenzije temeljnih stopa u osnovi temelja su različite i zavise od stuba koji se na njih oslanja i od sila koje dati stub prenosi na temelj. Debljina stopa za sve temelje je ista i iznosi $d=40$ cm, a visina čašice za prijem stubova je $h=70$ cm. Na temeljne stope naslanjaju se temeljne grede, koje imaju ulogu da povežu temeljne stope između kojih se nalaze i da prime obodne i pregradne zidove. Temeljne grede, međuspratna konstrukcija i stepenišne grede su takođe montažne od armiranog betona dimenzionisane prema statičkim uticajima. U prva dva polja objekta izvodi se međuspratna konstrukcija. Međuspratne ploče su montažni paneli koji se izvode od „FERT” gredica. Krovni pokrivač je termoizolacioni čelični trapezasti panel. Ispuna ovog panela je od kamene vune debljine 10 cm. Svi konstruktivni betonski elementi se betoniraju betonom marke MB 30 i armiraju se armaturom RA 400/500 i GA 240/360.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Mitar Đogo, red.prof.



Slika 1. Prostorni model AB skeleta

2. GEOTEHNIČKA ISPITIVANJA TLA

Ispitivanja terena su prikazana na osnovu postojeće geološko-geotehničke dokumentacije i novoizvedenih detaljnih istraživanja i ispitivanja.

Obim i program istraživanja prilagođeni su rešavanju problematike očekivane na ovakvim terenima, a koncipirani su tako da se teren definiše kao građevinska sredina za glavni projekat.

2.1. Analiza postojeće dokumentacije

Iz fonda postojeće geološko-geotehničke dokumentacije korišćeni su:

- osnovna geološka karta 1: 100.000, list L 34-113 Beograd,
- atlas karta seizmičkog hazarda Republike Srbije, 1998. god, dr. Miodrag N. Petrović, Rudarsko – geološki fakultet Beograd,
- elaborati i stručni radovi.

2.2. Terenska istraživanja

U okviru terenskih istraživanja izvedeni su:

- pregled terena
- istražno bušenje

2.2.1. Pregled terena

Pregledom terena konstatovano je sledeće:

- predmetna lokacija se nalazi sa leve strane puta Stara Pazova – Indija (gledano u smeru ka Indiji),
- teren je prostrana lesna zaravan,
- u dosadašnjim uslovima predmetna lokacija je bila u funkciji poljoprivrednog zemljišta,
- teret predmetne lokacije je skoro ravan,
- na delu predmetne lokacije na kome se planira izgradnja predmetnog objekta, uklonjen je humus i izvršeno je nasipanje sitno lomljenim kamenom (tucanikom) debljine od oko 0,5 m.

2.2.2. Istražno bušenje

Na predmetnoj lokaciji izvedeno je devet istražnih bušotina dubine 2,0 -7,0 m, ukupno 46,0 m'. Istražne bušotine imaju oznake S1 – S9.

U tabeli 1 dati su osnovni podaci o izvedenim istražnim bušotinama (apsolutna kota, dubina i oznaka litotipa u kome je bušenje završeno).

Tabela 1. Osnovni podaci o istražnim bušotinama

Istražna bušotina	Kota terena (mnv)	Dubina (m)	Litotip
S1	~ 85,25	7,0	pgl
S2	~ 85,10	7,0	pgl
S3	~ 85,10	5,0	gpr
S4	~ 85,40	6,0	gpr
S5	~ 85,50	6,0	gpr
S6	~ 85,30	5,0	gpr
S7	~ 85,10	6,0	gpr
S8	~ 85,40	2,0	ppr
S9	~ 85,20	2,0	ppr
	<i>Ukupno</i>	46,0	

Prilikom bušenja u svim istražnim bušotinama registrovana je pojava podzemne vode, a nakon 24 časa utvrđen je i nivo podzemne vode osim u bušotinama S8 i S9 koje su plitke (dubine 2m).

2.3. Laboratorijska ispitivanja

Laboratorijska ispitivanja su sprovedena standardnom laboratorijskom opremom i metodama po JUS-u a izvedena su u laboratoriji za geomehaniku Rudarskog instituta i Rudarsko – Geološkog fakulteta.

Postojeći obim ranije izvedenih istraživanja na ovom delu terena (uz reinterpetaciju rezultata tih istraživanja na sadašnji nivo saznanja) pružaju fond podataka dovoljan za izradu Elaborata „ Geotehnički uslovi izgradnje poslovno-magacinskog objekta na KP 3120/1 i 3120/2 KO Stara Pazova” za nivo Idejnog projekta.

2.4. Rezultati ispitivanja terena

2.4.1. Morfološke odlike terena

Širi prostor predmetne lokacije je na apsolutnim kotama od 82-85 (86) mnv, a predmetna lokacija ima kote oko 85 mnv.

2.4.2. Geološka građa terena

U Geološkoj građi terena istražnog prostora učestvuju sedimenti kvartarne starosti u okviru kojih su zastupljeni terasni, aluvijalno–barski i aluvijalno–jezerski sedimenti. Predstavljani su prašinstim sedimentima - peskovite i glinovite prašine sa proslojcima peska. U istražnim bušotinama zastupljeni su do kote oko 79 mnv.

2.4.3. Hidrogeološke odlike terena

Teren na kom se nalazi predmetna lokacija odlikuje se visokim nivoom podzemne vode. Unutar zastupljenih litogenetskih kompleksa (litotipova) , mogu se izdvojiti dve hidrogeološke zone:

- Nadizdanska
- Izdanska
-

Naslage u nadizdanskoj zoni, koja počinje od površine terena pa do oko kote 82 mnv.

U tabeli 2. dat je pregled istražnih bušotina sa registrovanom dubinom pojave podzemne vode i utvrđenom dubinom i kotom nivoa podzemne vode.

Tabela 2-pregled dubine podzemne vode u bušotinama

Istražna bušotina sa kotom terena (mnv)	Pojava podzemne vode (m)	Nivo i kota Podzemne vode (m / mnv)
S1(~ 85,25)	4,30	3,50 / 81,75
S2(~ 85,10)	4,20	3,30 / 81,80
S3(~ 85,10)	4,10	3,30 / 81,80
S4(~ 85,40)	4,40	3,60 / 81,80
S5(~ 85,50)	4,50	3,70 / 81,80
S6(~ 85,30)	4,30	3,50 / 81,80
S7(~ 85,10)	4,10	3,30 / 81,80

Nivo podzemne vode je konstatovan na koti 81,75 - 81,80 mnv u povlatnom delu sloja glinovitih prašina (gpr). Oscilacije nivoa podzemnih voda na ovom prostoru kreću se u rasponu ± 1 i zavise od hidrološke godine i rada mreže meliracionih kanala.

2.4.4. Savremeni geološki procesi i pojave

Detaljnou analizom korišćenje postojeće geološko-geotehničke dokumentacije došlo se do saznanja da su na terenu istražnog prostora prisutni uticaji sledećih procesa:

- procesa fizičko – hemijskog razlaganja
- procesa sufozije.
-

2.4.5. Seizmičnost terena

Prema podacima preuzetim iz „Atlas karata seizmičkog hazarda Republike Srbije” predmetni prostor pripada **VII^o MCS**.

Izmenom i dopunom pravilnika o tehničkim normativima za izgradnju objekata visokogradnje u seizmičkim područjima (Sl. List SFRJ br. 59/90) tereni su dobili veći stepen seizmičkog intenziteta sa VII^o na VIII^o MCS.

Obzirom na sve okolnosti u konkretnom slučaju zavisno od konstruktivnog tipa objekta i realizovane mase, objekat projektovati na **VIII^o MCS**, sa vrednostima koeficijenta seizmičnosti tla **Ks = 0,05**.

2.5. Inženjerskegeološke odlike izdvojenih litoloških jedinica

Obzirom da se sve građevinske aktivnosti odvijaju od površine terena , tim redom će biti i prikazani izdvojeni litotipovi.

Kvartarne naslage predstavljene su: peskovitim prašinama (ppr), glinovitim prašinama (gpr) i prašinsto –peskovitim glinama (pgl). Preko ovih naslaga zastupljen je sloj humusa (h).

2.6. Geotehnički uslovi izgradnje objekta

2.6.1. Proračun dozvoljenog opterećenja

Izveden je preliminarini proračun dozvoljenog opterećenja koje će se prenositi na tlo preko temelja, prema metodi Brinch Hansdena.

Za peskovitu prašinu u kojoj će biti temeljni kontakt usvojeni su:

$$\gamma = 17,5 \text{ kN} / \text{m}^3$$
$$c = 15,0^0$$

$$\varphi = 20,0 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$M_{s \ 100-200} = 3 \ 000 - 4 \ 500 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$Q_{\text{doz}} = Q_f / F_s$$

Tabela 3-Dobijene vrednosti dozvoljene nosivosti

Oblik naležuce površine	Dimenzije B * L (m)	Dubina fundiranja D f (m)	Dozvoljena nosivost Q doz (kN / m ²)
Kvadrat	1.80 * 1.80	1.50	315,0 - 210,0

Dozvoljena nosivost tla je $q_{\text{doz}} = 210 \text{ kN} / \text{m}^2$.

Opterećenje od objekta je $130 \text{ kN} / \text{m}^2$. U ovim uslovima nema nikakvih problema da se objekat fundira i da bude sa tog stanovišta stabilan.

2.6.2. Proračun sleganja

Sam proračun izveden je na osnovu jednačine:

$$S = S_i + S_k \quad (1)$$

Gde je:

S_i - inicijalno sleganje

S_k - konsolidaciono sleganje

Ulazni parametri:

- dubina fundiranja 1.50 m
- zapreminska težina $17.50 \text{ kN} / \text{m}^3$
- širina temelja 1.80 m
- dužina temelja 1.80 m
- opterećenje temelja $130.00 \text{ kN} / \text{m}^2$

Inicijalno sleganje :

$$S_i = \frac{pB}{E_{sr}} \quad 1112 = 1.3 \text{ cm} \quad (2)$$

Konsolidaciono sleganje:

$$\sigma_z = p * l \quad 109 \quad (3)$$

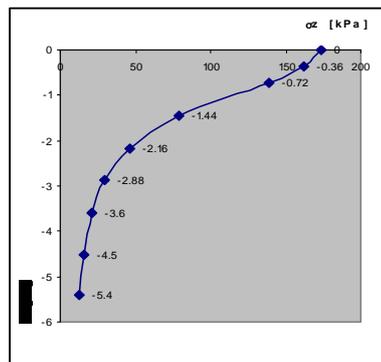
$$E_{ekv} = \frac{\sum \sigma_{zi} H_i}{\sum \frac{\sigma_{zi} H_i}{E_i}} = 12016,65 \text{ kN} / \text{m}^2 \quad (4)$$

$$S_k = \frac{\sum \sigma_{zi} H_i}{E_{ekv}} = 0.021 \text{ m} = 2.1 \text{ cm} \quad (5)$$

Tabela 4-zavisnost vertikalnog napona od dubine

z / B	z (m)	l 109	σ_z (kPa)
0.00	0.00	1.000	173.75
0.20	0.36	0.930	161.59
0.40	0.72	0.799	138.83
0.80	1.44	0.453	78.71
1.20	2.16	0.264	45.87
1.60	2.88	0.172	29.89
2.00	3.60	0.124	21.55
2.50	4.50	0.093	16.16
3.00	5.40	0.073	12.68

Zavisnost između dubine u tlu i vertikalnih napona prikazana je dijagramom (slika 2).



Slika 2. Dijagram vertikalnih napona po dubini

Tabela 5- Dobijene vrednosti sleganja

Temelj B * L 1.80 * 1.80	Opterećenje (kN / m ²)	Kontaktno opterećenje (kN / m ²)	Sleganje (c m)
D f = 1.50	130.00	103.75	3.4

3. ANALIZA OPTEREĆENJA HALE

Analiza objekta izvedena je prema važećim standardima za opterećenja koja možemo podeliti u sledeće grupe:

1. Stalno opterećenje (JUS U.C7.123/1988) čine sopstvena težina (grede, stubovi, zidovi za ukrutenje, tavanice) i težine nenosivih elemenata (krovne obloge, podovi, zidovi ispune).

2. Povremeno opterećenje:

- Korisno opterećenje (JUS U.C7.121/1988) u funkciji namene objekta;
- Opterećenje snegom (Sl. List SFRJ 61/48) iznosi $0,75 \text{ kN} / \text{m}^2$ osnove krova;
- Opterećenje vetrom (JUS U.C7.110,111 i 112) za objekat koji spada u velike krute zgrade.

3. Seizmičko opterećenje (Sl. List SFRJ 31/81 49/82 29/83 21/88 52/90) je dobijeno metodom ekvivalentnog statičkog opterećenja.

Opterećenje od sopstvene težine uvrćeno je u proračun opcijom programa Tower 6, tako da sam generiše sopstvenu težinu pojedinih elemenata konstrukcije. Na grede aplicirano je dodatno stalno linijsko opterećenje od fasadnih zidova.

Korisno opterećenje je naneto kao površinsko opterećenje, a zatim je konvertovano u linijsko opterećenje i sa ploča aplicirano na grede, upravne na pravac nanošenja određene ploče.

Opterećenje od snega je modelirano kao površinsko opterećenje krovne ploče, a onda kao i korisno konvertovano na grede.

Opterećenje od vetra je modelirano kao linijsko opterećenje koje deluje duž stubova, a upravo na njih.

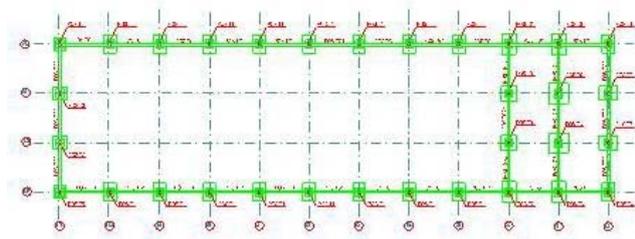
Seizmičko opterećenje na konstrukciju deluje u x i y pravcu. U programu Tower izvršeno je generalisanje ove vrste opterećenja na osnovu seizmičke zone, kategorije tla, kategorije i vrste objekta i perioda oscilovanja koji su dobijeni u određenim pravcima.

U prostornom modelu tlo je zamenjeno elastičnim oprugama postavljenim ispod temeljnih stopa. Koeficijent posteljice je $10 \text{ MN} / \text{m}^3$

Prilikom dimenzionisanja elemenata konstrukcije usvojena je marka betona MB 30, a kao podužna i poprečna armatura RA 400/500. Svi elementi konstrukcije dimenzionisani su prema Pravilniku za beton i armirani beton iz 1987. godine [3,4]. Grede su dimenzionisane, kao jednostruko ili dvostruko armirane, a stubovi su dimenzionisani na koso savijanje. Armiranobetonski zidovi za ukrućenje dimenzionisani su po Pravilniku o tehničkim normativima za izgradnju objekta u seizmičkim područjima (YU81).

4. ANALIZA UTICAJA U KONSTRUKCIJI NA OSNOVU RAZLIČITE VREDNOSTI MODULA REAKCIJE TLA

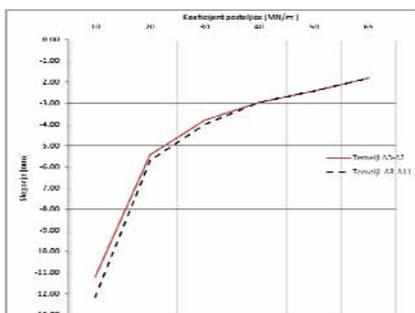
Analizirana je promena vrednosti sleganja temelja, prilikom promene modula reakcije tla u osi A - A (slika 3). Vrednosti modula reakcije tla, iznosile su redom : 10 ; 20 ; 30 ; 40 ; 50 ; 65 MN /m³.



Slika 3. Dispozicija temelja

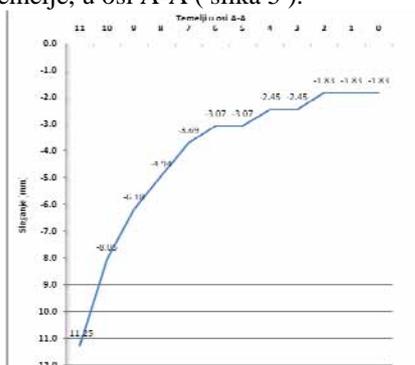
Analiza sleganja temelja vršena je pri primeni modula reakcije tla :

1. Za slučaj linearnog povećanja modula reakcije tla, u osi A-A (slika 4).



Slika 4. Analiza sleganja za slučaj 1.

2. Pojedinačno za svaki modul reakcije tla posebno na sve temelje, u osi A-A (slika 5).



Slika 5. Analiza sleganja za slučaj 2.

Dobijeni rezultati u oba slučaja ukazuju da povećanjem modula reakcije tla dolazi do smanjenja sleganja tla.

5. ZAKLJUČAK

Na osnovu ispitivanja terena i izvedenih računskih analiza, utvrđeno je da je objekat potrebno fundirati na temeljima samcima kvadratne osnove sa jednakom visinom temeljne stope od 40cm, a različitim širinama i dužinama stope.

Računskim analizama utvrđeno je da je dozvoljena nosivost tla i sleganja u granicama dozvoljenih. Povećanjem modula reakcije tla dolazi do smanjenja vrednosti sleganja. Analizirana je promena vrednosti sleganja temelja pri povećanju modula reakcije tla: 10 ; 20 ; 30 ; 40 ; 50 ; 65 MN /m³.

6. LITERATURA

- [1] Dušan M. Milović , Mitar B. Djogo, “ Greške u fundiranju ”, monografija, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad , 2005.
- [2] Stevan Stevanović, “ Fundiranje 1 ”, Naučna knjiga, Beograd, 1989.
- [3] Johan Sklena, “ Rešeni zadaci iz fundiranja ”, Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu OOUR Naučno –obrazovni institute za industrijsku gradnju, Novi Sad 1987.
- [4] Johan Sklena, Nataša Vujadinović, “Proračun temelja ”, Novi Sad, 1998.
- [5] Mitar Djogo “ Pisana predavanja iz Mehanike tla i Fundiranja ”.
- [6] Dušan Milović, Mitar Djogo, “ Problemi interakcije temelj-tlo konstrukcija ”, Novi Sad, 2009.
- [7] Dušan Milović, “ Mehanika tla ”, Naučna knjiga, Beograd, 1981.
- [8] Živorad Radosavljević i Dejan Bajić, “ Armirani beton 3- Elementi armiranobetonskih konstrukcija”, Gradjevinska knjiga ” Beograd, 2007.
- [9] “Beton i armirani beton prema BAB 87 ”, Osnove proračuna i konstruisanja, Univerzitetska štampa, Beograd, 2000.
- [10] “Beton i armirani beton prema BAB 87 ”, Primeri i prilozi, Univerzitetska štampa, Beograd, 2000.
- [11] TOWER - 3D MODEL BUILDER 6 www.radimpex.co.rs.

Kratka biografija:



Vera Jelić rođena je u Vrbasu 1967. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Gradjevinarstvo – Fundiranje objekta odbranila je 2013.god.

**IZBOR TIP A PODNE OBLOGE PRIMENOM VIŠEKRITERIJUMSKE OPTIMIZACIJE
SELECTION OF FLOORING BY APPLYING MULTICRITERIA OPTIMIZATION**Marija Šopalović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

Kratak sadržaj – Cilj ovog rada jeste istraživanje i proučavanje ponašanja različitih podnih obloga u specifičnim mehaničkim uslovima, velikim opterećenjima, koji se javljaju u industrijskim objektima, kao i izbor optimalnog tipa podne obloge u ovim objektima primenom metoda višekriterijumske optimizacije.

Abstract – The aim of this thesis is to research and explore the behavior of many different floor coverings under particular mechanical circumstances or great load, that can be seen in the industrial objects as well as the selection of the optimal type of the floor covering in these objects using the methods of multi-criterion optimization.

Ključne reči: podne obloge, industrijska hala, velika mehanička opterećenja, višekriterijumska optimizacija.

1. UVOD

Podovi predstavljaju horizontalne površine po kojima se hoda. Izrađuju se kao jednostavne i složene konstrukcije, zavisno od namene prostorije, uslova koji vladaju u njima, kao i od položaja poda u konstrukciji objekta.

Cilj ovog rada je proučavanje tipova podne obloge koji svojim fizičko-mehaničkim, estetskim i ekonomsko-finansijskim karakteristikama i načinom izrade mogu da zadovolje eksploatacione uslove koji se javljaju u industrijskim halama, velika mehanička opterećenja i habanje.

Za rešavanje definisanog problema primenjuju se metode višekriterijumske optimizacije: metoda kompromisnog rangiranja i metoda kompromisnog programiranja.

2. VRSTE PODOVA

Kvalitet ugrađenog poda zavisi od vrste i kvaliteta materijala podne obloge, načina izrade i održavanja. Pod treba da bude trajan, udoban, ravan, jednostavan za održavanje, siguran za kretanje, bezbedan od požara i štetnih isparenja i inertan na pojavu statičkog elektriciteta. Pored opštih uticaja u enterijeru: sleganja objekta, vlažnosti, podovi više od drugih površina trpe pokretno opterećenje, habanje, prljanje, agresivne supstance (sredstva za higijenu), itd.

Pored osnovnih funkcionalnih karakteristika podovi treba da poseduju i određene estetske odlike, kao i mogućnost da zadrže prvobitni izgled što duži vremenski period.

Postoji više podela podova, ali jedna od osnovnih je podela prema materijalu, prema kojoj ih delimo na:

- Podove od drveta – brodski pod, parket, mozaik parket, laminat
- Podove od kamena – ploče od granita, mermera, sjenita, gabra
- Podove od betona – kulije, liveni teraco, betonske i teraco ploče, liveni beton
- Podove od gline i pečenih glinenih proizvoda
- Podove od asfalta
- Podove od metalnih ploča
- Podove od polimera
- Podove od sintetičkih i prirodnih vlakana – iglani, velur i prošiveni tepisi
- Podove od linoleuma
- Podove od gume, itd.

3. ODREĐIVANJE ALTERNATIVNIH REŠENJA

U industrijskim halama se javljaju visoka mehanička opterećenja, kako od mašina za proizvodnju i proizvoda, tako i od viljuškara.

Na osnovu tih uslova prilikom izbora podne obloge u obzir treba izeti pre svega mehaničke uticaje u hali.

Takođe, treba birati tipove podne obloge sa hrapavom površinom, kako ne bi bili klizavi, zbog mogućih povreda na radu. Bitna je i otpornost na habanje podloge zbog velike frekvencije saobraćaja.

Pažnju treba obratiti i na estetski kriterijum, kao i na cenu izrade poda i vreme potrebno da se određen pod postavi.

Na osnovu zahtevanih karakteristika podova u datim uslovima eksploatacije izvršen je izbor mogućih materijala za izradu podne obloge

- betonski pod – A1
- pod od bazaltnih pločica – A2
- pod od poliuretanske mase – A3
- pod od epoksidne mase – A4
- pod od PVC-a – A5

Svi izabrani materijali se tradicionalno koriste pri izradi podova industrijskih objekata, pa je to bio jedan od kriterijuma za njihovo uvrštavanje u analizu.

Takođe, svaki od materijala je uvršten u analizu zbog svojih mehaničkih karakteristika i trajnosti.

4. ODREĐIVANJE KRITERIJUMSKIH FUNKCIJA

Da bi se što preciznije odredile kriterijumske funkcije za izbor optimalnog rešenja potrebno je razmotriti sve tehničko-tehnološke i ekonomsko-finansijske karakteristike, kao i specifične uslove u ovoj prostoriji.

f₁ - Čvrstoća na pritisak. Maksimalna veličina napona neposredno pre loma naziva se čvrstoća materijala.

Čvrstoća materijala se objašnjava kao sposobnost da se suprostavi unutrašnjim naponima tj. deformacijama i slomu, koji se u materijalu javljaju kada na njega deluju spoljne sili ili drugi činioci.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Milan Trivunić, red.prof.

U zavisnosti od vrste napreznja postoji više vrsti čvrstoće materijala, pa tako i više vrsta ispitivanja i metoda.

Čvrstoća na pritisak se utvrđuje eksperimentima pri kojim se uzorci materijala opterećuju aksijalno na pritisak.

Čvrstoća je osobina materijala koja pokazuje kolika opterećenja može izdržati, pa u postupku optimizacije ovo predstavlja maksimiziranje kriterijumske funkcije.

f₂ - Statička čvrstoća pri ispitivanju zatezanjem naziva se zatezna čvrstoća ili čvrstoća na zatezanje. Ona predstavlja izračunati napon koji proizvodi maksimalna sila zatezanja na jedinicu površine prvobitnog preseka epruvete. Oblici i dimenzije epruvete treba da odgovaraju uslovima propisanim standardima. Pri ispitivanju, naročito krutih materijala, treba obratiti pažnju da epruveta bude centrično opterećena, jer usled dodatnih savojnih opterećenja može da nastane prevremeni prekid. Zatezna čvrstoća materijala pokazuje koliku zateznu silu material može podneti, pa u postupku optimizacije ovo predstavlja maksimiziranje kriterijumske funkcije.

f₃ - Čvrstoća na savijane ispituje se na univerzalnim mašinama za ispitivanje čvrstoće ili na presama snabdevenim posebnim uređajima za ispitivanje savijanjem.

Epruveta, najčešće kružnog ili pravougaonog preseka, postavlja se na dva obrtna oslonca u vidu valjaka i opterećuje jednom ili dvema koncentrisanim silama, čiji se porast prati na uređaju za merenje sile na mašini. U postupku optimizacije i ova čvrstoća predstavlja maksimiziranje funkcije.

f₄ - Otpornost na habanje je svojstvo podne obloge koje se najbolje izražava nakon dužeg vremena upotrebe, a podrazumeva otpornost površine na mehaničko habanje. Na površini obloge može doći do mrvljenja površinskog sloja ili gubitka prvobitnog sjaja, a veličina oštećenja zavisi prvenstveno od tvrdoće materija od kog je podna obloga izvedena. Ovo je jedna od najbitnijih karakteristika podova, pa je kao takvu treba uvrstiti u analizu. U postupku optimizacije ovo predstavlja maksimiziranje kriterijumske funkcije.

f₅ - Tvrdoća predstavlja mehaničko svojstvo materijala, a definiše se kao otpor kojim se neko telo suprotstavlja prodiranju drugog, tvrdog tela u njegovu površinu. Tvrdoća materijala je u direktnoj vezi sa trajnošću poda. U postupku optimizacije ovo predstavlja maksimiziranje kriterijumske funkcije.

f₆ - Jedan od bitnih kriterijuma u izboru materijala je svakako i cena. U cenu, pored cene same podne obloge, uzimamo i cenu svih materijala potrebnih za postavljanje 1m² podne obloge. Podna obloga je povoljnija ukoliko je cena manja, što predstavlja minimiziranje ove kriterijumske funkcije.

f₇ - Za jednu od kriterijumskih funkcija uzećemo i vreme potrebno za izradu 1m² poda, zbog bitnog uticaja na dinamiku izvođenja. Manji utrošak vremena znači povoljniji tip obloge, pa u postupku optimizacije ovo predstavlja minimiziranje kriterijumske funkcije.

f₈ - Vreme potrebno za očvršćavanje materijala uzet je kao kriterijumska funkcija jer nam izrada podne obloge

spada u poslednju grupu radova, te bi dugo očvršćanje materijala bespotrebno pomerilo zvaničan završetak objekta. Iz tog razloga ovo predstavlja minimiziranje kriterijumske funkcije.

5. IZBOR METODE OPTIMIZACIJE

Izbor optimalne podne obloge je nemoguće adekvatno linearizovati, a da se ne izgubi na tačnosti, zbog čega se primenjuje metoda nelinearnog programiranja. Osim nelinearnosti, javlja se i problem pronalaska optimuma više funkcija cilja. Iz tog razloga primenjujemo metode višekriterijumske optimizacije. Razlikujemo više metoda za rešavanje problema višekriterijumske optimizacije, a u ovom radu će biti primenjene metoda kompromisnog programiranja i metoda kompromisnog rangiranja.

Metoda kompromisnog rangiranja bazira se na rangiranju alternativnih rešenja prema bliskosti određenim „idealnim“ vrednostima, uzimajući u obzir sve kriterijume.

Izborom parametra „p“, usvaja se strategija postizanja kompromisa u višekriterijumskoj optimizaciji:

- **p = 1**- rešenje je najbolje po svim kriterijumima zajedno
- **p = 2**- rešenje je geometrijski najbliže idealnoj tački
- **p = ∞**- prioritet je dat kriterijumu sa najvećim odstupanjem

Prilikom rešavanja zadataka višekriterijumske optimizacije u prvom prolazu određuju se kompromisna rešenja za različite vrednosti parametara p, pod uslovom da sve kriterijumske funkcije imaju iste težinske koeficijente.

Analizom ovih rezultata donosilac odluke može odlučiti o uvođenju težinskih koeficijenata za sledeći prolaz.

Ovim se uvodi „težina“ pojedinih kriterijuma i ponovnim rešavanjem zadatka ispituje osetljivost rešenja u odnosu na težinske koeficijente.

Višekriterijumsko kompromisno rangiranje alternativnih rešenja se primenjuje kada je neophodno odrediti redosled alternativnih rešenja na osnovu definisanih kriterijuma. Jedini uslov koji treba da bude zadovoljen je da sve alternative budu vrednovane po svim kriterijumima.

Metoda omogućava da se zadaju težine strategije odlučivanja v_1 i v_2 , $v_2=1-v_1$.

Pri tome, ako je $v_1 > v_2$, daje se prednost zadovoljenju većine kriterijuma, ne vodeći računa da jedan od kriterijuma može biti potpuno nezadovoljen, a ako je $v_2 > v_1$, ne dopušta se potpuno nezadovoljenje bilo kog kriterijuma.

6. ODREĐIVANJE KRITERIJUMSKIH FUNKCIJA

6.1. Čvrstoća na pritisak – f₁

Vrednosti čvrstoće na pritisak za usvojene tipove podne obloge dobijeni su na odgovarajućim epruvetama laboratorijskim ispitivanjem i prikazani su u tabeli 1 za sva alternativna rešenja.

6.2. Čvrstoća na zatezanje – f₂

Vrednosti čvrstoće na zatezanje za usvojene tipove podne obloge dobijeni su laboratorijskim ispitivanjem i prikazani su u tabeli 1 za sva alternativna rešenja.

6.3. Čvrstoća na savijanje – f_3

Vrednosti čvrstoće na savijanje za usvojene tipove podne obloge dobijeni su laboratorijskim ispitivanjem i prikazani su u tabeli 1 za sva alternativna rešenja.

6.4. Otpornost materijala na habanje – f_4

Način ispitivanja otpornosti na habanje je različit za tipove podne obloge ove analize, pa se koeficijenti formiraju na osnovu subjektivne ocene. Vrednosti koeficijenata ove kriterijumske funkcije date su u tabeli 1.

6.5. Tvrdoća materijala – f_5

Vrednosti tvrdoće materijala za usvojene tipove podne obloge dobijeni su laboratorijskim ispitivanjem i prikazani su u tabeli 1 za sva alternativna rešenja.

6.6. Cena izrade $1m^2$ poda – f_6

U cenu izrade $1m^2$ poda pored cene podne obloge, uzeta je i cena podkonstrukcije i materijala neophodnog za pravilnu ugradnju, ali ne uzimamo u obzir materijal za izradu podloge (cementne košuljice) i izolacije, koji su isti za sve tipove podne obloge. Vrednosti koeficijenata ove kriterijumske funkcije date su u tabeli 1.

6.7. Vreme potrebno za izradu $1m^2$ poda – f_7

Kao vreme za izradu $1m^2$ usvojeno je vreme potrebno za izradu i obradu poda, kao i eventualno čekanje da neki od prethodno upotrebljenih materijala očvrstne, kako bi se nastavilo sa radovima, iz iskustva proizvođača. Vrednosti koeficijenata ove kriterijumske funkcije date su u tabeli 1.

6.7. Vreme potrebno za očvršćavanje poda – f_7

Kao vreme očvršćavanja materijala uzeto je preporučeno vreme od strane proizvođača, do kog se material ne može izložiti potpunom opterećenju. Vrednosti koeficijenata ove kriterijumske funkcije date su u tabeli 1.

6.8. Definisane kriterijumske funkcije za sva alternativna rešenja

Tabela 1. Kriterijumske funkcije za sva alternativna rešenja

	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	jedinica
f_1	79.3	450	70	102.3	90	Mpa
f_2	4	2600	20	55	60	Mpa
f_3	11.3	45	40	47	25	Mpa
f_4	4.5	4.1	4.4	4.3	4.2	-
f_5	93	88	73	82	85	-
f_6	482,4	4868,4	5063,04	3245	2776,4	RSD/m ²
f_7	8	50	24.5	48.5	0.2	h/m ²
f_8	14	1	5	7	1	Дана

7. VIŠEKRITERIJUMSKA OPTIMIZACIJA I IZBOR TIPA PODNE OBLOGE

Definisanjem alternativa i kriterijumskih funkcija formiran je model optimizacije. Na osnovu karakteristika i mogućnosti koje pružaju pojedine grupe metoda, za rešavanje ovog problema primenjene su metode višekriterijumske optimizacije: metoda kompromisnog

programiranja i kompromisnog rangiranja. Analiza je sprovedena primenom tabela dizajniranih u EXCELU-u za neograničen broj alternativnih rešenja i kriterijumskih funkcija.

Najpre je izvršeno rangiranje alternativa po svakom od kriterijuma pojedinačno (tabela 2).

Tabela 2. Rangiranje alternativa po kriterijumima

	f_1	f_2	f_3	f_4	f_5	f_6	f_7	f_8
A ₁	4	5	5	5	1	1	2	5
A ₂	1	1	2	1	2	4	5	2
A ₃	5	4	3	4	5	5	3	3
A ₄	2	3	1	3	4	3	4	4
A ₅	3	2	4	2	3	2	1	1

Zatim je primenom metode kompromisnog programiranja izvršeno rangiranje alternativa za vrednosti parametra $p=1,2,\infty$ (tabela 3).

Tabela 3. Rangiranje alternativa metodom kompromisnog programiranja

	A1	A2	A3	A4	A5
$p = 1$	4	1	5	3	2
$p = 2$	5	1	4	3	2
$p = \infty$	5	3	4	2	1

Alternative su analizirane i metodom kompromisnog rangiranja. Najpre sa istim težinskim koeficijentima (tabela 4), a zatim je osetljivost rešenja ispitana uvođenjem težinskih koeficijenata.

Tabela 4. Rangiranje alternativa metodom kompromisnog rangiranja, isti težinski koeficijenti

	A1	A2	A3	A4	A5
$v = 0,0$	4	3	5	2	1
$v = 0,3$	4	3	5	2	1
$v = 0,6$	4	2	5	3	1
$v = 0,9$	4	1	5	3	2
$v = 1,0$	4	1	5	3	2

Prvo su težinski koeficijenti tako definisani da se prednost daje zadovoljenju kriterijuma baziranih na ponašanju materijala u uslovima visokih mehaničkih opterećenja (tabela 5).

$w_1 = 0,20$, $w_2 = 0,20$, $w_3 = 0,20$, $w_4 = 0,08$, $w_5 = 0,08$, $w_6 = 0,08$, $w_7 = 0,08$, $w_8 = 0,08$.

Tabela 5. Rangiranje alternativa metodom kompromisnog rangiranja, različiti težinski koeficijenti - prvi prolaz

	A1	A2	A3	A4	A5
v = 0,0	5	1	4	3	2
v = 0,3	5	1	4	3	2
v = 0,6	5	1	4	3	2
v = 0,9	5	1	4	3	2
v = 1,0	5	1	4	3	2

U sledećem prolazu definisani su težinski koeficijenti tako da se prednost daje kriterijumima od kojih zavise cena i vreme potrebno za izradu poda (tabela 6).

w1 = 0,06, w2 = 0,06, w3 = 0,06, w4 = 0,06, w5 = 0,06, w6 = 0,20, w7 = 0,30, w8 = 0,20.

Tabela 6. Rangiranje alternativa metodom kompromisnog rangiranja, različiti težinski koeficijenti - drugi prolaz

	A1	A2	A3	A4	A5
v = 0,0	2	5	3	4	1
v = 0,3	2	4	3	5	1
v = 0,6	2	3	4	5	1
v = 0,9	2	3	4	5	1
v = 1,0	2	3	4	5	1

Otpornost na habanje i tvrdoća materijala, kao kriterijumske funkcije, su u prethodna dva prolaza stavljeni u drugi plan. To je učinjeno zato što samim izborom materijala možemo ga smatrati otpornim na habanje i zadovoljavajuće tvrdoće.

S'obzirom da smo ove kriterijume uveli u analizu kao bitne karakteristike podova, u sledećem prolazu definisani su težinski koeficijenti tako da se prednost daje njima i kriterijumima od kojih zavise cena i vreme potrebno za očvrstavanje materijala i izrade podne obloge. (tabela 7)

w1 = 0,04, w2 = 0,04, w3 = 0,04, w4 = 0,17, w5 = 0,17, w6 = 0,18, w7 = 0,18, w8 = 0,18.

Tabela 7. Rangiranje alternativa metodom kompromisnog rangiranja, različiti težinski koeficijenti - treći prolaz

	A1	A2	A3	A4	A5
v = 0,0	2	4	5	3	1
v = 0,3	3	2	5	4	1
v = 0,6	3	2	5	4	1
v = 0,9	3	2	5	4	1
v = 1,0	3	2	5	4	1

Na osnovu dobijenih rezultata, primenom metode kompromisnog programiranja, kao najpovoljniji tip podne obloge dobijen je tip A2, tj pod od bazaltnih pločica, dok

je kao najlošije rešenje dobijen tip podloge A1, tj. betonska podna obloga.

Metodom kompromisnog rangiranja dobijeni su različiti rezultati za svaki od prolaza. U slučaju istih težinskih koeficijenata kao najpovoljnije rešenje dobijena je obloga od PVC-a -A5, a kao najlošije rešenje podna obloga od poliuretanske mase -A3.

U prvom prolazu, bez obzira na strategiju odlučivanja rezultati su pokazali da je najbolje rešenje podna obloga tipa A2- podna obloga od bazaltnih ploča. Najnepovoljnije rešenje je tip A1- podna obloga od betona.

U drugom prolazu bez obzira na strategiju odlučivanja kao najpovoljnije rešenje dobijena je podna obloga od PVC-a -A5.

U trećem prolazu je kao najpovoljnije rešenje dobijena podna obloga od PVC-a -A5, bez obzira na strategiju odlučivanja.

Analizom dobijenih rezultata za različite metode višekriterijumske optimizacije i različite težinske koeficijente pojedinih kriterijuma može se zaključiti da je najpovoljnija podna obloga u industrijskim halama obloga od PVC-a.

8. ZAKLJUČAK

Ovim radom prikazana je struktura modela višekriterijumske optimizacije izbora podne obloge za dat tip prostorije sa 7 definisanih kriterijumskih funkcija. Predložen model može se menjati izborom drugačijih alternativnih rešenja i kriterijumskih funkcija.

Usvojene metode višekriterijumske optimizacije omogućavaju da se u proces odlučivanja uvedu različite strategije odlučivanja, pa redosled alternativnih rešenja zavisi od definisanog cilja istraživanja i „težine“ date zadovoljavanju pojedinih kriterijuma.

9. LITERATURA

- [1] B. Blagojević, „Građevinske konstrukcije”, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd, 1996.
- [2] S. Opricović, „Optimizacija sistema”, Građevinski fakultet, Beograd, 1992.
- [3] Trivunić M, Matijević Z: „Tehnologija i organizacija građenja“, FTN Izdavaštvo, Novi Sad, 2004.
- [4] www.industrijskipodovi.rs
- [5] www.podovi.com
- [6] www.kribone.rs
- [7] www.isomat.co.rs
- [8] www.sika.com
- [9] www.zomar.hr

Kratka biografija:



Marija Šopalović rođena je u Užicu 1987. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstvo – Konstrukcije – Tehnologija i organizacija građenja odbranila je 2013.god..



ANALIZA UTICAJA PROMJENE JAČINE ZEMLJOTRESA NA SEIZMIČKU OTPORNOST ZGRADA

ANALYSIS OF INFLUENCE OF THE DIFFERENT MAGNITUDE OF EARTHQUAKE ON SEISMIC RESISTANCE OF BUILDING

Bojan Golub, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – U radu je analizirano ponašanje dvanaestospratne konstrukcije pod dejstvom projektnih seizmičkih sila koje variraju uslijed promjene projektnog seizmičkog ubrzanja a_g . Prilikom analize, projektno seizmičko ubrzanje je varirano od vrijednosti 0.10 do 0.40 sa korakom $\Delta=0.05$. Za svaku od ovih vrijednosti izračunate su odgovarajuće seizmičke sile, a zatim je na osnovu dobijenih uticaja u konstrukciji izvršeno dimenzionisanje svih konstruktivnih elemenata.

Abstract – The paper analyzes the behavior of the twelvefloor construction under the influences of design seismic forces that vary due to the changes in the seismic acceleration a_g . In the analysis, values of the seismic design acceleration are varied from 0.10 to 0.40 with the step $\Delta = 0.05$. Appropriate seismic forces are calculated for each of these values and then on the basis of the obtained influences are calculated all constructive elements.

Ključne reči: Seizmičko opterećenje, DCM, Evrokod, odgovor konstrukcije

1. UVOD

Zemljotresi predstavljaju veoma složene prirodne pojave koje izazivaju oštećenja građevinskih konstrukcija, a često i njihova razaranja. Prema dosadašnjem nivou naučnih saznanja moguće je teritorijalno odrediti i procijeniti rušilačku snagu zemljotresa, ali nije moguće odrediti vrijeme kada bi se to moglo dogoditi. Takođe je poznato da postoji veza između intenziteta zemljotresa i njegovog povratnog perioda.

Jači, razorni, zemljotresi se javljaju ređe, dok slabiji zemljotresi, manje rušilačke snage, se događaju češće. Pored toga vibraciono kretanje tla je uvijek drugačije, nepredvidivo i potpuno neregularno. Sa inženjerskog stanovišta najvažnija pojava do koje dolazi usled zemljotresa je upravo vibraciono kretanje površinskog sloja tla u kome je konstrukcija temeljena kao što je navedeno u [6]. Usled vibracionog kretanja temeljnog tla dolazi do pojave inercijalnih sila u konstrukciji koje često po svome intenzitetu predstavljaju najjače dejstvo na konstrukciju.

Takođe, bitno je naglasiti da dejstvo zemljotresa na konstrukcije ne zavisi samo od kretanja tla nego i od dinamičkih karakteristika same konstrukcije.

NAPOMENA:

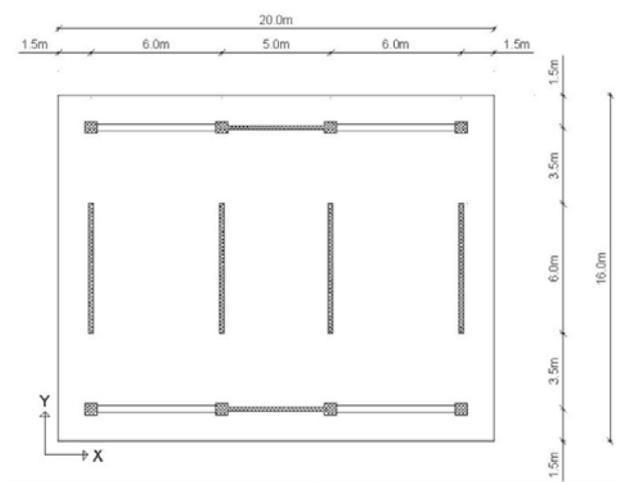
Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio prof. dr Đorđe Ladinović, dipl.ing. grad.

S obzirom da se ponašanje konstrukcije usled dejstva zemljotresa ne može dovoljno tačno odrediti i da je vjerovatnoća pojave razornih zemljotresa mala, jasno je da bi bilo necelishodno graditi takve konstrukcije koje bi izdržale dejstva najjačih zemljotresa bez oštećenja. Kao što je navedeno u [7], neekonomično je projektovati konstrukciju na dejstvo koje se za eksploatacionog vijeka objekta možda neće ni desiti. S druge strane, zemljotresi slabijeg intenziteta imaju veću vjerovatnoću pojave, te bi konstrukciju trebalo projektovati da takva dejstva prime bez oštećenja, jer bi česte popravke sitnijih oštećenja mogle da premaše cijenu bolje građene konstrukcije.

1.1. Koncept projektovanja konstrukcija u seizmički aktivnim područjima

Da bi se moglo govoriti o jačim ili slabijim zemljotresima potrebno je njihovu rušilačku snagu na neki način i normirati. Kao referentni podatak za opisivanje efekta zemljotresa usvaja se maksimalno ubrzanje tla a_g na nivou osnovne stijene (tlo tipa A) i ono odgovara referentnom povratnom periodu T_{NCR} za zahtev da se objekat ne sruši. Zemljotres pri kome se dostigne maksimalno ubrzanje tla se naziva projektni zemljotres. Na osnovu prethodnih razmatranja je i određen koncept projektovanja konstrukcija u seizmički aktivnim područjima. Ideja je da u slučaju projektnog zemljotresa konstrukcija smije da pretrpi određeni nivo oštećenja, ali ne smije da dođe do lokalnog ili potpunog rušenja. Odnosno, usled dejstva projektnog zemljotresa svjesno se dopušta da dođe do prekoračenja nosivosti konstrukcije i da konstrukcija opterećenje primi elasto-plastičnim radom, tj. uz određena oštećenja. S obzirom da se konstrukcija sada suprotstavlja dejstvima zemljotresa u nelinearnom domenu to načelno omogućava njeno projektovanje na sile koje su višestruko manje on stvarnih koje mogu da se pojave za vrijeme projektnog zemljotresa. Naravno, pretjerano smanjivanje nosivosti konstrukcije nije na mjestu jer bi konstrukcija tada trpila oštećenja i za vrijeme slabijih zemljotresa koji su veće vjerovatnoće pojave. Da bi se konstrukcija mogla projektovati na smanjeno seizmičko opterećenje, odnosno sa smanjenom nosivošću, potrebno je da posjeduje sposobnost deformisanja, a mjera za sposobnost deformisanja je duktilnost. Duktilnost se definiše kao odnos između nelinearnih deformacija i deformacija na granici elastičnosti i može biti izražena preko pomjeranja konstrukcije, rotacije grednog elementa u čvoru, krivinom presjeka i slično. Duktilnost predstavlja veličinu koju je jako teško numerički odrediti, ali za inženjerske potrebe dovoljna je i njena procjena. Globalna duktilnost konstrukcije se postiže adekvatnom dispozicijom objekta,

izborom materijala, pravilnim oblikovanjem detalja i pravilnim rasporedom armature. Kod konstrukcija koje imaju veću obezbeđenu duktilnost moguće je veće smanjenje seizmičkog opterećenja. Metod projektovanja konstrukcija sa smanjenom nosivošću na račun ostvarene duktilnosti se još naziva i metoda faktora duktiliteta. Evrokod 8 propisuje tri klase duktilnosti, a saglasno sa klasom duktilnosti i vrijednost smanjenja seizmičkog opterećenja preko faktora ponašanja q . Za svaku klasu duktilnosti se propisuje i niz konstruktivnih zahtjeva koje treba ispuniti da bi se obezbijedila predviđena duktilnost konstrukcije. Osnova konstrukcije je prikazana naslici 1 gdje se jasno vidi da je glavni konstruktivni sistem X pravca sistem nevezanih zidova, dok u Y pravcu se konstrukcija sastoji od dva okvira ukručena sa po jednim zidnim platnom.



Slika 1. Osnova tipskog sprata

2. ANALIZA OPTEREĆENJA

Cijelokupna analiza opterećenja je rađena u skladu sa Evropskim standardima [1], [2].

2.1. Stalnaopterećenja

Stalna opterećenja su ona opterećenja kojima je konstrukcija neprekidno opterećena tokom cijelog svog eksploatacionog vijeka.

Cijelokupno stalno opterećenje aplicirano je na međuspratne tavanice kao jednakopodijeljeno površinsko opterećenje. Intenzitet opterećenja svih tavanica je jednak i iznosi 8.0 kN/m^2 .

2.2. Korisnaopterećenja

Prema [2] korisna opterećenja u poslovnim zgradama iznose: zatipski sprat 3 kN/m^2 , a za krov $0,45 \text{ kN/m}^2$.

2.3. Opterećenjesnijegom

Opterećenje snijegom se uzima $1,0 \text{ kN/m}^2$ na površini krovne poče.

2.4. Seizmičko dejstvo

Seizmička dejstva su određena u svemu prema [4]. Usvojena kategorija tla je C pri čemu je korišćen tip 1 elastičnog spektra odgovora, sa vrijednostima parametara iz table 1.

Tabela 1. Vrijednosti parametara koji opisuju preporučeni tip 1 elastičnog spektra odgovora

Kategorija tla	S	T_B (s)	T_C (s)	T_D (s)
A	1,0	0,15	0,4	2,0
B	1,2	0,15	0,5	2,0
C	1,15	0,20	0,6	2,0
D	1,35	0,20	0,8	2,0
E	1,4	0,15	0,5	2,0

Za horizontalne komponente seizmičkog dejstva, u zavisnosti od perioda vibracija konstrukcije i faktora ponašanja q , projektni spektar $S_d(T)$ se određuje prema sledećem izrazu:

$$T_c \leq T \leq T_d \rightarrow S_d(T) = a_g \cdot S \cdot 2.5/q \cdot [T_c/T] \geq \beta \cdot a_g \quad (1)$$

Vrijednost faktora ponašanja q se određuje iz izraza:

$$q = q_0 \cdot k_w \geq 1.5 \quad (2)$$

gde je:

q_0 - osnovna vrednost faktora ponašanja zavisna od tipa konstrukcijskog sistema

k_w - faktor koji uzimau obzir preovlađujuću vrstu loma konstrukcijskih sistema sa zidovima

Faktor q se određuje posebno za oba proračunska pravca i u konkretnom slučaju za X pravac iznosi 3.9, dok za Y pravac iznosi 3.0.

2.4.1. Modalna analiza

Dinamičke karakteristike konstrukcije su određene modalnom analizom. Za modalnu analizu izabran je diskretni model sa koncentrisanim masama u nivou tavanica. Brojčana vrijednost mase koja se koncentriše u centru mase tavanice su propisane u [4] i predviđa se da se stalna opterećenja i opterećenje snijegom uzmu u punom iznosu, dok se vrijednost korisnog opterećenja ne uzima u punom iznosu zato što se smatra da neće biti u cijelosti prisutno za vrijeme zemljotresa.

Dinamičke karakteristike konstrukcije zavise i od njene krutosti, te je pri modeliranju fleksiona i smičuća krutost svih elemenata smanjena na 50% početne preko modula elastičnosti betona E .

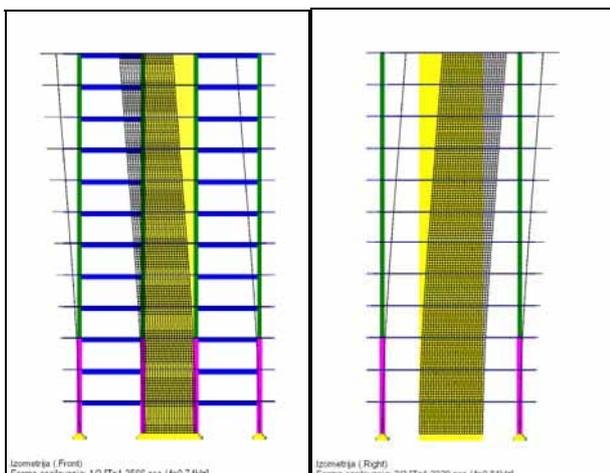
Ovim se opisuje realnije stanje isprskalnih armiranobeton-skih elemenata.

Periodi koji su dobijeni modalnom analizom su prikazani u tabeli 2, a forme oscilovanja za prva dva tona su prikazane na slici 2.

Tabela 2. Vrijednosti perioda oscilovanja

	T [s]	f [Hz]
1	1.3566	0.7371
2	1.2320	0.8117

Nakon što su određene dinamičke karakteristike konstrukcije i definisan factor ponašanja mogu se odrediti seizmička dejstva na konstrukciju. Prema [4] referentni metod za određivanje seizmičkih dejstava je modalna analiza u kombinaciji sa metodom spektra odgovora, gdje se koristi linearnoelastični model konstrukcije i projektni spektar. Metoda ekvivalentnih bočnih sila može da se primjeni kod zgrada čiji odgovor ne zavisi bitno od uticaja viših tonova oscilovanja, upravo kakva i jeste analizirana konstrukcija.



Slika 2. Forme oscilovanja u prvom i drugom tonu

2.4.2. Određivanje seizmičkih sila

Seizmičke sile se određuju za dva analizirana pravca i ukupna seizmička sila se određuje prema sledećem izrazu:

$$F_b = S_d(T_1) \cdot m \cdot \lambda \quad (3)$$

gde je:

$S_d(T_1)$ – ordinata projektnog spektra za period T_1

T_1 – osnovni period slobodnih vibracija za posmatrani horizontalni pravac

m – ukupna masa zgrade iznad temelja ili iznad vrha krutog podruma

λ – korekcionni faktor, čija je vrednost $\lambda=0.85$ ako je $T_1 \leq 2T_c$ i zgrada ima više od dva sprata, dok je $\lambda=1.0$ u svim ostalim slučajevima.

Vrijednosti ordinata projektnog spektra su prikazane u tabeli 3, dok su vrijednosti bazne smičuće sile prikazane u tabeli 4.

Tabela 3. Vrijednosti ordinata projektnog spektra $S_d(T_1)$

Ordinata projektnog spektra				
a_g	0,1g	0,2g	0,3g	0,4g
X pravac	0,0326g	0,0652g	0,0978g	0,1304g
Y pravac	0,0466g	0,0933g	0,140g	0,1867g

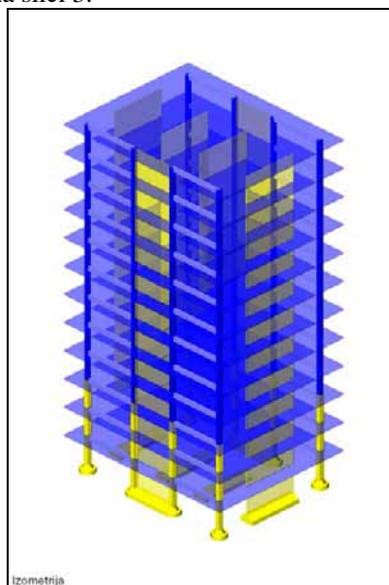
Tabela 4. Vrijednosti bazne smičuće sile F_b

Baza smičuća sila				
a_g	0,1g	0,2g	0,3g	0,4g
X pravac	1065.61	2130.32	3195.47	4260.63
Y pravac	1524.87	3049.75	4574.63	6100.16

3. MODELIRANJE KONSTRUKCIJE

Konstrukcija je modelirana u softveru *Tower 7* za statičku i dinamičku analizu konstrukcija koji je baziran na metodi konačnih elemenata. Programom je omogućeno prostorno modeliranje konstrukcija i opterećenja. Elementi konstrukcije su modelirani kao linijski ili površinski. Svim elementima su priručene odgovarajuće geometrijske i mehaničke karakteristike, odnosno, poprečni presjek, te čvrstoća betona na pritisak, poasonov koeficijent, modul elastičnosti, zapreminska težina i koeficijent termičkog širenja. Sve mehaničke i geometrijske karakteristike su određene klasom betona i dimenzijama poprečnog presjeka. Grede i stubovi se modeliraju kao linijski elementi dok su ploče i zidovi modelirani kao površinski

elementi. Imajući u vidu da se radi o armiranobetonskoj konstrukciji i da je potrebno efekte prslina uključiti u proračun svim elementima je modul elastičnosti smanjen na 50 % početnog kao što se i preporučuje Evrokodom 8. S obzirom da je akcenat rada na uporednoj analizi konstrukcije usled promjene jačine zemljotresnog dejstva uslovi oslanjanja konstrukcije nisu detaljno analizirani te su modelirani kao potpuna uklještenja. Izgled modela je prikazan na slici 3.



Slika 3. Izgled proračunskog modela

4. KONCEPT PROGRAMIRANOG PONAŠANJA

Ideja projektovanja konstrukcija sa smanjenim seizmičkim silama ima i svoje mane. Smanjenje seizmičkih sila je definisano preko jednog faktora (faktor ponašanja), te je pri određivanju nosivosti pojedinih elemenata svuda uzeta u obzir jednaka redukcija nosivosti. To znači da će se granica elastičnosti biti postignuta približno istovremeno kod svih elemenata. Zbog toga se razvila metoda programiranog ponašanja na kojoj insistira i Evrokod 8. Glavna ideja ove metode je da se u konstrukciji odaberu mjesta koja mogu razviti mehanizme sa velikom sposobnošću apsorpcije energije, a da se pri tome ne ugrozi vertikalna nosivost konstrukcije i njena stabilnost. To su mjesta na kojima će se prvo formirati plastični zglobovi. Presjeci u kojima se formiraju plastični zglobovi treba da se odlikuju velikom sposobnošću postelastičnog deformisanja kako je navedeno u [5]. Tipični primjeri elemenata u kojima je poželjno formiranje plastičnih zglobova su krajevi greda kod skeletnih konstrukcija i visoki nosači na spoju zidova sa otvorima, kao i stubovi na spoju sa temeljem. Formiranje plastičnih zglobova u stubovima svakako nije poželjno jer bi se tako ugrozila vertikalna nosivost konstrukcije i vrlo je izvjesno da bi došlo do njenog kolapsa.

5. PROJEKTOVANJE ZA SREDNJU KLASU DUKTILNOSTI

Da bi se obezbijedila zahtjevana duktilnost na nivou cijele konstrukcije i tako opravdao koncept aseizmičkog projektovanja, potrebno je da se na nivou presjeka elemenata obezbijedi odgovarajuća duktilnost krivine.

Zavisno od klase duktilnosti [4] postavlja određene zahtjeve u vezi sa oblikovanjem elemenata konstrukcije, armiranja presjeka, minimalnih i maksimalnih dozvoljenih procenata armiranja, utezanja presjeka uzengijama, nastavljanja armature i drugih konstruktivnih detalja.

6. DIMENZIONISANJE ZIDOVA X PRAVCA

Usvojena armatura u zidovima X pravca u kritičnoj zoni je prikazana u tabeli 5 za sva četiri slučaja projektnog ubrzanja, a dimenzionisanje je urađeno u skladu sa [3].

Tabela 5. Usvojena armatura u kritičnoj zoni

[g]	Ivična armatura	Vertikalana armatura	Horizontalna armatura	Uzengije
0,1	2·12RØ12 (13.57cm ²)	±RØ8/20 ±2.5 cm ² /m	±RØ8/20 ±2.5cm ² /m	URØ10/7.5
0,2	2·18RØ14 (27.72cm ²)	±RØ8/20 ±2.5 cm ² /m	±RØ10/15 ±5.24cm ² /m	URØ10/7.5
0,3	2·20RØ19 (56.80cm ²)	±RØ10/15 ±5.24cm ² /m	±RØ12/15 ±7.53cm ² /m	URØ10/7.5
0,4	2·22RØ22 (76.00cm ²)	±RØ10/10 ±7.85cm ² /m	±RØ14/15 ±10.26cm ² /m	URØ10/7.5

7. DIMENZIONISANJE ZIDOVA Y PRAVCA

Usvojena armatura u zidovima Y pravca u kritičnoj zoni je prikazana u tabeli 6 za sva četiri slučaja projektnog ubrzanja, a dimenzionisanje je urađeno u skladu sa [3].

Tabela 6. Usvojena armatura u kritičnoj zoni

	Ivična armatura	Vertikalana armatura	Horizontalna armatura	Uzengije
0,1	2·12RØ12 (13.57cm ²)	±RØ8/20 ±2.5 cm ² /m	±RØ8/20 ±2.5 cm ² /m	URØ10/7.5
0,2	2·14RØ14 (21.55cm ²)	±RØ8/20 ±2.5 cm ² /m	±RØ10/15 ±5.24cm ² /m	URØ10/7.5
0,3	2·14RØ22 (53.22cm ²)	±RØ8/15 ±3.35cm ² /m	±RØ12/15 ±7.53cm ² /m	URØ10/7.5
0,4	2·16RØ25 (78.56cm ²)	±RØ10/15 ±5.24cm ² /m	±RØ12/15 ±7.53cm ² /m	URØ10/7.5

8. ZAKLJUČAK

Projektovanje zgrade prema DCM metodi obezbeđuje da se zgrada zemljotresima suprotstavlja svojom duktilnošću, tj mogućnošću disipacije veće količine energije koja nastaje kao rezultat pomeranja tla.

Projektovanjem zgrade na ovaj način, konstrukciji se dopušta viši stepen plastifikacije pa su samim tim i strože

mere za oblikovanje konstrukcijskih elemenata i detalja. Vrijednosti spektralnog ubrzanja dobijene na osnovu izraza [1] su se linearno povećavale, a samim tim i smičuća sila u osnovi je linearno rasla sa porastom ubrzanja, i za vrijednos ubrzanja $a_g=0,4$ smo dobili smičuću silu koja je četiri puta veća od one dobijene na početku.

Takođe i potrebni procenat armiranja zidova kako X tako i Y pravca se za slučaj $a_g=0,1g$ i $0,4g$ razlikuju četiri puta.

9. LITERATURA

[1] EN 1990:2002 Evrokod 0; Osnove proračuna konstrukcija. Beograd, februar 2006

[2] EN 1991-1-1: 2002 Evrokod 1; Dejstva na konstrukcije. Deo 1-1: Zapreminske težine, Sopstvena težina, korisna opterećenja za zgrade. Beograd, novembar 2009

[3] EN 1992-1-1:2004 Evrokod 2; Proračun betonskih konstrukcija. Deo 1-1: Opšta pravila i pravila za zgrade. Beograd, februar 2006

[4] EN 1998-1:2004 Evrokod 8; Proračun seizmički otpornih konstrukcija. Deo 1: Opšta pravila, seizmička dejstva i pravila za zgrade. Beograd, novembar 2009

[5] Dražen Aničić, Peter Fajfar, Boško Petrović, Antun Szavits-Nossan, Miha Tomažević: Zemljotresno inženjerstvo-visokogradnja, Građevinska knjiga, Beograd 1990.

[6] Đorđe Ladinović: Analiza konstrukcija zgrada na zemljotresna dejstva

[7] Vanja Alendar: Projektovanje seizmički otpornih armiranobetonskih konstrukcija kroz primere. Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Institut za materijale i konstrukcije, Beograd novembar 2004.

Kratka biografija:



Bojan Golub rođen je u Derventi 1987. godine. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Seizmičke analize konstrukcija odbranio je 2013. godine.

PROCENA STANJA I PROJEKAT SANACIJE ČELIČNOG REZERVOARA ZA INDUSTRIJSKU OTPADNU VODU U SENTI

ASSESSMENT AND PROJECT OF THE RECONSTRUCTION OF STEEL TANK FOR INDUSTRIAL WASTEWATER IN SENTA

Bogdan Lekić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratka sahržaj – Rad se sastoji od teorijskog i stručnog dela. U teorijskom delu analiziran je uticaj korozije na noseće čelične konstrukcije i zaštita čeličnih konstrukcija od korozije. U stručnom delu rada analizirano je stanje čeličnog rezervoara za industrijsku otpadnu vodu. Prikazani su rezultati vizuelnog pregleda objekta, procena njegovog stanja i mere sanacije. Sproveden je statički proračun i na osnovu dobijenih rezultata urađen je projekat sanacije, kao i predmer i predračun sanacionih radova.

Abstract – This paper consists of theoretical and practical part. The theoretical part analyses the impact of corrosion on steel structures and protection of steel structures against corrosion. The practical part analyses the state of steel tank for industrial wastewater. In this paper the results of the visual inspection of the facility, the assessment of its condition and reparation measures are presented. A statistical calculation was conducted, and based on these results a project of reparation was performed, as well as the bill of quantities of reparation work.

Ključne reči: Čelični rezervoar, korozija, procena stanja, oštećenja, proračun konstrukcija, sanacija

1. UVOD

Svi građevinski objekti tokom eksploatacije imaju izvesne kontakte sa spoljašnjim sredinama, tako da uvek dolazi do određenih međudejstava između sredina i materijala zastupljenih u objektima. Spoljašnje sredine se, u odnosu na materijale, vrlo često javljaju kao agresivne sredine, pa one u opštem slučaju, u odnosu na materijale, predstavljaju uzročnike korozije - vremenskog procesa koji dovodi do razaranja materijala, odnosno do pojave smanjivanja njihovih mehaničkih otpornosti.

Da bi došlo do pojave korozije neophodno je prisustvo kiseonika i vlage. U odsustvu bilo kog od ovih činilaca do korozije neće doći, kao što je slučaj u suvim sredinama (odsustvo vlage), ili kod hermetički zatvorenih šupljih profila (odsustvo kiseonika). U slučaju podvodnih i podzemnih konstrukcija, presudan faktor predstavlja dovod kiseonika. Sa druge strane, u atmosferi, gde je kiseonik slobodan, ključan faktor je prisustvo vlage, pa stepen korozije zavisi od dužine trajanja prisustva vlage.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Vlastimir Radonjanin, red. prof.

2. KLASIFIKACIJA KOROZIONIH PROCESA

Korozioni procesi mogu se klasifikovati prema: mehanizmu odvijanja, sredini u kojoj se nalaze čelične konstrukcije i geometrijskom obliku korozionog oštećenja.

Prema mehanizmu odvijanja korozionog procesa mogu se definisati sledeći osnovni tipovi korozije:

- Hemijska korozija
- Elektrohemijska korozija
- Biološka korozija
- Fizičko-hemijska korozija
- Fizička korozija

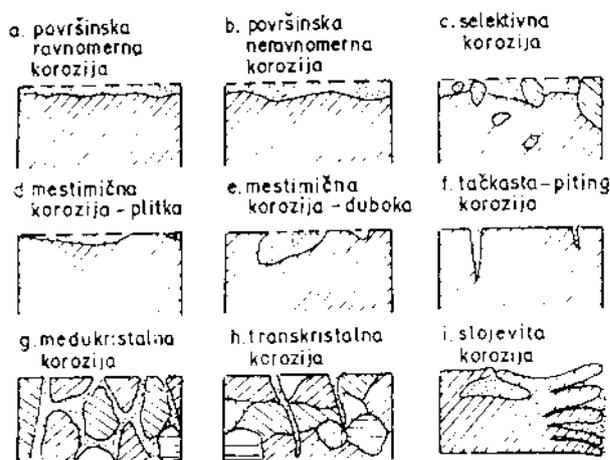
Prema sredini u kojoj se nalaze čelične konstrukcije korozija može biti:

- Atmosferska korozija
- Korozija u vodi
- Korozija u zemlji
- Kontaktna korozija
- Naponska korozija

Prema geometrijskom obliku korozionog oštećenja korozija može biti:

- Opšta - površinska korozija (ravnomerna i neravnomerna)
- Lokalna - mestimična korozija (plitka, duboka, tačkasta)
- Selektivna korozija
- Interkristalna korozija

Na slici 1 prikazani su osnovni oblici korozionog oštećenja.



Slika 1. - Osnovni oblici korozionog oštećenja

3. DIREKTNE I INDIREKTNE ŠTETE

Štetno dejstvo korozije ogleda se kroz dva različita aspekta: direktne i indirektne štete.

U direktne štete od korozije spada gubitak težine, odnosno umanjeno debljine čeličnog elementa, ali i negativna promena bitnih mehaničkih i tehnoloških svojstava čelika, kao što su granica razvlačenja, čvrstoća na zatezanje, izduženje, otpornost na krti lom.

Moguće indirektne štete, kao što su prekid proizvodnje, troškovi popravki, ugrožena sigurnost ljudi i objekta, predstavljaju faktor koji takođe treba imati u vidu pri razmatranju ovog problema, jer mogu višestruko premašiti direktne štete.

4. FAKTORI OD UTICAJA NA IZBOR SISTEMA ZAŠTITE

Pri izboru sistema zaštite od korozije treba uzeti u obzir: vrstu čelika, stanje površine konstrukcije, vrstu i način oblikovanja, vrstu opterećenja, položaj i stepen izloženosti konstrukcije spoljnim uticajima, spoljnu sredinu i klimatske uslove (temperатурne promene, stepen vlažnosti, vetrove i dr.).

Takođe treba voditi računa i o opasnosti od skupljanja prašine i nečistoća, kao i pristupačnosti i mogućnosti pregleda i obnove primenjenog sistema zaštite.

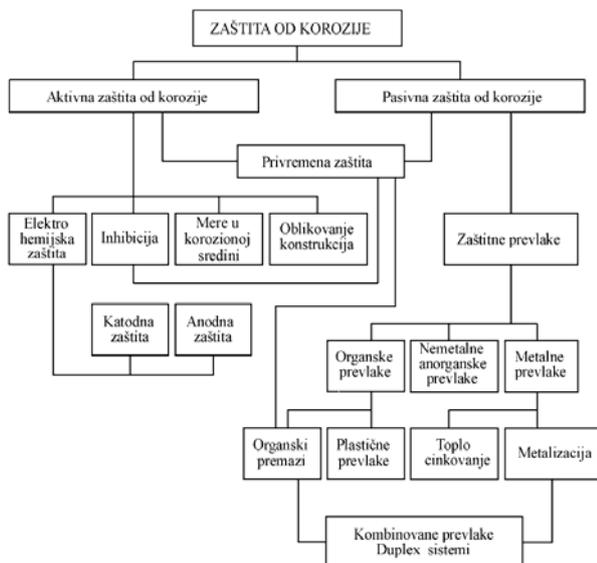
Mnogobrojni faktori koji dovode do korozije metala najčešće se dele na spoljašnje i unutrašnje.

U spoljašnje faktore se ubrajaju uslovi i karakter spoljne sredine: brzina kretanja agenasa korozije, mehaničko dejstvo agenasa korozije, temperatura i koncentracija agresivnog agenasa, kao i koncentracija jona vodonika i sadržaj kiseonika u korozionoj sredini.

Unutrašnji faktori su sledeći: termodinamička stabilnost metala, hemijski sastav metala - legure, nehomogenost strukture, nehomogenost površinskog sloja metala i intenzitet unutrašnjih napona.

5. ZAŠTITA OD KOROZIJE

Postoje dva oblika zaštite čeličnih konstrukcija od korozije: aktivna i pasivna zaštita (slika 2).



Slika 2. - Šematski prikaz mera za zaštitu od korozije

5. 1 Mere aktivne zaštite od korozije

Pod aktivnom zaštitom podrazumevaju se mere koje utiču na smanjenje agresivnosti okolne sredine, kao i izbor čeličnog materijala i povoljno konstrukcijsko oblikovanje sa stanovišta korozione otpornosti.

5. 1.1 Mere prema korozionoj sredini

Mere aktivne zaštite od korozije koje treba preduzeti još u fazi izbora lokacije objekta i izrade idejnog projekta, usmerene su ka korozionoj sredini, odnosno ka nepovoljnim uslovima korišćenja koje sa stanovišta korozije treba izbegavati.

5. 1.2 Katodna zaštita

Još jedan vid aktivne zaštite od korozije predstavlja i katodna zaštita, koja se zasniva na katodnoj polarizaciji čeličnih konstrukcija u prisustvu elektrolita.

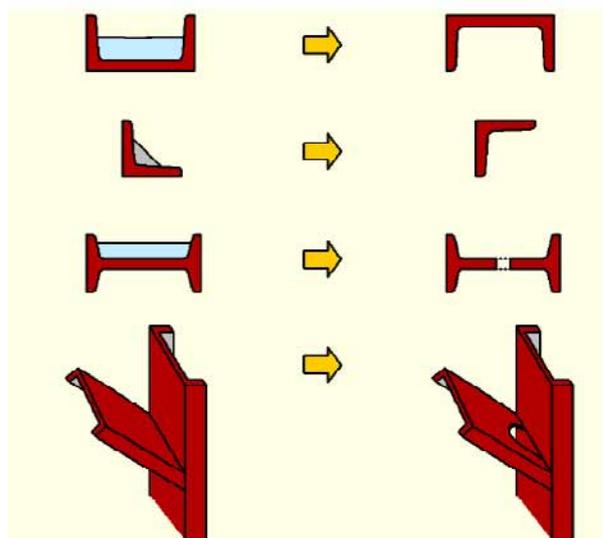
5. 1.3 Izbor materijala

U cilju postizanja približno iste otpornosti cele konstrukcije, kao alternativa primeni različitih sistema zaštite, a kao poseban vid aktivne zaštite, treba izvršiti prikladan izbor različitih materijala i kombinovati ih na odgovarajući način. Ovo posebno treba imati u vidu kod elemenata koji su nepristupačni i ne mogu se naknadno štiti i održavati.

5. 1.4 Oblikovanje čeličnih konstrukcija

Još jedan vid aktivne zaštite čeličnih konstrukcija od korozije predstavlja oblikovanje čeličnih konstrukcija i njihovih elemenata na način koji je celishodan sa aspekta zaštite od korozije.

Generalno potrebno je projektovati konstrukcije tako da se u što većoj meri spreči nagomilavanje raznih nečistoća i vlage. Odgovarajućim nagibima krovnih površina, postavljanjem otvora i odvodnih cevi, ugrađivanjem parnih brana, obezbeđenjem prirodnog, a ukoliko je potrebno i veštačkog provetravanja, potrebno je efikasno evakuisati atmosferske padavine i kondenzat (slika 3). Takođe je važno i obezbediti pristupačnost svim delovima konstrukcije, kako bi bilo moguće obavljati periodične preglede i obnavljanje zaštite korozije.



5. 2 Mere pasivne zaštite od korozije

Pasivna zaštita čeličnih konstrukcija od korozije ostvaruje se:

- Premaznim sredstvima
- Metalnim prevlakama koje se mogu ostvariti postupcima toplog cinkovanja ili metalizacije
- Kombinovanjem zaštitnih premaza i metalnih prevlaka, tkz. Dupleks sistemima

5. 2.1 Priprema površina čeličnih konstrukcija za zaštitu d korozije

Da bi se izvela kvalitetna zaštita od korozije, neophodno je prethodno pripremiti površinu čelične konstrukcije. Priprema obuhvata uklanjanje masnoća, nečistoća, kovarina od valjanja i žarenja, rđe i stranih materija (kao što su oštećeni delovi postojećih premaza ili prevlaka i sl.) sa čeličnih površina.

5. 2.2 Zaštitni premazi

Primena zaštitnih premaza najčešći je način zaštite čeličnih konstrukcija od korozije. Premazna sredstva predstavljaju materije koje posle sušenja na vazduhu ostavljaju suvi film kao zaštitnu prevlaku. Nanose se ručnim postupkom (četkom, pištoljem ili valjkom), mašinskim postupkom, ili automatskim postupkom, zavisno od oblika čelične konstrukcije i njenih delova koje treba zaštititi.

5. 2.3 Metalne prevlake

Zaštita od korozije može se ostvariti i oblaganjem površine čelika drugim metalom. Za zaštitu čeličnih konstrukcija najviše se koriste cink i aluminijum, a postupci za njihovo nanošenje su toplo cinkovanje i metalizacija. Dobijena zaštita ima po pravilu veću trajnost nego zaštitni premazi, i efikasnija je u slučaju sredine sa jačim korozionim agensima, kao i kod konstrukcija sa otežanim uslovima za obnovu zaštite.

5. 3 Sistemi zaštite od korozije

Sistemi zaštite od korozije predstavljaju kombinacije premaza ili prevlaka određenih propisanih debljina. Na izbor vrste i sistema zaštite od korozije utiču sledeći faktori:

- Značaj, veličina i položaj objekta,
- Korozioni uslovi sredine,
- Uslovi eksploatacije objekta,
- Konstrukcijske karakteristike objekta,
- Mogućnost pregleda i održavanje čelične konstrukcije,
- Tehničke i finansijske mogućnosti za izgradnju objekta,
- Estetski kriterijum.

5. 4 Kontrola kvaliteta i održavanje zaštite od korozije

Na trajnost i ekonomičnost zaštite od korozije svakako utiču i kvalitet izabranog zaštitnog sredstva, kao i tehnologija izvođenja zaštite i priprema površina. Stoga je neophodno, u toku izvođenja radova na zaštiti od korozije, vršiti kontrolu svake radne operacije, i upotrebljavati isključivo materijale sa atestom (potvrdom

o kvalitetu) izdatim od strane za to ovlašćene organizacije.

Trajnost zaštite od korozije zavisi i od njegovog održavanja u ispravnom stanju. U tom cilju neophodno je povremenim pregledima utvrditi stanje zaštite, kao i obim i prirodu eventualnih nedostataka. Utvrđene nedostatke sistema zaštite od korozije treba otkloniti u najkraćem roku, delimičnim popravkama, obnavljanjem premaza, ili izvođenjem novog kompletnog sistema zaštite, u zavisnosti od stanja postojećeg sistema zaštite.

6. PROCENA STANJA ČELIČNOG REZERVOARA U SENTI

6.1 Uvod

Objekat za koji je sprovedena procena stanja i dat predlog sanacionih mera je rezervoar Anameta u krugu Alltech Serbia a.d. Senta (slika 4). Postojeći čelični rezervoar predstavlja indirektnu vezu, na putu otpadne vode iz fabrike kvasca, usmerenu prema postrojenju za prečišćavanje otpadnih voda.

Proceni stanja objekta prethodilo je obezbeđivanje postojeće projektne - tehničke dokumentacije, na osnovu koje je i izvršeno upoznavanje sa objektom (konstruktivni sistem i upotrebljeni materijal). Zatim je usledio "terenski rad", izlazak na sam objekat, registrovanje izvedenog stanja i upoređenje sa onim što je navedeno u projektnoj dokumentaciji, kao i registrovanje ispoljenih oštećenja i neregularnosti. Nakon sagledavanja njihovog stepena, značaja i uticaja na planirani eksploatacioni vek, urađena je ocena stanja objekta.



Slika 4. - Izgled čeličnog rezervoara

6.2 Konstruktivni sistemi i ugrađeni materijali

U statičkom smislu rezervoar ima tri bitna konstruktivna elementa:

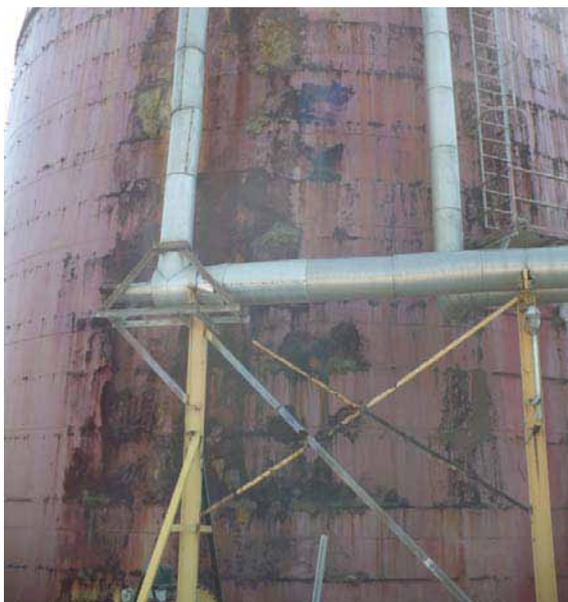
- Krovna čelična konusna ljuska od čeličnog lima $t=4$ mm na nosećoj konstrukciji od radijalnih i tangencijalnih čeličnih profila

- Cilindrična ljuska od čeličnog lima promenljive debljine $t=12$ i 14 mm, kao noseći zid rezervoara izložen pritiscima tečnosti
- Dno rezervoara, kao čelična ploča debljine $t=20$ mm na elastičnoj podlozi

6.3 Detaljan vizuelni pregled

Detaljnim vizuelnim pregledom krova uočena je ozbiljna zahvaćenost slojevitom korozijom konusnog krovnog lima, kao i znatna zahvaćenost korozijom radijalnih i tangencijalnih čeličnih nosača krovne konstrukcije.

Kod cilindričnog zida rezervoara uočena je, usled kontakta sa otpadnom vodom, neravnomerna opšta korozija. Takođe, kao dominantna, na ostalim delovima plašta javlja se lokalna korozija (slika 6).



Slika 6. - Oštećenje cilindričnog zida korozijom

Vizuelnim pregledom vidljivog dela betonske konstrukcije uočena su oštećenja površine betona, kao i brojne nepravilnosti prilikom izvođenja i eksploatacije.

6.4 Zaključak o stanju konstrukcije

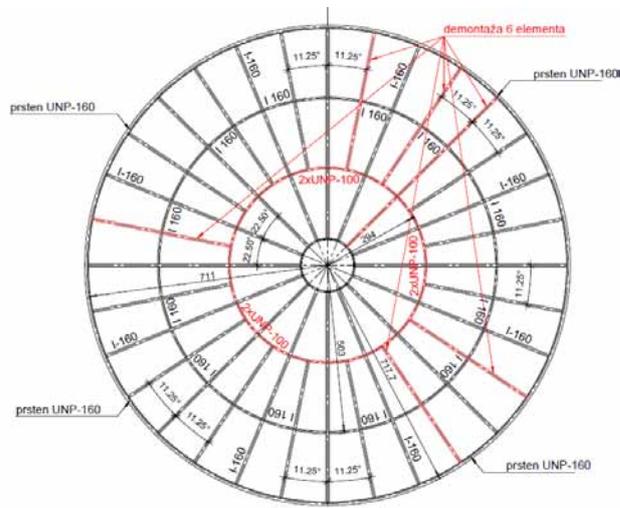
Na osnovu detaljnog vizuelnog pregleda konstrukcije rezervoara, kao i detaljne analize raspoložive dokumentacije, može se zaključiti da je čelična konstrukcija rezervoara u velikoj meri oštećena korozijom, čime je ugrožena nosivost, stabilnost i upotrebljivost predmetne konstrukcije.

7. PROJEKAT SANACIJE

Registrovana oštećenja, zaključci vizuelnog pregleda i ocene stanja konstrukcije rezervoara, kao i situacija na licu mesta usmeravali su da se sanacija rezervoara izvede u nekoliko faza.

- Demontaža krovnog konusnog lima (slika 7)
- Potpuna zamena trećeg tangencijalnog prstena od 2xUNP-100
- Parcijalna zamena radijalnih nosača u dužini gde je rebro tanje od 5,5 mm

- Ojačanje obodnog prstena od UNP-160 profila, na spoju krova i cilindričnog zida
- Ojačanje slemenog prstena kao drugog oslonca radijalnih krovnih nosača od INP-160
- Ostalo



Slika 7. - Osnova krovne konstrukcije sa prikazom elemenata za demontažu i rušenje

8. ZAKLJUČAK

Svaki tip čelične konstrukcije zahteva posebno praćenje, analizu uslova eksploatacije i redovno - preventivno održavanje uz primenu i obnavljanje odgovarajuće zaštite. Ako se ove radnje ne obavljaju periodično i pravovremeno dolazi do značajnijih oštećenja, koja zahtevaju obimnije sanacione radove pri čemu je utrošak sredstava znatno veći.

9. LITERATURA

- [1] Branko Zarić, Dragan Buđevac, Bratislav Stipanić: *Čelične konstrukcije u građevinarstvu*, Beograd, 2004.
- [2] Dragan Buđevac, Zlatko Marković, Dragan Bogavac, Dragoslav Tošić: *Metalne konstrukcije*, Beograd 1999.
- [3] Dragan Buđevac: *Metalne konstrukcije u građevinarstvu*, Beograd, 2003.
- [4] Miroslav Debeljković: *Bunker i silosi u čeličnoj konstrukciji*, Beograd, 2000.
- [5] Mihailo Muravljov: *Građevinski materijali*. Beograd 1995

Kratka biografija:



Bogdan Lekić rođen je u Novom Sadu, 1. decembra 1987. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstvo – Konstrukcije odbranio je 2013. god.

PROCENA STANJA I PROJEKAT DOGRADNJE POLJOPRIVREDNOG OBJEKTA ASSESSMENT AND PROJECT OF UPGRADE OF AGRICULTURAL BUILDING

Dragan Počuča, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – U radu je data procena stanja i dogradnja poljoprivrednog objekta. Urađena je procena stanja postojećih objekata i dat je predlog za njihovu nadogradnju. Pored toga, dat je i predlog za dogradnju novog objekta koji se nadovezuje na jedan od dva postojeća. U teorijskom delu rada date su podloge za proračun termičke provodljivosti objekata i prikazan je način određivanja razreda objekta prema pravilniku za energetska efikasnost zgrada.

Abstract – This paper provides an assessment of the condition and upgrade of agricultural building. Assessment of existing building was done and a suggestion for their upgrade, also. In addition, a suggestion to upgrade of a new building that adjoins to one of the two existing facilities was given. In the theoretical part of the paper a basis for calculating the thermal conductivity of the object and how to determine the grade of the object according to the regulations for the energy efficiency of buildings are given.

Ključne reči: Armirani beton, zidane konstrukcije, statički proračun, energetska efikasnost

1. UVOD

Cilj ovog rada je da se omogući kandidatu, da uz pomoć mentora da predlog za dogradnju poljoprivrednog objekta. Projekat sadrži dosta praktičnog dela, kao što je procena stanja postojećih objekata, predlog za dogradnju kao i predlog za izgradnju novog objekta koji se nadovezuje na postojeći objekat. U teorijskom delu proučavana je energetska efikasnost objekata prema pravilniku za energetska efikasnost zgrada i dat je primer kako se određuje razred objekta na projektovanom objektu bez termičke izolacije i sa termičkom izolacijom. Dat je i predlog kako bi trebalo izolovati objekat da bi postigao C razred i time zadovoljio pravilnik za energetska efikasnost zgrada.

2. ENERGETSKA EFIKASNOST

2.1. UVOD

Energetska efikasnost objekata i obezbeđenje odnovnih uslova komfora su jedan od najvećih izazova savremenog građevinarstva. Veliki akcenat se stavlja na uštedi energije, njihovoj što boljoj iskorisćenosti i primenjivanju materijala koji su ekološki prihvatljivi.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji je mentor bio dr Vlastimir Radonjanin, red. prof.

2.2. Poređenje energetske efikasnosti objekata u Srbiji sa ostatkom razvijenog sveta

U Srbiji su vršene mnoge studije o energetske efikasnosti objekata i došlo se do zaključka da Srbija zaostaje nekoliko decenija po pitanju energetske efikasnosti. Prikazaćemo kroz par termografskih slika razliku između energetske efikasnosti objekata u Srbiji i objekata u modernom svetu na kojima je izvršena rekonstrukcija da bi se dobila željena efikasnost objekta.



Slika 2.1.-Termografski snimak skupštine Republike Srbije



Slika 2.2.-Termografski snimak trgovačko-ugostiteljskog centra Ušće



Slika 2.3.-Termografski snimak zgrade Britanskog parlamenta

Na slici 2.1. prikazan je termografski snimak skupštine Republike Srbije, a na slici 2.3. termografski snimak zgrade Britanskog parlamenta. Kao što se može videti gubici u toploti su mnogo veći kod skupštine Republike

Srbije nego kod zgrade Britanskog parlamenta kod koje je izvršena unutrašnja rekonstrukcija da bi se postigao željeni efekat u uštedi toplote, a sam tim i električne energije. Problem koji je predložen nije problem samo starih zgrada u Republici Srbiji (kao što je zgrada skupštine) nego i novoizgrađenih objekata kao što je trgovačko-ugostiteljski centar Ušće, prikazan na slici 2.2.

2.3. Toplotna zaštita zgrada

Pravilnikom je u dva računaska nivoa definisana toplotna provodljivost objekta. Prvi nivo podrazumeva proveru pojedinačnih građevinskih konstrukcija dok drugi nivo posmatra konstrukciju kao celinu.

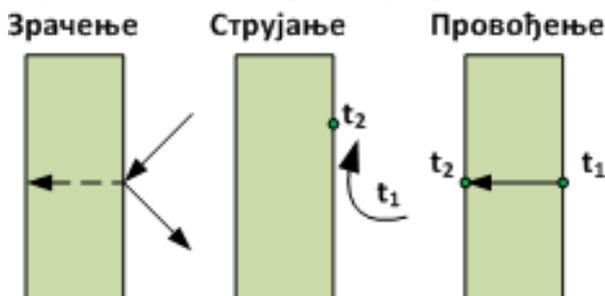
Za pojedinačne građevinske konstrukcije proveravaju se sledeći parametri:

- ❖ koeficijent termičkog prolaza toplote "U" za karakteristične građevinske konstrukcije u sklopu termičkog omotača zgrade
- ❖ koeficijent transmisionog gubitka toplote "H_t" (toplotni mostovi)
- ❖ difuzija vodene pare kroz karakteristične građevinske konstrukcije
- ❖ letnja stabilnost građevinske konstrukcije

Kada se posmatra zgrada kao celina predviđeno je proveravanje sledećih parametara:

- ❖ koeficijent ventilacionog gubitka "H_v"
- ❖ specifični transmisioni gubitak toplote "H_t"
- ❖ ukupni zapreminski gubitak toplote "q_v"

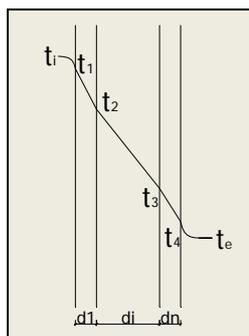
Prenošenje toplote uvek ide od toplijeg ka hladnijem mestu (drugi zakon termodinamike), tako da se uvek zna smer prenošenja toplote. Moguća su tri načina prenošenja toplote: zračenjem (radijacijom), strujanjem (konvekcijom) i provođenjem (kondukcijom). Na slici 2.4. prikazana su tri načina prenošenja toplote.



Slika 2.4.-Tri načina prenošenja toplote

2.4. Provođenje toplote kroz višeslojan ravan zid

Provođenje toplote kroz višeslojan ravan zid prikazano je na slici 2.5. i dato je formulom 1.



Slika 2.5.-Provođenje toplote kroz višeslojan ravan zid

$$q = \frac{t_i - t_e}{\frac{1}{h_i} + \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{\lambda_i} + \frac{1}{h_e}} = \frac{t_i - t_e}{\frac{1}{h_i} + R + \frac{1}{h_e}} = \frac{t_i - t_e}{R_U} \quad (1)$$

q → specifični toplotni fluks (W/m²)

t_i → temperatura interijera (K)

t_e → temperatura eksterijera (K)

h_i → koeficijent prelaza toplote za unutrašnju stranu elementa (W/m²K)

h_e → koeficijent prelaza toplote za spoljašnju stranu elementa (W/m²K)

d_i → debljina i-tog sloja zida

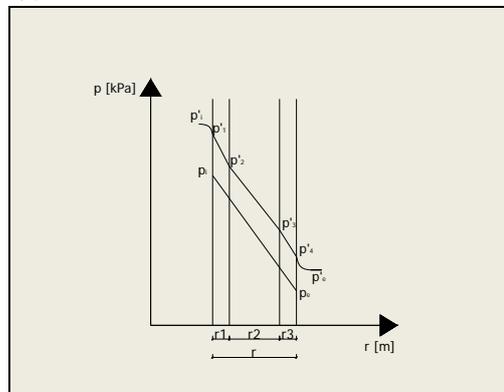
λ_i → koeficijent toplotne provodljivosti i-tog sloja (W/mK)

R → otpor provođenju toplote (m²K/W)

R_U → ukupni otpor provođenju toplote (m²K/W)

2.5. Difuzija vodene pare

Tačka rose je ona temperatura kod koje dolazi do izdvajanja vodenih kapi iz zasićenog vazduha. Povećanjem vlažnosti materijala smanjuju se njihove karakteristike u pogledu termičke izolacije, mehanička svojstva materijala opadaju sa povećanjem vlažnosti, trajnost materijala je ugrožena. **Parcijalni pritisak vodene pare (p)** je pritisak koji izaziva stvarna količina vodene pare u jedinici zapremine vazduha pri određenoj temperaturi. **Pritisak zasićenja (p')** je pritisak koji izaziva maksimalna količina vodene pare u jedinici zapremine vazduha pri određenoj temperaturi. Pritisak zasićenja je konstantan pri određenoj temperaturi, pa tako parcijalni pritisak možemo definisati preko pritiska zasićenja i relativne vlažnosti vazduha koju možemo izmeriti.



Slika 2.6.-Difuzija vodene pare

$$p_j = p_i - \frac{p_i - p_e}{\sum_{k=1}^n r_k} * \sum_{k=1}^j r_k \quad (2)$$

p_j → parcijalni pritisak j-tog sloja (kPa)

p_i → parcijalni pritisak interijera (kPa)

p_e → parcijalni pritisak eksterijera (kPa)

r_k → relativni otpor difuziji vodene pare k-tog sloja konstrukcije

Difuzija vodene pare prikazana je na slici 2.5. i računanje parcijalnih pritisaka pojedinih slojeva prikazano je formulom 2.

Kondezacija se može javiti u ravni ili u sloju zida u zavisnosti da li su parcijalni pritisci dostigli pritisak zasićenja u jednoj ili više ravni. Isušivanje slojeva mora biti izvršeno brzo da ne bi došlo do oštećenja objekta usled vlage.

2.6. Primer određivanja razreda objekta i preporuka za termoizolaciju

Omotač objekta A čine:

1. Spoljni zid debljine 25 cm, stiropor debljine 10 cm sa spoljašnje strane i produžni cementni malter sa unutrašnje strane zida
 2. Ploča ispod tavanog negrejanog prostora (malter sa unutrašnje strane, betonska ploča debljine 15 cm i stirodur debljine 10 cm sa cementnom košuljicom debljine 6 cm)
 3. Pod na tlu armirano betonska ploča debljine 8 cm , stirodur debljine 10 cm i cementna košuljica debljine 6 cm.
- ❖ Koeficijent prolaza toplote spoljnog zida je $U=0.336 < 0.4$
 - ❖ Koeficijent prolaza toplote za tavan je $U=0.36 < 0.4$
 - ❖ Koeficijent prolaza toplote poda na tlu je $U=0.373 < 0.4$
 - ❖ Prozori i vrata su drveni sa termopan staklom, prozirima 4+12+4 orijentisani na jug i sever $U=2.4 > 1.5$

Razred objekta je:

- ❖ $Q_{H, nd, max} = 80$ (maksimalna godišnja potreba toplote)
- ❖ $Q_{H, nd} = 14387$ (godišnja potreba toplote)
- ❖ $q_{H, nd} = 62$ (godišnja potreba toplote po m^2 površine)
- ❖ $Q_{H, nd, rel} = 78$ (relativna vrednost godišnje finalne energije za grejanje)

Razred objekta je C.

Da bi objekat bio po pravilniku za energetska efikasnost vrata i prozori treba da budu od petokomornog PVC-a i dvostrukog niskoemisionog stakla punjenog vazduhom. U slučaju ovih objekata prozori su dosta mali pa ne utiču na razred.

3. NOVOPROJEKTOVANA KONSTRUKCIJA

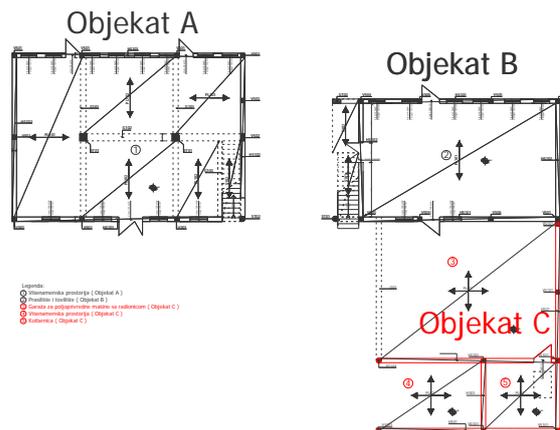
3.1. Opis novoprotjektovane konstrukcije

Postojeća konstrukcija se sastoji od prizemnih objekata A i B. Vizuelnim pregledom konstrukcije utvđeno je da defekti koji prevladaju na objektima A i B su betonska gnezda koja smanjuju debljinu zaštitnog sloja, samim tim i projektovani vek konstrukcije, ali ne utiču na nosivost konstrukcije.

Novoprotjektovanu konstrukciju prikazanu na slici 3.1. sačinjavaju prizemlja objekata A i B čija funkcija i namena nije menjana, novoprotjektovani sprat objekata A i B, novoprotjektovani objekat C koji se nadovezuje na objekat B i potkrovlje koje zajedno sačinjavaju objekti A, B i C.

Prizemlje i sprat objekta A je kombinovanog sistema gradnje sa masivnim zidovima debljine 25 cm

raspoređenim po obodu objekta utegnutim horizontalnim i vertikalnim serklažima.



Slika 3.1.-Prikaz novoprotjektovanog stanja konstrukcije

U unutrašnjosti objekta noseći sistem je skeletni sa dva stuba i gredama u jednom i drugom pravcu. Postojeća ploča prvog sprata je fert tavanica debljine 21cm i proračunsko korisno opterećenje na ploči iznosi 6 kN/m^2 . Temeljenje masivnih zidova je izvršeno na trakastim temeljima širine 55cm, a stubova na temeljima samcima dimenzija 200x200cm.

Na ploču prve etaže vode stepenice koje se nalaze sa spoljašnje strane objekta.

Prizemlje i sprat objekta B je čisto masivnog sistema gradnje sa nosećim zidovima debljine 25cm, raspoređenim po obodu objekta. Ploča prvog sprata je fert tavanica debljine 23cm.

Temeljenje masivnih zidova je izvršeno na trakastim temeljima širine 75cm. Na ploču prve etaže vode stepenice koje se nalaze sa spoljašnje strane objekta. Proračunsko korisno opterećenje na konstrukciji iznosi 5 kN/m^2 .

Razlozi za visoke vrednosti korisnog opterećenja su u tome što konstrukcija ima višenamensku ulogu gde može da posluži i kao skaldišni prostor za razne zrnaste poljoprivredne proizvode. Novoprotjektovani objekat C je kombinovanog sistema gradnje, sa masivnim obodnim zidovima debljine 25cm, utegnutim horizontalnim i vertikalnim serklažima.

Skeletni sistem čini stub na obodu prve prostorije koji nosi jedan kraj grede koja premošćava raspon prve prostorije i koja se drugim krajem oslanja na objekat B. Ploča potkrovlja povezuje objekte A i B i prvu prostoriju objekta C na visini od 5.8m.

Objekat C se sastoji od tri prostorije, gde prva prostorija služi kao garažni prostor za poljoprivredne mašine i kod koje se zahteva eksploatacionim uslovima da čista visina iznosi 5.0m.

Druga prostorija služi kao kotlarnica za centralno grejanje, dok treća prostorija ima višenamensku ulogu. Druga i treća prostorija su povezane punom betonskom pločom debljine 15cm na koti 2.88m. Ploča služi kao skladišni prostor raznih zrnastih poljoprivrednih proizvoda.

Krovnu konstrukciju sačinjava drveni krov sa dvostrukom stolicom kao nosećim sistemom raspoređenim na 440cm. Rožnjače se oslanjaju na dvostruke stolice a rogovi krova

na rožnjače. Rožnjače su raspoređene na svakih 70cm. Krov je pokriven crvenim biber crepom.

3.2. Analiza opterećenja

Stalno opterećenje čini sopstvena težina konstrukcije (stubovi, zidovi, grede, tavanice) i težina nenosivih elemenata (podne obloge, krovne obloge,...).

SRPS.U.C7.123/1988 – Osnove projektovanja građevinskih konstrukcija.

Korisno opterećenje je definisano propisom SRPS.U.C7.121/1988 – Osnove projektovanja građevinskih konstrukcija.

Opterećenje snegom je uzeto prema propisima za krovnu ravan manju od 33° i iznosi $1,0\text{kN/m}^2$ osnove krova. Privremeni tehnički propisi za opterećenje zgrada (Opterećenje snegom. SL.list SFRJ 61/48).

Opterećenje vetrom je računato prema važećim standardima: SRPS.U.C7.110, SRPS.U.C7.111, SRPS.U.C7.112. Opterećenje vetrom je naneto kao linijski raspodeljeno opterećenje na rogove krovne konstrukcije.

3.3. Proračun krovne konstrukcije

Delovi konstrukcije su modelirani u programskom paketu Tower. Delovi krovne konstrukcije su modelirani kao linijski elementi i na njima je nanošeno odgovarajuće opterećenje.

Rog je posmatran kao prosta greda sa prepustima na obe strane i na njega su nanošena opterećenja od sopstvene težine, korisnog opterećenja od težine čoveka u iznosu od 1kN , opterećenja snegom i opterećenja vetrom. Proračunom je dobijen rog dimenzija $b/d = 14/18\text{ cm}$.

Rožnjača je modelirana kao prosta greda redukovano raspona 330 cm . Redukcija raspona je izvršena iz razloga što se rožnjača, pored stubova, oslanja i na pajante. Na rožnjaču su preneti: stalno opterećenje, korisno opterećenje od težine čoveka, opterećenje snegom i vertikalna komponenta od opterećenja vetrom kao vertikalno linijsko opterećenje. Horizontalna komponenta vetra je nanosena na rožnjaču u obliku horizontalnog linijskog opterećenja upravnog na osu rožnjače. Proračunom su dobijene dimenzije rožnjače $b/d = 16/22\text{ cm}$.

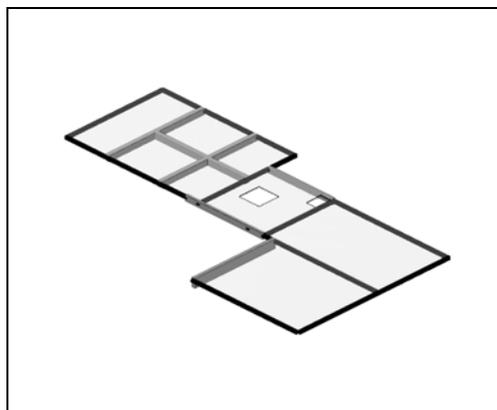
Vertikalni stub prima svo vertikalno opterećenje sa rožnjače i on modeliran kao vertikalni linijski element sa nepomerljivim ležištem na dnu stuba i vertikalno pomerljivim ležištem na vrhu stuba. Proračunom su dobijene dimenzije stuba $b/d = 16/16\text{ cm}$.

Kosnik i klješta stolice primaju samo opterećenje od sopstvene težine i horizontalnu komponentu od opterećenja vetrom prenetu sa rožnjače. Kod opterećenja vetrom kosnika posmatran je slučaj kad deluje i pritisak i podpritisak vetra. Proračunom su dobijene dimenzije kosnika $b/d = 16/16\text{ cm}$, a klješta $2xb/d = 2x8/12\text{ cm}$.

3.4. Proračun greda i ploča potkrovlja

Grede potkrovlja su modelirane kao linijski elementi koji su oslonjeni na tačkaste oslonce. Ploče potkrovlja su modelirane kao površinski elementi a oslanjanje ploča na zidove objekta je zamenjeno linijskim osloncima. Na slici 3.2. prikazana je izometrija modelirane ploče.

Opterećenje sa krova je preneto tačkasto na mestu gde se nalaze stubovi i kosnici. Stubovi i kosnici koji se oslanjaju direktno na zidove nisu modelirani u konstrukciji. Korisno opterećenje je od stočnog sena i naneto je kao površinsko opterećenje upravno na osu potkrovlja.



Slika 3.2. – Izometrija modelirane ploče potkrovlja sa gredama i linijskim i tačkastim osloncima

3.5. Proračun temljne konstrukcije i provera dopuštenih napona u tlu

Proračun temeljne konstrukcije vršen je za novoprojektovani objekat C prenošenjem opterećenja sa greda i ploča konstrukcije. Proračunom je utvrđeno da su potrebni trakasti temelji širine 60 cm i temelj samac dimenzija $75x75\text{ cm}$. Dopusćeni naponi u tlu iznose 180 kPa .

Provera nosivosti tla je vršena za trakaste temelje i temelje samce objekata A i B. Proverom je utvrđeno da su naponi ispod temelje u okviru dopuštenih napona.

4. ZAKLJUČAK

Utvrđeno je da energetska efikasnost ima primaran značaj u budućnosti građevinarstva i da bi se ostvarile određene uštede u energiji mora se obratiti velika pažnja termoizolaciji objekata pri projektovanju konstrukcije.

5. LITERATURA

- [1] Grupa autora: „BETON I ARMIRANI BETON prema BAB 87, knjiga 1”, Građevinska knjiga, Beograd, 1991.
- [2] Grupa autora: „BETON I ARMIRANI BETON prema BAB 87, knjiga 2”, Građevinska knjiga, Beograd, 1991.
- [3] Živorad Radosavljević, Dejan Bajić: „Armirani beton 3”, Građevinska knjiga, Beograd, 2008.
- [4] Muravljov, M; Stevanović, B: „Zidane i drvene konstrukcije zgrada”, Građevinski fakultet univerziteta u Beogradu, Beograd, 2003

Kratka biografija:



Dragan Počuča rođen je u Tuzli, 02. septembra 1984. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstvo – Konstrukcije odbranio je jula 2013. god.

**ПРОЦЕНА СТАЊА И ОЈАЧАЊЕ АБ КОНСТРУКЦИЈЕ ВИШЕСПРАТНЕ
СТАМБЕНЕ ЗГРАДЕ НАКОН ДОГРАДЊЕ****ASSESSMENT AND STRENGTHENING OF RC STRUCTURE OF MULTI - STOREY
RESIDENTIAL BUILDING AFTER UPGRADE**

Мирзет Бакић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област – ГРАЂЕВИНАРСТВО

Кратак садржај – У овом раду приказана је процена стања, доградња и санација стамбено – пословног објекта у Тутину, спратности $Su + Pr. + 4 sprata$. У првом делу рада представљени су основни принципи и стандарди пројектовања вишеспратних зграда којих се морамо придржавати. Затим је на основу детаљног прегледа зграде дата оцена стања са аспекта носивости, стабилности и трајности. После адекватне процене и описа постојећег стања конструкције, урађен је пројекат доградње једног спрата на постојећу конструкцију објекта. Након доградње, формиран је нови просторни модел са новим додатним оптерећењем од дограђеног спрата, спроведена је статичка и динамичка анализа са провером напона у стубовима и померањем врха конструкције услед хоризонталних дејстава. После извршене анализе напона у носећим елементима конструкције, предложене су мере санације уочених недостатака који се јављају код одређеног броја елемената конструкције после доградње.

Abstract – This paper presents assessment, upgrade and repair of residential and business building in Tutin, consisting of ground floor + basement + 4 floors. The first part of this paper presents basic principles and design standards for multy-story building that must be met. Further, an assessment is made based on detailed survey of the building in terms of carrying capacity, stability and durability. After assessment and description of the existing condition of the structure, a project is made to enable addition of one floor to the existing structure. After upgrading a new model of upgraded state is made, with an additional load from an upgraded floor. Static and dynamic analysis is made to check the stresses in the columns and movement of the top of structure due to horizontal effects. After finishing of the stress analysis of the bearing structural elements, some measures of repair are proposed to eliminate deficiencies that occur in a number of structural elements after the upgrade.

Кључне речи: процена стања, доградња, санације, "плашт" – бетонски омотач, везна плочица, анкери

НАПОМЕНА:

Овај рад је проистекао из мастер рада чији ментор је био проф. др Властимир Радоњанин.

1. УВОД

Рад се састоји од две међусобно независне целине. Први део рада представља теоријско – истраживачки део са темом „Принципи асеизмичког пројектовања зграда” и „Плитки темељи”, а други део је везан за процену стања, доградњу и санацију стамбено – пословног објекта у Тутину.

**2. ПРИНЦИПИ АСЕИЗМИЧКОГ
ПРОЈЕКТОВАЊА ЗГРАДА****2.1. Увод**

Земљотреси као природне појаве често изазивају оштећења, праћена великим материјалним губицима, па чак и људским жртвама. Према садашњем нивоу научног знања, могуће је територијално одредити и предвидети могући степен рушилачке снаге земљотреса, али није могуће предвидети када ће се земљотрес и догодити, нити колика ће бити стварна снага ослобођене енергије. Зато се адекватна заштита објеката од дејства земљотреса може обезбедити асеизмичким пројектовањем и грађењем објеката. Земљотрес је веома сложен феномен при којем долази до веома различитих појава, али је са инжењерског становишта најважнија појава вибрационог кретања површинских слојева тла. Највећи утицај на грађевинске објекте имају смичући таласи, па се брзина простирања ових таласа узима као најважнија сеизмичка карактеристика темељног тла. При томе се сматра да су тла, која имају већу брзину простирања смичућих таласа, боља у сеизмичком смислу.

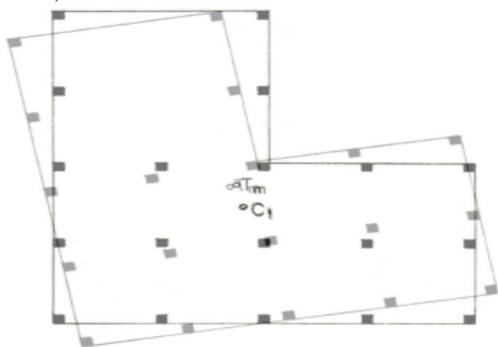
**2.2. Актуелни концепт асеизмичког пројектовања
грађевинских конструкција**

Пројектовање конструкција на дејство уобичајених експлоатационих оптерећења и пројектовање сеизмичких отпорних конструкција, у основи имају потпуно различиту концепцију. У првом случају, увођењем коефицијената сигурности при димензионисању носећих елемената, обезбеђује се заштита од достизања капацитета носивости конструкције, док се у другом случају намерно прелази та граница, при чему се тежи да се оствари довољан капацитет деформисања. Грађевинске конструкције морају бити пројектоване и грађене да издрже земљотресно дејство без локалног или потпуног рушења, по престанку земљотреса конструкције морају задржати свој интегритет и

морају имати довољан капацитет преостале носивости.

2.3. Одредбе и препоруке у погледу геометрије и избора локације

Приликом одабира локације, сам пројектант не утиче пуно на избор, али се морају избегавати тла која су подложна ликовирању, клизању и обрушавању. У сеизмичком погледу, добра тла су хомогене и чврсте стене, али и добро сложени шљункови, пескови и компактни, преконсолидоване глине. Облик основе објекта треба тежити да је једноставнији и симетричнији у оба правца, како у погледу распореда маса, тако и у погледу крутости. Симетријом зграде у основи постиже се транслаторно померање зграде, нема ротационог померања, док је за несиметричне основе јако тешко обезбедити поклапање центра маса и крутости, што доводи до торзирања објекта (Слика 1).

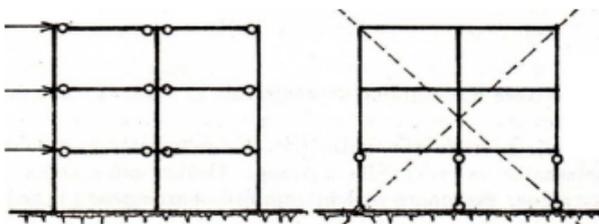


Слика 1. – Торзирање основе

2.4. Скелетне и укрупњене скелетне зграде

Скелетне конструкције су оне код којих су оквири (формирани од стубова и греда) главни носећи елементи када су у питању и вертикална и хоризонтална оптерећења. Оквирне системе треба пројектовати тако да су у стању да дисипирају сеизмичку енергију савијањем и појавом нелинеарних деформација (пластичних зглобова) на крајевима греда.

Појава пластичних зглобова у гредама не угрожава укупну стабилност конструкције, што се може десити ако се пластични зглобови формирају у стубовима. Релативно мали број пластичних зглобова у стубовима формира механизам од конструкције (Слика 2).



Слика 2. – Повољна и неповољна диспозиција пластичних зглобова

Да би се пластични зглобови формирали у гредама пре него што се реализују у стубовима, треба водити рачуна да се греде не предимензионишу или да носивост стуба не буде довољна.

3. ПРОЦЕНА СТАЊА

3.1 Увод

Објекат за који се ради процена стања, затим следи доградња, а за који ће се касније дати и мере санације, представљен је на следећој слици (Слика 3).



Слика 3. - Изглед стамбеног објекта

Постојећи објекат је стамбено – пословне намене спратности: Су + Пр. + 4 спрата, лоциран је на раскрсници улице Револуције и новоформиране, општина Тутин. У сутерену објекта предвиђене су оставе за све станове, у приземљу се налази пословни простор са приближно корисном површином од 150 м², док су наредни спратови који следе намењени за становање. Спратна висина сутерена је 2.80м, приземља 3.20м, а осталих типских спратова 2.80м. На етажама које су предвиђене за становање, објекат поседује терасе које су испуштене из међуспратне конструкције. Вертикална комуникација је остварена двокраким степеништем и лифтом. На згради је изведен дрвени кров на две воде нагиба кровне равни $\alpha = 25^\circ$.

3.2. Конструктивни систем

Конструктивни систем зграде је скелетни без зидова за укрупњење. Међусобни растер стубова се разликује у два управна правца. Стубови су међусобно повезани гредама, где заједно образују рамовски систем у два ортогонална правца. Димензије стубова се разликују у основи објекта, тако да су пресеци стубова следећих димензија: 40/40цм; 40/60цм; 40/80цм и кружни стубови пречника 50цм. Димензије примарних греда у оба правца су 40/60цм, док се димензије секундарних греда разликују по спратовима објекта: 20/60цм и 20/30цм.

У сутерену су изведени армиранобетонски зидови дебљине 25цм. Међуспратна таваница је пројектована као систем континуалних крстасто армираних плоча у оба правца, дебљине 16цм. Терасе су формиране препуштањем међуспратне плоче преко фасадних греда. Степениште је система коленасте плоче дебљине 16цм, која се на крајевима ослања на два гредна образна носача димензија 40/30цм. Око лифтовског окна изведени су армирани зидови димензија 20/180цм. Објекат је фундиран на контра темељној плочи дебљине 50цм, која је ојачана са гредама у оба правца димензија 40/40цм.

Фундирање је извршено на коти од – 2.70м. Покушај ојачања темељне плоче са темељним гредама висе 40цм је погрешан принцип пројектовања постојећег

стања објекта, јер греде не примају непосредно оптерећење од стубова и недовољне су висине.

3.3. Детаљни визуелни преглед

Визуелни преглед је обављен са спољашње и унутрашње стране објекта.

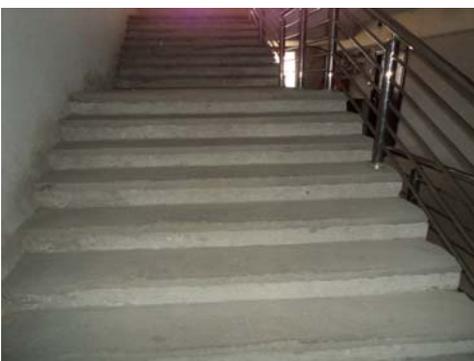
На сликама 4, 5 и 6 дат је приказ постојећег стања објекта, где су фотографисани они делови који су били доступни приликом прегледа конструкције.



Слика 4. - Изглед завршене фасаде постојећег објекта



Слика 5. – Изглед недовршене фасаде постојећег објекта



Слика 6. – Изглед степеништа без облоге

С обзиром да се ради о релативно новом објекту, приликом визуелног прегледа доступних елемената конструкције, нису уочени значајни дефекти и оштећења на предметном објекту.

Као што се може закључити из приложених фотографија, спољашња заштитна фасада објекта није изведена на свим деловима објекта што може угрозити трајност материјала од којег је конструкција изграђена, јер су поједини делови изложени директним атмосферским утицајима.

Појава белих мрља на блоковима испуне се може уочити као последица кристализације соли. Посматрајући конструкцију у целини, доноси се закључак да није угрожена носивост, трајност и употребљивост објекта.

4. ДОГРАДЊА

Пројектом је предвиђена доградња једног спрата на постојећу конструкцију објекта, тако да се добија нови објекат спратности: сутерен + приземље + 5. Основа додатог (петог) спрата, спратна висина и димензије елемената конструкције су задржане исте као и у претходним типским етажама. Кровна конструкција је изведена на исти начин као пре дограђеног стања, дрвена кровна конструкција, система двоструке столице, нагиба кровне равни $\alpha=25^\circ$ са кровним покривачем од црепа.

Конструктивни систем је и даље скелетни, са задржаним димензијама стубова. Међуспратна таваница је пуна крстасто армирана плоча дебљине 16 цм. За вертикалну комуникацију у овом делу зграде изведено је ново степениште, а постојећи лифт је настављен до нове етажне.

Новоформиран објекат је променио спратност и висину тако да је неопходно формирати нови модел конструкције и извршити проверу напона у стубовима као и хоризонтално померање врха објекта услед хоризонталних дејстава.

Након формирања новог просторног модела, аплицирања постојећег и додатног оптерећења од доградње, спроведена је статичка и динамичка анализа. Дошло се до закључка да су напони у одређеном броју стубова сутерена, приземља и првог спрата прекорачени.

Такође је потребна и додатна арматура у одређеном броју стубова сутерена услед хоризонталног сеизмичког дејства. Што се тиче максималног померања врха зграде услед сеизмичког дејства, оно је у допуштеним границама према Правилнику о техничким нормативима за изградњу објеката високоградње у сеизмичким подручјима.

Закључено је да су потребне конкретне мере санације у виду ојачања одређеног броја стубова сутерена, приземља и првог спрата, без извођења посебних зидова за укрућење.

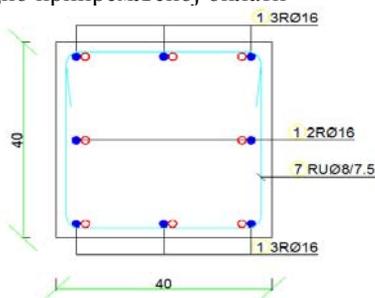
Нови зидови за укрућење економски више коштају него предвиђене санационе мере, доводе у питање функционалност објекта, а постојеће димензије стубова задовољавају прописе које поставља Правилник за хоризонтална померања врха објекта.

5. ПОВЕЗИВАЊЕ НОВОПРОЈЕКТОВАНЕ И ПОСТОЈЕЋЕ КОНСТРУКЦИЈЕ И ОЈАЧАЊЕ ПОСТОЈЕЋЕ КОНСТРУКЦИЈЕ НЕДОВОЉНЕ НОСИВОСТИ

За новопројектовано стање доградње потребно је извршити повезивање постојећег и новог дела конструкције (слика 7). Принцип повезивања састоји се у уграђивању металних анкера у претходно избушене рупе у постојећој армиранобетонској конструкцији.

Код оваквог система анкеровања атхезија се остварује помоћу материјала за заливање или ињектирање на бази епоксида. Као анкери у овом случају ће се користити арматурне шипке. Принцип анкеровања састоји се од следећих фаза:

- Бушење рупа пречника који је за 2 мм већи од пречника арматуре и дубине која одговара дубини сидрења
- Чишћење рупа одговарајућим четкама
- Обеспрашивање помоћу компримованог ваздуха
- Наливање – ињектирање масе за остваривање прионљивости у припремљене рупе
- Уграђивање анкера
- Постављање пројектоване арматуре елемената конструкције доградње
- Повезивање анкера и арматуре преклапањем
- Бетонирање новог елемента конструкције у претходно припремљеној оплати



Слика 7. – Положај рупа за анкеровање

Ојачање стубова у сутерену, приземљу и првом спрату обавиће се на следећи начин: прво је потребно штемовањем уклонити заштитни слој бетона до арматуре у ослоначким зонама постојећег АБ стуба и обавити чишћење бетона. Пошто је арматура у ослоначким зонама постала видљива може се приступити бушењу рупа за анкере. Укупна дужина једног анкера је једнака збиру дужине преклапања шипке стуба и дужине сидрења шипке анкера.

Санација АБ стубова извршиће се ојачањем основног пресека новим бетонским „плаштом” и уграђивањем додатне арматуре одговарајућег пречника према потреби. Око стубова на којима је потребно извршити ојачање оформиће се АБ омотач одговарајуће дебљине и у њега ће се сместити нова арматура и узенгије (Слика 8). Повезивање постојеће и нове арматуре у АБ „плашту” оствариће се заваривањем челичних плочица дебљине 6 мм и висине 10 цм.



Слика 8. – Извођење АБ „плашта” код ојачања стуба

Поред ојачања стубова потребно је извршити и ојачање међуспратне плоче у горњој зони другог, трећег и четвртог спрата. Извршиће се ојачање и темељне плоче у горњој зони. Принцип санације горње зоне пуних армиранобетонски плоча састоји се од следећих фаза:

- постојећа арматура

- додатна арматура
- нови бетон

6. ЗАКЉУЧАК

Стамбена изградња у последњој деценији је обележена, између осталог и многобројним доградњама постојећих вишестамбених објеката. Потреба за повећањем стамбеног простора је свакако један од главних фактора што је доградња постојећих објеката у тржишним условима примамљив начин за добијање новог стамбеног простора. Да би се уопште приступило доградњи неопходна је детаљна анализа и процена успешности односно неуспешности примене оваквог начина проширења стамбеног простора. У току овог процеса неопходно је препознати и придржавати се дефинисаних фаза које су представљене у овом раду.

7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] З. Брујић: *Материјал са предавања – Вишеспратне зграде*
- [2] Збирка српских правилника и стандарда за грађевинске конструкције
- [3] Ђ. Лађиновић: *Анализа конструкција зграда на сеизмичко дејство*
- [4] М. Малешев, В. Радоњанин: *Скрипта са предавања Процена стања и одржавање грађевинских објеката*, Факултет техничких наука, Нови Сад
- [5] М. Малешев, В. Радоњанин: *Скрипта са предавања Оштећења и санација зиданих конструкција*, Факултет техничких наука, Нови Сад
- [6] Ж. Радосављевић, Д. Бајић: *Армирани бетон, Елементи армирано-бетонских конструкција*, Грађевинска књига, Београд, 2004.
- [7] В. Аландар: *пројектовање сеизмичких отпорних Аб конструкција кроз примере*, грађевински факултет универзитета у Београду, Београд, 2004.
- [8] М. Гојковић, Б. Стевановић: *Дрвене конструкције*, Грађевински факултет Универзитета у Београду, Београд, 2001.
- [9] С. Стевановић: *Фундирање I*, научна књига, Београд, 1989.
- [10] Група аутора: *Еврокод 8: Прорачун сеизмичких отпорних конструкција део 1*, Београд, Новембар 2009.
- [11] Интернет адресе: <http://srb.sika.com/>, <http://www.dramin.eu/>, <http://www.austrotherm.rs/>

Кратка биографија:



Мирзет Бакић, рођен је у Тутину 1988. Године. Мастер рад на факултету техничких наука из области грађевинарство – модул конструкције – Процена стања и санације бетонских конструкција, одбранио је 2013. год.



PROJEKAT PROCENE STANJA I DOGRADNJE VIŠESPRATNE STAMBENE ZGRADE U ŠIDU

PROJECT OF ASSESSMENT AND UPGRADE OF MULTISTORY RESIDENTIAL BUILDING IN SID

Radivoj Kotarlić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratka sadržaj – Rad se sastoji iz dve celine. Prvi deo rada predstavlja teorijski deo sa temom "Seizmički aspekt nadogradnje objekata". Drugi deo rada obuhvata stručni deo i tu je prikazana procena stanja konstrukcije, predlog sanacije ravnog krova, celokupan statički i dinamički proračun nadograđene zgrade kao i sanacija i ojačanje konstrukcije.

Abstract – The Master thesis contain two parts. The first part is a theoretical part of the topic "Seismic aspect of upgrade structures". The second part contain practical work, which consists of assessment of the condition of the structure, flat roof repair proposition, the overall static analysis and dynamic analysis of upgrade structure, as well as the repair and strengthening of the structure.

Cljučne reči: AB konstrukcija, procena stanja, statički proračun, pojačanje, sanacija

1. UVOD

Cilj diplomskog-master rada je da se omogući studentu da uz pomoć mentora da predlog za dogradnju višespratne stambene zgrade. Projekat sadrži dosta praktičnog dela kao što je procena stanja postojeće zgrade, predlog za nadogradnju potkrovlja sa galerijom, statički proračun celokupne nadograđene konstrukcije, pojačanje elemenata i sanaciju postojećih elemenata konstrukcije. U teorijskom delu proučavan je seizmički aspekt nadogradnje objekata prema Pravilniku o tehničkim normativima za izgradnju objekata visokogradnje u seizmičkim područjima.

2. SEIZMIČKI ASPEKT NADOGRAĐNJE OBJEKATA

2.1. Uvod

Nadogradnja postojećih objekata je objektivna potreba u izgrađenim urbanim područjima. Poslednjih godina kao posledica ekonomskih i političkih okolnosti došlo je do pojave masovne nadogradnje u našim gradovima. Definisane postupka utvrđeno je na osnovu osnovnih teorijskih razmatranja, praktičnih i izvodačkih problema, zakonske i tehničke regulative, kao i uočenih grešaka u izvedenim nadogradnjama objekata.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji je mentor bio dr Vlastimir Radonjanin, red. prof.

2.2. Zakonsko tehnička regulativa

Važećim Zakonom o planiranju i izgradnji data je samo kategorizacija radova vezanih za dogradnju objekata. Nadogradnja objekata kao pojam je sadržana u dogradnji koja predstavlja podskup radova rekonstrukcije objekata. Stari Zakon o izgradnji objekata ("Službeni glasnik RS", br. 44/95, 24/96, 16/97, 43/2001) u članu 10 je definisao najopštije principe projektovanja koji treba da budu primenljivi u glavni projekat nadziđivanja zgrade: "Glavni projekat za nadziđivanje stambene, odnosno stambeno - poslovne zgrade, pored dokumentacije iz člana 9. ovog zakona, sadrži i analizu uslova nadziđivanja kojim se potvrđuje da:

- 1) nadziđivanje do predviđene visine neće ugrožavati stabilnost zgrade, kao i susedne objekte;
- 2) nadziđivanje neće pogoršati upotrebljivost pojedinih delova zgrade za svrhe kojima služe i druge uslove korišćenja zgrade;
- 3) zgrada po dovršenom nadziđivanju kao celina zadovoljava zahteve stabilnosti, sigurnosti i savremene uslove stanovanja, odnosno korišćenja."

Definicija "dogradnje" data u Zakonu (član 2) je sledeća: "dogradnja" jeste izvođenje građevinskih i drugih radova kojima se izgrađuje novi prostor uz, ispod ili nad postojećim objektom i sa njim čini funkcionalnu ili tehničku celinu.

Zahtevi za nadogradnjom su najčešće u starom jezgru gradova, na starim objektima koji nisu seizmički otporni, niti su proračunati na dejstvo zemljotresa. Bilo koja intervencija podrazumeva obavezu povećanja seizmičke otpornosti postojećih objekata, što podrazumeva značajno veći obim radova od same nadogradnje.

Jasan i odlučan stav konstruktivnog inženjera pred investitorom je veoma značajan, kako bi se blagovremeno predočio potreban obim radova i odgovarajuće investicione ulaganje. Pored građevinskih radova ne može se zanemariti ni mnogo složeniji proračun, kao i neophodna ispitivanja građevinske konstrukcije.

2.3. Postupak proračuna

Postupak proračuna se odnosi na slučaj nadogradnje objekata kada dolazi do bitnih promena. Proračun konstrukcije određen je opštim principima nadogradnje objekata koji se mogu definisati:

- nadogradnja objekta neće ni na koji način ugrožavati susedne objekte i postojeću infrastrukturu;
- nadogradnja objekta neće pogoršati upotrebljivost pojedinih delova objekta za svrhe kojima služe i druge uslove korišćenja objekta;

- nadogradnja objekta neće smanjiti seizmičku otpornost objekta;
- elementi konstrukcije, razmatrajući globalno i lokalno po dovršenoj nadogradnji zadovoljavaće zahteve nosivosti, stabilnosti i upotrebljivosti.

Mogućnost nadogradnje je uslovljena ispunjavanjem osnovnih principa projektovanja aseizmičkih objekata postojećeg objekta koji je predviđeno nadograditi. Potrebno je proceniti ispunjenost sledećih principa:

- Pogodnost lokacije izgradnje objekta;
- Pravilan izbor osnove objekta;
- Pravilan izbor vertikalne dispozicije objekta;
- Pravilan raspored masa;
- Pravilan raspored diskontinuiteta krutosti objekta;
- Pravilan izbor konstruktivnog sistema objekta.

U slučaju da se pri analiziranju globalnih seizmičkih karakteristika objekta dođe do zaključka da značajno odstupaju od navedenih principa, preporučuje se odustajanje od odluke o dogradnji objekta.

Prilikom proračuna dogradnje postojećeg objekta treba imati u vidu i sve principe i preporuke za ceo sistem i pojedine elemente konstrukcije, jer zadata konstrukcija treba da ispuni zahteve prema važećem Pravilniku.

Opšti principi projektovanja aseizmičkih konstrukcija:

- Objekti se projektuju tako da zemljotresi najjačeg intenziteta mogu prouzrokovati oštećenja nosivih konstrukcija, ali ne sme doći do rušenja tih objekata (član 2).
- Međuspratne konstrukcije projektuju se tako da predstavljaju krutu horizontalnu dijafragmu (član 28).
- Dispozicija konstrukcija objekata visokogradnje postiže se pravilnim i jednostavnim rešenjem u osnovi, sa jednolikim rasporedom masa. (član 46).
- Temelji treba, po pravilu, da leže na istoj dubini. (član 51).

Armirano betonske konstrukcije:

- Armiranje greda u osloncima vrši se dvostrukom armaturom, tako da je $\mu' > 0.5 \mu$.
- Razmak uzegija u grednim nosačima ne sme biti veći od 20 cm dok se u blizini čvorova, na dužini od 0.2 od raspona, razmak uzengija dvostruko smanjuje. Zatvaranje uzengija vrši se preklpom po čitavoj dužini kraće strane.
- Stubovi se projektuju tako da je odnos uvek: $s_o/\beta_B < 0.35$
- Razmak poprečne armature uzengija u stubovima ne sme biti veći od 15 cm, dok se u blizini čvorova razmak uzengija dvostruko smanjuje. Uzengije u stubovima zatvaraju se preklpom po čitavoj dužini kraće strane.

Zidane konstrukcije:

- Nije dozvoljena kombinacija vertikalnih nosećih elemenata od betona i zidova na pojedinim spratovima zgrade.
- Nije dozvoljeno primenjivanje mešovitih sistema, odnosno donji deo objekta visokogradnje od armirano-betonskog skeleta, a gornji od nosećih zidova.
- Vertikalni serklaži obavezno se izvode posle zidanja vezom na zub. Presek vertikalnih serklaža mora biti jednak debljini zida, ali ne manji od 19 / 19 cm.
- Vertikalni serklaži obavezno se postavljaju na svim uglovima objekta, na mestima skupljanja nosivih zidova, kao i na slobodnim krajevima zidova čija je debljina $d = 19$ cm ili veća.

- Vertikalni serklaži armiraju se sa najmanje 4Ø14 mm, a horizontalni serklaži sa najmanje 4Ø12 mm.
- Dozvoljeni broj spratova za pojedine sisteme zidanih konstrukcija:

Tabela 1 - Dozvoljeni broj spratova za pojedine sisteme zidanih konstrukcija

Seizmički stepen	IX	VIII	VII
Vrsta zidanih konst.	stepen	stepen	stepen
Obične	/	P + 1	P + 2
Sa vert. serklažima	P + 2	P + 3	P + 4
Armirane	P + 7	P + 7	P + 7

2.4. Zaključak

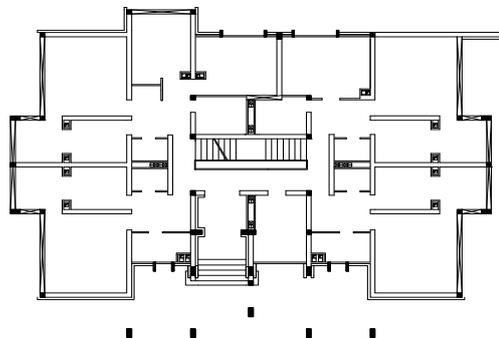
U svakom trenutku realizacije nadogradnje objekta treba biti svestan složenosti proračuna i izvođenja radova, kao i ostalih neophodnih pripremnih aktivnosti. Izrada tehničke dokumentacije bez svih prethodno navedenih sadržaja je neprofesionalna i neprihvatljiva. U dosadašnjim proračunima rezerva u predimenzionisanom ulaznom seizmičkom opterećenju pokrivala je brojne nedostatke proračuna i izvođenja radova. Očekujući izmene u pogledu pravilnikom definisanog seizmičkog opterećenja, koje će biti značajno manje, potrebno je dosledno primeniti izloženi postupak i sadržaj projektne dokumentacije za proračun građevinske konstrukcije. Ukratko rečeno, pravilna i uspešna nadogradnja objekata mora da se zasniva na:

- Pouzdanim ulaznim podacima;
- Poštovanju pravila projektovanja aseizmičkih objekata;
- Razradi detalja za izvođenje radova;
- Obezbeđenju ponašanja celog sistema i elemenata sistema prema pretpostavkama proračuna;
- Kvalitetan nadzor nad izvođenjem radova.

3. OPIS KONSTRUKCIJE

3.1. Opis postojeće konstrukcije

Postojeći objekat je namenjen za stambeni prostor, nalazi se u Šidu. Spratnosti je Su + Pr + 4. Gabaritne dimenzije objekta iznose 24.51 x 18.58 m. Funkcionalno objekat je rešen tako da su u podrumu smeštene stanarske ostave. U prizemlju i na spratovima su stanovi.



Slika 3.1. – Osnova prizemlja

Svi AB elementi su izrađeni od betona MB 30 i armirani podužnom armaturom kvaliteta GA 240/360 i poprečnom armaturom kvaliteta GA 240/360. Konstrukciju objekta čini tzv. mešoviti sistem sa AB nosećim stubovima i gredama u kombinaciji sa nosećim zidovima i serklažima.

Objekat je fundiran na ortogonalno postavljenim AB temeljnim trakama. Ukupno pet stubova sa strane ulaza u objekat je fundirano na temeljima samcima. Međuspratne konstrukcije su sitnorebraste polumontažne sistema monta – TM3 armirane prema proračunu armaturom kvaliteta GA 240/360. Debljina ploče je 20 cm (16 cm blok + monolitna AB ploča debljine 4 cm). Ovakva konstrukcija je u suštini sitnorebrasta tavanica koja nosi u jednom pravcu. Na mestima gde se pregradni zidovi pružaju u pravcu nošenja tavanice kao i na mestima dimnjaka i otvora za ventilaciju nalaze se AB skrivene grede – podvlake različitih dimenzija armirane tako da prime ovo opterećenje. Izuzetak je puna AB ploča ulaznog hola u prizemlju (ploča iznad podruma) debljine 15 cm koja se betonira zajedno sa ulaznom stepenišnom pločom. Sami stepenici su od nabijenog betona MB30. Ploča iznad stepeništa na poslednjoj gornjoj etaži je takođe puna AB ploča debljine 14 cm. Izuzetak predstavlja i središnji stepenišni deo. Stepenište je sistema AB kolenaste ploče debljine 10 cm. Sami stepenici su od nabijenog betona MB30. Svi zidovi su zidani punom opekam koja ispunjava tehničke uslove. Najmanja marka opeke za zidove je MO15. Zidovi debljine 38 cm i 25 cm su zidani u produžnom cementnom malteru marke M – 5, a zidovi debljine 7 cm u cementnom malteru marke M – 10. Konstrukcija na gornjoj etaži ne sadrži klasičan krov već je krov ravan – prohodna terasa, a odvodnjavanje vode sa gornje etaže je regulisano preko četiri kanala za odvodnju. Padovi su regulisani slojevima za pad od mršavog betona. Na osnovu detaljnog vizuelnog pregleda konstruktivnih elemenata kao i analize prikupljenih podataka zaključeno je da objekat ispunjava uslove u pogledu stabilnosti, nosivosti i upotrebljivosti. U znatnoj meri je ugrožena trajnost iz razloga što na objektu nije izveden klasičan krov i postoji mogućnost prodora vlage i atmosferilija sa prohodne terase u stanove četvrtog sprata. Sanacija ravnog krova se sastoji iz toga da se prostor ravne krovne terase iskoristi za još jednu spratnu stambenu etažu (potkrovlje) sa galerijom. Iz svakog od četiri stana predviđene su drvene kružne stepenice za vertikalnu komunikaciju sa galerijom. Stepenište između četvrtog sprata i krovne terase je izvedeno i predstavlja prednost u izvođackom smislu.



Slika 3.2. - Izgled postojeće stambene zgrade

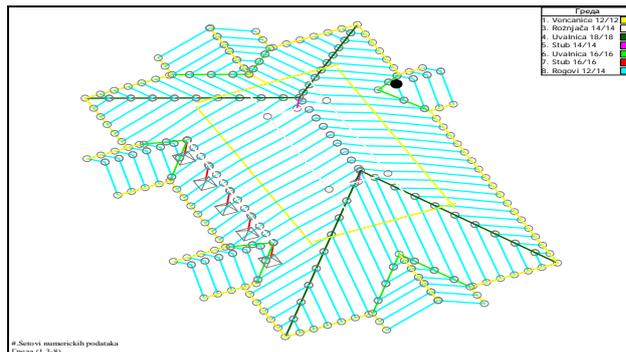
3.2. Opis novoprojektovane konstrukcije

Konstrukciju nadograđenog dela činiće tzv. mešoviti sistem sa AB nosećim stubovima i gredama u kombinaciji sa nosećim zidovima i serklažima. Predviđeno je zidanje

svih zidova od siporeks blokova debljine 25 cm, i pregradnih zidova debljine 10 cm. Malter za zidanje mora biti produžni cementni i mora ispunjavati uslove kvaliteta pema SRPS U.M2.010 (1992). Marka maltera mora biti najmanje M5. Krov je složen četvorovodni sa glavnim nagibom krovnih ravni 35°. Krovni pokrivač je falcovani crep na drvenim letvama i totalnoj daščanoj oplati.

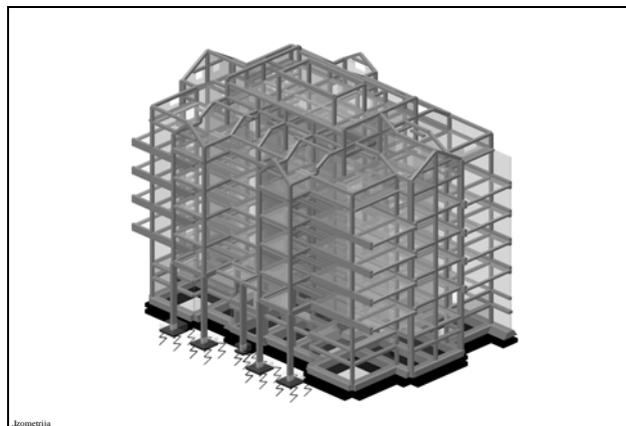
3.3. Statički proračun novoprojektovane konstrukcije

Krovna konstrukcija je modelirana u vidu prostornog modela. Proračun obuhvata kontrolu napona i ugiba za navedene elemente kao i reakcije od stalnog opterećenja i opterećenja snegom, koje se prenose na ostale elemente krovne konstrukcije, odnosno zidove i grede konstrukcije.



Slika 3.3. - Model krovne konstrukcije

Za potrebe statičkog proračuna glavnog konstruktivnog sistema korišćen je prostorni model konstrukcije. Opterećenja naneta na model su sračunata prema odredbama važeće tehničke regulative: stalna opterećenja – prema geometrijskim karakteristikama elemenata i zapreminskim težinama materijala (reakcije sekundarnih konstruktivnih elemenata su na model nanete kao aktivno opterećenje, dok su sopstvene težine primarnih konstruktivnih elemenata programski generisane); korisna opterećenja – 1.25 kN/m² (za raspone do 4.5 m), odnosno 3.0 kN/m² zavisno od namene prostora; opterećenje snegom 0.60 kN/m² (krovovi nagiba 35°), i 0.50 kN/m² (krovovi nagiba 45°) – kao reakcije sa modela krovne konstrukcije; seizmičko opterećenje – metoda ekvivalentnog statičkog opterećenja (VII seizmička zona, II kategorija tla).



Slika 3.4. - Model glavnog konstruktivnog sistema

4. ANALIZA ELEMENATA NOVOPROJEKTOVANE KONSTRUKCIJE

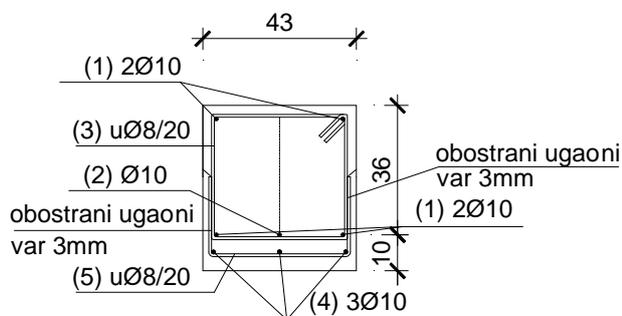
Iz rezultata statičkog proračuna i rezultata dimenzionisanja, vidi se da uglavnom ne postoji potreba za

dodatnom armaturom. Razlog ovome je dovoljna rezerva nosivosti postojeće konstrukcije kao i činjenica da se zidovi nadograđenog dela rade od lakšeg materijala – stiropora. Konstrukcija iznad četvrtog sprata je olakšana iz razloga što su uklonjeni slojevi betona za pad, a na tom mestu je predviđen prostor za stanovanje gde je podna konstrukcija parket ili keramičke pločice (u zavisnosti od namene prostorije). Elementi u kojima su prekoračeni naponi i u kojima se javlja potreba za dodatnom armaturom nakon nadogradnje su:

- Grede POS 466, POS 467 (u ravni međuspratne konstrukcije iznad IV sprata)
- Grede POS 78, POS 74 (u ravni međuspratne konstrukcije iznad prizemlja)

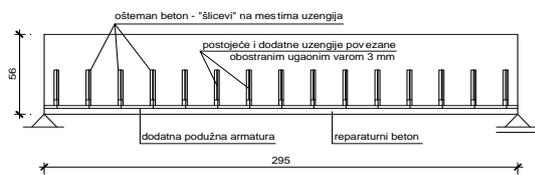
5. POJAČAVANJE ELEMENATA KONSTRUKCIJE NEDOVOLJNE NOSIVOSTI NAKON DOGRADNJE

Greda POS 466 je statičkog sistema proste grede i pojačana je u donjoj zoni dodavanjem tri šipke prečnika 10 mm.



Slika 5.1. – Poprečni presek ojačane grede POS 466

Greda POS 78 je statičkog sistema proste grede i pojačana je u donjoj zoni dodavanjem tri šipke prečnika 12 mm.



Slika 5.2. – Šematski prikaz ojačanja grede POS 78 – podužni izgled

6. SANACIJA POSTOJEĆE KONSTRUKCIJE

Karakteristični defekt koji je primećen na skoro svim konstruktivnim elementima konstrukcije je nedovoljna debljina zaštitnog sloja betona. Na pojedinim mestima su primećena betonska gnezda. Ove defekte je neophodno sanirati izvođenjem dodatnog sloja reparaturnog betona na bočnim stranama greda i sa sve četiri strane stubova u prizemlju.

Na oštećenim gredama terase je neophodno prvo ukloniti sloj oštećenog betona i zatim žičanom četkom očistiti armaturu zbog boljeg prijanjanja novog reparaturnog betona i armature.

Potrebno je ukloniti biološko rastinje na mestima gde je uočeno.

Oštećeni trotoar oko zgrade mora da se ukloni i da se kod izvođenja novog trotoara vodi računa da se tlo prethodno dobro nabije i da se izvede pad od objekta da ne bi došlo do ponovnog podplivanja vode.

7. ZAKLJUČAK

Na osnovu statičkog proračuna i rezultata dimenzionisanja izvodi se zaključak da nadziđivanje do predviđene visine ne ugrožava nosivost i stabilnost zgrade u značajnoj meri, kao i susedne objekte i ne pogoršava upotrebljivost pojedinih delova zgrade za svrhe kojima služe. Nadogradnja objekta ne smanjuje seizmičku otpornost objekta.

U okviru statičkog proračuna dokazano je da su ostvareni potrebni kapaciteti nosivosti i upotrebljivosti konstrukcije (globalno), kao i nosivosti tla. Zgrada po dovršenom nadziđivanju kao celina zadovoljava zahteve stabilnosti, nosivosti, upotrebljivosti i sigurnosti kao i savremene uslove stanovanja, odnosno korišćenja. Do prekoračenja napona i nedostatka nosivosti nakon nadogradnje je došlo u sledećim elementima - gredama POS 466, POS 467, POS 78, POS 74. Grede su ojačane dodavanjem potrebne količine glatke armature GA 240/360 u donjoj zoni.

8. LITERATURA

- [1] Doc. dr Ratko Salatić, dipl.građ.inž - "Seizmički aspekt nadogradnje objekata" (predavanje).
- [2] "Beton i armirani beton prema BAB 87" - Univerzitetska štampa, Beograd 2000.
- [3] Živorad Radosavljević - "Armirani beton, knjiga 3".
- [4] Johan Sklena, Nataša Vujadinović - "Proračun temelja".
- [5] Prof. Dr Vlastimir Radonjanin; Prof. Dr Mirjana Malešev: Skripta "Sanacija betonskih konstrukcija".
- [6] Pravilnik o tehničkim normativima za izgradnju objekata visokogradnje u seizmičkim područjima.
- [7] Pravilnik o tehničkim normativima za sanaciju, ojačanje i rekonstrukciju objekata visokogradnje oštećenih zemljotresom i za rekonstrukciju i revitalizaciju objekata visokogradnje.
- [8] Okuka R.; Županec D.; Kovačević D.: "FEM Models" for computation of masonry structures, Indis 2012, Novi Sad.

Kratka biografija:



Radivoj Kotarlić rođen je u Vukovaru, 04. juna 1988. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstvo – Konstrukcije odbranio je 2013. god.

**PROJEKAT VIŠESPRATNE ARMIRANOBETONSKE ZGRADE U NOVOM SADU
PREMA EVROKODU****PROJECT OF MULTISTOREY REINFORCED CONCRETE OFFICE BUILDING IN
NOVI SAD ACCORDING TO THE EUROCODE**Ivan Kovač, Đorđe Ladinović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

Kratak sadržaj – U radu je prikazan projekat konstrukcije poslovnog objekta P+P+8 u Novom Sadu. U drugom delu rada prikazan je proračun i dimenzionisanje ploče prema graničnom stanju nosivosti i graničnom stanju upotrebljivosti.

Abstract – This paper gives description of project of 8th storey reinforced concrete office building in Novi Sad. Second part of this paper gives description of design of flat slab according to ultimate limit states and serviceability limit states.

Ključne reči: Višespratna zgrada, Evropske norme, detalji armiranja, granično stanje upotrebljivosti

1. UVOD

Projektom zadatkom predviđeno je projektovanje poslovnog objekta P+P+8, osnove prikazane na slici 1. Definisani su namena, lokacija, dimenzije u osnovi, rasteri stubova i međuspratne visine.

2. OPIS OBJEKTA**2.1. Projektni zadatak i arhitektonsko rešenje**

Projektom zadatkom predviđeno je projektovanje poslovnog objekta P+P+8, skeletnog sistema za platnima za ukrućenje. Dimenzije parcele u osnovi su 19,0x20,0 m. Rasteri stubova su 6,0 m odnosno 7,0 m. Međuspratna visina prizemlja 4,0 m, ostalih spratova 3,0 m. U suterenu predviđa se parking za automobile težine do 30kN. Za vertikalnu komunikaciju koriste se liftovi i stepeništa. Površina prizemlja iznosi 815,0 m² a površina ostalih spratova 865,0 m². Za oblogu međuspratnih konstrukcija predviđaju se keramičke ploče. Predviđaju se pokretni pregradni zidovi sa sopstvenom težinom po dužini zida manjim od 2.0 kN/m'. Za fasadnu oblogu predviđaju se prozori, IZO staklo 4+16+4, 1m² ima težinu cca 22-24kg.

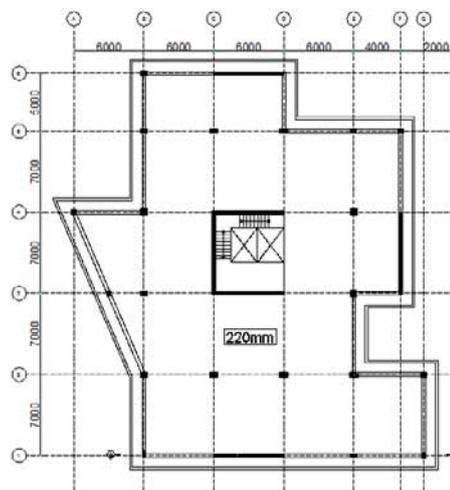
2.2. Konstruktivni sistem i model objekta

Konstruktivni sistem sastoji se od stubova, greda (samo po obodu objekta) i zidova za ukrućenje. U unutrašnjem delu objekta ploča se direktno oslanja na stubove. Ispod kote terena, po obodu objekta, predviđeni su podrumski zidovi.

Modeliranje konstrukcije urađeno je u programu ETABS. Za modeliranje ploče korišćeni su površinski konačni elementi. Tlo je modelirano kao Vinklerov model tla. Svi

ostali element modelirani su linijskim konačnim elementima. Grede sa zidovima za ukrućenje povezane su beskonačno krutim gredama. Torziona krutost gređa redukovana na 10%.

Prema EN 1988-1:2004 4.3.1.(7) fleksione i smičuće karakteristike elemenata redukovane su na polovinu neisprskalih preseka - preko modula elastičnosti.



Slika 1. Osnova tipičnog sprata

Na nivou svakog sprata definisane su dijafragme. Modeliranje ploče tipičnog sprata urađeno je u programu SAFE. Korišćeni su površinski konačni elementi. Stubovi i zidovi za ukrućenje sa linijskim odnosno površinskim elementima i sa realnim uslovima oslanjanja.

Za sve elemente korišćen je beton C25/30. Za stubove, zidove i grede korišćena je armatura S400 a za ploče S400 i S500.

2.3. Analiza opterećenja

Analizirani su sledeći slučajevi opterećenja: stalno, povremeno i seizmičko dejstvo. Stalno opterećenje čine sopstvene težina objekta i težina nenosećih elemenata. Povremeno opterećenje definisano u zavisnosti od namene objekta u skladu sa EN 1991-1-1:2002. Seizmičko dejstvo je definisano u skalu sa EN 1998-1:2004.

2.3.1. Analiza seizmičkog dejstva

Za analizu je izabrana **Multimodalna spektralna analiza**. Da bi se sproveo ovakav način proračuna prethodno se izvrši modalna analiza kojom je obuhvaćen uticaj svih svojstvenih oblika slobodnih vibracija koji doprinose globalnom odgovoru. Eurocode 8 propisuje da zbir efektivnih modalnih masa za razmatrane svojstvene

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Đorđe Ladinović, red.prof.

oblike vibracija mora da iznosi najmanje 90% od ukupne mase konstrukcije.

Prema odredbama EN 1998-1:2004: određuju se klasa i faktor značaja, kategorija tla, kontroliše se regularnost po osnovi i po visini. Moramo uzeti u obzir slučajne torzione efekte, ograničiti relativno spratno pomeranje i kontrolisati efekte II. reda.

Za prikazivanje zemljotresnog dejstva koristi se **horizontalni elastični spektar odgovora**. Projektno ubrzanje tla iznosi $a_g=0,2g$. Kao tip konstrukcije usvojeno je dvojni sistem sa dominantnim delovanjem zidova. Konačno usvaja se faktor ponašanja $q=3,6$.

2.4. Proračun konstrukcije

Proračun konstrukcije je urađeno u skladu sa odredbama Eurocode 2 i Eurocode 8. Nakon definisanja svih kombinacija opterećenja ETABS i SAFE automatsko uradio dimenzionisanje svih elemenata.

2.4.1. Analiza i dimenzionisanje seizmičkog zida

Klasa duktilnosti **M**. Merodavna kombinacija za dimenzionisanje: $1.0g+0.3q+1.0S_x$. Dijagram momentata savijanja se određuje u skladu sa EN 1998-1:2004 5.4.2.4 (5). Dijagram proračunskog momenta savijanja po visini zida uzima se kao anvelopa dijagrama momenata savijanja dobijenog proračunom konstrukcije, koja je vertikalno pomena. Dužina vertikalnog pomeranja iznosi h_{cr} . S obzirom da konstrukcija nema bitnih diskontinuiteta u masi, krutosti ili nosivosti, usvaja se prava linija po visini zida. Dijagram transverzalnih sila se određuje u skladu sa EN 1998-1:2004 5.4.2.4 (7). Proračunska transverzalna sila se usvaja da je 50% veća od transverzalne sile dobijene iz analize. EN 1998-1:2004 propisuje minimalne dimenzije ivičnih elemenata. Nakon usvajanja ovih dimenzija i proračuna podužne i poprečne armature treba proveriti da li pretpostavljene dimenzije ivičnih elemenata i usvojena armatura zadovoljavaju sledeći uslov:

$$\alpha \omega_{wd} \geq 30 \mu_{\phi} (v_d + \omega_v) \varepsilon_{sy,d} \frac{b_c}{b_o} - 0.035 \quad (1)$$

2.4.2. Analiza i dimenzionisanje greda

Klasa duktilnosti **M**. Eurocode 8 propisuje oštrije uslove od Eurocode 2 što se minimalne i maksimalne armature, kritične oblasti i razmaka podužne odnosno poprečne armature tiče. U primarnim seizmičkim gredama, proračunske transverzalne sile se određuju prema pravilima ponašanja sa aspekta kapaciteta, na osnovu ravnoteže grede usled: a) poprečnog opterećenja koje deluju na nju u seizmičkoj proračunskoj situaciji, i b) momenata na krajevima grede $M_{i,d}$, koji odgovaraju formiranju plastičnih zglobova za pozitivne i negativne pravce seizmičkih opterećenja.

Nakon dimenzionisanja potrebno je sprovesti kontrolu graničnog stanja upotrebljivosti. U karakterističnim presecima na osnovu merodavnih kombinacija opterećenja (za kontrolu graničnog stanja upotrebljivosti koristimo dve kombinacije: karakteristična i kvazi-stalna) kontrolišemo napone, prslinje i ugibe.

2.4.3. Analiza i dimenzionisanje stubova

Klasa duktilnosti **M**. Eurocode 8 propisuje oštrije uslove od Eurocode 2 što se minimalne i maksimalne armature, kritične oblasti i razmaka podužne odnosno poprečne armature tiče. Proračunske vrednosti transverzalnih sila u

primarnim seizmičkim stubovima moraju biti određene prema pravilima programiranog ponašanja sa aspekta kapaciteta, na osnovu uslova ravnoteža stuba pod momentima na krajevima, saglasno formiranju plastičnih zglobova za pozitivne i negativne pravce seizmičkog opterećenja. Proračun armature se vrši u programu ETABS. Dobijeni rezultati, što se podužne armature tiče, se po potrebi koriguju, kako bi uslov $\sum M_{Rc} \geq 1,3 \sum M_{Rb}$, bio ispunjen. Nakon usvajanja podužne i poprečne armature moramo sprovesti kontrolu da li u kritičnoj oblasti zadovoljen sledeći uslov:

$$\alpha \cdot \omega_{wd} \geq 30 \mu_{\phi} \cdot v_d \cdot \varepsilon_{sy,d} \cdot \frac{b_c}{b_o} - 0.035 \quad (2)$$

2.4.4. Analiza i dimenzionisanje ravnih ploča

2.4.4.1 Granično stanje nosivosti

Ravne ploče možemo analizirati: metodom grednih roštilja, metodom konačnih elemenata, metodom linija loma i metodom ekvivalentnih ramova.

U ovom radu statička analiza je urađena u programu SAFE metodom konačnih elemenata. Korišćeni materijali: C25/30, S400, S500. Zaštitni sloj je izračunat uzevši u obzir uslove prijanjanja, uslove sredine i prečnika najveće šipke i iznosi 30mm. Debljinu ploče treba odrediti tako da zadovolji raspon/debljina (span/depth) odnos. U ovom radu ploča se direktno oslanja na stubove i zbog toga, potrebno je sprovesti kontrolu napona smicanja od probijanja. Kontrola se zasniva na proračunu kontrolnih preseka duž ivica stuba i osnovnog kontrolnog obima. Ukoliko je na osnovnom kontrolnom obimu potrebna armatura za smicanje od probijanja, treba odrediti dalji kontrolni obim, $u_{out,efs}$ na kojem armatura za smicanje od probijanja više nije potrebna. Definisani su sledeći proračunski naponi smicanja (MPa) duž kontrolnih preseka:

- $V_{Rd,c}$ – proračunska vrednost graničnog napona smicanja od probijanja ploče (proračunska vrednost čvrstoće pri smicanju) bez armature za smicanje u posmatranom kontrolnom preseku
- $V_{Rd,cs}$ – proračunska vrednost graničnog napona smicanja od probijanja ploče sa armaturom za smicanje u posmatranom kontrolnom preseku
- $V_{Rd,max}$ – proračunska vrednost maksimalnog napona smicanja od probijanja u posmatranom kontrolnom preseku

Treba da se izvrše sledeće provere:

Po obimu stuba, ili po obimu opterećene površine, proračunska vrednost maksimalnog napona smicanja od probijanja ne sme da bude prekoračena:

$$\blacksquare V_{Ed} < V_{Rd,max}$$

Armatura za smicanje od probijanja nije potrebna ako je:

$$\blacksquare V_{Ed} < V_{Rd,c}$$

Armatura za smicanje od probijanja je potrebna ako je:

$$\blacksquare V_{Ed} > V_{Rd,c}$$

Kada je oslonačka reakcija ekscentrična u odnosu na kontrolni obim, maksimalni napon smicanja od probijanja dobija se iz izraza:

$$v_{Ed} = \beta \cdot \frac{V_{Ed}}{u_i \cdot d} \quad (3)$$

Nosivost pri smicanju od probijanja ploča bez armature za smicanje:

$$v_{Rd,c} = C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_I \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \geq (v_{\min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \quad (4)$$

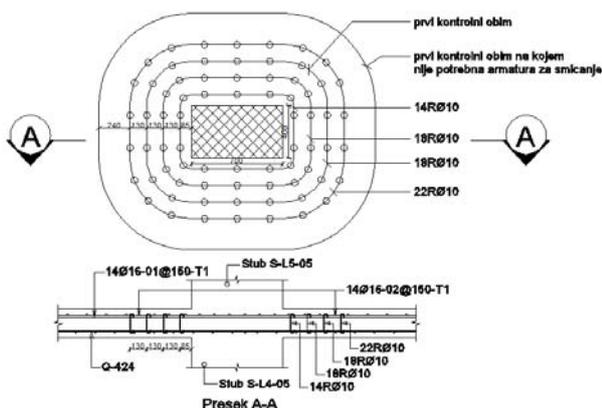
Nosivost pri smicanju od probijanja ploča sa armaturom za smicanje:

$$v_{Rd,cs} = 0.75 \cdot v_{Rd,c} + 1.5 \cdot (d/s_r) \cdot A_{sw} \cdot f_{ywd,ef} \cdot [1/(u_1 \cdot d)] \cdot \sin \alpha \quad (5)$$

U radu je prikazan detaljan proračun ploče na probijanje. U nastavku ovog teksta dat je kratak pregled tog proračuna sa komentarima.

Prvo na osnovu rezultata statičke analize iz programa SAFE, vrši se proračun armature za zatezanje. Prema Eurocode 2 polovinu usvojene armature treba rasporediti na širini jednakoj zbiru veličina 0.125 raspona (širine) polja ploče sa obe strane stuba. Nakon što smo rasporedili armaturu, možemo kontrolisati nosivost pri smicanju. Za kontrolu je izabran presek iznad najopterećenijeg stuba. Važno je naglasiti da prilikom kontrole nosivosti pri smicanju od probijanja ploče bez armature za smicanje, možemo uzeti u obzir samo deo armature za zatezanje, do 2%. U primeru maksimalni napon smicanja od probijanja je veći od nosivosti pri smicanju od probijanja ploče bez armature za smicanje. Možemo preuzeti sledeće mere: usvojimo više zategnute armature kako bi nosivost bio veći ili proračunamo armaturu za smicanje. U posmatranom preseku je izvršena kontrola da ako uzmemo u obzir 2% zategnute armature, da li to zadovoljava propisane uslove bez armature za smicanje. Utvrđeno je da se mora predvideti i armature za smicanje i zbog toga u nastavku primera detaljno je prikazan proračun i raspored armature za smicanje prema Eurocode 2.

Potrebno je odrediti dva kontrolna obima.



Slika 2. Raspored armature za smicanje prema Eurocode2

Prvi kontrolni obim je kritičan kontrolni obim. Prema propisu ovaj kritičan kontrolni obim nalazi se na $2d$ (d -srednja vrednost statičkih visina) od ivica stuba. Drugi kontrolni obim, kontrolni obim na kojem nije potrebna armatura za smicanje usled probijanja dobija se iz sledećeg izraza:

$$u_{out} = \beta \cdot V_{Ed} / (v_{Rd,c} \cdot d) \quad (6)$$

Proračunatu armaturu trebamo rasporediti unutar prvog kritičnog obima na sledeći način: rastojanje između ivice stuba i prvog obima treba da bude >0.3 a međusobno rastojanje obima po kojima je raspoređena armatura za smicanje ne treba da bude veće od $0.75d$. Međusobno rastojanje nožica armature za smicanje duž konture prvog kontrolnog obima ($2d$ od opterećene površine), ne treba da bude veće od $1.5d$, a duž ostalih obima, dalje od prvog kontrolnog obima, na delu na kojem je još potrebna armatura za smicanje od probijanja, ne treba da bude veće od $2d$. Zadnji obim po kojoj je potrebno rasporediti armaturu za smicanje je na rastojanju ne većem od kd (preporučena vrednost za $k=1.5$) od kontrolnog obima na kojem nije potrebna armatura za smicanje.

U nastavku je prikazan primer proračuna ploče bez armature za smicanje tj. smicanje prima dodatna zategnuta armatura. Na osnovu maksimalnog napona smicanja od probijanja na indirektan način izračuna se "potrebna zategnuta armatura" (zategnuta armatura koja je dovoljna da nosivost preseka na smicanje pri probijanju bez armature za smicanje ne bude manja od maksimalnog napona pri smicanju od probijanja). Ovu armaturu rasporedimo na gore naveden način i proverimo da li zadovoljava propisane uslove. Na ovaj način količina armature je veća ali izvođenje jednostavnije.

2.4.4.2. Granično stanje upotrebljivosti

Prema EN 1992-1-1:2004 7.1 uobičajena granična stanja su:

1. ograničenje napona

Napon pritiska u betonu mora da se ograniči da bi se izbegle podužne prsline, mikroprsline ili veliko tečenje betona.

Kako bi izbegli podužne prsline, ako druge mere kao što su povećanje zaštitnog sloja betona u pritisnutoj zoni ili utezanje poprečnom armaturom nisu preuzete, odgovarajuća mera može da bude ograničenje napona pritiska u betonu na vrednost $k_f f_{ck}$ za karakterističnu kombinaciju opterećenja.

Ako je napon u betonu od kvazi-stalnih opterećenja manji od $k_f f_{ck}$, može da se pretpostavi da je tečenje betona linearno.

Naponi zatezanja u armaturi moraju da se ograniče da bi se izbegla neelastična dilatacija i neprihvatljive veličine prsline ili deformacija. Može da se pretpostavi da veličina prsline u betonu ili deformacija neće biti neprihvatljiva ako napon zatezanja u armaturi za karakterističnu kombinaciju opterećenja ne prekorači k_{fyk} .

2. kontrola prsline

Prsline moraju da se ograniče na veličinu koja neće nepovoljno da utiče na ispravno funkcionisanje ili trajnost konstrukcije, niti da učini da izgled konstrukcije bude neprihvatljiv. Treba da se usvoji granična vrednost računске širine prsline, w_{max} , vodeći računa o predviđenoj nameni i prirodi konstrukcije kao i o koštanju ograničenja prsline.

Kada se zahteva kontrola prsline, u zonama u kojima se očekuje zatezanje, potrebna je minimalna površina armature sa prijanjanjem sa betonom, na sledeći način:

$$A_{s,min} \cdot \sigma_s = k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot A_{ct} \quad (7)$$

Kontrola prsline može da se vrši i bez direktnog proračuna, ograničavanjem prečnika i rastojanja šipki.

3. kontrola ugiba

Deformacije elemenata ili konstrukcije ne smeju da deluju nepovoljno na njihovo ispravno funkcionisanje ili izgled. Izgled i generalna upotrebljivost konstrukcije mogu da budu dovedeni u pitanje ako je sračunati ugib greda, ploča ili konzola od kvazi-stalnih opterećenja veći od odnosa $raspon/250$.

Granično stanje deformacija može da se proveriti na jedan od sledećih načina: ograničenjem odnosa raspon/visina preseka ili upoređenjem sračunatog ugiba sa graničnom vrednošću.

3. ZAKLJUČAK

U ovom radu prikazani su analiza, dimenzionisanje i detalji armiranobetonskih elemenata prema Eurocode-u. Rad takođe sadrži i detaljan osvrt na kontrolu graničnog stanja upotrebljivosti. Eurocode 8 uvodi princip da odgovor konstrukcije na seizmičko dejstvo zavisi od dinamičke karakteristike (svojstvene vrednosti i svojstvene oblike vibracija) same konstrukcije. Iz ekonomskih razloga uvodi faktor redukcije, koji omogućava da se dobiju racionalniji objekti jer dozvoljava određeni stepen oštećenja prilikom zemljotresa. Ovo se postiže obezbeđenjem duktilnog ponašanja preseka. Eurocode 8 predviđa tri klase duktilnosti: L-low, M-middle i H-high. Od izabrane klase duktilnosti zavisi vrednost faktora ponašanja a samim tim i nivo seizmičkog opterećenja. Za niže klase dobijamo veće seizmičke sile ali lakše možemo obezbediti zahtevanu duktilnost. Jedna od najvećih razlika između domaćih propisa i Eurocode-a je da se ponašanje elemenata zavisi od nosivosti tj. od stvarno usvojene armature. U radu je prikazan detaljan proračun uzengija greda i stubova prema kapacitetu nosivosti. Na prikazanom primeru možemo videti da se u stubovima javljaju relativno mali uticaji ali ipak moramo ih armirati minimalnom armaturom. Prilikom zemljotresa konstruktivni elementi preuzimaju na sebe opterećenje srazmerno njihovim stvarnim nosivostima. Zbog toga moglo bi da se desi da budu preopterećeni na smicanje. Isto ovako elementi mogu uticati na druge elemente npr. veza stuba i temelja. Ako usvojimo više armature u stubu od potrebne, nosivost stuba će biti veći samim tim veće opterećenje će preuzeti na sebe i preneti na temelj. Zbog ovih razloga temelj mora biti proračunat uzevši u obzir nosivost stuba.

U drugom delu rada prikazan je detaljan proračun ploče na probijanje pri smicanju. Na osnovu rezultata možemo zaključiti da ploče možemo dimenzionisati na probijanje na dva načina. Možemo proračunati armaturu za smicanje ili možemo povećati armaturu za zatezanje preko potrebne količine. U prvom slučaju izvođenje je komplikovanije jer moramo armaturu za smicanje pravilno postaviti dok u drugom slučaju imamo veći utrošak čelika za armiranje.

Na kraju dat je pregled zahteva Eurocode-a što se graničnog stanja upotrebljivosti tiče. Prilikom kontrole graničnog stanja upotrebljivosti lako sam uspeo ispuniti sve zahteve.

Naredbe Eurocode-a što se minimalne dimenzije i minimalne armature tiče su jako precizne i prilično striktno. Npr. prema domaćim propisima prilikom analize ploča minimalna debljina ne sme biti manja od $l_0/35$, što znači da ako imamo raspon 7,0m, minimalna debljina ploče iznosi $\approx 16,0$ cm.

U ovom slučaju debljina ploče prema Eurocode 2 iznosi 22,0cm što se dobija kontrolom odnosa raspon/debljina.

4. LITERATURA

- [1] Grupa autora: EN 1990:2002, Beograd, 2006.
- [2] Grupa autora: EN 1991-1-1:2002, Beograd, 2006.
- [3] Grupa autora: EN 1992-1-1:2004, Beograd, 2006.
- [4] Grupa autora: EN 1998-1:2004, Beograd, 2006.
- [5] Đorđe Lađinović: Analiza konstrukcija zgrada na zemljotresna dejstva, Novi Sad, 2010.
- [6] Jure Radić i suradnici: Suvremeni pristup proračunu konstrukcija, Zagreb, 2006.
- [7] Jure Radić i suradnici: Betonske konstrukcije – riješeni primjeri, Zagreb, 2006.
- [8] Grupa autora: Reinforced concrete design to Eurocode 2, Liverpool, 2007.
- [9] Grupa autora: Eurocode 2 – worked examples, Brussels, 2008.

Kratka biografija:



Ivan Kovač rođen je u Zrenjaninu 1988. godine. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstvo - konstrukcije odbranio je 2013.god.



Đorđe Lađinović rođen je u Šidu 1956 godine. Redovni je profesor za užu naučnu oblast Teorija konstrukcija. Od 2004. god. je šef katedre za konstrukcije, a od 2012. rukovodilac Departmana za građevinarstvo i geodeziju.



ANALIZA PRIMENE POLUMONTAŽNOG PANELNOG SISTEMA "INOBAČKA"

ANALYSIS OF THE APPLICATION OF SEMI – PREFABRICATED PANEL HEATING SYSTEM "INOBAČKA"

Bojana Miličić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – U radu je prikazana analiza polumontažnog panelnog sistema "Inobačka" – analiza vremena proizvodnje prefabrikovanih elemenata, skladištenje, transport, montaža, monolitizacija. Sistem je primenjen na jednom objektu i urađena je analiza vremena završetka objekta.

Abstract – This paper presents the analysis of semi – prefabricated panel heating systems analysis time of production of precast is applied to an object and the time it conducted the analysis completion of the building.

Ključne reči: polumontažni panelni sistem, tehnologija proizvodnje, skladištenje, transport, montaža, monolitizacija

1. UVOD

Projekat tehnologije i organizacije građenja montažnih objekata treba da obuhvati sve faze procesa izgradnje uz primenu savremenih modela organizacije. Kvalitetno postavljena organizacija građenja postaje osnova za upravljanje, što za krajnji cilj ima ispunjenje postavljenih zahteva u pogledu kvaliteta, roka i troškova.

Cilj ovog rada jeste prikazivanje jedinstvenog načina primene montažnog građenja. Prikaz svakog njegovog aspekta – od proizvodnje pojedinačnih elemenata u fabrici, skladištenja, transporta a na kraju i ugradnje da bi kao krajnji rezultat dobili gotov armirano – betonski objekat. Dakle u radu će biti prikazano osavremenjavanje proizvodnje, koja neminovno prati primenu montažnog građenja i utiče na brzinu izgradnje jednog stambenog objekta.

2. NEKI MONTAŽNI SISTEMI ZA STAMBENU IZGRADNJU U SRBIJI

Prilikom organizacije gradilišta stambenih objekata jedan od najsloženijih problema je proizvodnja kvalitetnog betona u određenoj količini i vremenu. U zgradarstvu razvoj montažnog načina gradnje stambenih objekata ide sporije. Činjenica je da u celoj zemlji nema savremene fabrike jednog razvijenog montažnog sistema. Ne ulazeći u uzroke te pojave, može se konstatovati da bez fabrike nema industrijske proizvodnje ni napretka u zgradarstvu.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Milan Trivunić, red.prof.

2.1. IMS sistem – Žeželj

Montažna skeletna konstrukcija sistema IMS – Žeželj, po prvi put je primenjena 1957. godine u izgradnji Novog Beograda (grupa od 4 zgrade).

Osnovu celokupne konstrukcije čini montažna ćelija kvadratnog raspona, dimenzija 4.20 x 4.20 m, površine 17.64 m². Ćeliju formiraju četiri stuba i jedna tavanica ploča između njih. Spoj ploča i stubova ostvaren je prednaprezanjem.

2.2. Montažni panelni sistem "Neimar" – Beograd

Sistem je prvi put primenjen tokom 1963. godine na izgradnji dela naselja na Banovom brdu.

To je sistem poprečnih nosećih zidova u vidu panoa od armiranog betona. Pored ovih elemenata na licu mesta se izvode samo serklaži – obimni, podužni, poprečni i vertikalni, tj. samo horizontalni i vertikalni spojevi elemenata.

2.3. Montažni panelni sistem "Trudbenik" – Beograd

Uveden je prvi put na naselju "Braća Jerković" na kompleksu od 1000 stanova. Sa projektovanjem je završen 1964. godine.

Konstruktivno rešenje predstavlja sistem pomoćnih nosećih zidova i konstruktivnih nosećih zidova. Svi zidovi su montažni, betonski, debljine 12 cm. Tavanice su armirano – betonske pune ploče debljine 12 cm. Spojevi su ostvareni direktnim oslanjanjem i prednaprezanjem.

2.4. Montažni panelni sistem "Montastan", GP "Prvi maj" – Bačka Topola

Prvi stambeni objekat je izgrađen 1963. godine u Bačkoj Topoli, koji je bio dvospratni sa 9 stanova.

Konstruktivni zidovi su od tankostenih glinenih blokova ugrađenih u AB rešetku. Međusobno spajanje panoa vrši se plombiranjem na licu mesta. Konstruktivni zidovi objekta međusobno su povezani AB serklažom. Tavanice su sitnorebrasta AB konstrukcija. Ispune između rebara su monta TM – 5 blokovi. Izrada je u vidu panoa, a spajaju se plombiranjem, dok se sa konstruktivnim zidovima vezuju pomoću AB serklaža.

3. ANALIZA POLUMONTAŽNOG PANELNOG SISTEMA "INOBAČKA"

Sistem podržava brzu izgradnju, ekonomičnost i nezavisna je od vremenskih uslova prilikom gradnje na gradilištima. Pomoću ovakvih metoda proizvodnje, mogu biti proizvedeni gotovi betonski elementi kao što su: zidovi, tavanice, stepeništa. Tokom godine brojne zgrade su izgrađene primenjujući ovaj sistem gradnje. Industrijalizacija procesa izgradnje predstavlja budućnost

gradnje, jer ispunjava visoke zahteve kvaliteta što se tiče brzine gradnje i montaže.

3.1. Proizvodni pogon prefabrikacije

Proizvodnja betonskih elemenata "Inobačka" je u fabrici preduzeća – Savino Selo, opština Vrbas.

Da bi proizvodni pogon počeo sa radom, tj. da bi prefabrikacija betonskih elemenata imala smisla, radnici moraju da dobiju odgovarajuće karakteristike svakog prefabrikovanog elementa - "krojnu listu". Izrada pomenute "krojne liste" je u IDAT softwer-u. "Krojna lista" prikazuje visinu, težinu, dužinu, kao i plan armiranja svakog elementa (AB duplog zida i "Omnia" tavanice).

Na osnovu kota zida iz IDAT softwera, postavlja se oplata na tacni pogona. U pogonu postoje dve proizvodne linije. Zid se sastoji od "A" i "B" strane. "A" strana sadrži mrežastu armaturu MA 500/600 (Q257 – $\phi 7 \times \phi 7$) kombinovanu sa rebrastom armaturom RA 400/500 ($\phi 8$ i $\phi 9$) i binorima, ali isto tako i potrebne otvore za vrata, prozore i instalaciju. "B" strana poseduje sve to, ali ne i binore. Posle postavljanja armature obe strane AB duplog zida se betoniraju – prvo "A" strana, koja se posle sušenja "uparuje" sa "B" stranom na posebnom delu pogona – obrtnom stolu. Element se potom odnosi na sušenje i transportuje na gradilište radi montaže objekta. Prikaz prefabrikovanog AB duplog zida je na slici 1.



Slika 1. Izgled prefabrikovanog AB duplog zida

Prefabrikovane "Omnia" tavanice u pogonu se postavljaju samo na linju koja je zadužena za proizvodnju "A" strane. Armirane su mrežastom armaturom MA 500/600 (Q257 – $\phi 7 \times \phi 7$) i binorima. Prikaz prefabrikovane "Omnia" tavanice je na slici 2.



Slika 2. Izgled prefabrikovane "Omnia" tavanice

AB dupli zidovi se skladište u takozvane soške i to omogućava da se ne oštete – stoje vertikalno na određenom rastojanju, sa drvenim podupiračima (slika 1). "Omnia" tavanice se skladište horizontalno, jedna na drugu (slika 2).

3.2. Analiza vremena izrade pojedinačnih elemenata proizvodnog pogona

Usporedna analiza proizvodnje gotovih prefabrikovanih elemenata (slika 3) je vršena predpostavljajući da su uslovi proizvodnje idealni.

Analiza vremena za proizvodnju AB duplog zida:

"A" strana- 1.dan- Izrada armature u bravarskoj radionici
2.dan- Izrada oplate i izlivanje betona u tacnu
3.dan- Sušenje "A" strane

"B" strana- 4.dan- "Uparivanje " "A" i "B" strane
5.dan- Skidanje gotovog elementa sa tacne
3.dan- Sušenje AB duplog zida

Analiza vremena za proizvodnju "Omnia" tavanice:

1.dan- Izrada armature u bravarskoj radionici
2.dan- Izrada oplate i izlivanje betona u tacnu
3.dan- Sušenje "Omnia" tavanice



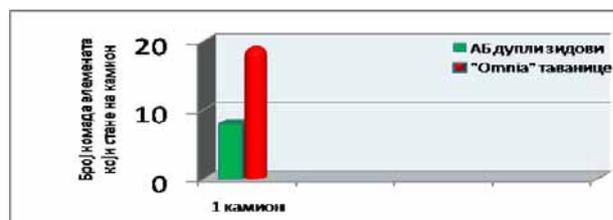
Slika 3. Usporedna analiza proizvodnje prefabrikovanih elemenata u proizvodnom pogonu

3.3. Transport gotovih prefabrikovanih elemenata

Iz predhodnog dela rada smo videli da se prefabrikovani elementi ne proizvode u blizini mesta ugradnje - montaže u konstrukciju objekta. U zavisnosti od gabarita i težine elemenata odlučeno je da se elementi transportuju kamionom, koji može da ponese propisanih 40 t.

3.4. Analiza vremena transporta gotovih prefabrikovanih elemenata do gradilišta

Na jedan kamion stane 8 duplih AB zidova, težine između 12 - 16 t, dok "Omnia" tavanica stane 19 (slika 4). Gleda se da ukupna težina elemenata složenih na kamion ne prelazi dozvoljenih 40 t, koliko je propisima dozvoljeno.



Slika 4. Odnos količine elemenata koji stanu na kamion

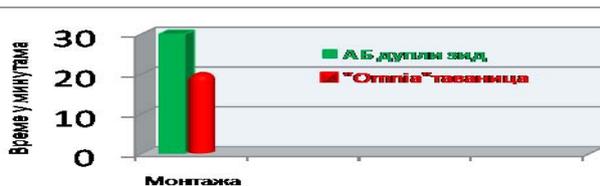
3.5. Montaža gotovih prefabrikovanih elemenata

Prednost ovog sistema je brza i jednostavna montaža, bez upotrebe zidne i tavanice oplata, te smanjena potreba za podupiranjem, zatim smanjena količina armiračkih radova prilikom građenja objekta. Naravno, neminovni rezultat svih predhodnih stavki je znatna finansijska ušteda.

3.6. Analiza vremena montaže gotovih prefabrikovanih elemenata

Vreme trajanja pojedinih faza montaže elmenata (slika 5) usvojeno je iskustveno.

1. Montaža AB duplog zida - 30 min/kom.
2. Montaža "Omnia" tavanice - 20 min/kom.



Slika 5. Analiza vremena montaže gotovih prefabrikovanih elemenata na gradilištu

Ugradnja montažnih elemenata se izvodi prema planovima montaže, koji se isporučuju zajedno sa montažnim elementima, a izrađuje ih tehnološko – konstruktorska grupa fabrike koja ih proizvodi i opremljena je svom neophodnom modernom tehnologijom.

3.7. Monolitizacija elemenata

Kao što smo u predhodnim poglavljima videli montažna konstrukcija se sastoji od pojedinih elemenata proizvedenih u fabrici preduzeća, transportovanih i lagerovanih na gradilište.

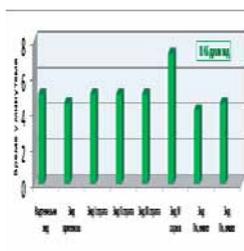
Uloga njihovog spajanja i njihove veze ima bitan značaj, jer se njome ostvaruje monolitizacija.

Zidni elementi povezuju se i učvršćuju dobetoniranjem jezgra u koje se ugrađuje armatura spojeva, potrebna armatura prema statičkom proračunu (Q257, koja se ručno postavlja). Spojnice elemenata se zidarski obrađuju.

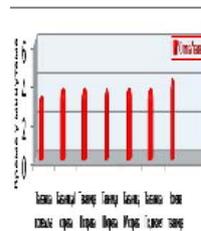
Spojnice montažnih ploča pokrivaju se razdelnom armaturom (dužina preklopa armature), za ostvarenje kontinuiteta ili nosivom armaturom drugog pravca. Montažne tavanične ploče povezuju se i učvršćuju dobetoniranjem gornjeg (podnog) dela tavanice u koji se postavlja glavna i podužna armatura gornje zone, prema statičkom proračunu. Gornja armatura se polaže preko rešetkastih nosača na koje se oslanja. Spojnice tavaničnih ploča se sa donje strane obrađuju. Monolitan način ugradnje – betonira se cela etaža odjednom (postave se zidovi, armaturna mreža na svakom spoju zidova - koja služi da fizički spoji zidove, postave se tavanice i sve se zajedno betonira).

3.8. Analiza vremena monolitizacije elemenata

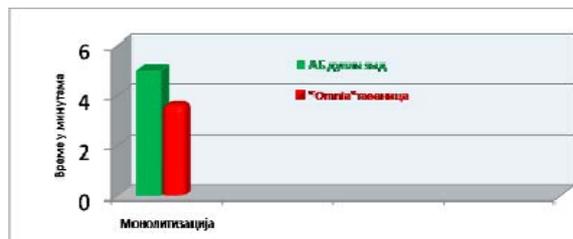
U zavisnosti od broja elemenata na svakoj etaži zavisi i brzina gradnje objekta. Monolitizacija AB duplog zida i "Omnia" tavanice je računata predpostavljajući broj elemenata datog u tabeli 1. Iskustveno znamo da nam je za jednu etažu potrebno 8h za monolitizaciju AB duplih zidova i 4h za monolitizaciju "Omnia" tavanica, pa dobijamo analizu vremena monolitizacije elemenata (slika 6 i slika 7). Analizirajući dobili smo prosečno vreme monolitizacije svakog elementa pojedinačno – monolitizacija AB duplog zida traje 3.6 min/kom, a monolitizacija "Omnia" tavanice 5 min/kom (slika 7).



Slika 6. Analiza vremena monolitizacije AB duplog zida



Slika 7. Analiza vremena monolitizacije "Omnia" tavanice



Slika 8. Usporedna analiza vremena monolitizacije prefabrikovanih elemenata

Naziv elementa	Broj kom. u etaži	Prosečno vreme izrade (min/kom.)	Ukupno vreme (h)	Tranzit [danas]
Monolitizacija AB duplog zida	101	3.6	36.36	2
Monolitizacija tavanice "Omnia"	109	5.0	54.50	2
Monolitizacija tavanice "Omnia"	76	2.0	25.33	1
Monolitizacija tavanice I etaže	53	3.0	47.50	2
Monolitizacija tavanice I etaže	66	3.0	33.00	1
Monolitizacija tavanice II etaže	95	3.0	47.50	2
Monolitizacija tavanice II etaže	66	3.0	33.00	1
Monolitizacija tavanice III etaže	95	3.0	47.50	2
Tavanica III etaže	66	2.0	33.00	1
Tavanica IV etaže	95	3.0	47.50	2
Tavanica IV etaže	66	2.0	33.00	1
Monolitizacija tavanice IV etaže	118	3.0	35.50	3
Monolitizacija tavanice IV etaže	77	3.0	35.50	1
Monolitizacija tavanice IV etaže	109	3.0	32.50	2
Monolitizacija tavanice IV etaže	58	3.0	31.50	1
UKUPNO			388.50	24

Tabela 1. Broj elemenata svake etaže; Analiza vremena montaže prefabrikovanih elemenata

4. POLUMONTAŽNI PANELNI SISTEM "INOBAČKA" PRIMENJEN NA JEDNOM OBJEKTU

Polumontažni panelni sistem menja celokupni proces gradnje, od projektovanja zgrade, proizvodnje prefabrikovanih elemenata, njihov transport do gradilišta, kao i montažu dok se ne dobije gotov objekat.

Da bi to pokazali analiziran je stambeni objekat u ulici Anđe Ranković 11, spratnosti P + 4 + Pk.

4.1. Analiza vremena izrade pojedinačnih elemenata objekta u proizvodnom pogonu

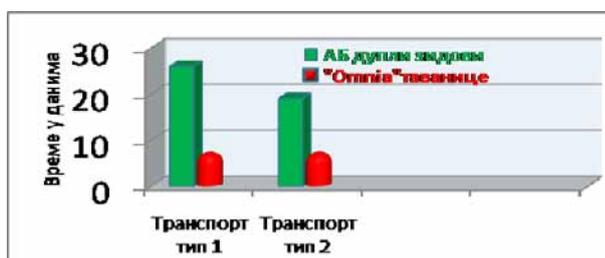
Analizom broja elemenata svake etaže dobije se ukupan broj elemenata potrebnih za izradu objekta (tabela 1). Koristeći analize poglavlja 3.1 i poglavlja 3.2 dobijamo analizu vremena izrade elemenata potrebnih za izradu objekta (slika 9).



Slika 9. Analiza vremena izrade pojedinačnih elemenata objekta

4.2. Analiza vremena transporta gotovih prefabrikovanih elemenata do gradilišta

Analizom broja elemenata svake etaže dobije se ukupan broj elemenata potrebnih za izradu objekta (tabela 1). Koristeći analize poglavlja 3.3 i poglavlja 3.4 dobijamo analizu vremena transporta elemenata potrebnih za izradu objekta (slika 10).



Slika 10. Analiza vremena transporta elemenata do gradilišta

4.3. Analiza vremena montaže i monolitizacije gotovih prefabrikovanih elemenata objekta

Analizom broja elemenata svake etaže dobije se ukupan broj elemenata potrebnih za izradu objekta (tabela 1). Koristeći analize poglavlja 3.5;3.6 i poglavlja 3.7;3.8 dobijamo analizu vremena montaže i monolitizacije elemenata potrebnih za izradu objekta (tabela 1.). Usporedna analiza vremena izrade stambenog objekta primenom polumontažnog panelnog sistema "Inobačka" prikazana je na slici 11.



Slika 11. Usporedna analiza vremena izrade stambenog objekta primenom polumontažnog panelnog sistema "Inobačka"

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu analizirana je i isplanirana izgradnja višespratne stambene zgrade, na lokaciji u Novom Sadu. Postavljeni cilj bio je analiza vremena polumontažnog panelnog sistema "Inobačka" – analiza vremena proizvodnje prefabrikovanih elemenata, analiza vremena njihovog transporta do gradilišta i analiza vremena montaže i monolitizacije elemenata.

Na osnovu postavljenih kriterijuma, a primenom metode analize, sinteze i metode optimizacije, zaključeno je da problemi vezani za izgradnju montažnih betonskih objekata nisu samo konstruktivne prirode, već i organizacione i ekonomske.

Za realizaciju objekta potrebno je 194 radnih dana (radni kalendar - 8h radno vreme sa radnom nedeljom od 6 dana) i obuhvata period od 04.02.2013 do 20.09.2013. godine.

6. LITERATURA

- [1] Milan Trivunić, Jasmina Dražić, "Montaža betonskih konstrukcija zgrada", *Beograd, 2009. godine*
- [2] Milisav Petrović, "Montažne AB konstrukcije", *Beograd, 1981. godine*
- [3] Miloš Jarić, Miodrag Nastanović, Svetozar Pejanović, "Domaći montažni sistemi stambene izgradnje", *Beograd, 1967. godine*

Kratka biografija:



Bojana Miličić rođena je u Sremskoj Mitrovici 1987. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstvo – Tehnologija i organizacija građenja, odbranila je 2013.god.

U realizaciji Zbornika radova Fakulteta tehničkih nauka u toku 2012. godine učestvovali su sledeći recenzenti:

Aco Antić	Đorđe Ćosić	Milan Rapajić	Slavica Mitrović
Aleksandar Erdeljan	Đorđe Lađinović	Milan Simeunović	Slavko Đurić
Aleksandar Ristić	Đorđe Obradović	Milan Trifković	Slobodan Dudić
Bato Kamberović	Đorđe Vukelić	Milan Trivunić	Slobodan Krnjetin
Biljana Njegovan	Đura Oros	Milan Vidaković	Slobodan Morača
Bogdan Kuzmanović	Đurđica Stojanović	Milena Krklješ	Sonja Ristić
Bojan Batinić	Emil Šećerov	Milica Kostreš	Srđan Kolaković
Bojan Lalić	Filip Kulić	Milica Miličić	Srđan Popov
Bojan Tepavčević	Goran Sladić	Milinko Vasić	Srđan Vukmirović
Bojana Beronja	Goran Švenda	Miloš Slankamenac	Staniša Dautović
Branislav Atlagić	Gordana	Miloš Živanov	Stevan Milisavljević
Branislav Nerandžić	Milosavljević	Milovan Lazarević	Stevan Stankovski
Branislav Veselinov	Gordana Ostojić	Miodrag Hadžistević	Strahil Gušavac
Branislava Kostić	Igor Budak	Miodrag Zuković	Svetlana Nikoličić
Branislava	Igor Dejanović	Mirjana Damjanović	Tanja Kočetov
Novaković	Igor Karlović	Mirjana Malešev	Tatjana Lončar
Branka Nakomčić	Ilija Kovačević	Mirjana Radeka	Turukalo
Branko Milosavljević	Ivan Beker	Mirjana Vojnović	Todor Bačkalić
Branko Škorić	Ivan Tričković	Miloradov	Toša Ninkov
Cvijan Krsmanović	Ivan Župunski	Mirko Borisov	Uroš Nedeljković
Damir Đaković	Ivana Katić	Miro Govedarica	Valentina Basarić
Danijela Lalić	Ivana Kovačić	Miroslav Hajduković	Velimir Čongradec
Darko Čapko	Jasmina Dražić	Miroslav Nimrihter	Velimir Todić
Darko Marčetić	Jelena Atanacković	Miroslav Plančak	Veljko Malbaša
Darko Reba	Jeličić	Miroslav Popović	Veran Vasić
Dejan Ubavin	Jelena Borocki	Mitar Jocanović	Veselin Avdalović
Dragan Ivanović	Jelena Kiurski	Mladen Kovačević	Veselin Perović
Dragan Ivetić	Jelena kovačević	Mladen Radišić	Vladan Radlovački
Dragan Jovanović	Jureša	Momčilo Kujačić	Vladimir Katić
Dragan Kukolj	Jelena Radonić	Nađa Kurtović	Vladimir Radenković
Dragan Mrkšić	Jovan Petrović	Nebojša Pjevalica	Vladimir Strezoski
Dragan Pejić	Jovan Tepić	Neda Pekarić Nađ	Vladimir Škiljajica
Dragan Šešlija	Jovan Vladić	Nemanja	Vlado Delić
Dragana Bajić	Jovanka Pantović	Stanisavljević	Vlastimir
Dragana	Karl Mičkei	Nenad Katić	Radonjanin
Konstantinović	Katarina Gerić	Nikola Brkljač	Vuk Bogdanović
Dragana Šarac	Ksenija Hiel	Nikola Đurić	Zdravko Tešić
Dragana Štrbac	Laslo Nađ	Nikola Jorgovanović	Zora Konjović
Dragi Radomirović	Leposava Grubić	Nikola Radaković	Zoran Anišić
Dragiša Vilotić	Nešić	Ninoslav Zuber	Zoran Brujic
Dragoljub Novaković	Livija Cvetičanin	Ognjen Lužanin	Zoran Jeličić
Dragoljub Šević	Ljiljana Vukajlov	Pavel Kovač	Zoran Mijatović
Dubravka Bojanić	Ljiljana Cvetković	Peđa Atanasković	Zoran Milojević
Dušan Dobromirov	Ljubica Duđak	Petar Malešev	Zoran Mitrović
Dušan Gvozdenc	Maja Turk Sekulić	Predrag Šiđanin	Zoran Papić
Dušan Kovačević	Maša Bukurov	Radivoje Rinulović	Željko Trpovski
Dušan Sakulski	Matija Stipić	Rado Maksimović	Željko Jakšić
Dušan Uzelac	Milan Kovačević	Radovan Štulić	
Duško Bekut	Milan Rackov	Rastislav Šostakov	

