



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА



ЗБОРНИК РАДОВА ФАКУЛТЕТА ТЕХНИЧКИХ НАУКА

Едиција: Техничке науке - зборници

Година: XXVI

Број: 3/2011

Нови Сад

Едиција: „Техничке науке – Зборници“
Година: XXVI Свеска: 3

Издавач: Факултет техничких наука Нови Сад

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

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

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

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

Техничка обрада: Графички центар ГРИД

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

Председник Савета: проф. др Радомир Фолић

CIP-Каталогизација у публикацији
Библиотека Матице српске, Нови Сад

378.9(497.113)(082)
62

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

Двомесечно

ISSN 0350-428X

COBISS.SR-ID 58627591

ПРЕДГОВОР

Поштовани читаоци,

Пред вама је трећа 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, сад већ дипломираних инжењера – мастера, који су дипломирали у периоду 16.03.2011. до 31.05.2011. год., а који се промовишу 09.07.2011. год. То су оригинални прилози студената са главним резултатима њихових дипломских радова. Неколико радова раније је објављено на конференцији ТЕЛФОР, Београд, ЕТРАН, Доњи Милановац, YU INFO, Копаоник, као и у часопису

ЕЛЕКТРОПРИВРЕДА. 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 три свеске.

У овој свесци, са редним бројем 3, објављени су радови из области машинства, електротехнике и рачунарства, грађевинарства и мехатронике.

У свесци са редним бројем 4. објављени су радови из области саобраћаја, графичког инжењерства и дизајна и архитектуре.

У свесци са редним бројем 5. објављени су радови из области инжењерског менаџмента, инжењерства заштите животне средине и геодезије и геоматике.

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

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

„Високо место у друштву најбољих“

Уредништво

Radovi iz oblasti: Mašinstvo

1. Bojan Sotošek, PAD PRITISKA KROZ POROZAN SLOJ SLAME	551
2. Ognjen Obrenović, SISTEMATIZACIJA, ANALIZA I PROJEKTOVANJE LINIJE ZA PROIZVODNJU KEKSA	555
3. Ilija Milosavljević, PUMPNA KANALIZACIONA STANICA	559
4. Milan Šibul, STRUKTURNA OPTIMIZACIJA PRIMENOM PROGRAMSKOG SISTEMA CATIA, NA PRIMERU DVOSTRANE KUKE	563
5. Miodrag Marković, MODELIRANJE PADA SEMENA JAVORA (SAMARE)	567
6. Bojan Samardžić, DISTRIBUTIVNA GASNA MREŽA ZA NASELJE SUSEK	571

Radovi iz oblasti: Elektrotehnika i računarstvo

1. Danka Obrenić, Vladimir Vujičić, MERENJE HARMONIKA U DISTRIBUTIVNOJ MREŽI METODOM MERENJA NA INTERVALU	574
2. Marko Tikvicki, KONTROLISANE I UPRAVLJANE INSTALACIJE ZGRADA	578
3. Aleksandar Stajić, SMERNICE ZA PRIMENU DISTANTNIH RELEJA	582
4. Esad Mumđžić, MERENJE PERFORMANSI SISTEMIMA ZA AUTOMATSKO ODOBRAVANJE POTROŠAČKIH KREDITA	586
5. Veljko Karadžić, TEHNIČKI PARAMETRI ZA PROCENU BEZBEDNOSTI DIJAGNOSTIČKIH ULTRAZVUČNIH APARATA U KLINIČKIM APLIKACIJAMA	590
6. Tanja Medan, ZAŠTITA OBJEKATA I ELEKTRIČNIH INSTALACIJA OD ATMOSFERSKIH PRAŽNJENJA	594
7. Miroslav Mrđan, Đorđe Obradović, Miloš Živanov, CCD SENZOR SLIKE SA PRIMENOM ZA DETEKCIJU PRIRODNE GAMA RADIOAKTIVNOSTI	598
8. Predrag Kovač, PROGRAMSKI PAKET ZA ANALIZU MREŽNOG SAOBRAĆAJA	602
9. Dušan Grbić, UPOTREBA ZUMIRANJA ČELIJE ZA UŠTEDU ENERGIJE U MOBILNIM MREŽAMA	606
10. Dušan Jovanović, MIKRORAČUNARSKI SISTEM ZA NADZOR STRUJA I NAPONA NA UDALJENOJ LOKACIJI PUTEM INTERNETA	609
11. Goran Gligorijević, LEJAUT DIFERENCIJALNOG POJAČAVAČA	613
12. Milorad Pavlov, Željko Trpovski, INTERNET KOMUNIKACIJA – P2P MREŽE I BITTORRENT PROTOKOL	617

13. Jovan Subašić,	
PRAKTIČAN PRIMER IMPLEMENTACIJE JEDNOG ALGORITMA ZA DETEKCIJU OTKAZA NA PRIMERU INDUSTRIJSKOG - PILOT POSTROJENJA	621
14. Горан Живковић, Владимир Катић,	
ПРИМЕНА ОБНОВЉИВИХ ИЗВОРА ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ ЗА ДОБИЈАЊЕ ВОДОНИКА	625
15. Željko Spasojević, Miloš Živanov, Miloš Slankamenac,	
REALIZACIJA HARDVERA I SOFTVERA ZA TRASER STATIČKIH I-U KARAKTERISTIKA	629
16. Aleksandar Crnobrnja, Milan Vidaković,	
IMPLEMENTACIJA CMS SISTEMA UPOTREBOM JSP I AJAX TEHNOLOGIJE	633
17. Stanislav Selena, Željen Trpovski,	
HDR - DIGITALNA OBRADA SLIKE SA PROŠIRENIM DINAMIČKIM OPSEGOM	637
18. Bojan Nikolić,	
RAZVOJ GPRS TEHNOLOGIJE	641
19. Vedran Perić, Andrija Sarić,	
PRIMENA STABILIZATORA ZA POPRAVKU STABILNOSTI ELEKTROENERGETSKOG SISTEMA PRI MALIM POREMEĆAJIMA, časopis Elektroprivreda, god. 63, br. 3.	645
20. Bojan Stante,	
OSNOVNI POSTUPCI U PROJEKTOVANJA LAN MREŽE	657
21. Miloš Bošković, Milan Ivković, Rastislav Struharik,	
DIZAJN INTERPOLACIONOG MODULA NA FPGA	661
22. Igor Vukosavljević,	
DETEKCIJA SLOMLJENE ŠIPKE I EKSCENTRICITETA KOD ELEKTIČNIH MAŠINA	665
23. Oliver Šipoš,	
PRIMENA MAJKROSOFTOVIH SMERNICA ZA RAZVOJ MULTIMEDIJALNIH APLIKACIJA	669
24. Petar Milošević,	
JEDNO REŠENJE CORBA ADAPTERA ZA RAZMENU DINAMIČKIH PODATAKA IZMEĐU SISTEMA DMS I SCADA U ZAŠTIĆENOM OKRUŽENJU	673
25. Ivona Martinov,	
SPEKTAR OSETLJIVOSTI – NOVI PARAMETAR PROCENE BAROREFLEKSA	677
26. Ljiljana Klisarić,	
EEG, EKOg I ANALIZA DUŽINA SEKVENCI ISTORODNIH ISI SIMBOLA	681
27. Đorđe Pešut, Jelena Kovačević,	
JEDNA REALIZACIJA VIŠEKANALNOG AUDIO KODERA U OKVIRU KORISNIČKOG PRIJEMNIKA ZA DIGITALNU TELEVIZIJU, Konferencija YU INFO, Kopaonik, 2011.	685
28. Goran Čordašić, Jelena Kovačević,	
JEDNA REALIZACIJA PSIHOAKUSTIČKOG MODELA AUDIO KODERA NA NAMENSKOJ DSP ARHITEKTURI, Konferencija YU INFO, Kopaonik, 2011.	689
29. Sanja Parenta,	
ALGORITAM ZA ODREĐIVANJE MINIMALNOG SKUPA OBJEKATA ZA GRAFIČKO PREDSTAVLJANJE DISTRIBUTIVNE ELEKTROENERGETSKE MREŽE	692
30. Tomislav Maruna, Stanko Novaković, Svetozar Miučin, Milan Savić, Nikola Kuzmanović, Goran Rađenović,	
JEDAN PRISTUP PRILAGOĐENJU ANDROID OPERATIVNOG SISTEMA DIGITALNOM TV PRIJEMNIKU, Konferencija TELFOR, Beograd, 2009.	696
31. Arijana Bratić,	
DETEKTORI KVARA – VRSTE I PRIMENA	698
32. Vladimir Živkov, Vukota Peković, Nemanja Lukić, Miodrag Temerinac,	
IMPLEMENTACIJA PROGRAMSKE PODRŠKE ZA PRENOS REZULTATA OBRADJE VIDEO PODATAKA U REALNOM VREMENU KORISTEĆI SNMP PROTOKOL, Konferencija ETRAN, Donji Milanovac, 2010.	702
33. Bojan Majstorović, Ištvan Pap,	
JEDNO REŠENJE PROGRAMSKOG OKRUŽENJA ZA EFIKASAN PRENOS PROGRAM-SKE PODRŠKE NAMENSKIH UREĐAJA SA GRAFIČKOM SPREGOM NA IPHONE	706

34. Vladimir Mičić,	
PULSNI OKSIMETAR ZASNOVAN NA MIKROKONTROLERU AT89S8253 IZ KLASSE 8051	710
35. Dario Bandić, Milan Vidaković,	
IMPLEMENTACIJA SISTEMA ZA PRIJAVU RADNIKA NA POSAO PRIMENOM JAVA SMART CARD TEHNOLOGIJE	714
36. Jurica Grubić,	
PRIMER RADNOG OKVIRA ZA AUTOMATIZACIJU PROCESA RAZVOJA KLIJENTSKE STRANE POSLOVNIH APLIKACIJA	718
37. Bojan Dakić,	
HARDVERSKA REALIZACIJA UREĐAJA ZA NEINVAZIVNO MERENJE KRVNOG PRITISKA OSCILOMETRIJSKOM METODOM	722

Radovi iz oblasti: Građevinarstvo

1. Miroslav Ivanović, Mirjana Malešev,	
PROJEKAT IZVEDENOG STANJA STAMBENO-POSLOVNE ZGRADE NA UGLU ULICA NARODNOG FRONTA I BALZAKOVE U NOVOM SADU	726
2. Zoran Maletić,	
PROCES MONTAŽE HALE I POVEZIVANJE MS-PROJECT-a I 3D VIZUELIZACIJE	730
3. Milan Milovanović,	
PROJEKAT KONSTRUKCIJE VIŠESRATNE ARMIRANOBETONSKE STAMBENE ZGRADE U NOVOM SADU	734
4. Danijel Nježić,	
PUSHOVER ANALIZA ARMIRANOBETONSKOG RAMA	738
5. Nataša Matijević,	
IZBOR OPTIMALNOG NAČINA IZRADE MONTAŽNE KONSTRUKCIJE MOSTA PREKO VODOTOKA JEGRIČKA	742
6. Svetlana Dostanić, Mirjana Malešev,	
PROJEKAT BETONA ZA OSNOVNU ŠKOLU "JAŠA TOMIĆ" U VETERNIKU PORED NOVOG SADA	746
7. Vladimir Zečević,	
PROJEKAT VIŠESPRATNE STAMBENO – POSLOVNE ZGRADE I ANALIZA GRANIČNOG STANJA UPOTREBLJIVOSTI GREDA	750
8. Rada Nikolić,	
PROJEKAT FUNDIRANJA HOTELA HOLIDAY INN U NOVOM SADU	754
9. Aleksandra Milijić, Vlastimir Radonjanin,	
PROCENA STANJA I SANACIJA KONSTRUKCIJE OSNOVNE ŠKOLE "VUK KARADŽIĆ" U HALOVU	758
10. Aleksandar Drakulić, Vlastimir Radonjanin,	
PROJEKAT SANACIJE I REKONSTRUKCIJE SKLADIŠTA SIROVINA „HIP – AZOTARA“ PANČEVO	762
11. Toni Fužinato,	
PROJEKTOVANJE VIŠESPRATNE ARMIRANOBETONSKE POSLOVNE ZGRADE PREMA EUROKODU, SA ANALIZOM ZIDOVA ZA UKRUĆENJE	766
12. Marijan Dizdar,	
VARIJANTNA REŠENJA PLANA IZGRADNJE DVA TURISTIČKO-UGOSTITELJSKA OBJEKTA ...	770
13. Slobodan Kolaković,	
NAVODNJAVANJE ZALIVNIH POLJA BASSARA	774
14. Игор Радовић, Душко Ђурић,	
ХИДРАУЛИЧКА АНАЛИЗА КОНЦЕПТА ПОБОЉШАЊА РЕШЕЊА ВОДОСНАБДЕВАЊА НАСЕЉА ВЕТЕРНИК И ФУТОГ	778

Radovi iz oblasti: Mehatronika

1. Dušan Zjačić,	
PREDLOG MANIPULATORA ZA FARBANJE NAMEŠTAJA	782
2. Saša Sikimić,	
SISTEM ZA KONTROLU PRISTUPA PARKING PROSTORU	786
3. Vladan Nikolić,	
ANALIZA HIDRAULIČNOG UDARA NA RADNOM TOČKU BAGERA ZA KOPANJE UGLJA	
O&K SH630	790
4. Predrag Kapamadžin, Ilija Ćosić,	
REVITALIZACIJA PROCESA RADA FIRME MK PETROVARADIN PRIMENOM LEAN	
KONCEPTA	794

PAD PRITISKA KROZ POROZAN SLOJ SLAME **PRESSURE DROP THROUGH POROUS STRAW**

Bojan Sotošek, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – MAŠINSTVO

Kratak sadržaj – Prvenstveni cilj diplomskog rada jeste analiza pada pritiska kroz poroznu slamu na izgrađenom postrojenju, a sve u cilju prikupljanja eksperimentalnih podataka na osnovu kojih bi se bazirala dalja istraživanja procesa sagorevanja.

Abstract – The primary objective of thesis is to examine the pressure drop through the porous straw at the constructed facility, with the overall aim being the collection of experimental data, which would be based upon further research on the process of combustion.

Ključne reči: Poroznost, permeabilnost, pad pritiska.

Keywords: Porous, permeability, pressure drop.

1. UVOD

Opitno postrojenje poluidustrijskog tipa sa jedne strane daje priliku primenjenog istraživanja zakonitosti procesa, a sa druge strane dozvoljava primenu raznih postupaka poboljšanja konstrukcije (razvojno istraživanje). Poluindustrijsko postrojenje pruža više mogućnosti za konkretniji tretman realnih procesa od laboratorijskog uređaja. Pri ispitivanjima na takvim postrojenjima može se saznati niz podataka o budućem rešenju realnog industrijskog objekta. Eksperimenti na opitnom postrojenju istovremeno mogu poslužiti što celovitijem sagledavanju problema sagorevanja realnih goriva poljoprivrednog porekla u vertikalnom sloju. Ova ispitivanja bi time pružila konkretne pokazatelje i smernice za projektovanje, izgradnju i korišćenje ložišta, što je u aktuelnom privrednom trenutku važnije od doprinosa teoriji sagorevanja. Za proveru osnovnog modela procesa dovoljno je izvršiti temeljna ispitivanja na jednom gorivu sa različitim brzinama produvanja.

1. TOK FLUIDA KROZ POROZNU SREDINU

Poroznost predstavlja udeo poroznog prostora u jedinici zapremine porozne sredine, a propusnost je mera kojom se sredina opire strujanju fluida. Kada porozni prostor ispunjava samo jedan fluid za karakterizaciju makroskopskih svojstava porozne sredine dovoljne su nam dve veličine: poroznost i propusnost.

NAPOMENA:

Ovaj rad poistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Ivan Pešenjanski, red. prof.

2.1 Poroznost

Poroznost se definiše [2] kao zapremina pora podeljena sa ukupnom zapreminom porozne sredine.

$$\varepsilon = \frac{V_p}{V_t} = \frac{V_p}{V_p + V_s} \quad (1)$$

gde je V_p zapremina pora, V_s zapremina čvrstog dela porozne sredine, a $V_t = V_p + V_s$ ukupna zapremina. U formuli su uračunate sve pore, čak i one koje nisu povezane i ne učestvuju u strujanju fluida. Poroznost se određuje eksperimentalno i ima vrednosti između 0 i 1.

2.2 Propusnost. Darsijev zakon

Osnovni konstitutivan zakon na makroskopskoj skali daje vezu između gradijenta pritiska i brzine fluida. Eksperimentalno ga je utvrdio francuski inženjer Henry Darcy, 1856. godine, te je zakon po njemu dobio ime. Da bismo ga izrazili trebamo precizirati definiciju brzine fluida u poroznoj sredini. Prividna makroskopska brzina fluida (ili Darsijeva brzina) definiše se kao: zapremina fluida koji u jedinici vremena protekne kroz površinu dS , uspravno na jedinični vektor n .

Veza između Darsijeve brzine i pritiska fluida data je tkz. Darsijevim zakonom [2].

$$q = -\frac{1}{\mu} K (\nabla p - \rho g) \quad (2)$$

gde su:

μ - dinamička viskoznost fluida. Može zavisiti od pritiska i temperature fluida.

K - propusnost porozne sredine

p - pritisak fluida

ρ - gustina fluida. Može zavisiti od pritiska i temperature

g - vektor ubrzanja sile teže

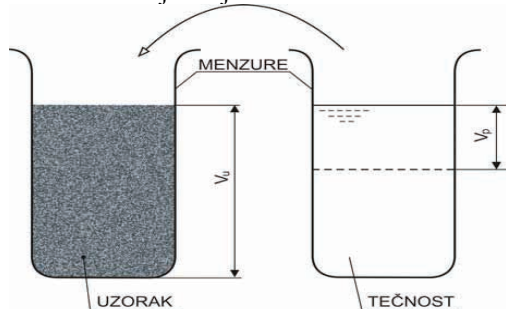
Darsijev zakon jednostavno iskazuje linearnu zavisnost brzine fluida i gradijenta pritiska.

3. METODOLOGIJA ODREĐIVANJA POROZNOSTI

Poroznost je skalarna veličina, i promenljiva je unutar sloja materijala. Jedan od metoda određivanja poroznosti je metod nalivanja tečnosti [3]. To je direktna metoda jer se pomoću nje direktno određuju zapremina prostora između čestica (zapremina pora) i ukupna zapremina poroznog medija, uključujući i zapreminu pora. Od drugih metoda izdvaja se piknometarska metoda, zasnovana na principu poznavanja izotermnih promena stanja vazduha (promena stanja vazduha pri konstantnoj temperaturi).

3.1 Metod nalivanja tečnosti

Zapremina vazdušnog prostora unutar sloja poroznog medija se može odrediti određivanjem zapremine nalivenog nestišljivog fluida [3] u vazdušni prostor između čestica. Nestišljiv fluid mora imati takve osobine površinskog napona koje omogućavaju dobro istiskivanje vazduha, ali da istovremeno ne dolazi do brzog i bitnog prodiranja u pore poroznog medija. Manje viskozna ulja su pogodna za ovakvu metodu. U laboratorijama se obično koristi rafinisano biljno ulje.



Slika 1. Metod određivanja poroznosti nalivanjem tečnosti

Za merenje su potrebne dve posude i pogodna tečnost slika 1. Materijal se postavlja u posudu 1 do poznate zapremine. Tečnost za merenje je nasuta u posudu 2 do tačno poznate zapremine. Potom se tečnost iz posude 2 brzo naliva u posudu 1, i pri tome se posuda 1 lagano protresa kako bi se istisnuo sav vazduh. Tečnost se nalije do početne zapremine uzorka – V_p . Nakon toga se očitava ukupna zapremina tečnosti koja je nalivena u posudu 1. To je zapremina koja nedostaje u posudi 2. Tada se može izračunati poroznost po jednačini (1). Treba imati u vidu da je poroznost uz granice posude veća nego u sredini te se ovakvim merenjem pravi izvesna greška. Ta greška je manja ako je zapremina posude veća. Korišćenjem cilindričnih posuda pravi se manja greška nego kada se koristi prizmatična posuda.

3.2 Piknometarski metod

Najčešći primenjivani piknometarski metod određivanja poroznosti je zasnovan na poznavanju promene stanja idealnog gasa [3]. S obzirom na činjenicu da se vazduh, praktično, može smatrati idealnim gasom, on se i koristi u takvom merenju zapremine međučestičnog prostora.

Postoji veliki broj raznih izvedbi piknometara. Na slici 2 prikazan je jedan od najjednostavnijih, kako bi se shvatila metoda (Day, 1964). I ostali vazdušni piknometri su zasnovani na izotermkim promenama stanja vazduha, koji se može smatrati idealnim gasom.

Uzorak se postavi u posudu 2. Vazduh pod pritiskom dovodi se sa leve strane, pri čemu je slavina 1 otvorena a slavina 2 zatvorena. Zatvori se slavina 1 i sačeka se da se temperatura sabijenog vazduha izjednači sa okolinom, nakon čega se očitava pritisak na manometru p_1 . Treba uočiti da je posmatrana masa (količina) vazduha M zauzela zapreminu posude 1 – V_1 . Zapremine posude 1 i posude 2 su jednake. Sledeća etapa merenja je otvaranje slavine 2 pri čemu su slavine 1 i 3 zatvorene. Posmatrana masa vazduha zauzima prostor zapremine V_1 i prostor između

čestica u posudi 2 – V_2 . Treba uočiti da se merenjem u ovom piknometru pravi greška pošto se zanemaruje zapremina cevni vodova (koja je relativno mala u odnosu na posude). Greška nastaje i zbog zaostalog vazduha u prostoru između čestica pre otvaranja slavine 2. Ako se želi tačnije merenje ova sistematska greška se može eliminisati korekcionim računom. Nakon izvesnog vremena, kada se temperatura vazduha u piknometru izjednači sa okolinom (zbog ekspanzije prigušivanjem je došlo do sniženja temperature vazduha), očitava se pritisak na manometru p_2 . Nakon očitavanja ovog pritiska otvara se slavina 3 i vazduh se ispušta u atmosferu.

Ukupna masa vazduha (M) u eksperimentu je jednaka masi vazduha u posudi 1 pre otvaranja slavine 2. Nakon otvaranja slavine 2 ukupna masa vazduha se nalazi u posudi 1 (M_1) i u prostoru između čestica u posudi 2 (M_2).

Sledi:

$$M = M_1 + M_2 \quad (3)$$

Jednačina stanja idealnog gasa glasi:

$$pV = MRT \quad (4)$$

gde su: R – gasna konstanta

T – apsolutna temperatura vazduha

Iz jednačine (4) sledi:

$$M = pV/RT \quad (5)$$

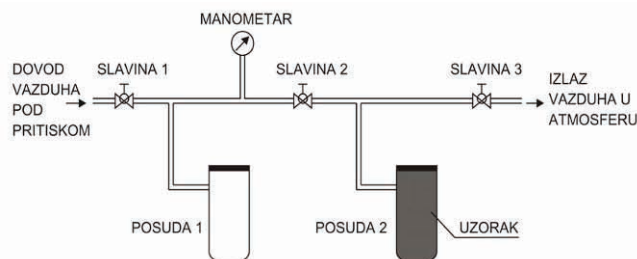
Uvođenjem jednačine stanja idealnog gasa (5) u izraz (3) dobija se:

$$\frac{p_1 V_1}{RT} = \frac{p_2 V_1}{RT} + \frac{p_2 V_2}{RT} \quad (6)$$

Pošto je u pitanju izotermna promena stanja vazduha $T = \text{const.}$ I eksplicitnog izražavanja odnosa V_2/V_1 koji predstavlja poroznost ϵ , dobija se:

$$\epsilon = \frac{V_2}{V_1} = \frac{p_1 - p_2}{p_2} \quad (7)$$

Na osnovu očitanih vrednosti pritiska p_1 i p_2 izračunava se poroznost. Piknometarski metod je pogodan za higroskopne materijale kao što su stabiljke i lišće biljaka.

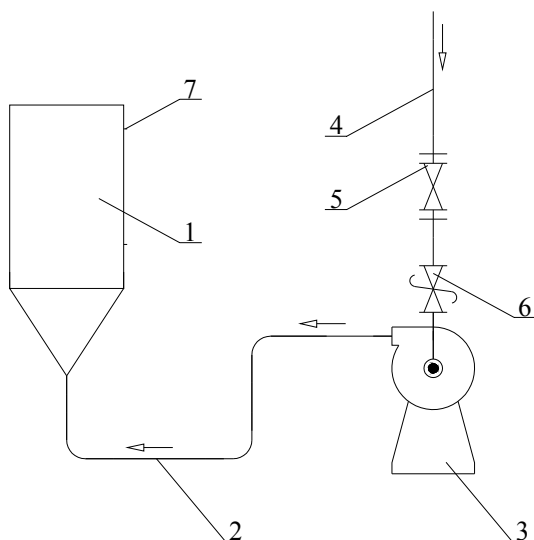


Slika 2. Piknometar po Day-u

4. EKSPERIMENTALNA METODA ZA ISTRAŽIVANJE OTPORA STRUJANJU I OPIS POSTROJENJA

4.1 Opis postrojenja

Šema postrojenja na kojoj se predviđaju eksperimentalna istraživanja prikazana je na slici 3.



Slika 3. Shema postrojenja

Postrojenje prikazano na slici 3 se sastoji iz radnog dela postrojenja (1) i sistema za dopremu vazduha. Sistem za dopremu vazduha čine glavni cevovod (2), koga čine plastične cevi i kolena koja povezuju radni deo postrojenja sa ventilatorom (3). Na centrifugalni ventilator je priključena usisna cev (4) na kojoj se nalazi merna blenda (5) i pomoću nje se meri zapreminski protok vazduha. Na usisnoj cevi se nalazi i leptir prigušnica (6) pomoću koje se može regulisati protok fluida. U radnom delu postrojenja nalazi se navojno vreteno sa dva obruča na kojima su pričvršćena sita – okca 4x4 mm sa ojačanjem. Na nosećem delu sa donje strane stavljen je sito – okca 1x1 mm koje služi za razbijanje struje vazduha. Gornje sito je pokretno i pomoću zatezača slama se svodi na potrebnu zapreminu tako da se postigne željena poroznost. Na radnom delu postrojenja se nalaze dva izvoda za merenje pada pritiska kroz porozni sloj slame (7). Celokupna unutrašnja konstrukcija se može vaditi, radi lakšeg čišćenja slame.

Jedan od najvažnijih parametara procesa je protok vazduha. Sklop za dovod vazduha čine:

- centrifugalni ventilator
- glavni cevovod
- usisna cev sa mernom blendom
- leptir prigušnica

Tehničke karakteristike ventilatora su:

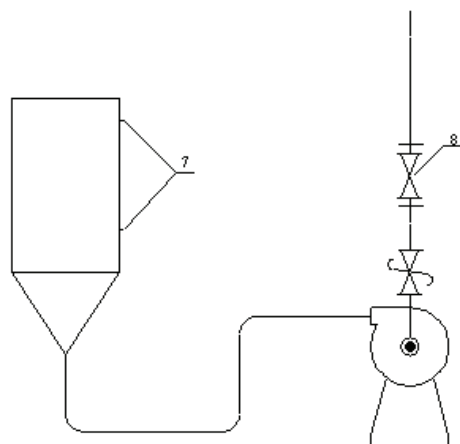
- Proizvođač: Termoelektro, Beograd
- Tip: 2V40-K7
- Protok: 400 m³/h
- Statički napor: 250 kp/m² (pri 30°C)

Proučavanje zakonitosti strujanja vazduha kroz sloj goriva [1] ima veliki značaj za ložišnu tehniku. Sagorevanje goriva u sloju u velikoj meri se određuje zakonitostima aerodinamičkog dejstva između vazduha i sloja goriva. Oblik i veličina čestica goriva u sloju i njihova hrapavost su toliko različiti, da se za istu debljinu sloja mogu veoma razlikovati gubici pritiska pri prođuvavanju sloja istom brzinom. Struja vazduha koja nastrujava na sloj razbija se na veliki broj sitnih strujnica, koje se kreću po veoma

složenim putanjama i prostorima između čestica. Prostori između čestica su različitog oblika i promenljivog preseka, višestruko međusobno spojeni. Osnovni faktor koji određuje aerodinamički otpor sloja su geometrijske karakteristike sloja: njegova poroznost, veličina čestica goriva, njihov oblik i uzajamni razmeštaj.

4.2 Merna mesta i instrumenti

Merna mesta su postavljena na postrojenju prema šemi na slici 4.



Slika 4. Shema mernih mesta na postrojenju

Opis mernih mesta sa specifikacijom instrumenata dat je tabelarno u tabeli 1.

Tabela 1. Opis mernih mesta sa specifikacijom instrumenata

A. Stanje okoline

1	Temperatura spoljnog vazduha	t_0	°C	Stakleni manometar sa živom	0-50/1
2	Barometarsko stanje	p_0	mbar	Aneroidni barometar	970-1060/5

B. Karakteristike balirane slame

3	Masa bale	m_{bale}	kg	Vaga sa kružnom skalom	0-100/0,1
4	Relativna vlažnost bale slame	φ_{bale}	%	Sušara	/
5	Gustina balirane slame	ρ_{bale}	kg/m ³	/	/
6	Poroznost slame	ε	/	/	/
7	Pad pritiska po visini sloja slame	Δp	mmVS	Diferencijalni manometar sa vodom	0-80/1

C. Merna prigušnica i "U" cev

8	Pad pritiska na mernoj blendi	Δp_b	mmVS	Diferencijalni manometar sa vodom	0-80/1
9	Zapreminski protok vazduha	$\dot{V}$	m ³ /s	/	/

5. ZAKLJUČAK

Prvenstveni cilj izgrađenog postrojenja je ispitivanje pada pritiska kroz porozan sloj slame, pri različitim brzinama prodivavanja sloja i promeni debljine sloja, a sve u cilju prikupljanja što kvalitetnijih eksperimentalnih podataka, na osnovu kojih bi se bazirala dalja istraživanja procesa neposrednog sagorevanja u industrijskim postrojenjima. Nedostatak kod izgrađenog postrojenja je nemogućnost određivanja poroznosti slame, već je za to potrebno izvršiti odvojen eksperiment.

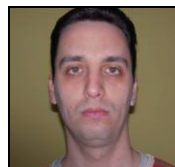
Za potrebe izučavanja termofizičkih karakteristika goriva koje su od posebnog značaja za sveobuhvatnije sagledavanje i projektovanje procesa sagorevanja i ložišnog uređaja u celini, u ovom radu je urađen koncept postrojenja za eksperimentalno određivanje koeficijenata permeabilnosti [4].

U model je uključen i uticaj vlažnosti biomase na permeabilnost, kao i funkcionalna zavisnost vlažnosti i poroznosti. Određivanje parametara permeabilnosti, kao i njihove zavisnosti od uticajnih faktora (poroznost i vlažnost), polazne su osnove za buduća istraživanja kinetike procesa sagorevanja u realnim uslovima, što je veoma značajno pri definisanju geometrijskih karakteristika ložišta.

LITERATURA

- [1] Perunović, P., Pešenjanski, I., Timotić, U.: Istraživanje procesa sagorevanja poljoprivrednih otpadaka u vertikalnom sloju, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 1985.
- [2] <http://web.math.hr>, Tok fluida kroz poroznu sredinu, 2010.
- [3] <http://polj.uns.ac.rs>, Fizičke osobine poljoprivrednih materijala (autorizovana predavanja), 2010.
- [4] Erić, A., Dakić, D., Nemoda, S., Komatina, M., Đurović, D., Stojanović, A.: Eksperimentalno određivanje permeabilnosti baliranog sojinog ostatka, Simpozijum termičara Srbije, Sokobanja, Oktobar 2009.

Kratka biografija:



Bojan Sotošek rođen je u Novom Sadu 1981. god. Diplomski – master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mašinstva – Energetika i procesna tehnika odbranio je 2011. god.

SISTEMATIZACIJA, ANALIZA I PROJEKTOVANJE LINIJE ZA PROIZVODNJU KEKSA**SYSTEMATIZATION, ANALYSIS AND DESIGN OF THE LINE FOR MANUFACTURING BISCUITS**

Ognjen Obrenović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast –MAŠINSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu je predstavljena tehnologija i način rada linije za proizvodnju vafl keksa u fabrici „JAFFA“ AD Crvenka. Izvršena je detaljna analiza, sistematizacija i proračun transportera sa okruglim kaiševima. Izvršeno je računarsko modelovanje postojećeg transportera, na osnovu kojeg je izvršeno generisanje tehničke dokumentacije.

Abstract – This paper presents the technology and metod of the production waffle biscuit in factory "JAFFA" AD Crvenka. It gives a detailed alalysis, systematization and calculation of the conveyor with round belts. Computational modeling of the conveyor with round belts was done by the existing solutions, on the basis of which is generated the technical documentation.

Ključne reči: Vafl keks, mašina za rezanje vafla, transporter sa okruglim kaiševima, modelovanje.

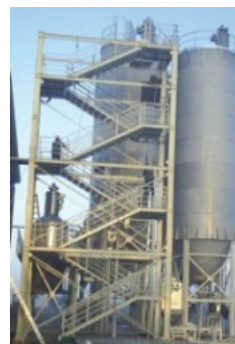
1. UVOD

U savremenoj trgovini jedno od najistaknutijih mesta zauzimaju lepo pakovani, atraktivni i skupi proizvodi grupisani pod zajedničkim imenom konditorski proizvodi. Naziv konditorski proizvodi dolazi od latinske reči condire “*kondire*” - začiniti ili zasladiti. Slatkoća se smatra obeležjem konditorskih proizvoda, zato se oni i nazivaju industrijskim slatkišima.

2. PRIJEM SIROVINA ZA PROIZVODNJU

Prijem sirovina (brašna i šećera) se vrši u prednjem delu proizvodne hale gde se nalaze bunker i za prijem (sl. 2.1). Sirovine se iz kamiona cisterni transportuju do prijemnih silosa. Postoje tri silosa za brašno i jedan silos za šećer. Preko pužnih izuzimača (sl. 2.2) materijal se uzima iz prijemnih silosa. Zatim materijal prolazi kroz magnetni odvajač i ulazi u mini bunker koji se nalaze ispod prijemnih bunkera. Preko sonde se određuje nivo brašna u mini bunkeru. Iz mini bunkera se pomoću rotacionog izuzimača dozira, a transport brašna do potrošača se obezbeđuje komprimovanim vazduhom pritiska do 1 bar. Iz silosa za šećer zapremine 50 t, pomoću pužnog transportera i preko pneumatskog transporta kristal šećer se transportuje direktno do potrošača. Kad se koristi mleveni šećer (šećer u prahu) posle izuzimača je

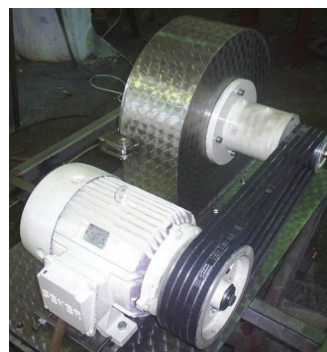
postavljen mlin za šećer (sl. 2.3). Po završetku mlevenja šećer u prahu se ejektorom i pneumatskim transportom transportuje do potrošača.



Slika 2.1 Silos za prijem brašna



Slika 2.2 Pužni izuzimači



Slika 2.3 Mlin za šećer

Tehničke karakteristike mlina za šećer:

- Kapacitet: $Q = 500$ kg/h
- Snaga: $P = 7,6$ kW
- Broj obrtaja: $n = 3870$ o/min

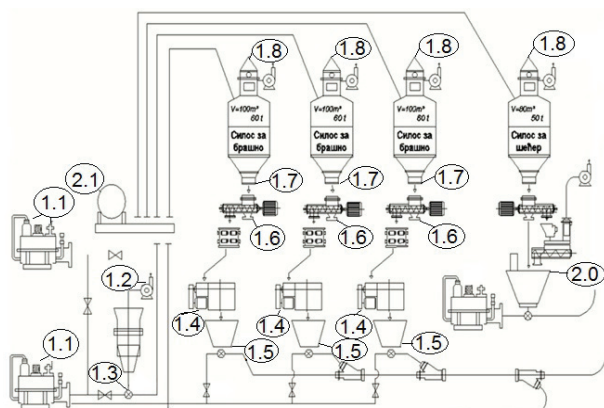
3. TEHNOLOŠKA ŠEMA POSTROJENJA ZA PRIJEM SIROVINA

Ova tehnološka celina predstavlja ulaz sirovina u fabriku i igra veoma važnu ulogu u celoj proizvodnji. Transport sirovina od prijemnih bunkera do dnevnih bunkera, i od

NAPOMENA:

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

dnevnih bunkera do potrošača obavlja se pneumatskim transportom.



Slika 3.1 Tehnološka šema prijema sirovina

Tehnološka šema postrojenja za prijem sirovina sadrži sledeće glavne pozicije:

1. Niskopritisni kompresor (poz. 1.1)
2. Ventilator filtera (poz. 1.2)
3. Zaustava (poz. 1.3)
4. Kontrolno sito (poz. 1.4)
5. Rotacioni dozator (poz. 1.5)
6. Cevni izuzimač (poz. 1.6)
7. Vibro izuzimač (poz. 1.7)
8. Ventilator (poz. 1.8)
9. Mlin za šećer (poz. 2.0)
10. Autocisterna (poz. 2.1)

Na ovoj šemi (sl. 3.1) je predstavljen deo postrojenja u kojem se nalaze prijemni silosi. U njih se direktno iz autocisterni prebacuju sirovine. Za potrebe dnevne potrošnje fabrike postoje i dnevni silosi koji se nalaze u istom delu postrojenja.

3.1. Priprema testa vafila

Iz prijemnih bunkera brašno se pneumatski transportuje do miksera (sl. 3.2). Ostale sirovine se dodaju ručno. Svi prijemni bunkeri iznad miksera su postavljeni na mernim čelijama, preko kojih se obezbeđuje tačno doziranje sirovine za svaku šaržu (zames) u mikser. Ispuštanje sirovine u mikser vrši se pomoću rotacionih izuzimača (dozatora) i pneumatskim leptir ventilima.

Transport testa od miksera do prijemnog rezervoara (tanka), zapremine 300 l, vrši se krilnom „lobe“ pumpom. Od prijemnog rezervoara do dozatora na peći testo se transportuje cevovodom, takođe krilnom pumpom.



Slika 3.2 Mikser za testo

U mikser se dodaju i ostale sirovine. Za slučaj pripreme testa za vafel u mikser se dodaju još i voda, škrob, so, natrijum-hidrokarbonat, sojin lecitin, biljna mast za vafel

krem. Miksiranje se vrši određen broj minuta, posle toga se dobijena smesa transportuje u prihvatni tank preko vibracionog sita.

Iz prihvatnog tanka testo se transportuje pneumatskim putem do uređaja za doziranje, odakle se vrši deponovanje u kalupe, a nakon deponovanja sledi i pečenje vafel listova. Po završetku pečenja koje traje između 10-30 minuta vrši se kontrola kvaliteta vafel listova.

3.2. Oprema u sastavu linije za proizvodnju vafila

Linija za proizvodnju vafila sastoji se od sledećih elemenata:

- Mikser za pripremu belog krema (zapremina 190l) – CAB 190-MZ-M
 - Rezervoar za beli krem (zapremina 500 l) – CT 500W
 - Mikser za pripremu tamnog krema (zapremina 190 l) - CAB 190-MZ-M
 - Rezervoar za tamni krem (zapremina 500l) – CT 500W
- Mikser za pripremu testa (zapremina 180l) – ATM 180
 - Rezervoar za testo (zapremina 180 l)
- Peć za pečenje vafel listova – SWAKT 80G
- Lučni hladnjak za prirodno hlađenje ispečenih vafel listova – TBK 2.0
- Mašina za kondicioniranje vafel listova – KTU 682
 - Mašina za pripremu vlažnog vazduha – KS 3000
- Mašina za premazivanje listova kremom (beli i tamni krem) – FSTM 2
- Mašina za posipanje (lešnikom, kikirikijem,...) – NSM
- Mašina za rasprskivanje glazure – CSE
 - Rezervoar za glazuru
- Spiralni hladnjak – SPK 80
- Mašina za rezanje vafel blokova (ploča) – VADWM 5
- Mlin za mlevenje izrežanih ostataka – ZMK
 - Transporter (elevatorski) za transport izrežanih ostataka do mlina

4. MAŠINA ZA REZANJE VAFEL BLOKOVA (PLOČA)–VADWM 5

Kao što je i ranije bilo rečeno predmet proučavanja ovog rada biće mašina za rezanje vafel blokova koja se nalazi u sastavu linije za proizvodnju vafila. U ovom delu detaljno će se opisati način rada, delovi i model dva transportera koji se nalaze u sastavu ove mašine. Na sledećoj slici biće dati izgled mašine i njeni osnovni delovi (sl. 4.1).



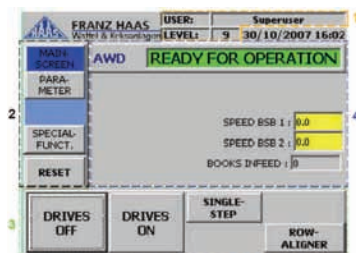
Slika 4.1 Mašina za rezanje vafila

Osnovna operacija na mašini je rezanje vafel ploče koja ima dimenzije 350x500 mm pomoću rama za rezanje na kocke dimenzija 4x4 mm ili dimenzija 4x6 mm. Dimenzija završnog proizvoda zavisi od fabrike, tj od

vrste odabranog proizvoda. Ona se reguliše promenom rama za sečenje ili promenom razmaka noževa u ramu. Na mašini se izvode dve osnovne operacije. Prva operacija je sečenje ploče po X-osi, a druga operacija je sečenje ploče po Y-osi. Postoje dva pogonska motora za svaku operaciju sečenja.

4.1. Upravljanje mašinom i njenim funkcijama

Upravljanje sa radom mašine je centralizovano, preko kontrolnog monitora (TOUCH SCREEN-a) koji je postavljen na samoj mašini. Kontrolni monitor je sa grafičkom podlogom i dodirivanjem polja na monitoru biraju se odgovarajuće funkcije (sl. 4.2).

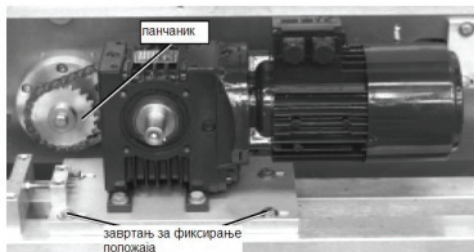


Slika 4.2 Kontrolni monitor (TOUCH SCREEN)

U polju koje je žuto uokvireno (1) unosi se korisničko ime na početku operacije. Polje pod brojem (2) služi za selekciju željenog ekrana. Pritiskom na određeno polje ono će postati plavo. Pod brojem (3) nalaze se osnovne funkcije, selektovano polje postaje zeleno. Polje broj (4) služi za unos podataka za operacije.

Brzina sečenja može da se reguliše promenom broja zubaca lančanika, tj. zamenom lančanika (sl. 4.3), i to:

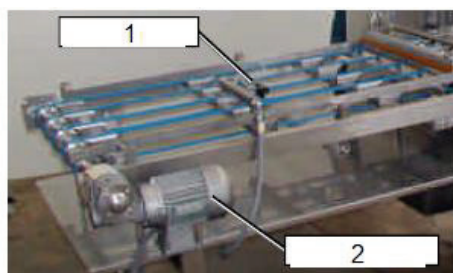
- lančanik sa 24 zuba → do 10 sečenja u minutu
- lančanik sa 35 zuba → do 14 sečenja u minutu



Slika 4.3 Pogon mašine za rezanje vafl ploča

4.2. Transporter na ulazu u mašinu za sečenje

Ohlađene ploče vafla dolaze iz spiralnog hladnjaka preko transportera sa okruglim kaiševima do mašine za sečenje. Na ulaznom transporteru (sl. 4.4) nalazi se graničnik za ploče (služi za zaustavljanje ploča), koji se kontroliše pomoću svetlosnih senzora.



Slika 4.4 Ulazni transporter

Transporter dobija pogon preko motor-reduktora. Na pogonskoj osovini nalaze se remenice koje pokreću kaiševe.

Tehničke karakteristike motor-reduktora su:

- Proizvođač: „SEW-EURODRIVE“
- Tip: WA20 DT63L2
- Snaga: 0,37 kW
- Izlazni broj obrtaja (motor-reduktor): 2650/185 min⁻¹ 3250/227 min⁻¹
- Prenosni odnos: 14,33
- Zaštita: IP 55

5. PRORAČUN TRANSPORTERA SA OKRUGLIM KAIŠEVIMA

U projektnoj dokumentaciji dati su sledeći podaci o transporteru:

Kapacitet mašine :

$$- Q_K = 35 \text{ kom} / \text{min} = 2100 \text{ kom} / \text{h}$$

$$- Q_K = 40 \text{ kom} / \text{min} = 2400 \text{ kom} / \text{h}$$

$$\text{Dužina transportera: } L = 2,5 \text{ m}$$

$$\text{Širina transportera: } B = 0,75 \text{ m}$$

$$\text{Snaga pogonskog motor: } P_{EM} = 0,37 \text{ kW}$$

U ovom slučaju radi se transportu komadnog materijala (ploča vafla). Kapacitet će biti izražen u komadima pretransportovanog materijala na čas. Ravnomerno podeljena masa tereta po dužnom metru transportera dobija se deljenjem mase tereta sa rastojanjem između njih:

$$q = \frac{M}{T}$$

u izrazu je:

M [kg] = masa komadnog tereta

T [m] = korak tereta

U ovom slučaju je korisno izraziti kapacitet u komadima pretransportovanog materijala na čas.

$$Q = 3600 \cdot \frac{V}{T} \text{ kom} / \text{h} \quad (5.1)$$

Pošto je poznat kapacitet transportera u proračunu će se koristiti veći kapacitet:

$$Q = 2400 \text{ kom} / \text{h}$$

Iz izraza (6.1) može se odrediti brzina transportera:

$$V = \frac{Q_K \cdot T}{3600} = \frac{2400 \cdot 0,8}{3600} = 0,53 \text{ m} / \text{s}$$

gde je:

$T = 0,8 \text{ m}$ i predstavlja korak tereta

Na osnovu preporuke prema [1], usvaja se prva veća standardizovana vrednost brzine i ona iznosi:

$$v = 0,63 \text{ m} / \text{s}$$

U toku rada kaiševi dodiruju vodiču i iz tog razloga se javlja dodatni otpor.

Ugib okruglih kaiševa usled sopstvene težine:

$$f_{doz} = 0,025 \cdot t = 0,025 \cdot 1,25 = 0,03 \text{ m}$$

Minimalna sila u traci određuje se na osnovu izraza:

$$S_{min} = 10 \cdot G = 10 \cdot 29,74 = 294 \text{ N}$$

5.1. Otpori i potrebna snaga za kretanje

Podužni otpori:

Otpori na horizontalnom delu: U ovom slučaju transporta vezani su za karakteristična mesta transportera.

$$\Delta S = N \cdot \mu_1 = 46 \cdot 0,4 = 18,4 \text{ N}$$

Veličina sile pritiska se računa prema sledećem izrazu:

$$N = (q + q_0) \cdot g \cdot t = 3,75 \cdot 9,81 \cdot 1,25 \approx 46 \text{ N}$$

Lokalni otpori:

Otpor na bubnju: javlja se usled trenja u ležištu bubnja (remenice) i gubitaka zbog krutosti trake (kaiša) pri prelasku preko remenica.

$$\Delta S = S' + \Delta S''$$

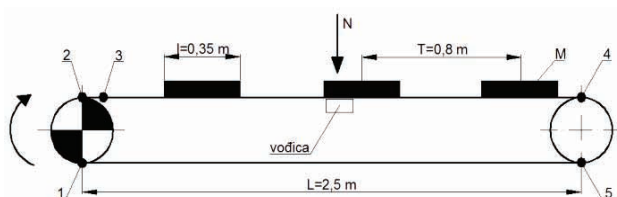
$$\Delta S = p \cdot S_i = 2 \cdot \mu \frac{d_0}{D} \sin \frac{\alpha}{2} + k$$

Otpor na utovarnom mestu: javlja se zbog razlike u brzini kretanja kaiša i materijala koji dospeva na nju.

$$\Delta S = F_N \cdot f = G \cdot f = M \cdot g \cdot f = 3 \cdot 9,81 \cdot 0,5 = 14,7 \text{ N}$$

5.2. Određivanje sile u okruglim kaiševima i potrebne snage za kretanje

Sile se određuju metodom obilaska konture krećući se od jedne, proizvoljno izabrane tačke u smeru kretanja transportera, sl. 5.1. Preporučuje se da polazna tačka bude ili silazna tačka sa pogonske remenice ili minimalna sila na radnoj strani.



Slika 5.1 Sile u traci transportera

Na osnovu slike mogu se napisati sledeće relacije:

Sila u tački 3 (sl. 5.1) je sila na utovarnom mestu:

$$S_3 = S_2 + \Delta S_{2-3} = S_2 + 14,7 \text{ N}$$

$$S_{2-3} = 14,7 \text{ N}$$

Sila u tački 4 je sila u kaiševima u nailaznoj tački na prevojnu remenicu:

$$S_4 = S_3 + \Delta S_{3-4} = S_2 + 14,7 + 18,4 = S_2 + 33,1 \text{ N}$$

$$S_{3-4} = 18,4 \text{ N}$$

Sila u tački 5 je sila u kaiševima u silaznoj tački sa prevojne remenice:

$$S_5 = S_4 + \Delta S_{4-5} = S_4 + 0,055 \cdot S_4 \approx 1,055 \cdot S_4 + 35 \text{ N}$$

$$S_{4-5} = P \cdot S_4 = 0,055 \cdot S_4$$

Sila u tački 1 je sila u kaiševima u nailaznoj tački na pogonsku remenicu:

$$S_1 \approx S_5 = 1,055 \cdot S_2 + 35 \text{ N}$$

Minimalna sila na radnoj strani je sila na utovarnom mestu, odnosno:

$$S_{min} = S_3 = 294 \text{ N}$$

Sada sledi:

$$S_2 = S_3 - 14,7 = 294 - 14,7 = 279,3 \text{ N}$$

$$S_4 = S_2 + 33,1 = 279,3 + 33,1 = 312,4 \text{ N}$$

$$S_5 \approx S_1 = 1,055 \cdot S_2 + 35 = 1,055 \cdot 279,3 + 35 \approx 330 \text{ N}$$

Pri proveru da ne dođe do klizanja kaiševa po pogonskim remenicama, definisan je stepen sigurnosti protiv proklizavanja:

$$\varphi = \frac{e^{\mu\alpha} - 1}{\frac{S_1}{S_2} - 1} = \frac{e^{0,4 \cdot \pi} - 1}{\frac{330}{279,3} - 1} = 13,8 \geq 1,25$$

Potrebna snaga pogonskog elektromotora:

$$P = \frac{U \cdot v}{\eta} = \frac{(S_1 - S_2) \cdot v}{\eta} = \frac{(330 - 279,3) \cdot 0,63}{0,85} \approx 37,5 \text{ W}$$

Napomena: Razlika u snazi elektromotora koji se koristi na postojećem transporteru i snage koja je dobijena

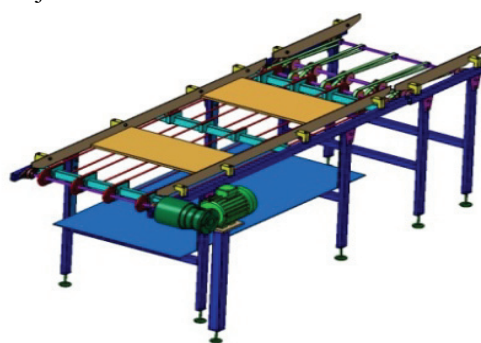
proračunom, posledica je usvajanja koeficijenata i drugih parametara koji su svojstveni klasičnim transporterima koji su dobro obrađeni u literaturi.

Veca snaga sa kojom transporter radi sigurno doprinosi stabilnosti i sigurnijem radu. Osnovni cilj ovog proračuna je bio da se prikaže metodologija proračuna transportera sa okruglim kaiševima, i da se ovakva vrsta transportera sa malim naporima i analizama može projektovati.

6. MODELIRANJE TRANSPORTERA SA OKRUGLIM KAIŠEVIMA

U ovom radu je modeliran ulazni transporter sa okruglim kaiševima i trakasti transporter manjih gabarita. Korišćeni su svi podaci koji su izmereni, proračunati i usvojeni. Svaki element je modeliran posebno, nakon čega je izvršeno sklapanje u podsklopove i sklopove.

Računarski model transportera sa okruglim kaiševima prikazan je na sl. 6.1.



Slika 6.1 Izometrijski model transportera

7. ZAKLJUČAK

Iz svega navedenog može se zaključiti da transporter koji je opisan, analiziran i modeliran potpuno odgovara svojoj nameni.

Na osnovu analize, dobijenih podataka i podataka iz kataloga proizvođača pristupilo se modelovanju samog transportera. Na kraju su svi elementi sklopljeni u jednu celinu i dobijen je konačan model transportera sa okruglim kaiševima. Na osnovu dobijenog modela izvršeno je automatsko generisanje celokupne tehničke dokumentacije.

Podaci koji se dobiju u ovakvim proračunima mogu se koristiti pri projektovanju novih transportera, ili za poboljšanje karakteristika transportera koji se već koriste.

8. LITERATURA

- [1] Vladić, J. *Mehanizacija i tehnologija pretovara*, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2002.
- [2] Miltenović, V.: *Konstruisanje, oblikovanje i dizajn*, Mašinski fakultet, Niš, 2002.
- [3] Timošenko, S.P., Jang, D.H.: *Tehnička mehanika*, Građevinska knjiga, Beograd, 1962.

Kratka biografija:



Ognjen Obrenović rođen je u Vrbasu 1983. god. Završio je gimnaziju u Vrbasu 2002. god. i iste godine upisao studije mašinstva na FTN-u u Novom Sadu - smer Prehrambeno mašinstvo.

PUMPNA KANALIZACIONA STANICA

SEWAGE PUMP STATION

Ilija Milosavljević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – MAŠINSTVO

Kratak sadržaj: *Pumpne kanalizacione stanice su nastale iz potrebe prevazilaženja specifičnih tehničkih problema pri gravitacionim klasičnim kanalizacionim sistemima.*

Abstract: *Sewage pumping stations were created from the need to overcome specific technical problems in the conventional gravity sewer systems.*

Ključne reči: *Pumpna kanalizaciona stanica, kanalizacija, PVCcevi*

1. UVOD

U sklopu poboljšanja uslova života pristupa se realizaciji izgradnji sistema kanisanja otpadnih voda. Septičke jame i upojni bunari, usled visokog nivoa podzemnih voda i kolmacije postali su neefikasni. Problemi ovakve prirode rešavaju se izgradnjom fekalne kanalizacije. Kanalizacija se zasniva na gravitacionim padovima, ali često tu dolazi do problema, jer gravitacioni tok nije moguć na svim trasama.

Iz tog razloga su pumpne kanalizacione stanice veoma bitne za rešavanje problema kanisanja otpadnih voda. Kanalizacija treba da zadovolji postavljene kriterijume u pogledu očuvanja prirode i čovekovog zdravlja. Otpadne vode iz domaćinstva (fekalijske), prikupljaju se u vodonepropusnom šahtu, odakle se uz pomoć pumpe i potisnog cevovoda vrši njihovo transportovanje do sabirnog šahta, koji je takođe opremljen pumpama. Prolaskom tečnosti kroz pumpe, vrši se i usitnjavanje čvrstog sadržaja.

1.1 PREDMET GLAVNOG PROJEKTA

Predmet ovog rada je analiza fekalne kanalizacije u ulici Mihajlovački drum u MZ Gradnula u Zrenjaninu. Kote terena na ovom lokalitetu se kreću u granicama od 80,80 m.n.m do kote 79,10 m.n.m. Dubina fekalnog kolektora kod okretnice na Mihajlovačkom drumu nije dovoljna za gravitaciono prihvatanje otpadnih voda te je potrebno izgraditi pumpnu stanicu za prepumpavanje fekalnih voda. Pumpna stanica se nalazi ispred ulaza JKP "Vodovod i kanalizacija". Ovaj položaj pumpne stanice je definisan i urbanističko tehničkim uslovima. Otpadne vode iz pumpne stanice se ulivaju u kolektor koji se nalazi kod kružne raskrsnice na Mihajlovačkom drumu.

NAPOMENA:

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

1.2 OPIS FEKALNE KANALIZACIJE

Fekalna kanalizacija je od PVC cevi prečnika Ø 200mm od naselja "Barake" do pumpne stanice, zatim sledi pumpna stanica fekalne kanalizacije, potisni cevovod fekalne kanalizacije i gravitacioni cevovod Ø 300mm koji se uliva u postojeći šaht kod kružne raskrsnice. Svi objekti postavljeni su u zelenom pojasu na rastojanju od 6.0 m od ivice puta. Ovim projektom predviđena je izgradnja prelaza ispod puta za objekte sa druge strane puta. Prelazi su prečnika Ø 200mm. Jedan je za JKP "Vodovod i kanalizaciju" i dva prelaza na gravitacionom cevovodu Ø 300mm za priključenje postojećih i novih objekata.

1.3 OSNOVNI ELEMENTI PUMPNE STANICE BUNARI

Osnovni elementi pumpne stanice Bunari su:

- šaht korpe i crpni bazen
- pumpni agregat,
- rezervni pumpni agregat,
- cevovod i armatura,
- elektro-komandni ormar za smeštaj elektro-energetske opreme i programabilnog mikro-kontrolera (PLC) za upravljanje radom pumpi i
- dizel elektroagregat.

1.4 OPIS ŠAHTNE PUMPNE STANICE

Pumpna stanica je locirana naspram ulaza u JKP "Vodovod i kanalizaciju". Njen položaj je tačno definisan u aktu o urbanističko tehničkim uslovima tako da ne narušava urbanističke kriterijume i zauzima minimalan prostor.

Objekat pumpne stanice sastoji se od šahta korpe i pumpnog bazena. Obzirom da je dotok otpadnih voda tokom 24 h, na pumpnu stanicu neravnomeran izrađen je ulivni šaht. U svom sastavu ima grubu rešetku, koja sprečava ulazak u crpni bazen krupnih elemenata zagađenja, koje voda nosi sa sobom a koji bi mogli izazvati začepljenje i oštećenje na pumpama i cevovodu. Šaht korpe je kružnog oblika prečnika 1,0 m sa kotom dna šahta 77,29 m.n.m. Silazak u šaht rešetke omogućen je bočno postavljenim penjalicama na platformu izvedenu od čeličnih profila. Na platou pumpne stanice postavljen je hidrant i hidrantski orman koji je obezbeđen trevira crevom i mlaznicom. Hidrant se koristi pri redovnom pranju bazena, šahta rešetke i rešetke, a naručito posle zagušenja rešetke. Ventilacija crpnog bazena i šahta rešetke obezbeđuje se odgovarajućim izvodom. U sam crpni bazen su smešteni pumpni agregati, koji se aneksiraju na betonskim temeljima, preko postoljne ploče

sa jedne strane, a oslonjen na, po visini, podesive oslonce, sa druge strane. To znači da su za betonske temelje aneksirani, preko anker valjka, postoljna ploča i podesivi oslonci, a da je pumpni agregat preko svojih odgovarajućih hvatača čvrsto vezan za postoljnu ploču i oslonjen na podesivi oslonac. Težina samog agregata obezbeđuje čvrstoću ove veze. Ovako izvedena montaža i ankerisanje pumpnog agregata obezbeđuje njegov miran rad, bez potresa i vibracija. Crpni bazen i šaht rešetke se izvode od gotovih armirano betonskih elemenata, montiranih uz pomoć bagera. Donji elementi su sa izrađenim armirano betonskim dnom.

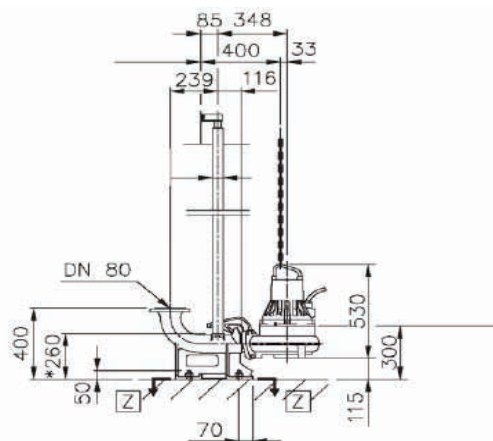
1.5 PUMPNI AGREGATI

Pumpnih agregata ima 2 kom. koji su aneksirani na već opisan način. Pumpni agregati su potopljeni, tzv. mokro izvođenje kao što je prikazano na *slici 1* i to su kanalizacione pumpe za otpadne vode. Izabrane su pumpe proizvođača FLYGT koje su prikazane na *slici 2* ili slične. Ovi pumpni agregati su specijalne konstrukcije sa motorom smeštenim u hermetički zatvoreno kućište i potopljeni u uljnom kupatilu. Ovo ulje u kućištu pored vode u kojoj je pumpa uronjena, obezbeđuje hlađenje motora, a posebno termo-davač obezbeđuje isključenje pumpe i njenu zaštitu od pregrevanja. Na vratilo motora je direktno spregnuto radno kolo pumpe. Radno kolo je dvo-kanalno, impelernog tipa, sa kontra blokom koji obezbeđuje usitnjavanje čvrstih komadastih materijala, čime se sprečava začepljenje pumpe i cevovoda. Pumpni agregati se slobodno oslanjaju na postoljnu ploču (svaka pumpa ima svoje postolje) za koju se čvrsto hvataju preko odgovarajućih hvatača, a veza se ostvaruje preko težine samog agregata. Zahvaljujući ovakom načinu oslanjanja pumpe, obezbeđena je zaptivenost između prirubnice potisnog voda same pumpe i prirubnice prvog luka koji već pripada potisnom cevovodu. Između ovih prirubnica se nalazi gumeni zaptivač, koji je pritegnut upravo zahvaljujući težini samog pumpnog agregata. Pumpni agregat vezan je posebnim lancem, preko koga se obavlja njegovo prihvatanje i izvlačenje iz rezervoara, ako se za tim ukaže potreba. Lanac je okačen o posebnu kuku koja je učvršćena za gornje dance rezervoara. Posebnom vođicom je obezbeđeno vertikalno spuštanje i dizanje pumpnog agregata. Vođica je čelična cev koja je sa donje strane fiksirana na temeljnom postolju pumpe, a sa gornje strane za gornje dance rezervoara. Ova vođica pored vertikalnog vođenja pumpe, pri njenom izvlačenju iz rezervoara, odnosno spuštanju u rezervoar, obezbeđuje da pumpa ne može nekontrolisano da se klata, odnosno obrće oko svoje ose. Pumpa preko svojih posebnih vođičnih uški, obuhvata vođičnu cev i uz dosta komotan zazor, obezbeđuje nesmetano klizanje pumpe duž vođice. Uz lagano kretanje uz ili niz vođičnu cev, potpuno je bezbedna operacija vađenja odnosno spuštanja pumpnog agregata. Pogonski el.motor pumpe je posebnim elektro kablom, povezan za izvor napajanja, preko rasklopnog elektro ormarića. Svaka pumpa ima svoj elektro ormarić koji je učvršćen sa gornje strane gornjeg danca prihvatnog rezervoara. Do tih ormarića su položeni energetski napojni kablovi, od glavnog komandnog ormarića. Napojni elektro kabal el.motora pumpe, ulazi u kućište pumpe, kroz specijalno dihtovanu obujmicu, koja

obezbeđuje hermetičnost prodora, čime se sprečava ulazak vode u kućište motora. Napojni kabl pumpe je posebnim vezicama učvršćen za lanac pumpe i pri vađenju pumpe, izvlači se zajedno sa pumpom i lancem. Smer okretanja radnog kola pumpe je u smeru kretanja kazaljke na časovniku i strelicom je označen na samom kućištu motora.



Slika 1. Potopljeni pumpni agregat (mokro izvođenje)



Slika 2. Pumpni agregat

1.6 REZERVNI PUMPNI AGREGAT

Rezervni pumpni agregat istog je tipa i istih tehničkih karakteristika kao i pumpni agregat montiran u prihvatnom rezervoaru. Nalazi se smešten u pumpnoj stanici i u svakom momentu je spreman za rad, u slučaju da treba zameniti pogonski agregat.

1.7 CEVOVOD I ARMATURA

Pumpni agregat ima svoj zaseban potisni cevovod, koji se spaja u zajednički potisni vod, kojim se voda prepumpava do gornje kote. Zasebni cevovod je prečnika DN 80 dok je potisni vod DN 100 dužine 257,4 m.

Vertikalni deo cevovoda je od čelika dok su horizontalni delovi od PVC cevi. Od cevne armature potisni cevovod ima ugrađenu povratnu klapnu DN 80. I cevi i armatura su izvedeni sa radnim pritiskom 6 bar. Spajanje zasebnih

potisnih cevovoda u zajednički vod ostvaruje se preko račve DN 80, zatim preko luka sa priрубnicom i spojnice do reducira, koji obezbeđuje prelazak sa prečnika DN 80 na prečnik DN 100. Spajanje svih vezanih komada, lukova, reducira, račvi i armature ostvareno je preko priрубnica sa odgovarajućim vijcima i zaptivačima. Svi horizontalni i vertikalni cevovodi su na odgovarajući način fiksirani, tako da je time obezbeđen miran i bešuman rad cevovoda, bez ikakvih vibracija i potresa. Jedino se u slučaju zaustavljanja rada pumpe, čuje udarac klapne o svoje sedište i pri tome se javi kratkotrajne vibracije koje brzo nestaju, ali je ovo normalna pojava u svim cevovodima u kojima je ugrađen ovaj cevni element. Čelični deo cevovoda je u cilju antikorozivne zaštite, premazan odgovarajućim zaštitnim premazima.

1.8 ELEKTRO-KOMANDNI ORMAN

U elektro-komandni orman je smeštena elektro-energetska oprema dok se na prednjoj njegovoj tabli nalazi glavni prekidač, pomoću koga se uključuje, odnosno isključuje komandni napon. Pored toga u ormanu se nalazi i programabilni kontroler (PLC). To je mikroprocesorski uređaj za automatsko upravljanje radom pumpe. Njegov detaljniji opis je predmet elektro dela projekta a ovde ću samo naglasiti da se PLC u svom radu oslanja na kontinualni merač nivoa vode, čija se sonda nalazi u prihvatnom rezervoaru, uronjena u vodu i preko koje se kontinualno očitava nivo vode iznad pumpe. Izgled plovne sonde je prikazan na slici 3. Preko ovog merača, pored toga što se njegov signal koristi za upravljanje radom pumpe, pumpe se štite od rada na "suvo". Pri minimalnom nivou vode kada sonda merač ostaje neokvašena, pumpa se automatski isključuje. Pored automatskog rada pumpe stanica "Bunari", predviđena je i mogućnost ručnog uključivanja i isključivanja pumpe na licu mesta postavljanjem izborne sklopke u razvodnom ormaru u položaju "ručno".



Slika 3. Plovna sonda

2. PRORAČUN I IZBOR ELEMENATA PUMPNE STANICE

Iz priložene šeme pumpne stanice se vidi da ona ima dva pumpna agregata. Rad pumpne stanice je predviđen da se ostvaruje u režimu 1+1: jedna radna i jedna rezervna pumpa. Proračun i izbor pumpnog agregata u radu se radi pomoću Bernulijeve jednačine:

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} + H_p + h_1 = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + h_2 + \Delta H \dots (1)$$

Sređivanjem jednačine (1), potreban napor pumpe se dobija u obliku:

$$H_p = \frac{P_2 - P_1}{\rho g} + (h_2 - h_1) + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + \Delta H \dots (2)$$

S obzirom da su prihvatni rezervoar i prekidna šahta glavnog potisnog voda atmosferskom pritisku:

$P_1 = P_2 = p_{atm}$ onda prvi član jednačine (2) otpada. Brzina v_2 na izlazu iz cevovoda je neznatna, pa se može zanemariti i treći član koji predstavlja gubitak kinetičke energije. Kao rezultat svih uprošćavanja jednačina (2) dobija svoj konačan oblik:

$$H_p = (h_2 - h_1) + \Delta H \dots (3)$$

U jednači (3) geodetska visina je

$$H_g = h_2 - h_1$$

Član ΔH predstavlja hidrauličke gubitke strujanja od potisne priрубnice pumpe pa do izliva. Hidraulički gubici računaju se na osnovu izraza:

$$\Delta H = \sum \xi_i \frac{v_i^2}{2g} + \lambda \frac{l}{d} \frac{v_i^2}{2g} \dots (4)$$

gde je:

$\sum \xi_i$ - suma svih lokalnih gubitaka.

Izrazom (4) obuhvaćeni su i lokalni i linijski gubici tako da jednačina za napor dobija svoj konačan oblik.

$$H_p = h_g + \sum \xi_i \frac{v_i^2}{2g} + \lambda \frac{l}{d} \frac{v_i^2}{2g} \dots (5)$$

i biće merodavan za proračun i izbor pumpnog agregata.

Na osnovu završnog proračuna vrši se izbor pumpe

Lokalni i linijski gubici su predstavljeni izrazom:

$$\Delta H = \frac{v_1^2}{2g} \left(\xi_{ul} + 2\xi_{kol} + \xi_{nv} + \xi_z + \xi_{red} + \lambda_1 \frac{L_1}{d_1} \right) + \frac{v_2^2}{2g} \left(2\xi_{kol} + \xi_{iz} + \lambda_2 \frac{L_2}{d_2} \right) \dots (6)$$

gde su:

$\xi_{ul} = 0,3$ - koeficijent gubitaka uliva

$\xi_{kol} = 0,3$ - koeficijent gubitaka kolena

$\xi_{nv} = 1,7$ - koeficijent gubitaka nepovratnog ventila

$\xi_z = 0,2$ - koeficijent gubitaka zatvarača

$\xi_{red} = 0,4$ - koeficijent gubitaka redukcije

$\xi_{iz} = 1$ - koeficijent gubitaka na izlazu.

Koeficijent trenja se dobija iz jednačine

$$\lambda = 124,6 \frac{0,012^4}{\sqrt{d}}$$

Brzina v se dobija iz jednačine:

$$v = \frac{4Q}{D^2 \pi}$$

Zamenom brojnih vrednosti u jednačinu (6) dobija se :
 $\Delta H = 124274,1 Q^2$

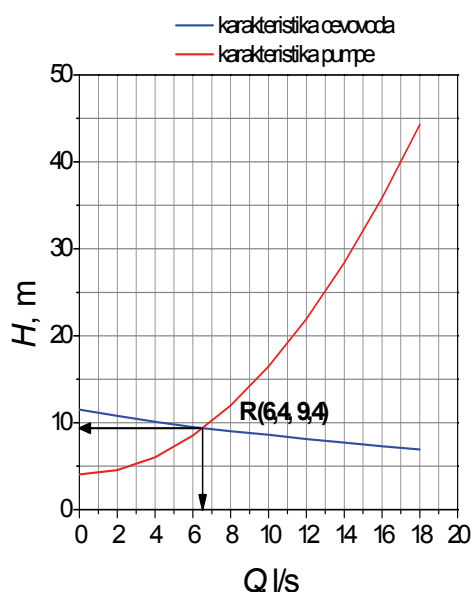
Presečna radna tačka pumpe (slika 4) je:

$$Q = 6,4 \text{ l/s}$$

$$H = 9,4 \text{ m}$$

što zadovoljava zahtev tražen master zadatkom da PS ostvari protok od 5,5 l/s.

Ovim zahtevima se dobro prilagođava pumpa FLYGT NP 3085 ili slična.



Slika4. Radna tačka pumpe

3. ZAKLJUČAK

U oblasti mašinogradnje, kao i drugim granama tehnike i industrije, projektovanje predstavlja veoma važnu fazu u oblasti gradnje novih postrojenja ili rekonstruisanju postojećih. Niz kvalitativnih kao i kvantitativnih znanja se ogleda u krajnjem projektu projektovanja - glavnom projektu. U ovom konkretnom slučaju je iz široke oblasti mašinskog projektovanja izdvojen jedan segment, a to je projektovanje pumpnih stanica. Da bi se ilustrovao obim i forma jednog takvog projekta, urađen je glavni mašinski projekat fekalne pumpne stanice. Konkretni projekat obuhvata fekalnu pumpnu stanicu „Bunari“ u Zrenjaninu.

Glavni mašinski projekt urađen je prema odredbama koje propisuje važeći Zakon o izgradnji objekata, sa svim elementima tekstualne dokumentacije. Ona daje tehničke podatke kao i elemente koji podsećaju i upućuju Investitora na radnje koje treba izvesti pre početka izgradnje, u toku izgradnje i nakon izgradnje objekta.

U toku izrade projekta proučen je i Pravilnik o opštim merama zaštite na radu za građevinske objekte namenjene radnim i pomoćnim postrojenjima.

Na osnovu odredaba ovog pravilnika urađena je dispozicija i preseki u kojima se vidi ugrađena oprema, cevovod i armatura. Crtež koji predstavlja sabiranje fekalnih voda, nije predmet ovog rada, ali je dat kao ilustracija konkretnog problema.

Što se tiče dalje izrade i razrade projekta, u buduću bi trebalo uraditi još određen broj glavnih mašinskih projekata, koji bi, na primer, razradili potrebne elektro i građevinske podloge. Ove podloge se izrađuju na osnovu elemenata i podataka koji se izводе u mašinskom projektu. Jer u ovom slučaju projektant mašinskih projekata predstavlja tvorca kompletnih procesa i tehnologija u ovakvim postrojenjima.

4. LITERATURA

- [1] Prof. dr Dušan Uzelac : Pumpne i kompresorske stanice, skripta Novi Sad 2003/2004.
- [2] ABS Pumps katalog, Lohmar, Germany, 2000.
- [3] Grundfos pumpen Vertrieb katalog, Grodig, Austrija, 2000.
- [4] Glavni projekat fekalne kanalizacije na Mihajlovačkom drumu sa crpnom stanicom „Bunari“ , Zrenjanin VODOVOD I KANALIZACIJA, 2009.

Kratka biografija:



Ilija Milosavljević rođen je u Zrenjaninu 1983.god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mašinstva – Energetika i procesna tehnika odbranio je 2011.god.

STRUKTURNA OPTIMIZACIJA PRIMENOM PROGRAMSKOG SISTEMA CATIA, NA PRIMERU DVOSTRANE KUKE

STRUCTURAL OPTIMIZATION BY USE OF CATIA PROGRAM SYSTEM, ON THE DOUBLE HOOK EXAMPLE

Milan Šibul, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast- MAŠINSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu predstavljena je strukturna optimizacija mašinskih konstrukcija u programskom sistemu CATIA. Razmatran je primer strukturne optimizacije dvostrane kuke za nepoznat oblik i topologiju. Postupak optimizacije bio je podeljen na pet koraka, isključivo zbog složenosti razmatranog problema. Odvojeno je izvršena optimizacija topologije gornje i donje polovine modela, kao i optimizacija oblika gornje i donje polovine modela, na kraju je izvršena optimizacija oblika poprečnog preseka.

Abstract - The subject of the paper was to describe and present the structural optimization of machine design in CATIA program system. An example of structural optimization of two-sided hook for an unknown shape and topology is considered. Optimization was divided into five steps, only because of the complexity of the problem. Separated topology optimization was performed on top and bottom half of the model, and shape optimization of top and bottom half of the model. Also shape optimization of cross section is performed.

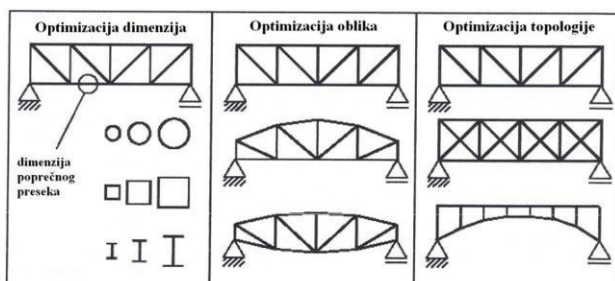
Ključne reči: Strukturna analiza, strukturna optimizacija, parametarsko modeliranje

1. UVOD

Strukturna optimizacija se može podeliti u tri grupe [1]:

- optimizacija dimenzija,
- optimizacija oblika i
- optimizacija topologije.

Na slici 1. prikazani su elementarni primeri optimizacije dimenzija, oblika i topologije.



Slika 1. Primeri optimizacije dimenzija, oblika i topologije

NAPOMENA:

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

Optimizacija dimenzija je najjednostavniji i najstariji oblik strukturne optimizacije. Oblik i topologija ostaju nepromenjeni, dok se menjaju specifične dimenzije konstrukcije.

Optimizacija oblika je optimizacija kojom se definišu spoljne i unutrašnje konturne linije strukture.

Optimizacija topologije je najopštiji oblik optimizacije jer utiče na dimenzije i oblik. Akcenat se stavlja na uklanjanje delova koji su opterećeni ispod neke granice radi smanjenja mase.

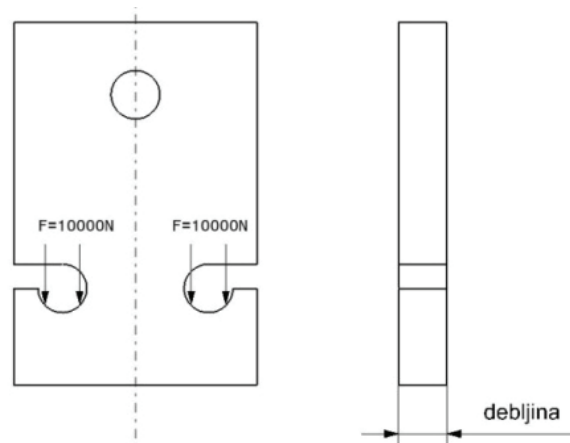
U ovom radu razmatra se problematika optimizacije modela dvostrane kuke kada su početni oblik i topologija nepoznati. Problem optimizacije podeljen je u pet etapa:

- optimizacija topologije gornje polovine modela,
- optimizacija topologije donje polovine modela,
- optimizacija oblika gornje polovine modela,
- optimizacija oblika donje polovine modela i
- optimizacija poprečnog preseka modela.

Prilikom optimizacije topologije gornje polovine modela za funkciju cilja postojalo je 11 slobodnih parametara dok je za optimizaciju topologije donje polovine modela korišćeno 6 slobodnih parametara. Prilikom optimizacije oblika gornje polovine modela korišćeno je 11 slobodnih parametara, dok je za optimizaciju oblika donje polovine modela korišćeno 7 slobodnih parametara.

Za vreme svake optimizacije, jedan od slobodnih parametara je bila debljina. Na ovaj način definisani problem je posmatran kao trodimenzionalni. Na kraju je izvršena optimizacija poprečnog preseka sa 13 slobodnih parametara debljine.

Na slici 2. prikazana je skica dvostrane kuke.



Slika 2. Skica dvostrane kuke

2. MODELIRANJE U PROGRAMSKOM PAKETU CATIA

Programski paket CATIA (Computer Aided Three-dimensional Interactive Application) [2], računom podržan trodimenzionalni interaktivni programski paket je CAD/CAM/CAE komercijalni softverski paket koji proizvodi francuska kompanija Dassault Systemes. Danas se koristi u različitim sferama tehnike: avioinženjeringu, automobilske industrije, brodogradnji, itd.

Na primeru skice dvostrane kuke biće objašnjen postupak izrade 3D modela u okviru programskog paketa CATIA V5.

U meniju programa se odabere opcija *File*, zatim *New*, a onda opcija *Part*.

U Sketch-u pomoću komande *Rectangle* prvo se nacrtava pravougaonik a zatim se uz pomoć opcije *Constraint* zadaju dužine svake stranice.

Nakon toga se izlazi iz Sketch-a i vrši ekstrudiranje pomoću opcije *Pad*. Na kraju se pomoću komande *Pocket* izrađuju otvori koji su prethodno definisani u Sketch-u.

3. INŽENJERSKA ANALIZA PRIMENOM MODULA ZA STRUKTURNU ANALIZU PROGRAMSKOG SISTEMA CATIA

MKE ili metoda konačnih elemenata (Finite-Element Method - FEM) [3] spada u savremene metode numeričke analize i to diskretne. Koristi se za rešavanje graničnih problema iz matematike, fizike a naročito mehanike kontinuuma. Za razliku od diferentne metode koja se zasniva na matematičkoj diskretizaciji diferencijalnih jednačina, MKE se zasniva na fizičkoj diskretizaciji razmatranog prostora.

Umesto elemenata diferencijalno (beskonačno) malih dimenzija, posmatra se element konačnih dimenzija tzv. konačni element, pa se umesto diferencijalnih ili integralnih jednačina dobijaju obične algebarske jednačine.

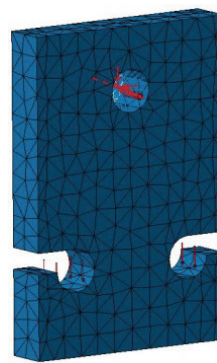
Zatim se pomoću ovih jednačina dalje formuliše analiza celog kontinuuma. Posmatrano deformabilno telo zamenjuje se diskretnim modelom međusobno povezanim konačnim elementima sa konačnim brojem stepeni slobode.

Modul za strukturnu analizu i simulaciju u CATIA-i možemo pokrenuti iz glavnog menija: *Start* → *Analysis&Simulation* → *Generative Structural Analysis*.

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

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

Na slici 3, dat je prikaz generisane mreže konačnih elemenata početnog modela dvostrane kuke.



Slika 3. Raspodela konačnih elemenata na modelu

3.1. Ograničenja i opterećenja

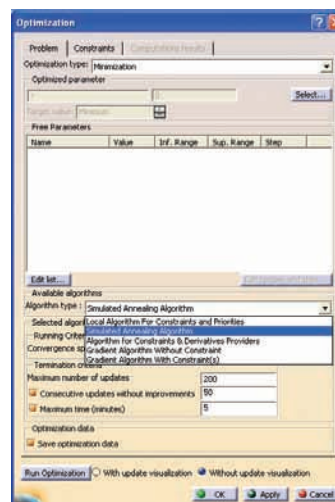
Na mestu kačenja (gornji otvor) postavljen je virtualni deo. Tom virtualnom delu oduzeto je svih 6 stepeni slobode. Onda je kao ograničenje postavljen cilindrični graničnik (*sliding pivot*) koji zamenjuje osovinicu. Sa donje strane model je, na mestima koja su predviđena za kačenje tereta, opterećen sa po 10kN (slika 3) $F_1=10000N$, $F_2=10000N$.

3.2. Optimizacija

Primenom optimizacije u procesu projektovanja poboljšavaju se funkcionalna svojstva konstrukcije. Kod statičkih modela analize najčešće to mogu da budu minimizacija zapremine, odnosno težine, pri određenim ograničenjima definisanim uslovima zadovoljavanja maksimalnog dozvoljenog napona, deformacija ili pomeranja. Od izbora algoritma u mnogome zavisi tačnost i konvergencija rešenja. U programskom paketu CATIA postoji mogućnost izbora pet različitih algoritama kao što se može videti na slici 4. i to:

- Lokalni algoritam za ograničenja i prioritete (*Local Algorithm For Constraints and Priorities*),
- Algoritam simulacije kaljenja (*Simulated Annealing Algorithm*),
- Algoritam za ograničenja i karakteristike koje imaju izvode (*Algorithm for Constraints & Derivatives Providers*),
- Gradijentni algoritam bez ograničenja (*Gradient Algorithm Without Constraint*) i
- Gradijentni algoritam sa ograničenjima (*Gradient Algorithm With Constraint(s)*).

Za model, prikazan u radu, je izabran algoritam simulacije kaljenja



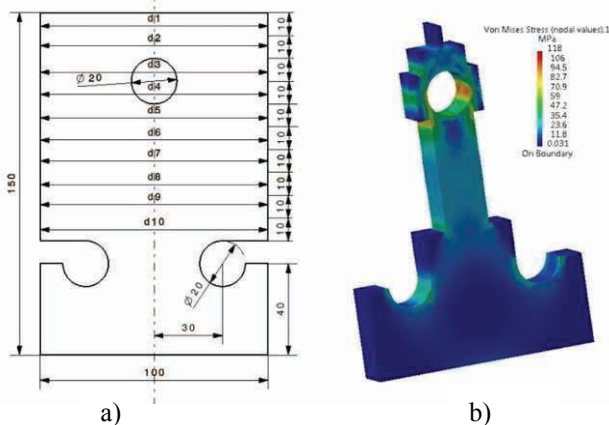
Slika 4. Prozor za podešavanje optimizacije

Funkciju cilja je bila minimizacija mase. Kriterijum za zaustavljanje je bio 500 iteracija, 500 neuspešnih iteracija ili vreme trajanja optimizacije od 100 minuta.

3.3. Dobijeni rezultati

- optimizacija topologije gornje polovine modela

Na slici 5. prikazan je početni oblik sa parametrima za optimizaciju topologije gornjeg dela modela i izgled modela posle optimizacije.

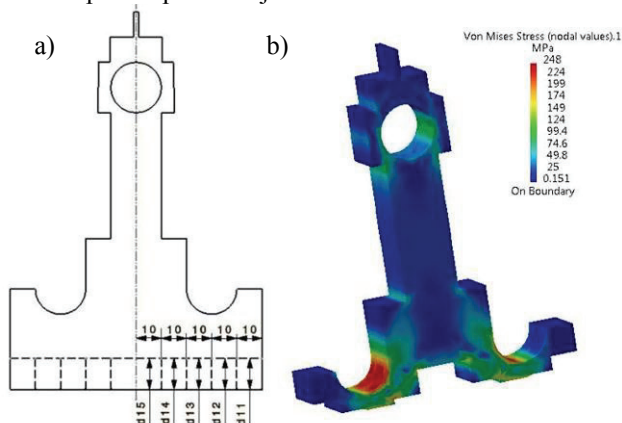


Slika 5. Optimizacija topologije gornje polovine modela
a) početni oblik sa parametrima
b) model posle optimizacije

Početne vrednosti parametara za optimizaciju i vrednosti nakon optimizacije (u zagradama), dati su u nastavku $d1=100$ (2)mm, $d2=100$ (20.607)mm, $d3=100$ (30.002) mm, $d4=100$ (30.18)mm, $d5=100$ (20)mm, $d6=100$ (20) mm, $d7=100$ (20.308)mm, $d8=100$ (20.002)mm, $d9=100$ (20)mm, $d10=100$ (40)mm i *debljina*=20 (20)mm.

- optimizacija topologije donje polovine modela

Na slici 6. prikazan je početni oblik sa parametrima za optimizaciju topologije donjeg dela modela i izgled modela posle optimizacije

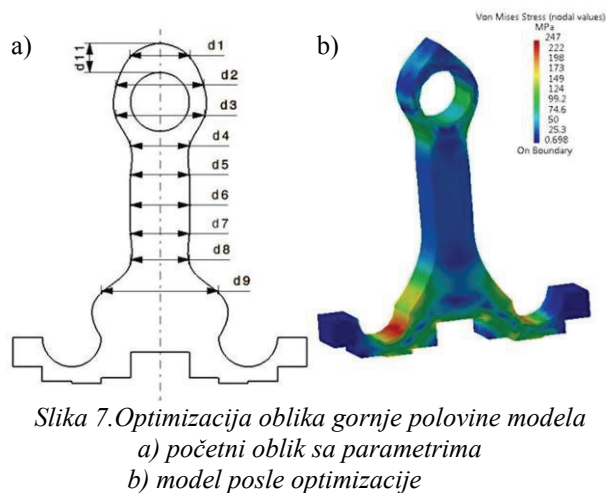


Slika 6. Optimizacija topologije donje polovine modela
a) početni oblik sa parametrima
b) model posle optimizacije

Vrednosti parametara pre optimizacije i nakon optimizacije (u zagradama) su sledeće: $d11=0.1$ (30)mm, $d12=0.1$ (24.99)mm, $d13=0.1$ (24.29) mm, $d14=0.1$ (26.15)mm, $d15=0.1$ (34.95)mm, i *debljina* = 20 (19.9)mm.

- optimizacija oblika gornje polovine modela

Na slici 7. prikazan je početni oblik sa parametrima za optimizaciju oblika gornjeg dela modela i izgled modela posle optimizacije.

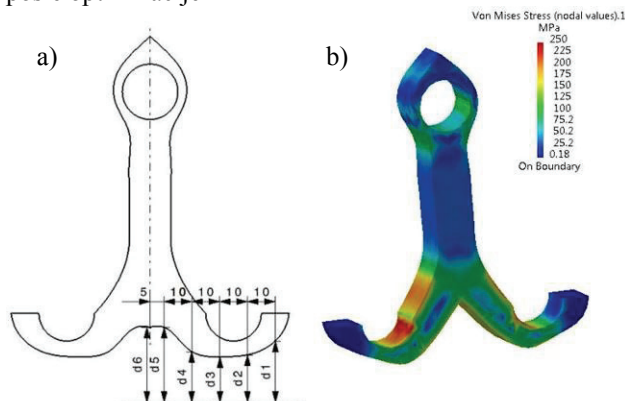


Slika 7. Optimizacija oblika gornje polovine modela
a) početni oblik sa parametrima
b) model posle optimizacije

U daljem tekstu date su početne vrednosti parametara pre optimizacije, dok su u zagradama prikazane vrednosti posle optimizacije: $d1=20.607$ (10.832)mm, $d2=30.002$ (25)mm, $d3=30.18$ (24.11) mm, $d4=20$ (15.005)mm, $d5=20$ (15)mm, $d6=20.308$ (15) mm, $d7=20.002$ (15.003)mm, $d8=20$ (15)mm, $d9=40$ (20.011)mm, $d11=10$ (10)mm i *debljina*=19.9 (20)mm.

- optimizacija oblika donje polovine modela

Na slici 8. prikazan je početni oblik sa parametrima za optimizaciju oblika donjeg dela modela i izgled modela posle optimizacije



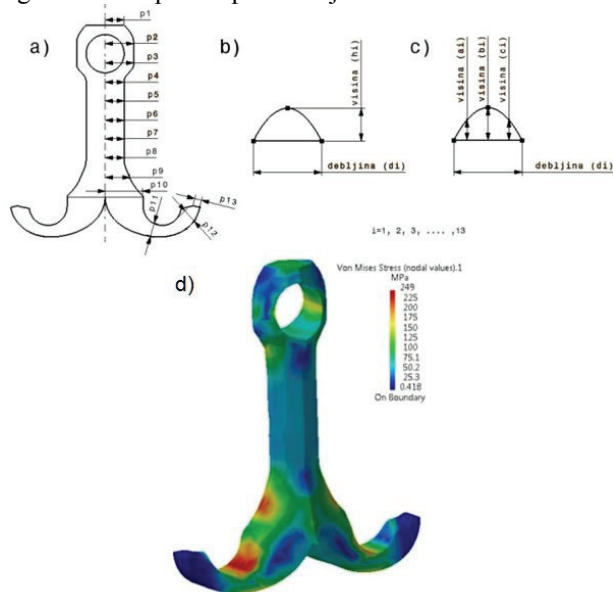
Slika 8. Optimizacija oblika donje polovine modela
a) početni oblik sa parametrima
b) model posle optimizacije

U tekstu su date početne vrednosti parametara pre optimizacije dok su u zagradama prikazane vrednosti posle optimizacije: $d1=30$ (30.571)mm, $d2=24.99$ (26)mm, $d3=24.29$ (23) mm, $d4=26.15$ (28.05)mm, $d5=34.95$ (39)mm, $d6=34.95$ (44.92)mm i *debljina* = 20 (20)mm.

- optimizacija poprečnog preseka modela

Zbog velikog broja parametara za optimizaciju korišćena je samo debljina kao parametar mada ako se želi postići veća optimizacija kao parametri mogu se uvesti visina (hi), visina (ai) visina (bi), visina (ci) kao na slici 9 pod b) i c), što povećava vreme pretrage i nije uzeto u

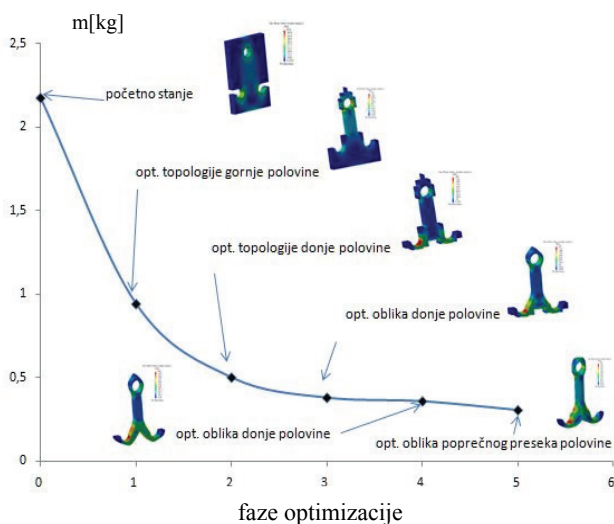
razmatranje u ovom primeru. Na istoj slici pod d) dat je izgled modela posle optimizacije.



Slika 9. Optimizacija poprečnog preseka modela
a) početni oblik sa parametrima
b) poprečni presek
c) poprečni presek sa više parametara
d) model posle optimizacije

U daljem tekstu date su početne vrednosti parametara dok su u zagradama prikazane vrednosti posle optimizacije $d1=20$ (15)mm, $d2=20$ (20)mm, $d3=20$ (23.9) mm, $d4=20$ (20)mm, $d5=20$ (15.007)mm, $d6=20$ (15.01) mm, $d7=20$ (20)mm, $d8=20$ (14.26)mm, $d9=20$ (19.783)mm, $d10=20$ (23.823)mm, $d11=20$ (20.236)mm, $d12=20$ (15.021)mm, $d13=20$ (10.002)mm.

Na slici 10. prikazan je grafik kako se menjala masa dvostrane kuke u odnosu na optimizaciju koja je vršena.



Slika 10. Ukupna promena mase u toku postupka optimizacije

Rednim brojevima su prikazane faze optimizacije:

- 0 - Početno stanje
- 1 - Optimizacija topologije gornje polovine modela
- 2 - Optimizacija topologije donje polovine modela
- 3 - Optimizacija oblika donje polovine modela
- 4 - Optimizacija oblika gornje polovine modela
- 5 - Optimizacija oblika poprečnog preseka modela

4. ZAKLJUČAK

Optimizacija se definiše kao nauka koja se bavi pronalaženjem “najboljeg” rešenja određenog, matematički definisanog, problema. Postizanje “najboljeg” rešenja ili rešenja bliskih najboljem, vodi uštedama u materijalu i energiji (čiji su resursi ograničeni), postizanju finansijske dobiti, postizanju najveće pouzdanosti, sigurnost u radu, itd. Optimizacijom se teži minimizaciji negativnih efekata i/ili maksimizaciji pozitivnih efekata.[4]

U radu je razmatran trodimenzionalni problem dvostrane kuke za nepoznat oblik i topologiju. Ovaj primer je bio podeljen na pet delova isključivo zbog složenosti razmatranog problema. Odvojeno je izvršena optimizacija topologije gornje i donje polovine modela, kao i optimizacija oblika gornje i donje polovine modela i na kraju je izvršena optimizacija oblika poprečnog preseka. Grub oblik koji je dobijen posle optimizacije topologije je zato što jedna konstrukciona promenljiva pokriva područje od 10 mm. Ovakav oblik nije pogodan kako zbog koncentracije napona na mestima prelaza tako i zbog povećanog broja zahvata prilikom obrade. Zaobljena kontura i ravnomerna raspodela napona dobijena je posle optimizacije oblika. Na kraju postupka optimizacije, masa se smanjila za 85 %. U ovom slučaju se od potpuno jednostavnog oblika kvadra, kome su jedino postavljeni otvori za kačenje kuke i dva proreza sa strane za kačenje tereta (što su bili konstruktivni parametri), došlo do optimalnog oblika kuke i to sve u okviru jednog softvera.

5. LITERATURA

- [1] Ho. H.S., Huang J., Luo J.Z., Choy P.K., and Wang M.Y.,: Structural Optimization for High Dynamic Performance in Electronics Manufacturing Equipment, 5th China-Japan-Korea Joint Symposium on Optimization of Structural and Mechanical Systems, Jeju Island, Korea, 2008.
- [2] <http://en.wikipedia.org/wiki/CATIA> - preuzeto 25.01.2011.,
- [3] http://en.wikipedia.org/wiki/Finite_element_method preuzeto 25.01.2011.,
- [4] Isailović B., Strukturna optimizacija elemenata mašinskih konstrukcija u CAD okruženju, magistarski rad, Mašinski Fakultet u Kragujevcu, Kragujevac, 2010.

Kratka biografija:



Milan Šibul rođen je 1984. god. u Kikindi. Diplomski - master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti – Mašinstvo odbranio je 2011. godine.

MODELIRANJE PADA SEMENA JAVORA (SAMARE) MODELING THE FALL OF THE MAPLE SEED (SAMARA)

Miodrag Marković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – MAŠINSTVO

Kratak sadržaj – Na osnovu svojstava semena javora (samare) predložena su dva fizička modela od veštačkih materijala. Za izabrani fizički model izrađen od homogenog materijala napisan je matematički model pada krutog tela u gravitacionom polju pod dejstvom aerodinamičke sile otpora. Matematički model je numerički rešavan za različite početne uslove i tako analizirano kretanje prirodne samare. Dobijeni rezultati objašnjavaju specifično kretanje prirodne samare.

Abstract – Two physical models made of artificial materials are proposed based on the properties of maple seeds. A physical model made of homogeneous material is adopted and a mathematical model describing its fall as a rigid body in gravitational field subject to aerodynamic drag force is written. The motion of natural samara is analysed by solving numerically the mathematical model for various initial conditions. The results explain the specific natural motion of samara.

Ključne reči: seme javora, fizičko i matematičko modeliranje, dinamika pada

1. UVOD

Grupa semena sa jednim krilom koja rotiraju prilikom pada nazivaju se samarama. Samarom se naziva i plod javora koji se javlja u parovima. Samare su oblikovane tako da rotiraju dok padaju, kako bi ih vetar odneo što dalje. Zbog ovih svojstava tokom pada, deca ih često nazivaju helikopterima. Svaka samara je jedinstvena na svoj način i svaka od njih se može posmatrati pojedinačno. Umesto analize pada prirodne smare, u ovom radu analizira se pad fizičkog modela samare. Model, kao i prirodna samara, se sastoji od dva ključna elementa: glave i krila. Glava je stvarni nosilac semena i u njoj je skoncentrisana masa, a krilo obezbeđuje dovoljnu površinu za dejstvo aerodinamičke sile.

2. PREGLED SVOJSTAVA SAMARE

U rod javora (lat. *Acer*) spadaju drveća i grmlja (loze) iz familije *Aceraceae*, odnosno sa *Hippocastanaceae* u familiju *Sapindaceae* [1].

Varijetet oblika, dimenzija i fizičkih svojstava semena javora je toliko velik da je moguć ili statistički pristup ili pristup slučajnim izborom uzorka. Pokušana su oba pristupa i konstatovano da je znatno realnije pristupiti procavavanju slučajno izabranog uzorka.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je dr Branislav Bačlić, red. prof.

2.1. Masa, površina, debljina i gustina samare

Minimalne i maksimalne srednje vrednosti mase, površine, debljine i gustine za četiri vrste prirodnih samara, prema [2], prikazane su u Tabeli 1.

Tabela 1: Statistički utvrđena svojstva samara [2].

Svojstvo	Glava		Krilo	
	Min.	Max.	Min.	Max.
Masa [mg]	39.8	82.7	4.6	19.7
Površina [mm ²]	34	64	111	286
Debljina [mm]	2.6	5.4	0.53	0.68
Gustina [kg/m ³]	208	409	125	201

Vrednosti gustina u Tabeli 1 sugerišu izbor polistirena kao mogućeg materijala za izradu modela.

2.2. Svojstva slučajno izabranog uzorka samare

Slučajno izabrani uzorak samare korišćen u ovom radu prikazan je na Slici 1.



Slika 1. Slučajno izabrani uzorak samare.

Izmerena su sledeća geometrijska i fizička svojstva slučajno izabranog uzorka: površina: 255 mm²; masa samare: 0.12 g; masa glave 0.11 g; maksimalna debljina glave samare: 3.63 mm; debljina glave u okolini ivice glave (na prelazu ka krilu): 2.05±0.1 mm; debljina prednje ivice krila: 0.47 mm; debljina zadnje ivice krila: 0.1±0.01 mm.

3. GEOMETRIJSKO I FIZIČKO MODELIRANJE

Usvojene su sledeće pretpostavke o geometrijskom modeliranju:

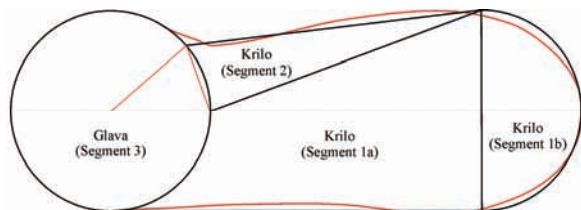
- oblik samare aproksimira se što jednostavnijim geometrijskim telima glatkih i pravilnih graničnih površina;
- glava samare modelira se cilindrom konstantne debljine;
- krilo samare modelira se iz dva segmeta, jedan koji predstavlja napadnu (prednju) ivicu krila, a drugi samo krilo;
- prednja ivica modelira se prizmatičnim telom linearne promenljivih dimenzija;
- preostali deo krila modelira se telom konstantne debljine.

Pretpostavke o fizičkom modeliranju su:

- za određivanje mase, odnosno gustine mase, modela koristi se zapremina izračunata za usvojeni geometrijski model i alternativno
- statistički utvrđena masa delova samara raličitih vrsta na osnovu literaturnih podataka;
- neposredno izmerene mase cele samare i njene glave za slučajno izabrani uzorak.

4. PREDLOG MODELA SAMARE

Na osnovu pretpostavki o geometrijskom modeliranju usvojen je model samare prikazan na Slici 2. Model se sastoji iz dva bitna dela: Glave i Krila. Krilo čine tri tela: Segment 2 promenljive debljine i Segmenti 1a i 1b jednake debljine integrirani u jedinstveni Segment 1.



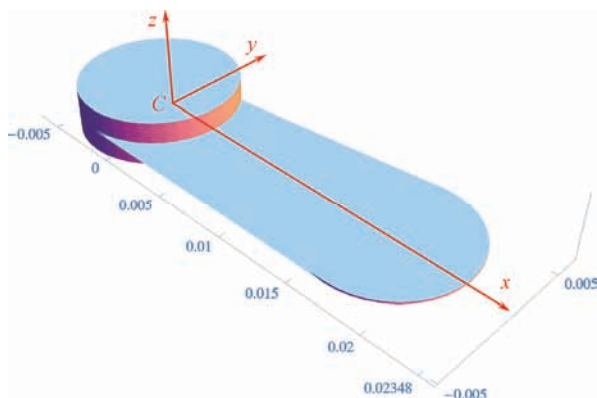
Slika 2. Odstupanje usvojenog oblika modela od identifikovanog oblika (crvena kontura) slučajno izabranog uzorka samare.

Na osnovu usvojenog oblika modela predložena su dva modela:

- Model A, izrađen lepljenjem tri segmenta svaki (po mogućstvu) od različitog materijala,
- Model B, izrađen (recimo rezanjem ili livenjem) od jedinstvenog homogenog materijala u kojem je i Segment 2 integriran u krilo konstantne debljine.

Površine segmenata modela samare izračunate su integracijom, dok su zapremine segmenata izračunate kao proizvod te površine i odgovarajuće debljine segmenta (srednja debljina kod Segmenta 2 u Modelu A). Masa Modela A je određena na osnovu ekstrapolacije i interpolacije podataka o masi i površini glave i krila različitih vrsta samara datih u radu [2]. Analiza je pokazala da se različite vrste samara ne mogu modelirati Modelom A te je u daljem radu proučavan samo Model B.

Kod Modela B masa segmenata je uzeta na osnovu izmerene mase slučajno izabranog uzorka samare, te je pomoću izračunate zapremine utvrđena gustina Modela B od 493.2 kg/m^3 , a zatim je određen centar mase i izračunat tenzor momenta inercije. Na Slici 3, prikazan je Model B u koordinatnom sistemu sa ishodištem u centru mase.



Slika 3 Koordinatni sistem sa ishodištem u centru mase Modela B.

5. MODELIRANJE DINAMIKE PADA SAMARE

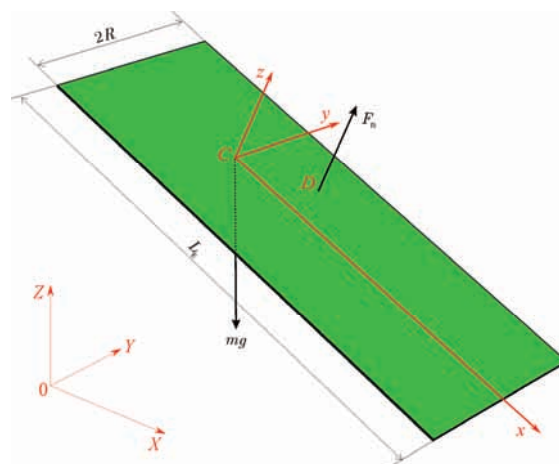
Dinamika pada samare modelira se matematičkim modelom pada Modela B samare kao krutog tela u gravitacijskom polju, a matematički model čine diferencijalne jednačine kretanja i početni uslovi.

Usvojene su sledeće pretpostavke o modeliranju dinamike pada:

- pad se odvija u suvom i mirnom atmosferskom vazduhu;
- jedine sile koje deluju na model samare su gravitaciona sila i aerodinamička sila;
- za modeliranje dejstva aerodinamičke sile model samare se aproksimira glatkom ekvivalentnom ravnom pločom iste površine i širine kao Model B;
- za modeliranje intenziteta aerodinamičke sile koriste se eksperimentalni podaci za opstrujavanje ravne ploče;
- slobodni pad modela samare opisuje se dinamičkim sistemom sa 6 stepeni slobode;
 - tri translacije centra mase modela samare opisane u nepokretnom koordinatnom sistemu, i
 - tri rotacije oko koordinatnih osa vezanih za centar mase modela samare;
 - opis tri translacije i tri rotacije nastoji da modelira realno kretanje samare;
- slobodni pad modela samare počinje iz stanja koje odgovara prirodnom položaju samare na drvetu.

6. SILE I MOMENTI KOJI DELUJU NA SAMARU

Tokom pada modela samare u centru mase C deluje gravitaciona sila, a u centru pritiska D , čiju lokaciju treba odrediti, deluje normalno na površinu aerodinamička sila (Slika 4). Te dve tačke se ne poklapaju i zato postoji i moment aerodinamičke sile za tačku C .



Slika 4. Ekvivalentna ravna ploča. Gravitaciona sila mg deluje u centru mase Modela B, a normalna aerodinamička sila F_n u tački D .

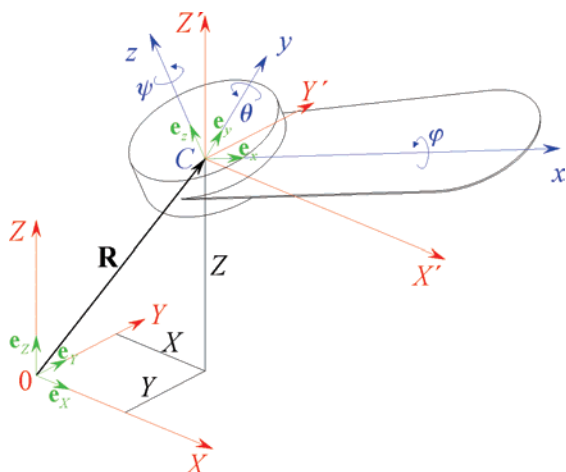
Kako za geometrijski oblik modela samare ne postoje ni eksperimentalni ni teorijski podaci o aerodinamičkim silama, Model B samare aproksimira se ekvivalentnom tankom ravnom pločom dimenzija prema Slici 4. Ekvivalentnost se sastoji samo u jednakosti površina. Površina ekvivalentne pravougaone ploče jednaka je površini modela samare, a širina jednaka prečniku glave, pa je zato dužina ekvivalentne ploče $L_e = A_e/2R$. Intenzitet aerodinamičke sile računa se prema [3]

$$F_n = r_v w^2 c_n A_{\text{proj.}}$$

gde su r_v gustina vazduha, w intenzitet brzine kojim se ploča kreće kroz vazduh, c_n koeficijent normalne sile koji zavisi od napadnog ugla brzine w , a $A_{\text{proj.}}$ projekcija površine ploče na pravac vektora brzine w . Zavisnost koeficijenta normalne sile od napadnog ugla, kao i lokacija njene napadne tačke, usvojena je za ploču beskraje dužine [4]. Konačnost ploče kako u x , tako i u y pravcu, zahtevala da se podaci iz [4] interpretiraju posebno za svaki pravac i zatim rezultujuća normalna aerodinamička sila i njena napadna tačka na ekvivalentnoj ploči nađu Varinjonovom teoremom. Brzina w posebno je identifikavana u Cxz i Cyz ravni (Slika 4).

7. MATEMATIČKI MODEL

Matematički model pada čine jednačine translacionog i obrtnog kretanja modela samare u gravitacionom polju pod dejstvom aerodinamičke otporne sile i početni uslovi koji iskazuju početne položaje i početne brzine kretanja. Za zapis matematičkog modela koriste se dva koordinatna sistema prikazana na Slici 5.



Slika 5. Položaj centra mase modela samare u nepokretnom OXYZ i pokretnom Cxyz koordinatnom sistemu.

Za jednoznačan prelazak opisa kretanja u ova dva koordinatna sistema nužno znati matricu rotacije.

$$C_{\text{rot}} = \begin{pmatrix} \cos q \cos y & \cos q \sin y & -\sin q \\ \cos y \sin q \sin j - \cos j \sin y & \cos j \cos y + \sin q \sin j \sin y & \cos q \sin j \\ \cos j \cos y \sin q + \sin j \sin y & \cos j \sin q \sin y - \cos y \sin j & \cos q \cos j \end{pmatrix}$$

Jednačine translacionog kretanja zapisuju se kao tri skalarne jednačine kretanja centra mase modela samare u nepokretnom koordinatnom sistemu OXYZ. Promene količine kretanja u svakom koordinatnom pravcu izjednačene su odgovarajućim rezultujućim silama u tom pravcu. Komponente normalne aerodinamičke sile u nepokretnom koordinatnom sistemu su

$$\begin{pmatrix} F_x \\ F_y \\ F_z \end{pmatrix} = C_{\text{rot}}^{-1} \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} = F_n \begin{pmatrix} \cos j \cos y \sin q + \sin j \sin y \\ \cos j \sin q \sin y - \cos y \sin j \\ \cos j \cos q \end{pmatrix}$$

Jednačine obrtnog kretanja zapisuju se u pokretnom koordinatnom sistemu Cxyz i iskazuju trima skalarnim jedna-

činama o promeni momenta količine kretanja [5] za uglove j , q i y (Slika 5) kao generalisane koordinate. Promene momenta količine kretanja u svakom koordinatnom pravcu izjednačene su sa odgovarajućim rezultujućim momentima u tom pravcu. Moment aerodinamičke sile za tačku C ima komponente

$$\mathbf{M} = \begin{pmatrix} M_x \\ M_y \\ M_z \end{pmatrix} = \mathbf{r}_{CD} \times \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ F_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} F_n y_D \\ F_n x_D \\ 0 \end{pmatrix}$$

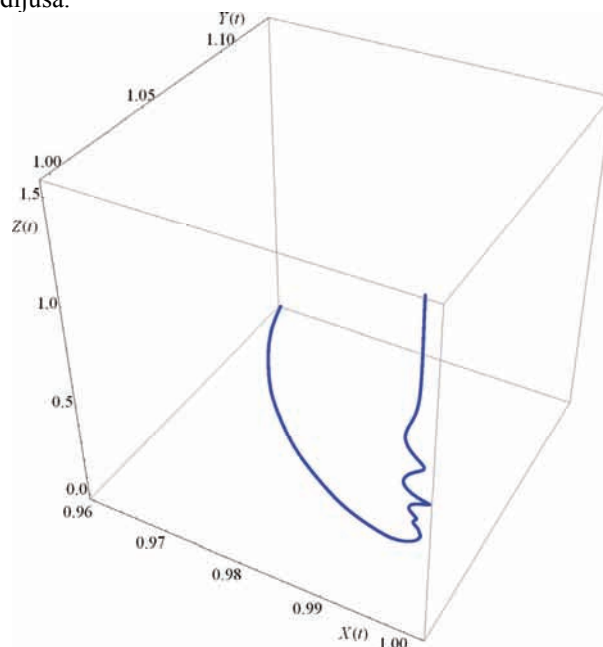
gde je $\mathbf{r}_{CD} = \{x_D, y_D, 0\}$ radijus vektor napadne tačke D aerodinamičke sile u pokretnom koordinatnom sistemu.

8. PRIMER REZULTATA

Matematički model je numerički rešavan za brojne kombinacije početnih uslova i na osnovu dobijenih rešenja analizirano kretanje modela semena javora na brojnim dijagramima i animacijama. Ovde se prikazuje samo nekoliko dijagrama dobijenih za pad Modela B sa sledećim početnim uslovima:

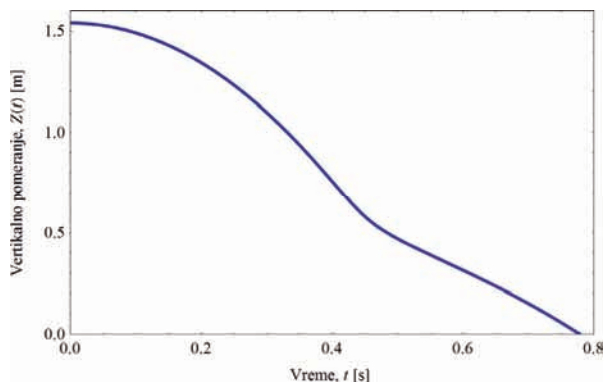
- početni položaj: $X(0) = Y(0) = 1, Z(0) = 1.54$;
- početni brzine: $VX(0) = VY(0) = VZ(0) = 10^{-6}$;
- početni uglovi: $j(0) = -1.255, q(0) = -1.51, y(0) = -0.425$;
- početne ugaone brzine: $j(0) = q(0) = y(0) = 0$.

Model padne sa visine od 1.54 m za 0.788 sekundi i pri tome skrene u X pravcu za svega 4 cm a u Y pravcu za 12 cm, Slika 6. Trajektorija centra mase na početku pada je skoro vertikalna, a zatim zavojna promenljivog malog prečnika da bi pred kraj pada prešla u zavojnu velikog radijusa.

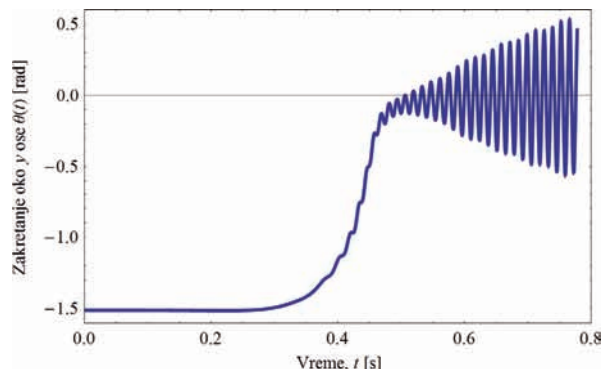


Slika 6. Trajektorija centra mase pri padu Modela B sa visine 1.54 m.

Na Slici 7 prikazano je tipično vertikalno pomeranje centra mase sa infleksijom u trenutku kada aerodinamička sila nadjača gravitacionu. U istom trenutku dolazi do promene i svih ostalih obeležja kretanja. Tako, na primer, zakretanje oko y ose prikazano na Slici 8 prelazi iz monotono u periodično.

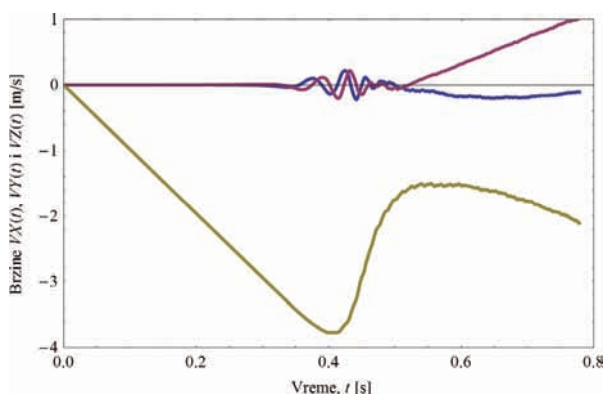


Slika 7. Vertikalno pomicanje pri padu Modela B sa visine 1.54 m.



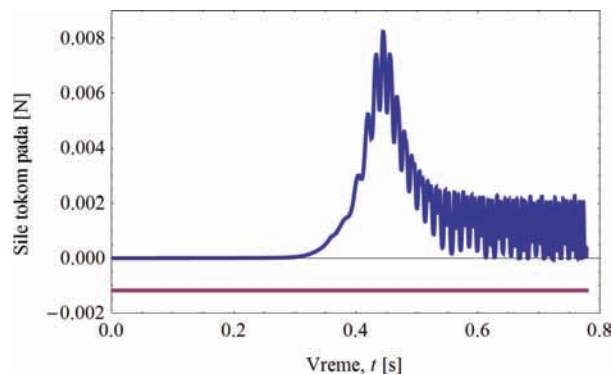
Slika 8. Zakretanje oko y ose pri padu Modela B sa visine 1.54 m.

Promene brzina $VX(t)$, $VY(t)$ i $VZ(t)$ tokom pada prikazane su na Slici 9. Brzina pada $VZ(t)$ je dominantna i raste do trenutka (oko 0.4 sekunde) kada aerodinamička sila naglo narasta. Nakon toga se brzina pada naglo opada na oko polovinu svoje vrednosti. Brzine pomicanja u X i Y i pravcu takođe menjaju karakter u obalasti kada dominira aerodinamička sila.



Slika 9. Brzine u X, Y i Z pravcu (plavo, ljubičasto i oker, respektivno) pri padu Modela B sa visine 1.54 m.

Na Slici 10 prikazana je promena aerodinamičke sile tokom pada. Nakon 0.4 sekundi pada modela samare zapaža se dominacija aerodinamičke sile nad gravitacionom koja je suprotnog znaka. Nakon dostizanja maksimuma aerodinamička sila opada do oko 0.5 sekundi, a zatim osciluje tako da njen intenzitet nije uvek veći od intenziteta gravitacione sile. Uticaj takve promene intenziteta aerodinamičke sile manifestuje se blagim porastom brzine pada (Slika 9).



Slika 10. Stalna gravitaciona sila (ljubičasto) i promenljiva aerodinamička sila pri padu Modela B sa visine 1.54 m.

8. ZAKLJUČAK

Numerička rešenja matematičkog modela pada modela samare potvrđuju u prirodi uočeno složeno kretanje pri padu semena javora.

9. LITERATURA

- [1] en.wikipedia.org/wiki/Maple
- [2] Greene, DF and Johnson, EA, Seed mass and dispersal capacity in wind-dispersed diaspores, *Oikos*, Vol. 67, No. 1, pp. 69–74, 1993.
- [3] White, FM, *Fluid Mechanics*, 5th Ed., McGraw-Hill, New York 2003.
- [4] Wick, B. H., *Study Of The Subsonic Forces And Moments On An Inclined Plate Of Infinite Span*, NACA TN 3221, NACA, Washington, 1954.
- [5] Vujanović, BD, *Dinamika*, Naučna Knjiga, Beograd, 1976.

Kratka biografija:



Miodrag M Marković rođen je u Srbobranu 1982. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mašinstva – Tehnička mehanika odbranio je 2011.god.

DISTRIBUTIVNA GASNA MREŽA ZA NASELJE SUSEK

DISTRIBUTIVE GASLINE FOR SETTLEMENT SUSEK

Bojan Samardžić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – MAŠINSTVO

Kratak sadržaj – *U radu je dat projekat distributivne gasne mreže za naselje Susek. Projekat sadrži najnovije mere za sigurno i bezbedno snabdevanje potrošača.*

Abstract – *In this thesis there is project for distributive gasline installation for settlement Susek. Project consist newest safety measurements for safe delivery of natural gas to households.*

Ključne reči: *Distributivna gasna mreža, prirodni gas, gasovod.*

1. UVOD

Zbog potrebe gradova i manjih naselja za konstantnim snabdevanjem prirodnim gasom, distributivni gasovodi se sve češće nalaze kao instalacije u gasnoj tehnici. Distributivni gasovod je vrlo kompleksan sklop mašinskih elemenata i delova kao što su: cevi, cevnice, izolacija, sekcioni šahtovi, razdelna mesta, sigurnosni elementi. Ovaj gasovod spaja glavnu merno-regulacionu stanicu sa merno-regulacionom stanicom potrošača. Distributivni gasovod mora biti tako izgrađen da se potrošačima konstantno dostavlja prirodan gas, izgradnjom prstenastih mreža koje povećavaju sigurnost snabdevanja. Gasovod mora biti proračunat tako da u obzir uzima i narednih 15 godina, zbog toga što se broj potrošača može povećati, a samim tim se povećava i protok kroz distributivnu mrežu.

2. OPIS DISTRIBUTIVNOG GASOVODA

Distributivni gasovod je izrađen od PE cevi različitih prečnika [4] (sve u zavisnosti od pozicije i broja domaćinstava). Prečnici cevi se kreću od DN 25 do DN 180. Pošto je gasovod izgrađen u obliku prstenova, linije gasovoda kroz koje je predviđen maksimalni protok imaju prečnike cevi od DN 180. Pritisak u gasovodu ne sme prelaziti 4 bar, dok je pritisak na izlazu iz merno-regulacione stanice Susek 2 bar. Domaćinstva moraju biti snabdevena sa minimalnim pritiskom od 0,5 bar. Projektom su predviđeni i sigurnosni elementi koji služe za trenutni prekid dotoka gasa usled havarija na gasovodu. Takođe su dati detaljni proračuni rova kojim je dokazano da će cevi koje su ukopane u zemlju izdržati horizontalna i vertikalna opterećenja. Ukupni broj domaćinstava koji su priključeni na ovu mrežu je 495, dok je protok koji je potreban za snabdevanje svih domaćinstava 570 nm³/h. Sve cevi gasovoda su spojene zavarivanjem.

NAPOMENA:

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

Gas-Stop uređaji su postavljeni u gasovod kako bi sprečili isticanje gasa u okolinu usled havarija na gasovodu (pucanje cevi, deformacija cevi, oštećenja nastala ljudskom greškom). Ovi uređaji su postavljeni tako da se u bilo kom delu gasovoda, ukoliko dođe do havarije, može sprečiti isticanje gasa u atmosferu. Distributivni gasovod je postavljen u zemlju, tako da je vrlo bitno odrediti opterećenja na cev kao i mogućnost deformacija cevi. Najmanja dubina ukopavanja cevi je 1,2 m dok su u ovom slučaju cevi postavljene na dubinu od 3 m. Širina rova u koji je postavljena cev iznosi 2m, dok je ugao rova 15° i ugao naleganja 120°. Minimalni pritisak kod najudaljenijeg potrošača iznosi 0,5 bar što zadovoljava uslove sa početka projekta.

3. OSNOVNI ELEMENTI DISTRIBUTIVNOG GASOVODA

Osnovni elementi distributivnog gasovoda su:

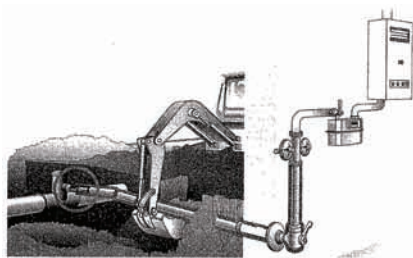
- PE cevovod i armature
- Gas-Stop uređaji
- kućni gasni priključak
- kontinualni oslonci
- kućno merno-regulacijski set

3.1. Cevovod i armatura

Gasovod je izgrađen od PE cevi različitih prečnika sve u zavisnosti od položaja i broja potrošača. Prečnici cevi se kreću od DN 25 do DN 180. Cevi kroz koje je predviđen prolazak celog protoka gasa su prečnika DN 180. Spajanje ovih cevi izvršeno je zavarivanjem, dok je njihova stabilnost izvršena postavljanjem na kontinualne oslonce. U ovom slučaju kontinualni oslonac je zemlja u koju je ukopana cev. Gasovod koji je ukopan u zemlju mora izdržati opterećenja koja vladaju u zemlji (horizontalna i vertikalna).

3.2. Gas-stop uređaji

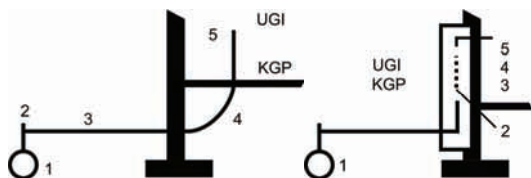
Gas-Stop uređaji služe za povećanje sigurnosti gasovoda [1]. Usled nepredviđenih havarija i oštećenja gasovoda on služi da spreči dalje proticanje gasa u atmosferu. Njegova zaštitna funkcija je prikazana na slici 1.



Slika 1. Zaštitna funkcija Gas-Stopa

3.3. Kućni gasni priključak

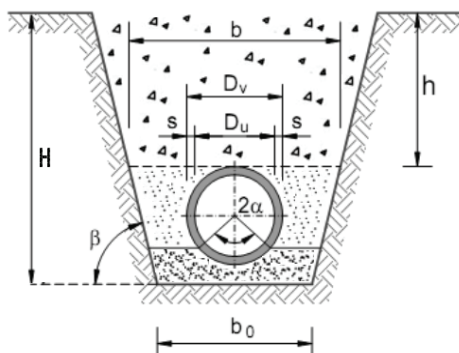
Kućni gasni priključak [2] je deo distributivne gasne mreže koji spaja distributivni gasovod sa unutrašnjom gasnom instalacijom. Ovaj priključak se polaže na pristupačnim mestima i mora da bude zaštićen od oštećenja. Dimenzioniše se prema pritisku distributivne mreže a cevi kućnog gasnog priključka se vode pravo i najkraćim putem od distributivnog gasovoda do domaćinstva i povezani su na način koji je prikazan na slici 2. Cevi se vode tako da se montaža može lako izvesti i da trasa ostane pristupačna. Kućni gasni priključak se sastoji od T-komada koji ga spaja sa distributivnim gasovodom. Kućni gasni priključak postavljen je na 1 m dubine.



Slika 2. Načini izvođenja kućnog gasnog priključka

3.4. Kontinualni oslonci

Kontinualno oslanjanje cevi je skuplji način pa se zbog toga i ređe koristi. Jedna vrsta kontinualnog oslanjanja se rašireno koristi i to naročito kod gasovoda. Na slici 3 prikazan je jedan rov koji predstavlja kontinualni oslonac. Gasovod je postavljen ispod nivoa okolnog terena kako ne bi ometao saobraćajne komunikacije u gradu. Postavljeni su u rovove (koji su posle zatrpani) gde je oslanjanje cevovoda kontinualno. Pre izgradnje rova analizom je utvrđena potrebna dubina ugradnje cevi koja iznosi 3 metra. Rovovi su izrađeni sa betonskim posteljicama zbog mehaničke stabilnosti samog rova. Širina rova koji su kopani iznosi 2 metra, dok je ugao pod kojim je rov izgrađen 15°.



Slika 3. Rov

4. PRORAČUN I IZBOR ELEMENATA GASOVODA

Na osnovu prethodnog proračuna izvršen je završni proračun gasovoda. Određeni su protoci kroz sve grane pomoću sledeće relacije:

$$Q_g = \frac{d^2 \pi \rho_n v}{4}$$

Nakon toga izvršen je proračun prstenaste mreže pomoću osnovnih jednačina [3]:

- a) Kirhofov zakon (čvor)

$$\sum Q_v = 0$$

Jednačina pomoću koje se izračunava pad pritiska u mreži je sledeća:

$$p_1 - p_2 = \lambda \frac{L}{D} \cdot \frac{\rho_1 w_1^2}{2}$$

Ova jednačina se može pojednostaviti korišćenjem dodatnih jednačina:

- jednačina kontinuiteta

$$w_1 \rho_1 = w_n \rho_n$$

- jednačina stanja

$$\frac{p_1}{Z \rho_1 T_1} = \frac{p_n}{\rho_n T_n}$$

- jednačina zapreminskog protoka

$$Q_{vn} = 3600 \frac{D^2 \pi}{4} w_n$$

Ubacivanjem u proračun R-značicu dobija se konačna relacija za pad pritiska:

$$p_1 - p_2 = R_{NT} L Q_{vn}^2$$

Za proračun rova i opterećenja cevi korišćena je aplikacija na sajtu Pipelife-a koja automatski izvršava proračun.

Za sve cevi uslovi su bili isti: širina rova (b) 2 m, dubina polaganja cevi (h), 3 m, ugao rova (β) 15°, ugao naleganja (α) 120°, gustina tla (ρ) 20 kN/m³, visina podzemnih voda 0,5 m, unutrašnji pritisak 2 bar.

Korišćenjem aplikacije [5] dobijeni su sledeći rezultati koji zadovoljavaju uslove rada koji su prikazani u tabeli 1.:

CEV DN 25				
Naziv	Oznaka	Kratkoročno	Dugoročno	Jedinica
Opterećenje tla	q _v	98,3	62,3	kN/m²
Koncentrično preopterećenje	P _{vc}	8,01	8,01	kN/m²
Pomicanje (deformacija)	ΔD _v	0,225	0,479	mm
Deformacija	δ _v	0,990	2,11	%
	δ _v	<5%	<5%	
		U redu	U redu	
Maksimalno tangentno opterećenje				
Vrh	σ	4,06	2,01	MPa
Strana	σ	3,06	1,44	MPa
Osnova	σ	4,27	2,14	MPa
Čvrstoća materijala	σ	30,0	14,4	MPa
		U redu	U redu	

Faktor sigurnosti puknuća				
Vrh	η_1	7,38	7,18	
Strana	η_1	9,79	10,0	
Osnova	η_1	7,03	6,72	
Faktor sigurnosti materijala	η_1	2,00	2,00	
CEV DN 32				
Naziv	Oznaka	Kratkoročno	Dugoročno	Jedinica
Opterećenje tla	qv	80,6	54,3	kN/m ²
Koncentrično preopterećenje	Pvc	8,01	8,01	kN/m ²
Pomicanje (deformacija)	ΔD_v	0,442	0,730	mm
Deformacija	δ_v	1,49	2,46	%
	δ_v	<5%	<5%	
		U redu	U redu	
Maksimalno tangentno opterećenje				
Vrh	σ	4,83	2,37	MPa
Strana	σ	3,85	1,78	MPa
Osnova	σ	5,13	2,59	MPa
Čvrstoća materijala	σ	30,0	14,4	MPa
		U redu	U redu	
Faktor sigurnosti puknuća				
Vrh	η_1	6,21	6,07	
Strana	η_1	7,79	8,10	
Osnova	η_1	5,84	5,57	
Faktor sigurnosti materijala	η_1	2,00	2,00	
CEV DN 40				
Naziv	Oznaka	Kratkoročno	Dugoročno	Jedinica
Opterećenje tla	qv	67,5	49,9	kN/m ²
Koncentrično preopterećenje	Pvc	8,01	8,01	kN/m ²
Pomicanje (deformacija)	ΔD_v	0,721	1,02	mm
Deformacija	δ_v	1,91	2,71	%
	δ_v	<5%	<5%	
		U redu	U redu	
Maksimalno tangentno opterećenje				
Vrh	σ	5,38	2,92	MPa
Strana	σ	4,40	2,26	MPa
Osnova	σ	5,80	3,25	MPa
Čvrstoća materijala	σ	30,0	14,4	MPa
		U redu	U redu	
Faktor sigurnosti puknuća				
Vrh	η_1	5,58	4,93	
Strana	η_1	6,81	6,38	
Osnova	η_1	5,18	4,44	
Faktor sigurnosti materijala	η_1	2,00	2,00	
CEV DN 50				
Naziv	Oznaka	Kratkoročno	Dugoročno	Jedinica
Opterećenje tla	qv	67,9	50,1	kN/m ²
Koncentrično preopterećenje	Pvc	8,01	8,01	kN/m ²
Pomicanje (deformacija)	ΔD_v	0,892	1,27	mm
Deformacija	δ_v	1,89	2,70	%
	δ_v	<5%	<5%	
		U redu	U redu	
Maksimalno tangentno opterećenje				
Vrh	σ	5,36	2,90	MPa
Strana	σ	4,38	2,24	MPa
Osnova	σ	5,77	3,22	MPa
Čvrstoća materijala	σ	30,0	14,4	MPa
		U redu	U redu	
Faktor sigurnosti puknuća				
Vrh	η_1	5,60	4,96	
Strana	η_1	6,84	6,43	
Osnova	η_1	5,20	4,47	
Faktor sigurnosti materijala	η_1	2,00	2,00	
CEV DN 180				
Naziv	Oznaka	Kratkoročno	Dugoročno	Jedinica
Opterećenje tla	qv	66,7	50,3	kN/m ²

Koncentrično preopterećenje	Pvc	8,01	8,01	kN/m ²
Pomicanje (deformacija)	ΔD_v	3,22	4,67	mm
Deformacija	δ_v	1,90	2,75	%
	δ_v	<5%	<5%	
		U redu	U redu	
Maksimalno tangentno opterećenje				
Vrh	σ	5,41	3,01	MPa
Strana	σ	4,45	2,34	MPa
Osnova	σ	5,86	3,37	MPa
Čvrstoća materijala	σ	30,0	14,4	MPa
		U redu	U redu	
Faktor sigurnosti puknuća				
Vrh	η_1	5,54	4,78	
Strana	η_1	6,75	6,16	
Osnova	η_1	5,12	4,28	
Faktor sigurnosti materijala	η_1	2,00	2,00	

Tabela 1. Rezultati proračuna kontinualnih oslonaca

5. ZAKLJUČAK

Distributivni gasovod za naselje Susek projektovan je tako da u svakom trenutku zadovolji potrebe domaćinstava u naselju za prirodnim gasom. U zavisnosti od početnih podataka proračunat je distributivni gasovod za naselje Susek. Brzina gasa u gasovodu ne prelazi 10 m/s zbog ekonomskih razloga i zbog moguće buke usled transporta gasa.

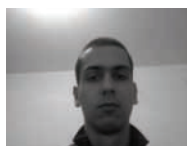
Nakon proračuna gasne mreže postavljeni su elementi koji zaustavljaju mogućnost isticanja gasa u okolinu usled određenih havarija i lomova.

Zbog sigurnosti samog gasovoda izvršen je i proračun kontinualnih oslonaca (rovova) za različite prečnike cevi, pri istim početnim uslovima. Svi proračunati elementi i delovi gasovoda zadovoljavaju uslove rada. Izrađena je specifikacija materijala.

6. LITERATURA

- [1] Bogner M., Isailović M. (2005). Prirodni gas (pravilnik o tehničkim normativima za unutrašnje gasne instalacije), ETA, Beograd
- [2] Uzelac D., Perunović P. (2005). Priručnik za kurs iz rukovođenja i održavanja cevovoda, uređaja i postrojenja za prirodni gas, FTN, Novi Sad
- [3] Strelec V., Plinarski priručnik, Energetika marketing, 2002.
- [4] <http://www.pestan.net/pdf/pestan-hdpe-cevi-za-gas.pdf> (29. Mart 2011.)
- [5] http://www.pipelife.com/media/generic/pdfs/ATW_gasstop_eng.pdf (29. Mart 2011.)

Kratka biografija:



Bojan Samardžić rođen je u Novom Sadu 1987. godine. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mašinstva – gasna i naftna tehnika odbranio je 2011. godine.

MERENJE HARMONIKA U DISTRIBUTIVNOJ MREŽI METODOM MERENJA NA INTERVALU

MEASUREMENT OF HARMONICS IN DISTRIBUTION NETWORK BY USING THE METHOD OF MEASUREMENT OVER AN INTERVAL

Danka Obrenić, Vladimir Vujičić, *Fakultet Tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – Osnova ovog rada sastoji se u teorijskom sagledavanju principa rada instrumenata koji se koriste za merenje harmonika kao i metoda koje se tom prilikom upotrebljavaju sa ciljem da se postigne što je moguće manja greška merenja. U tu svrhu pokazalo se da metoda merenja na intervalu ima mnoge prednosti a rezultati koji se pri tom dobijaju su veoma precizni.

Abstract – The main basis of this paper is theoretical insight to the principles of instruments work that are used for harmonic measurement, as well as strategies that are used to suppress the measurement error. It turned out that the strategy of measurement over an interval has many benefits and the results which are obtained are very accurate and precise.

Cljučne reči: Harmonijska analiza, merenja, stohastički sistem, merni instrumenti

1. UVOD

Po svojoj prirodi, izgledu i osobinama, signali mogu da budu veoma raznovrsni i različiti. Ova činjenica značajno komplikuje postupke za proučavanje njihovih osobina i projektovanje sistema potrebnih za prenos signala, pa je u prošlosti uloženo mnogo truda u razvoj metoda za što preciznije predstavljanje signala. Jedan od postupaka za predstavljanje signala zasniva se na ideji da se signal razloži na sastavne delove, da je veza među tim delovima što jednostavnija, npr. sabiranje, a pri tom delovi imaju osobine koje su pogodne za prenos i dalju obradu.

Najčešće korišćeni postupak za analizu (tj. razlaganje) signala naziva se Furijeova analiza. Postoji nekoliko varijanti Furijeove analize, u zavisnosti od osobina analiziranih signala. Za periodične signale pokazalo se da je njihova analiza moguća pomoću posebnog, veoma jednostavnog skupa signala, sastavljenog od prostoperiodičnih funkcija. Ovakav skup signala ima osobinu ortogonalnosti na intervalu T .

Periodičan signal se može razviti u trigonometrijski (Furijeov) red u obliku [1]:

$$s(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos n\omega_0 t + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \sin n\omega_0 t \quad (1)$$

pri čemu su a_0 , a_n , b_n realni brojevi koji se nazivaju koeficijenti Furijeovog reda. Oni se izražavaju kao:

$$a_0 = \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} s(t) dt \quad (2)$$

$$a_n = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} s(t) \cos n\omega_0 t dt \quad (3)$$

$$b_n = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} s(t) \sin n\omega_0 t dt \quad (4)$$

Skup kompleksnih koeficijenata Furijeovog reda signala $s(t)$ naziva se spektar periodičnog signala. Apsolutne vrednosti koeficijenata predstavljaju amplitudski spektar, a argumenti koeficijenata predstavljaju fazni spektar.

U gornjem izrazu (1), $\cos n\omega_0 t$ i $\sin n\omega_0 t$ predstavljaju n -ti harmonik datog signala, dok za $n = 1$ reč je o osnovnom (fundamental) harmoniku.

Da bi se u postupku prenosa signala na strani prijemnika rekonstruisao originalni signal, nije potrebno prenositi sam signal nego samo vrednosti koeficijenata Furijeovog reda. Generisanjem prostoperiodičnih funkcija sa zadatim učestanostima, kao i njihovim množenjem sa izračunatim koeficijentima, dobija se signal koji utoliko bolje aproksimira originalni signal ukoliko sadrži veći broj harmonika.

Viši harmonici nekog signala (npr. napon ili struja) predstavljaju signal čija frekvencija predstavlja celobrojni umnožak frekvencije osnovnog harmonika. Viši harmonici su nepoželjni u mrežama, jer se zbrajaju na osnovni talas i izobličuju ga, što uzrokuje problem u napajanju osetljivih potrošača, npr. medicinske opreme, koja zahteva čisti sinusni napon.

Precizna merenja izobličenja signala i šuma oduvek su predstavljala problem na čijem rešenju se radilo tokom niza godina. To je dovelo do razvoja instrumenata koji daju pouzdane rezultate sa minimalnom greškom merenja. Pojedini instrumenti kao i principi njihovog funkcionisanja izloženi su u ovom radu.

2. LOCK-IN POJAČAVAČ

Koristi se za detekciju i merenje veoma malih AC signala, reda veličine nekoliko nanovolti. Precizna merenja se

NAPOMENA:

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

moгу vršiti čak i kad uokviru veoma malog signala postoji izvor šuma koji je hiljade puta veći. Lock-in pojačavači koriste tehniku poznatiju kao fazno-osetljiva detekcija, za izdvajanje jedne komponente signala na određenoj referentnoj frekvenciji i fazi. Signali šuma, na frekvencijama različitim od referentne frekvencije, su odstranjeni i ne utiču na merenje [3].

Rad lock-in pojačavača se oslanja na ortogonalnost sinusnih funkcija. Kada se sinusna funkcija frekvencije ν pomnoži drugom sinusnom funkcijom frekvencije μ koja je različita od ν , i izvrši integracija nad periodom koji je mnogo duži od perioda ove dve funkcije, rezultat je nula. U slučaju kad je μ jednako ν , i dve funkcije su u fazi, srednja vrednost je jednaka polovini proizvoda amplituda.

Lock-in pojačavač sadrži jedan ulaz, referentni signal, množač ili fazno-osetljiv detektor i lock-in izlaz. Referentni signal je sinusoida frekvencije ω i njime se vrši modulacija neke veličine (napon, struja itd.). Signal $s(t)$ se dovodi na njegov ulaz. Lock-in pojačavač vrši sledeću operaciju [2]:

$$x(t) = \frac{A}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} r(t + t_\phi) s(t) dt \quad (5)$$

pri čemu je $x(t)$ izlaz iz pojačavača, A je pojačanje a referentnom signalu r se dodaje kašnjenje od $t_\phi = \phi/\omega$.

Ako je ulazni signal dat sa $V_1 = V_{sig} \sin(\omega_r t + \theta_{sig})$, gde je V_{sig} amplituda, ω_r frekvencija a θ_{sig} faza signala a referentni signal dat sa $V_2 = V_{ref} \sin(\omega_{ref} t + \theta_{ref})$, gde je V_{ref} amplituda, ω_{ref} frekvencija a θ_{ref} faza referentnog signala, izlaz iz lock-in pojačavača je jednostavno proizvod ova dva sinusna talasa [4]:

$$\begin{aligned} V_{psd} &= V_1 \cdot V_2 \\ &= V_{sig} V_{ref} \sin(\omega_r t + \theta_{sig}) \sin(\omega_{ref} t + \theta_{ref}) \\ &= \frac{1}{2} V_{sig} V_{ref} \cos([\omega_r - \omega_{ref}]t + \theta_{sig} - \theta_{ref}) - \\ &\quad - \frac{1}{2} V_{sig} V_{ref} \cos([\omega_r + \omega_{ref}]t + \theta_{sig} + \theta_{ref}) \quad (6) \end{aligned}$$

Ako se izlaz iz množača propusti kroz nisko propusni filter, AC signali se uklanjaju. U ovom slučaju, nakon ovog postupka neće ništa ostati. Ali, ako je $\omega_r = \omega_{ref}$, komponenta sa razlikom ovih frekvencija će biti DC signal. Odnosno, izlaz iz množača ili PSD sadrži komponentu na drugom harmoniku ($2f$) i DC komponentu ($0 = f - f$), pa se gornja jednačina može napisati na sledeći način:

$$\begin{aligned} V_{psd}(t) &= \frac{1}{2} V_{sig} V_{ref} \cos(\theta_{sig} - \theta_{ref}) - \\ &\quad - \frac{1}{2} V_{sig} V_{ref} \cos(2\omega t + \theta_{sig} - \theta_{ref}) \quad (7) \end{aligned}$$

Amplitude drugog harmonika i DC napona su proporcionalne sa V_{sig} , signalom koji se meri. Usled filtriranja izlaza iz množača V_{psd} primenom nisko-propusnog filtra koji je podešen tako da se signal na $2f$ minimizuje, komponenta drugog harmonika se može

odbaciti. Stoga će izfiltriran izlaz iz PSD u ovom slučaju biti:

$$V_{psd} = \frac{1}{2} V_{sig} V_{ref} \cos(\theta_{sig} - \theta_{ref}) \quad (8)$$

Nakon filtriranja, signal se dodatno pojačava DC pojačavačem koji ne menja oblik signala. Ovakav signal je DC signal, proporcionalan amplitudi signala.

$$V_{psd} \sim V_{sig} \cos \theta \quad (9)$$

Poslednja jednačina pokazuje da izlaz lock-in pojačavača ne zavisi od frekvencije ω .

Lock-in pojačavač ulazni signal množi referentnim signalom (oscilator ili neki eksterni izvor), i izvrši njihovu integraciju tokom određenog vremena, obično od reda milisekunda do par sekundi. Rezultujući signal je u osnovi DC signal, pri čemu je uticaj bilo kog signala koji nije na istoj frekvenciji kao i referentni signal smanjen praktično na nulu, kao i komponente signala koje nisu u fazi (suprotne faze) a imaju istu frekvenciju kao i referentni signal (jer su sinusne i kosinusne funkcije ortogonalne na istoj frekvenciji).

3. MERENJE NA INTERVALU

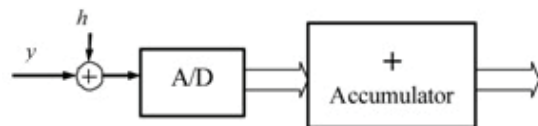
Prednosti ove metode su:

- merenje na visokim frekvencijama
- merenje signala sa šumom
- visoka linearnost i niska merna nesigurnost

Ove prednosti se često pojavljuju istovremeno i tako obezbeđuju rezultate sa visokom tačnošću u oblastima u kojima to ranije nije bilo moguće. Najbrži uređaji za konverziju analognog u digitalni signal su flash A/D konvertori čija rezolucija iznosi do 10 bita. Međutim, dodavanjem svakog novog bita u cilju povećanja rezolucije, kompleksnost hardvera se udvostručuje pa je stoga poželjno korišćenje manjeg broja bita odnosno niže rezolucije. Pokazalo se da se dodavanjem nasumičnog uniformnog šuma-ditera A/D konvertoru na ulaz, značajno smanjuje dužina reči, a da se pri tom ne gubi na tačnosti. Ovo značajno pojednostavljuje hardver instrumenta za precizno merenje harmonika.

3.1. Jednokanalni instrument

Ovakav instrument meri prosečnu vrednost ulaznog signala y . Pogodan je za merenje DC ili sporopromenljivih veličina [5].



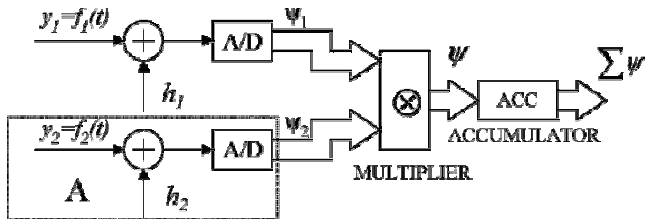
Slika1: Osnovna struktura za merenje srednje vrednosti signala

S obzirom da je dužina reči (broj bita) A/D konvertora kratka, greška rezolucije postaje prilično velika. Da bi se smanjio njen uticaj, merenom signalu y se dodaje

uniforman slučajan šum-diter koji je u opsegu jednog kvanta A/D konvertora a njegova srednja vrednost je jednaka nuli. Na ovaj način se merna nesigurnost A/D konvertora smanjuje sa povećanjem vremenskog intervala merenja, kao i frekvencije odabiranja.

3.2. Dvokanalni instrument

Hardveru se dodaje dodatni kanal (A/D konvertor i generator šuma - ditera) i množač. Na ovaj način uređaj može da meri integral proizvoda signala $y_1(t)$ i $y_2(t)$ odnosno dve fizičke veličine npr. napon i struja, pritisak i temperatura itd [6].



Slika2: Stohastički digitalni procesor ortogonalnih transformacija, struktura sa dva kanala; blok A se može zameniti memorijskim blokom koji se koristi prilikom merenja harmonika.

Diter signali h_1 i h_2 moraju biti nekorelisani i sa uniformnom raspodelom. Kao takvi, dodaju se analognim sabiračem na signale $y_1(t)$ i $y_2(t)$, respektivno. Tokom vremenskog intervala merenja $t_2 - t_1$, izlaz iz instrumenta dat je izrazom:

$$\bar{\psi} = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} f_1(t) f_2(t) dt \quad (10)$$

Da bi se merila vrednost harmonika ulaznog signala y_1 , na ulazu drugog kanala treba biti sinusna ili kosinusna funkcija. Na ovaj način, koeficijenti ortogonalne transformacije mogu vrlo precizno da se mere. Kako su tada signali u drugom kanalu poznate osnovne funkcije (sin i cos), signali, diter i izlaz iz A/D konvertora mogu se unapred proračunati i rezultati smestiti u memoriju. Na Slici2 ovaj slučaj je prikazan uokvirenim delom A koji predstavlja memorijski blok. Izlaz iz memorijskog bloka se direktno povezuje na množač, čime se A/D konvertor u drugom kanalu eliminiše i ubrzava se procesiranje. Ovakva struktura je nazvana "stohastički digitalni procesor ortogonalnih transformacija".

Ako je $y_2 = R \cos i\omega t$, izlaz iz akumulatora je

$$\bar{\psi} = \frac{1}{T} \int_0^T f_1(t) R \cos i\omega t dt \quad (i = 0, 1, 2, \dots, n) \quad (11)$$

gde je R opseg signala, i -redni broj harmonika, ω -osnovna frekvencija. Poredeći ovaj izraz sa izrazom za kosinusnu komponentu Furijeovog reda, dobijamo da je

$$a_i = \frac{2}{T} \int_0^T f_1(t) \cos i\omega t dt = \frac{2\bar{\psi}}{R} \quad (12)$$

Znači, izlaz iz akumulatora daje jednu polovinu i -tog kosinusnog koeficijenta pomnoženu vrednošću opsega R .

Slično tome, ako je $y_2 = R \sin i\omega t$, tada je

$$\bar{\psi} = \frac{1}{T} \int_0^T f_1(t) R \sin i\omega t dt \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (13)$$

odakle sledi sinusna komponenta i -tog harmonika:

$$b_n = \frac{2}{T} \int_0^T f_1(t) \sin i\omega t dt = \frac{2\bar{\psi}}{R} \quad (14)$$

Na ovaj način se lako mogu dobiti sinusna i kosinusna komponenta i -tog harmonika a samim tim i izračunati amplituda i faza svakog harmonika.

Usled digitalizacije signala (kvantizacija i kodovanje) javlja se greška koja se može definisati kao razlika između signala na izlazu množača i proizvoda dva ulazna signala:

$$e = \psi - y_1 y_2. \quad (15)$$

Stoga, varijansa srednje greške je:

$$\sigma_e^2 = \frac{\sigma_e^2}{N} \leq \frac{\sigma_s^2}{N} \quad (16)$$

gde je N ukupan broj odbiraka na mernom intervalu $t_2 - t_1$, a stohastička varijansa je određena kvantnim korakom odnosno rezolucijom odgovarajućeg A/D konvertora (Δ) i iznosi

$$\sigma_s^2 = \frac{\Delta^2}{4} \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} [f_1^2(t) + f_2^2(t)] dt + \frac{\Delta^4}{16} \quad (17)$$

Prilikom uobičajenog merenja, rezolucije oba A/D konvertora su identične tj. $\Delta_1 = \Delta_2$. Međutim, kada instrument meri komponente harmonika, A/D konvertor kao i signal i diter na drugom kanalu se zamenjuju memorijskim blokom koji sadrži izračunate vrednosti ditera i osnovne funkcije, čime se otvara mogućnost da memorisane funkcije na ulazu drugog konvertora budu veće rezolucije u odnosu na mereni signal odnosno da se izvrši odabiranje y_1 signala na nižoj rezoluciji tj. sa manjim brojem bita, tako da je $\Delta_1 \neq \Delta_2$. Amplitudski opsezi oba ulazna signala ostaju identični, $R_1 = R_2 = R$. Kako je vrednost jednog kvanta data formulom

$$\Delta_i = \frac{R}{2^{m_i-1} - 1} \quad (18)$$

gde m_i predstavlja broj bita odgovarajućeg A/D konvertora, sledi da ukoliko je $m_1 \neq m_2$ onda je i $\Delta_1 \neq \Delta_2$. Stohastička varijansa tada postaje:

$$\sigma_s^2 = \frac{\Delta_1^2}{4(t_2 - t_1)} \int_{t_1}^{t_2} f_2^2(t) dt + \frac{\Delta_2^2}{4(t_2 - t_1)} \int_{t_1}^{t_2} f_1^2(t) dt + \Delta_1^2 \frac{\Delta_2^2}{16} \quad (19)$$

Ukoliko usvojimo da je rezolucija u kanalu 2 veća, $\Delta_1^2 \gg \Delta_2^2$, tada se drugi i treći član u gornjem izrazu mogu zanemariti, tj. izraz postaje

$$\sigma_s^2 = \frac{\Delta_1^2}{4(t_2 - t_1)} \int_{t_1}^{t_2} f_2^2(t) dt \quad (20)$$

Da bi ova aproksimacija bila dovoljno tačna, potrebno je da je Δ_1^2 bar deset puta veće od Δ_2^2 . Ako je $\Delta_1 \geq 4\Delta_2$, prethodni uslov je ispunjen. Ovo znači da je dovoljno da je razlika u rezoluciji 2 bita, odnosno memorisani uzorci signala $y_2 + h_2$ treba da imaju rezoluciju (dužinu reči) bar 2 bita veću od ulaza A/D konvertora y_1 . Veća razlika u rezoluciji nema značaja jer samo povećava kompleksnost hardvera, bez poboljšanja tačnosti merenja.

Takođe, usled promene rezolucije drugog kanala u odnosu na rezoluciju A/D konvertora menja se i varijansa greške merenja i sada, na osnovu (16), iznosi:

$$\sigma_e^2 \leq \frac{1}{N} \frac{\Delta_1^2}{4} \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} f_2^2(t) dt \quad (21)$$

Pošto je signal y_2 sinusni ili kosinusni talas bez DC komponente, njegov kvadrat norme je zapravo njegova RMS vrednost

$$\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} f_2^2(t) dt = F_2^2 \quad (22)$$

pa se dobija da je apsolutna varijansa srednje greške merenja:

$$\sigma_e^2 \leq \frac{1}{N} \frac{\Delta_1^2}{4} F_2^2 \quad (23)$$

Na osnovu ovog se može zaključiti da je gornja granica apsolutne merne nesigurnosti za koeficijente a_i i b_i , nezavisna od reda harmonika kao i od merene funkcije. Ovo znači da je gornja granica apsolutne merne nesigurnosti identična za sve koeficijente tj. za sve harmonike, jer je F_2 za svaku ortonormiranu osnovnu funkciju identičan. Za Furijeov ortogonalni skup važi da je $F_2 = \frac{1}{\sqrt{2}}$ za sve koeficijente izuzev a_0 , gde je $F_2 = 1$.

4. ZAKLJUČAK

Rad prikazuje osvrst, pre svega, u vidu matematičke analize postupaka na kojima se bazira upotreba opisanih instrumenta. Ovi instrumenti naizgled imaju iste matematičke alate kojima se koriste ali nijanse koje preovlađuju u praktičnim primenama ipak daju konačnu notu jednostavnosti i fleksibilnosti.

Lock-in pojačavač se prvenstveno temelji na preciznoj detekciji signala, bilo da je praćen šumom ili ne, primenom pojačavača i faznog detektora, nakon čega se suvišni delovi odstranjuju pomoću odgovarajućeg filtra. Stohastički procesor ortogonalnih transformacija je, pre svega, baziran na upotrebi slučajnog uniformnog ditera pri harmonijskom merenju jer se time značajno smanjuju rezolucije kako ulaza A/D konvertora tako i ulaza primenjene bazne funkcije smeštene u memoriji a pri tom se ne gubi na tačnosti. Takođe je teorijski demonstrirano da je gornja granica apsolutne merne nesigurnosti ista za svaki harmonijski koeficijent.

5. LITERATURA

- [1] Ž.Trpovski, V.Milošević, M.Temerinac, "Osnovi telekomunikacija", Novi Sad, 2002. god.
- [2] DSP Research Project: DSP Lock-In Amplifier, *Physics 351: Digital Electronics*
- [3] Wikipedia, free encyclopedia
- [4] Stanford Research Systems, "About Lock-In Amplifiers"
- [5] V.Vujičić, I.Župunski, Z.Mitrović, M.Sokola, "Measurement in a point versus measurement over an interval", *XIX IMEKO World Congress Fundamental and Applied Metrology September 6-11, 2009, Lisbon, Portugal*
- [6] V.Pjevalica, V.Vujičić, "Further Generalization of the Low-Frequency True-RMS Instrument", *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, vol. 59, no. 3, March 2010

Kratka biografija:

Danka Obrenić rođena je u Novom Sadu 1982. god. Diplomski – master rad na Fakultetu Tehničkih Nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Telekomunikacije odbranila je 2011. god.

Vladimir Vujičić rođen je u Novom Sadu 1947. god. Doktorirao je na Fakultetu Tehničkih Nauka 1992. god. a sada je redovni profesor. Oblast interesovanja su merenja u telekomunikacijama i merenja u EES.

**KONTROLISANE I UPRAVLJANE INSTALACIJE ZGRADA
CONTROLLED AND MANAGED BUILDING INSTALATIONS**Marko Tikvicki, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U radu su opisani sistemi za automatizovanje električnih instalacija zgrada, kao i međusobno poređenje pojedinih sistema. Na kraju rada je prikazan primer automatizovane stambene zgrade sa osnovnim elementima automatike.

Abstract – The paper describes systems of home and building control, their comparison and comparison of several solution in systems. At the end, there is an example of home automation with basic elements of automation.

Ključne reči: Kontrolisane instalacije, upravljane instalacije, inteligentne instalacije

1. UVOD

Rad se bavi pregledom i međusobnim poređenjem sistema i rešenja za automatizovanje električnih instalacija u zgradama. Cilj rada je upoznavanje budućih projekatana sa novim tehnologijama, kao i olakšavanje primene iste.

U klasičnim električnim instalacijama trošilo se uključuje direktno. Npr. prekidač se nalazi direktno na trošilu ili se njime komanduje preko releja. Žična šema manipulacije prekidačem i trošilom najčešće je i uslovljena nekom funkcijom. U električnim automatizovanim instalacijama (tzv. „Inteligentnim instalacijama“) trošilo se uključuje indirektno preko uređaja automatike, a programom se definiše funkcija tj. koji prekidači (tasteri) šta kontrolišu i čime sve mogu biti pobuđeni. Na ovaj način je moguće automatizovati instalaciju jer zahtevane funkcije više nisu određene žičanim vezama.

Postoji više različitih tipova sistema kućne automatike. Generalno gledano sistemi se mogu podeliti na integrisane (koji u centralnom uređaju sadrže glavnu jedinicu, prekidačke i kontrolne elemente) i na sabirnički bazirane (BUS based) uređaje (kod kojih je ceo sistem decentralizovan tako da ima više uređaja različitih funkcija koji zajedno čine celinu).

Automatika zgrade (Building Automation)

Sistem automatike zgrade (Building automation system - BAS), obezbeđuje udobne unutrašnje uslove kontrolisanjem grejanja, ventilacije, klimatizacije i drugih sistema.

Cilj automatizacije instalacija zgrade je povećanje funkcionalnosti, smanjenje troškova održavanja i povećanje energetske efikasnosti.

Dobiti su značajne pogotovo u većim i kompleksnim zgradama gde je primenjen BAS.

Automatika kuće (Home automation)

Kućna automatika je formirana kao jedan ili više povezanih uređaja i sistema, koji rade u svrhu povećanja komfora, energetske efikasnosti i bezbednosti.

Razlika između automatike zgrade i kuće je u sledećem : automatika kuće je manja po veličini i operacijam i kućna automatika je prvenstveno usmerena na povećanje komfora korisnika, dok je za automatiku zgrade najbitnije da ostvaruje što veće ekonomske dobiti i da poveća produktivnost zaposlenih.

Rad se nadovezuje na diplomski rad “Inteligentne instalacije u objektima” kandidata Boška Joksimovića u kome je predstavljan integrisan sistem automatike i njegovih delova, te će u ovom radu posebna pažnja biti posvećena sabirničkom sistemu automatike, pošto su to dva moguća rešenja kućne automatike.

2. PRIMENA I PREDNOSTI SABIRNIČKIH SISTEMA

Primena sabirnički bazirane automatike u električnim instalacijama obezbeđuje razne prednosti za projektante, elektroinstalatore i klijenta/krajnjeg korisnika

Kod njih je moguć odabir komponenata nezavisno od proizvođača. Uređaji različitih proizvođača "rade" zajedno na osnovu funkcionalnosti koja je definisana standardom. Projektovanje električne instalacije je moguće čak iako krajnji zahtevi nisu potpuno definisani. Funkcije iz različitih oblasti (npr. osvetljenje i sigurnost) mogu biti povezane. Kasnije modifikacije i proširenja mogu na jednostavan način biti uvažene bez potrebe za ponovnim projektovanjem instalacije i ožičenjem. Moguće je planiranje raznolikih instalacija sa sabirničkim sistemom od obične kućne instalacije do složenih funkcija za menadžment zgrade.

Sabirnički sistem je fleksibilan u slučajevima modifikacije i proširenja, pri čemu je dostupnost električnih uređaja za ugradnju obezbeđena raznolikošću proizvođača i standardima.

Daljinski pristup sistemu zarad nadzora i uvida u stanje je moguć putem interneta ili mobilnih uređaja.

Sistem automatike nudi oblasti kao što su: bezbednosni nadzor kada je korisnik odsutan, prilagođavanje instalacije najnovijim tehnologijama, optimizacija instalacije prema zahtevima energetske efikasnosti i mnoge druge.

NAPOMENA:

Ovaj rad je proistekao iz diplomskog-master rada čiji mentor je dr Ljubomir Gerić, red.profesor.

3. AUTOMATIKA SA SABIRNIČKIM KABLOM KAO VEZOM ZA PRENOS INFORMACIJA

Kada se koristi sabirnički kabel kao veza za prenos informacija, sistem predstavlja hijerarhijsku strukturu koja se sastoji od linija – magistrala i oblasti - područja.

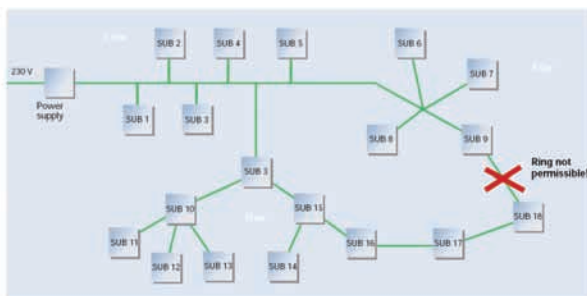


Slika 3.1 Kabel za sabirničku instalaciju automatike

Jedna parica se koristi za prenos informacija, a druga za napajanje sabirničkih uređaja

Linija - magistrala

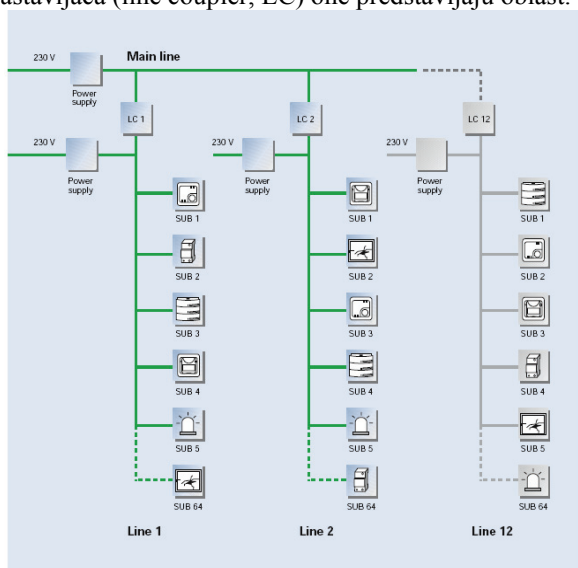
Najmanji deo sabirničke instalacije je linija. Linija se može sastojati iz najviše četiri linijska segmenta, svaki sa najviše po 64 uređaja. Tačan broj uređaja priključenih na liniju zavisi od izabrane napojne jedinice i potrošnje pojedinačnih uređaja.



Slika 3.2 Prikaz linije sabirničke instalacije [1]

Oblast - područje

Ako se koristi više od jedne linije, maksimalno 15, povezanih na glavnu liniju (main line) preko linijskih sastavljača (line coupler, LC) one predstavljaju oblast.



Slika 3.3 prikaz oblasti sabirničke instalacije [1]

Takođe, više oblasti može da se poveže u skup oblasti uz pomoć glavnih sastavljača.

4. PLANIRANJE, PROJEKTOVANJE I ISPITIVANJE

4.1 Planiranje

Prvi korak u planiranju, pravljenju idejnog rešenja, je određivanje tj. tačno definisanje potrebe klijenta/korisnika i specifikacija zahteva. Na osnovu zahteva, kao rezultat planiranja stvara se koncept. Za pravljenje koncepta od ključne važnosti je poznavanje sistema i uređaja. Nakon konsultacije i odobrenja Investitora (klijenta/korisnika), na osnovu koncepta pravi se idejni projekat ili idejno rešenje.

4.2 Projektovanje

U fazi projektovanja vrši se izbor opreme i uređaja, razmatra se njihova lokacija, kao i postavka koja može biti centralna ili distribuirana. Instalacija za potrebe automatike se polaže u instalacionim zonama, pri čemu treba posvetiti pažnju uslovima koji važe u prostoriji i specifičnostima opreme.

4.3 Ispitivanje

Pre puštanja instalacije automatike u rad, neophodno je izvršiti njeno funkcionalno ispitivanje. Ispitivanje se vrši na svim spojnim tačkama instalacije.

5. VEZE – INTERFEJSI SA DRUGIM SISTEMIMA

U nekim slučajevima je neophodno povezati sabirničku instalaciju sa drugim sistemima u zgradi. Za tu svrhu postoje razni interfejsi ili veze (gateway), različitih sistema. Sa tim vezama moguće je ostvariti:

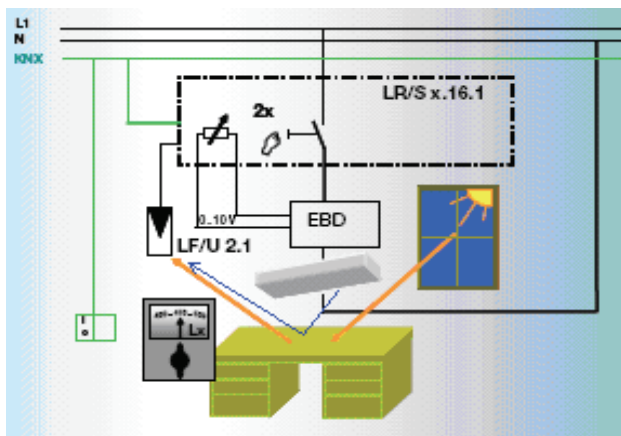
- slanje govorne poruke, elektronske pošte i SMS-a,
- slanje automatizovanih signala,
- reprogramiranje uređaja u KNX instalaciji, i mnoge druge funkcije

Ugrađene funkcije u vezama su specifične, u zavisnosti od sistema i namene.

6. OSVETLJENJE SA SISTEMOM AUTOMATIKE KNX

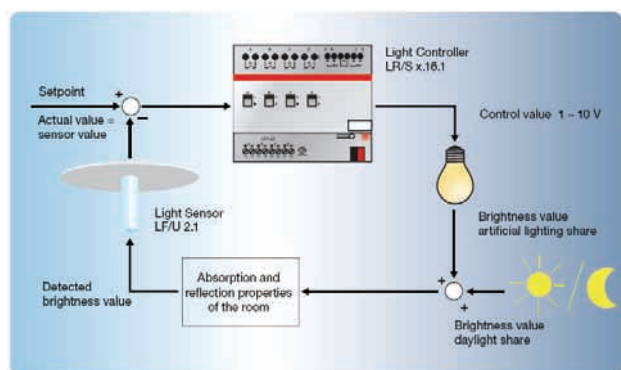
Osvetljenje doprinosi osećaju udobnosti boravka u prostoriji i potrebama vezanim za preciznost izvođenja nekih operacija. Stoga je ta oblast veoma važna. Dostupno je više načina i funkcija upravljanja osvetljenjem, na osnovu čega se biraju odgovarajuća oprema.

Odgovarajućim načinom upravljanja svetiljki može se obezbediti konstantna osvetljenost i pri tome ostvariti ušteda u potrošnji električne energije. Na sledećoj slici dat je primer takve realizacije:



Slika 6.1 Prikaz realizacije regulacije konstantnog osvetljenja [2]

Blok dijagram upravljanja



Slika 6.2 Prikaz blok dijagrama regulacije konstantnog osvetljenja [2]

7. DALI SISTEM OSVETLJENJA

DALI je skraćenica od „Digital Addressable Lighting Interface“, što se može prevesti kao digitalni adresabilni interfejs za potrebe osvetljenja. Ovaj sistem je opšte prihvaćen od strane velikog broja proizvođača i nudi brojne prednosti u odnosu na druga rešenja.

DALI sistem se može povezati na više načina sa glavnim sistemom automatike zgrade, tako da DALI sistem može biti samostalan, može da radi u okviru glavnog sistema kao nezavisan ili pak kao zavisni podsistem.

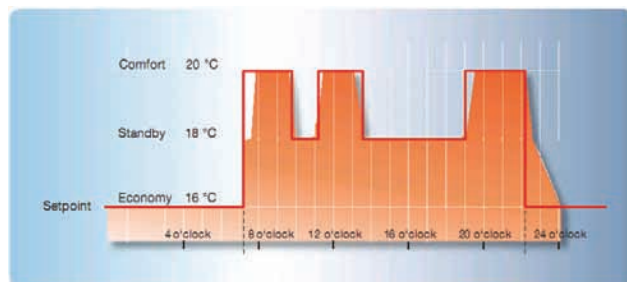
8. GREJANJE, VENTILACIJA I KLIMATIZACIJA

Odgovarajuća sobna temperatura doprinosi u velikoj meri osećaju udobnosti, komforu korisnika.

Zasebna regulacija sobnih temperatura je pogodna za ostvarivanje različitih zahteva u zavisnosti od lokacije, namene prostorije i potrebe (npr. 16-18 °C za kuhinju i spavaću sobu, 21°C za dnevnu 22°C ili više za kupatilo). Sistem zagrevanja mora imati mogućnost i opremu za regulaciju sobne temperature na grejnom uređaju svake prostorije zasebno. To se ostvaruje npr. upotrebom termostata i uređaja za upravljanje ventilima centralnog grejanja.

Ušteda u energiji se može ostvariti i automatskim smanjivanjem temperature u prostoriji u kojoj npr. neko

može otvoriti prozor, kao i korišćenjem više načina rada u zavisnosti od potrebe korisnika.

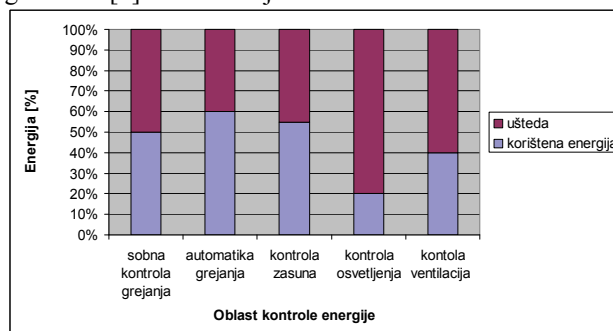


Slika 8.1 - Primer vremenske kontrole grejanja sa tri različite ciljne temperature,

9. RACIONALIZACIJA POTROŠNJE ENERGIJE U OBJEKTU

Sistemi automatike za zgradu i kuću nisu još energetske sertifikovani, iako nude brojne mogućnosti za optimizaciju i uštedu energije. Kućna automatika ima mogućnost upravljanja svih oblasti potrošnje energije.

Moguće su uštede iz raznih oblasti potrošnje prikazane grafikom [4] na narednoj slici



Slika 9.1 Prikaz korištene energije i uštede u automatizovanoj instalaciji u odnosu na konvencionalnu instalaciju

Ušteda u velikoj meri zavisi od toga koliko je cela zgrada efikasna i kakve su navike korisnika.

10. PRIMER AUTOMATIZOVANE ISNTALACIJE STAMBENE ZGRADE

U radu je prikazan jednostavna primer automatizovane instalacije stambene zgrade. Instalacije koje su obuhvaćene automatikom su: grejanje, osvetljenje i pojedini strujni krugovi priključnica i trošila. Predviđena je centralna postavka aktuatora (izvršnih uređaja) sa ugradnjom u razvodni orman na tipsku šinu, jer je objekat manjih dimenzija i time se doprinosi preglednijoj instalaciji sa manjim troškom – investicijom po automatizovanom trošku.

Kao sabirnica - BUS za prenos informacija za potrebe uređaja automatike predviđena je sabirnička instalacija koja se izvodi kablom JY(ST)Y 2x2x0,8mm. Istim kablom se ostvaruje i napajanje sabirničkih uređaja. Napojna jedinica je smeštena u razvodnom ormanu i treba da ima mogućnost povezivanja na akumulator, čime se obezbeđuje nesmetani rad automatike u slučaju kratkotrajnih prekida napajanja sa mreže.

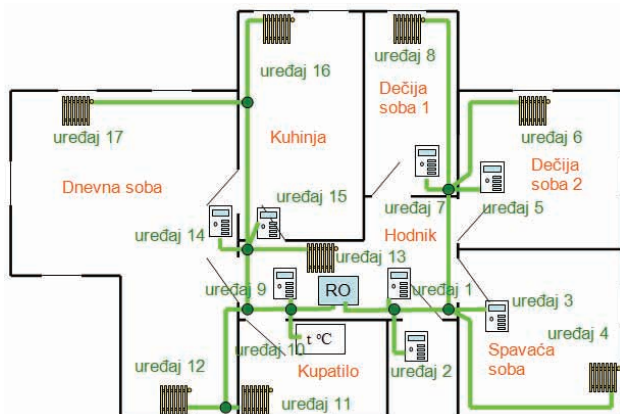
Predviđeni su kombinovani višefunkcijski senzori – paneli postavljeni u svakoj prostoriji, koji na sebi imaju višenamenske – prilagodljive tastere, senzor i regulator temperature.

Za upravljanje grejnim telima – radijatorima predviđeni su elektromehanički upravljači, povezani direktno na sabirnicu automatike. Uređaje postavljene u kupatilu (senzor temperature i elektromehanički ventil) treba odabrati tako da budu otporni na vlažne uslove sredine.

Sve svetiljke su upravljive uz pomoć senzora – panela u prostoriji i aktuatora u razvodnom ormanu. Postoje dve vrste predviđenih svetiljki: svetiljke sa svetlosnim izvorom koji ima mogućnost prigušivanja kontrolom ugla faze (npr. halogena sijalica) i svetiljke sa svetlosnim izvorom bez mogućnosti prigušivanja.

Priključnice namenjene za pojedina trošila (štednjak u kuhinji, noćna lampa u prostorijama) i pojedina trošila (el.grejalica za kupatilo, el.akumulacioni bojler) su upravljivi preko aktuatora u razvodnom ormanu, a njihovo upravljanje (zahtevanje promene stanja) se može izvršiti preko zidnog panela.

Automatika i sva njena oprema radi na sistemu KNX koja ima vezu na Internet preko posebnog uređaja – veze (gateway-a). Na taj način svi uređaji su upravljivi daljinski preko računara ili telefona sa pristupom na Internet.



Slika 10.1 Sabirnička instalacija i sabirnički uređaji automatike

10. ZAKLJUČAK

Sistemi za automatizaciju električnih instalacija zgrade i kuće su prisutni već dugi niz godina, a još uvek nisu stekli dovoljnu popularnost u primeni uprkos svim prednostima koje nude u odnosu na klasične instalacije. Razlozi za to su svakako još uvek visoka cena automatskih sistema ali i nedovoljna informisanost projekatanta i kranjih korisnika mogućnostima ovih sistema.

Za buduće vreme, veoma je izvestan rast cene svih energenata i blagi pad cene automatskih sistema, te se može očekivati da će automatizacija kućnih instalacija i instalacija zgrada biti ekonomski opravdana, jer će ona omogućavati znatne uštede u potrošnji energije (grejni, rashladni, ventilacioni, sistem osvetljenja...) a pored toga će doprineti i povećanju komfora korisnika.

U radu se ističe poseban značaj projektovanja instalacija automatike u svim novim objektima ili objektima pod rekonstrukcijom, kako bi se objekti u nekom budućem vremenu što lakše, jednostavnije i jeftinije automatizovao.

11. LITERATURA

- [1] KNX Handbook for Home and Building Control
- [2] ABB i-bus® KNX Application Manual Lighting
- [3] ABB i-bus® KNX Application manual Heating/Ventilation/Air Conditioning
- [4] Karin Jahn, Klaus-Dieter Clausnitzer: Erfolgskontrolle des Einsatzes Zentraler Raumlufttemperaturregler – Feldversuch in Bremen, bremer Energie institut, Bremen, Juli 2007

Kratka biografija:



Marko Tikvicki rođen je u Subotici 1985. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – električne instalacije braniće 2011. godine.

SMERNICE ZA PRIMENU DISTANTNIH RELEJA INSTRUCTIONS FOR APPLICATION OF DISTANCE RELAYS

Aleksandar Stajić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – Relejna zaštita predstavlja veoma važan deo elektroneregetskog sistema. Njen osnovni zadatak je da štiti elemente sistema od mogućih kvarova koji se mogu javiti. Rastom elektroenergetskih sistema, mreže postaju sve upetljanije, a samim tim odabir adekvatne zaštite od kratkih spojeva predstavlja bitan segment elektroenergetike. Relejna zaštita treba da obezbedi selektivnost i sigurnost sistema. Distantni releji koji će biti obrađivani u ovom radu obezbeđuju navedene zahteve. U ovom radu navedene su karakteristike distantnih releja, problemi koji se javljaju pri podešavanju releja, kao i problemi koji utiču na ispravan rad distantnih releja. Predstavljeni su fazni distantni releji kao i releji nulte komponente koji štite sistem od dozemnih krakih spojeva.

Abstract – Relay protection presents a very important part of power systems. The main task of relay protection is to protect system elements from the potential faults. With growth of a power system, its network is more meshed. As a consequence of the meshed configuration, setting of the relay protection is an important part of power engineering. The relay protection should provide selectivity and security of power system operation. Distance relays which are presented in this paper provide characteristics which are mentioned. In this paper are given characteristics of distance relays, problems in setting of this relays and problems which have effect on accurate operation of distance relays. Also, in this paper are presented phase distance relays and zero sequence relays which protect the system from phase-ground faults.

Ključne reči: Distantni releji, otpor luka na mestu kvara, ugao maksimalnog obrtnog momenta.

1. UVOD

U elektroenergetski sistem se ugrađuje veliki broj releja koji moraju da obezbede zaštitu sistema od kratkih spojeva i od opasnih pogonskih stanja. Releji moraju da na vrijeme isključe kvar u mreži koju štite. Distantni releji spadaju u releje složene konstrukcije [2].

U sistemu koji štite od kratkih spojeva priključuju se preko naponskih i strujnih mernih transformatora.

U ovom radu opisuju se osnovna svojstva distantnih releja, kao i problemi koji nastaju prilikom podešavanja releja. Akcenat je stavljen na fazne releje, ali da bi se dobila celovita slika, predstavljeni su i distantni releji nulte komponente.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio prof. dr Duško Bekut.

U poglavlju 2 ukratko je opisan princip rada i stvaranje otklona obrtnog momenta distantnih releja.

U poglavlju 3 objašnjene su osnovne karakteristike distantnih releja. Opisana je podela distantnih releja, način stvaranja obrtnog momenta i date su karakteristike koje su predstavljene u R-X ravni.

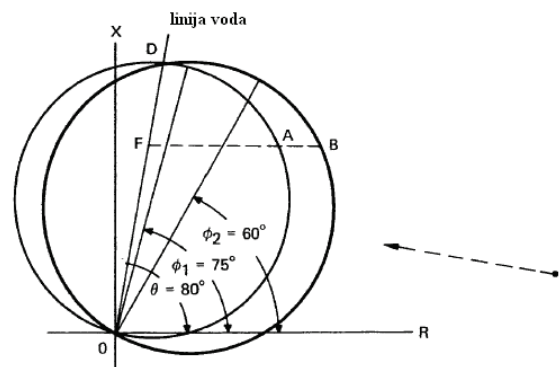
U poglavlju 4 objašnjeni su problemi koji nastaju usled pojave električnog luka na mestu kvara i kako električni luk utiče na podešavanje releja.

U poglavlju 5 dat je kratak zaključak o distantnoj zaštiti.

U poglavlju 6 navedena je literatura korištena za pisanje ovog rada.

2. UGAO MAKSIMALNOG OBRTOG MOMENTA

Ugao maksimalnog obrtnog momenta nekog prostog admitantnog releja predstavlja ugao pod kojim se ima maksimalan doseg. Na slici 2.1 ugao maksimalnog obrtnog momenta (ϕ) predstavlja ugao između prečnika $\overline{OB}$ karakteristike i R ose.



Slika 2.1 - Karakteristika obrtnog momenta admitantnog releja

Važnost ovog ugla je dvojaka. Kao prvo, on određuje veličinu otpora luka na mestu kvara koga relej može da detektuje. To je ilustrovano na slici 2.1, gde su dva admitantna releja, jedan sa maksimalnim uglom obrtnog momenta od 60° , drugi od 75° , podešena tako da imaju isti doseg ($\overline{OD}$) duž jednog prenosnog voda, čija linija je pod uglom od 80° . Takođe, na slici 2.1 je prikazano da će karakteristika sa manjim uglom maksimalnog obrtnog momenta prihvatiti veći otpor na mestu kvara.

Na primer, kod kvara u tački F na prenosnom vodu, otpor na mestu kvara kojeg će karakteristika pod uglom od 60° prihvatiti biće za duž AB veći od onog kojeg će prihvatiti karakteristika pod uglom od 75° . Napomenimo da veličina ove razlike varira sa mestom kvara duž štice vod.

Ponašanje admitantnog releja u uslovima velikog opterećenja i njihanja sistema takođe zavisi od ugla maksimalnog obrtnog momenta. Na slici 2.1 neka tačka L predstavlja prividnu ulaznu impedansu na R-X dijagramu. Sa rastom dosega admitantnog releja, karakteristika će se povećati i dostići će prividnu impedansu opterećenja. Povećanjem dosega admitantnog releja, on postaje pogodniji za rad sa njihanjem sistema koji izaziva kretanje prividne ulazne impedanse u smeru isprekidane strelice na slici 2.1. Interesantno je napomenuti da na sekundarnoj strani strujnog transformatora, ulazna struja od 5 A pri nominalnom naponu 66.3V, predstavlja prividnu ulaznu impedansu od 13.3Ω na sekundarnoj strani mernog transformatora. Ugao ove impedanse je određen faktorom snage opterećenja. [1]

Kod zaštitne šeme releja koja za tri zone zaštite koristi admitantne releje, relej prve zone je podešen za najmanji doseg (generalno, ne veći od 90% dužine štice vodova), dok je relej treće zone podešen za najveći doseg. Releji druge zone je podešen za doseg negde između prve i treće zone. Uz takvu postavku, prva zona će da prihvati najmanju količinu otpora luka. Releji treće zone treba da prihvati najveći otpor luka na mestu kvara i biće najpogodniji za rad sa njihanjem sistema. Dakle, tamo gde su ovi faktori važni, poželjno je koristiti admitantni relej prve zone sa relativno malim uglom maksimalnog obrtnog momenta, dok releji druge i treće zone imaju veći ugaon maksimalnog obrtnog momenta. Na taj način releju prve zone omogućuje se prihvatanje većeg opterećenja na mestu kvara, ali zbog svog kratkog dosega, njegova osetljivost na njihanje sistema biće minimalna. Sa druge strane, releji druge i treće zone, zbog njihovog većeg dosega, prihvatiće znatan otpor na mestu kvara, ali zbog većih uglova njihovog maksimalnog obrtnog momenta, njihova osetljivost na njihanje sistema će se smanjiti.

Kada se admitantni relej koristi za zaštitu kratkog voda, potrebno je koristiti relej sa malim uglom maksimalnog obrtnog momenta kako bi se omogućilo prihvatanje maksimalnog otpora luka na mestu kvara.

Ugaon maksimalnog obrtnog momenta ugaono admitantnog releja definisan je kao njegov maksimalni obrtni moment kada je podešen za nulto pomeranje. Drugim rečima, ugaon maksimalnog obrtnog momenta ugaono admitantnog releja se dobija uz pretpostavku da je relej podešen na nulto pomeranje i ugaon maksimalnog obrtnog momenta tada predstavlja ugaon pri kojem se ima najveći doseg.

Kada se karakteristika admitantnog releja poklapa sa linijom voda, tada se ima nulto pomeranje. Generalno, ugaono admitantni relej predstavlja jedinicu druge ili treće zone štice vodova.

Kod releja prve zone nikada nema pomeranja, pošto karakteristike brzog releja prve zone moraju da budu usmerene, izuzev kod radijalnih mreža. Za ugaono admitantne releje važe iste napomene u pogledu otpora na mestu kvara i njihanja sistema koje važe i za prost admitantni relej.

Ugaon maksimalnog obrtnog momenta kod karakteristike omskog releja iznosi 90° . To je standardni omski relej koji se koristi kod releja za zaštitu prenosnih vodova. Očigledno je da će ovaj tip karakteristike prihvatiti znatno veći otpor na mestu kvara nego admitantni relej prve zone sa istim dosegom duž prenosnog voda.

3. JEDNAČINE OBRITNOG MOMENTA DISTANTNOG RELEJA

Pošto su admitantni i reaktantni releji u suštini jednofazni releji koji se koriste za zaštitu od međufaznih kvarova, za zaštitu sve tri faze potrebna su tri releja. Kod trofaznih kvarova sva tri releja su operativna. Da bi sistem bio zaštićen od svih mogućih kratkih spojeva koji se javljaju u sistemu potrebna su tri međufazna releja i tri fazna releja. Ovakva izvedba releja je dosta skupa, pa je primenu našla tamo gde je potrebna ekstremno brza zaštita. U sledećim poglavljima date su jednačine koje opisuju admitantne, reaktantne i impedantne releje za bilo koji par faza. Naponi i struje, koji su označeni indeksiranim slovom E, odnosno I, u suštini predstavljaju dvojne kvantitete.

3.1 Ugaono admitanti relej

Operativni obrtni moment kod ugaono admitantnog releja računa se na bazi sledećeg izraza:

$$KI_0(E + I_0Z_T) \times \cos(\theta - \varphi) \quad (1)$$

dok se kočioni obrtni moment računa se na bazi sledećeg izraza:

$$T(E + I_0Z_T) \times (E + I_0Z_T) + K_S \quad (2)$$

gde je:

K – projektna konstantna

T – strujno podešenje releja u procentima

K_S – konstanta obrtnog momenta kontrolne opruge

I_0 – radna struja u kalemu

Z_T – impedansa prenosnog voda

E – napon koji je doveden u relej

φ – maksimalni ugaon obrtnog momenta (projektna konstanta)

Treba napomenuti da su jednačine za radne i kočione obrtne momente ugaono admitantnog releja iste kao i jednačine za prosti admitantni relej, osim što je I_0Z_T deo polarizacionih i kočionih napona. Admitantni relej je usmereni relej jer njegova karakteristika prolazi kroz koordinatni početak. Karakteristika admitantnog releja je prikazana na slici 2.1.

3.2 Reaktantni relej

U zavisnosti od vrednosti unutrašnjeg ugla relaja φ postoje reaktantni i rezistantni relej. Kod reaktantnog releja unutrašnji ugaon φ jednak je 90° , dok je kod rezistantnog releja unutrašnji ugaon relaja φ jednak 0° . Jednačine za izračunavanje obrtnog momenta reaktantnog releja su:

$$KI_0I_P \quad (3)$$

dok se kočioni obrtni moment računa se na bazi sledećeg izraza:

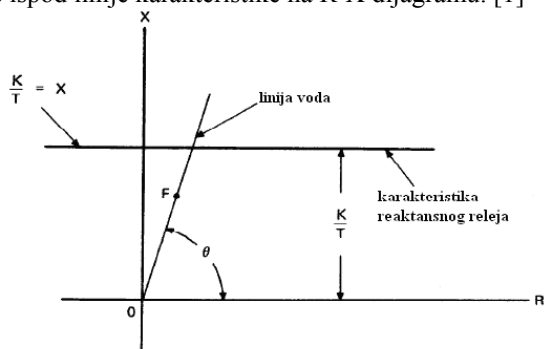
$$TE_RI_P \sin \theta + K_S \quad (4)$$

gde je:

K – projektna konstanta

T – strujno podešenje releja u procentima
 K_S – konstanta obrtnog momenta kontrolne opruge
 I_O – radna struja u kalemu (u suštini, to je ista struja koja se uvodi u dva odvojena kola)
 I_P – polarizaciona struja u kalemu
 E_R – granični napon kola
 θ – ugao pod kojim I_O kasni za E_P (ugao impedanse prenosnog voda)
 Izjednačavanjem radnih i graničnih obrtnih momenata, poništenjem pobudnih struja I_P iz jednačina (3) i (4), prepoznavanjem da je $\frac{E_R}{I_O} \sin \theta = x$, uz pretpostavku da

je konstanta kočione opruge K_S zanemarljiva, dobija se karakteristika reaktantnog releja u ravni R-X koja je data na slici 3.1. Relej će reagovati na kvar koji se javlja bilo gde ispod linije karakteristike na R-X dijagramu. [1]



Slika 3.1 - Karakteristika reaktantnog releja

3.3 Polarizacione veličine

Admitantni relej koji nije samopolarizovani često se naziva unakrsno polarizovanim relejom. U ovom radu nisu opisani efekti svih tipova unakrsne polarizacije. Dovoljno je reći da i unakrsna polarizacija rezultira kružnom karakteristikom, ali ona može da varira i njena veličina može da se rotira u zavisnosti od uslova koji vladaju u sistemu. Admitantni relej je osetljiv na struju i napon. Svi distantni releji zahtevaju jednu vrednost napona kako bi delovali. Intezitet potrebnog napona zavisi od osetljivosti releja, kao i od tipa i konstrukcije releja. Osetljivost na polarizaciju napona određena je konstrukcijom i ako je napon na releju ispod tog nivoa tada relej neće proizvesti signal, osim putem primene memoriske akcije. Ako ne postoji memorija, neće biti ni signala. Ako je trajanje memorije ograničeno, tada će signal da traje isto koliko i memorija. Osim što je za delovanje distantnog admitantnog releja potrebna konačna vrednost napona, potrebna je i zadata minimalna vrednost struje. Vrednost neophodne struje određena je konstrukcijom releja i vezana je za njeno podešenje. Za bilo koje podešenje, relej će ga ostvariti samo kod struje iznad određenog nivoa. Ako se struja redukuje ispod tog nivoa, tada će doseg releja opadati, sve dok se ne dostigne nivo struje pri kojoj relej počinje da deluje.

3.4 Memorijska akcija

Memoriska akcija predstavlja svojstvo koje je namenjeno za ugradnju prostih i ugaono admitantnih releja u polarizaciono kolo kako bi se za neko vreme nakon

nestanka napona - kada napon na mestu kvara padne na nulu, obezbedilo da relej reaguje na osnovu napona koji je zapamćen u memoriskom kolu pre kvara. Kod reaktantnih releja nije potrebna memorijska akcija jer je za regovanje ovog releja dovoljno samo da vrednost struje pređe podešenu struju.

4. VELIČINE KOJE UTIČU NA PODEŠENJE RELEJA

4.1 Otpor luka na mestu kvara

Poznato je da otpor luka na mestu kvara utiče na doseg admitantnih releja, ali ne i na doseg reaktantnog releja. Sa slike 2.1 vidljivo je da će kod kvarova u tački F na prenosnom vodu admitantni relej raditi pri otporima luka čija je veličina jednaka $\overline{FP}$. Međutim, kod kvarova u tački T, čak i najmanja vrednost otpora luka izazvaće pojavu kvara izvan admitantnog dela karakteristike. Dakle, da li će admitantni relej "videti" kvar ili ne zavisi od veličine otpora luka i lokacije kvara, kao i podešenja. Na doseg samog omskog releja, ne utiče otpor luka sve dok je kvar unutar reaktantnih karakteristika releja. To je tako zato što će kod kvara na vodu u tački F, otpor luka nastati kao horizontalna paralela karakteristikama releja. Veličina otpora luka koju omski relej može da prihvati je ograničena samo podešavanjem usmerenog admitantnog releja koji se koristi u kombinaciji sa omskim relejom. Pošto ovaj admitantni relej obično preuzima svojstva treće zone, kombinacijom se može prihvatiti znatno veći otpor luka na mestu kvara nego onaj kojeg admitantni relej zadaje za isti doseg u prvoj zoni kao i reaktantni relej.

Otpor luka ili otpor na mestu kvara nije vezan za dužinu zaštićene deonice voda. Moguće je da će veličina otpora luka na kratkom vodu dostići ili premašiti impedansu voda. U cilju optimalne zaštite, takva primena zahteva reaktantni relej prve zone, a ne admitantni relej. U slučaju dužih vodova otpor luka ima tendenciju da bude manji u odnosu na impedansu voda i u takvim slučajevima zadovoljava i admitantni relej.

Teško je proceniti otpor luka na mestu kvara. Otpornost luka raste sa rastom dužine luka, kao i da je u obrnutom odnosu sa strujom u luku. Približno, uz pretpostavku da struja premašuje 1000 [A] sa primarne strane strujnog transformatora, može se pretpostaviti da je napon luka pri otprilike 500 [V] po stopi (0.305 m) luka konstantan. Ako se dalje pretpostavi da je dužina luka po fazi u suštini jednaka polovini razmaka između susednih faza kod svih tipova višefaznih kvarova, tada se napon luka pri pojavi kvara može grubo proceniti sledećom jednačinom

$$V_{arc} = \frac{d \cdot 500}{2} \quad (5)$$

gde d predstavlja razmak između susednih provodnika.

Ako dalje pretpostavimo da razmak između liniskih provodnika iznosi otprilike jednu stopu po 10 kV, tada gornja jednačina (5) izgleda ovako

$$V_{arc} = \frac{50}{2} [\text{kV}] \quad (6)$$

gde je (kV) nominalni napon voda u kilovoltima. Pošto odnos transformacije mernog transformatora iznosi 1000/115 kV/V, napon sa sekundarne strane naponskog transformatora iznosi:

$$V_{arc} = 25[kV] \frac{115}{1000[kV]} \approx 2.9[V] \quad (7)$$

Kod višefaznog kvara, između faza se stvara luk koji ima konstantan pad napona na luku koji je odprilike iznosi 4-5% napona sistema. Opor na mestu kvara je čisto termogenog karaktera, a zbog konstantnog pada napona, otpor inverzno varira sa ukupnom strujom koja protiče kroz luk na mestu kvara. To u strogom smislu ne važi i za kvar između pojedinačnog voda i zemlje, gde putem otpora u temelju stuba i sl. može da dođe do dodatnog pada napona. Ako između sredine raspona i zemlje dođe do kratkog spoja, na primer zbog kačenja grane ili požara, tada u kratkom spoju može da postoji komponenta prilično velikog otpora.

5. ZAKLJUČAK

Distantni releji zauzimaju važno mesto u mnogim relejskim sistemima zaštite elektroenergetskih sistema. U ovom radu objašnjeni su neki od mogućih problema do kojih može da dođe prilikom projektovanja i primene distantnih releja. Proizvođač je dužan da releje projektuje i da pomaže kod njihove primene imajući u vidu ove probleme. Međutim, na kraju je ipak korisnik taj koji je odgovoran za ispravnu upotrebu releja.

Prednost distantne zaštite u zaštiti elektroenergetskog sistema je u tome što imaju mogućnost selektivnog odsecanja sistema sa kvarom od dela sistema bez kvara.

Da bi ova zaštita reagovala na određene kvarove morala bi da bude korektno podešena kako ne bi došlo do nepotrebnog reagovanja ili do situacije da u nekim slučajevima ne odreaguje na neki kvar.

Distantni admitantni releji su usmereni releji koji prate smer tokova snage pri kvaru. Smer prividne snage ako se poklapa sa usmerenjem releja dolazi do delovanja zaštite. Zbog svoje složenosti distantna zaštita je veoma komplikovana za održavanje, zbog toga i zbog visoke cene koristi se na mestima gde je potrebna velika sigurnost zaštitnih sistema.

6. LITERATURA

- [1] J. L. Blackburn: Protective relaying, Marcell Dekker Inc. New York, 1987.
- [2] D. Bekut „Relejna zaštita“, Fakultet tehničkih nauka Novi Sad, Stylos, Novi Sad 1999.

Kratka biografija:



Aleksandar Stajić rođen je u Bijeljini 1985. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Elektroenergetika odbranio je 2011.god.

**MERENJE PERFORMANSI SISTEMIMA ZA AUTOMATSKO ODOBRAVANJE
POTROŠAČKIH KREDITA****PERFORMANCE MEASUREMENT OF THE CREDIT APPLICATION APPROVAL
SYSTEMS**

Esad Mumdzic, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – Ovaj rad bavi se osnovnom konfiguracijom sistema za automatsko odobravanje potrošačkih kredita i nakon definisanja osnovnih pojmova i kratke formalizacije problema će se preći na glavnu temu ovog rada. Izbor adekvatne mere za merenje performansi sistema za odobravanje potrošačkih kredita. U tom delu će biti pokazano, da standardno korištene informaciono-teorijske mere za ocenu performansi nisu prikladne za ovu klasu problema.

Abstract – This paper presents basic setup of the consumer credit application approval systems and describes the role of the predictive classification methods in them. The key aspect covered in this paper are performance measures and misleading conclusions drawn from inappropriate usage of the information theoretical varieties, as well as some of their weaknesses in this domain.

Ključne reči consumer credit, probability of default, credit scoring.

1. UVOD

Brzi razvoj finansijske industrije u prethodnih 50-ak godina se dobrim delom bazira na napretku u kreditnom poslovanju. U osnovi samog poslovnog modela davanja kredita i zarađivanja na njemu se, pre svega ostalog, zasniva na jednostavnoj ideji preuzimanja rizika. Naime, davalac kredita preuzima finansijski rizik da kredit neće biti otplaćen u budućnosti od strane poverioca, dok za uzvrat, poverilac plaća neku cenu tog kredita (kamate u širem smislu) za tu uslugu.

Sistemi za automatsko odobravanje potrošačkih kredita su nastali u poslednjih 50ak godina kao odgovor na gigantske potrebe, pre svega finansijske industrije. Međutim, danas je kreditno poslovanje uveliko izašlo iz okvira tradicionalnih industrija i može se sresti u nekom od svojih pojava oblika gotovo u svakoj drugoj industrijskoj grani (npr. kupovina uređaja na rate, subvencionisani ugovori u telekomunikacijama...). Sam broj kreditnih aplikacija danas uveliko prevazilazi kapacitete i strukturu troškova „tradicionalnih“ poslovnih procesa koji koriste „ručno“ odobravanje kredita, gde specijalno trenirani činovnik donosi odluku. Ta ogromna potražnja je generisala potrebu da se proces automatizuje.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Filip Kulić, van.prof.

Sistemi prediktivne klasifikacije za odobravanje potrošačkih kredita bazirani na statističkim metodama su od njihove prve formulacije 1941 godine [1,2], postale standardan metod za implementaciju sistema automatskog odobravanja kredita u finansijskoj industriji. Njihova primena ima veliki broj prednosti u odnosu na „ručno odobravanje kredita“, naročito u situacijama gde se u kratkom vremenu, jeftino i objektivno mora obraditi veliki broj finansijskih transakcija (kreditnih aplikacija u širem smislu).

**2. OSNOVE SISTEMA ZA AUTOMATSKO
ODOBRAVANJE KREDITA**

Sistemi za automatsko odobravanje potrošačkih kredita se ponašaju kao moderna magična kristalna kugla koja pokušava, u procesu odobravanja kreditne aplikacije, da predvidi da li će primalac kredita (korisnik na dalje) otplaćivati kredit u budućnosti redovno ili ne i da na osnovu te prognoze donese poslovnu odluku da se korisnička kreditna aplikacija prihvati ili odbije.

Ta prognoza, čije rezultate unapred ne znamo se bazira na karakteristikama samog korisnika, kao i karakteristikama samog kredita (visina, dinamika, cena).

Takav sistem se jednostavno može formalno-matematički opisati uvođenjem koncepta uslovne verovatnoće (ne)urednog plaćanja kredita.

$P(B | X_i) \rightarrow$ verovatnoća da će korisnik i sa vektorom karakteristika X_i imati problema sa servisiranjem kredita. Ova verovatnoća se u literaturi naziva "probability of default".

$P(G | X_i) = 1 - P(B | X_i) \rightarrow$ verovatnoća da će korisnik i sa karakteristikama X_i redovno servisirati kredit.

Gde je X_i vektor karakteristika (prediktora, nezavisnih varijabli) kreditne aplikacije i . Kao na primer pol osobe, starost, vrsta kredita, namena i slično.

B – je oznaka klase „BAD“, korisnika koji neće otplaćivati kredit redovno

G – je oznaka klase „GOOD“ korisnika koji će otplaćivati kredit redovno

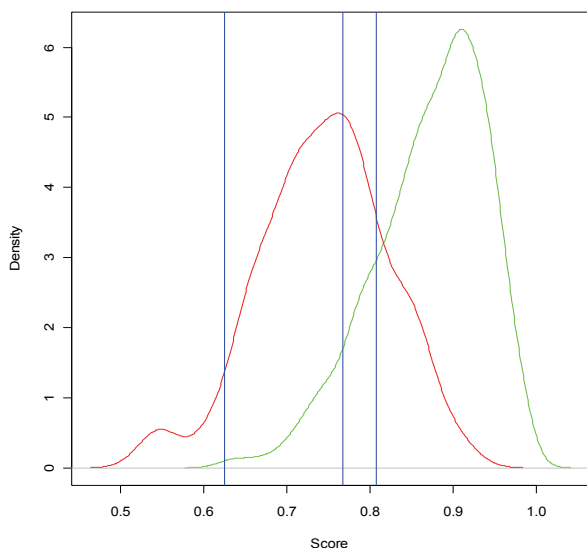
Bez gubitka opštosti, konstatujemo da se bilo kakva monotono rastuća funkcija ove verovatnoće (koja očuvava redosled) može koristiti kao „proxy te verovatnoće“. Što nas dovodi do takozvanog koncepta kreditnog indeksa (credit score).

$$s = S(\mathbf{X}) \quad (1)$$

s – Kreditni index (credit score)

Ovako formalizovan model se veoma dobro poklapa sa intuicijom. Naime, hipoteza je da je distribucija

verovatnoća da će korisnik uredno servisirati kredit (ili score vrednost kao proxy te verovatnoće) za dobre korisnike tendenciozno viša nego kod „loših“ korisnika (Slika 1.). Upravo te različite distribucije gustina verovatnoće nam omogućavaju upravljanje procesom odobravanja kredita jednostavnim podešavanjem praga odlučivanja [3,4].



Slika 1. Raspodela gustina verovatnoća za „dobre“ ili „loše“ korisnike)

Zadatak koji se pred nas postavlja je da na osnovu istorijskih podataka, procenimo tu verovatnoću i generalizujemo model na nove kreditne aplikacije, kako bismo pomoću nje donosili optimalne odluke. Naime, ako je poznata verovatnoća neplaćanja kredita pojedinog korisnika, imamo sve neophodne parametre da kontrolišemo našu kreditnu politiku. Na primer, ako znamo da korisnici ispod 25 godina starosti imaju verovatnoću neplaćanja od 50%, znamo da će svaki drugi (statistički posmatrano) kredit kod novih korisnika koji imaju manje od 25 godina (generalizacija modela) dovesti do finansijskog gubitka, što, u zavisnost od poslovnog problema, može, ali ne mora biti prihvatljivo.

Donošenje odluke o odobravanju kreditne aplikacije se vrši poređenjem izračunate score vrednosti (proxy verovatnoće da će korisnik neuredno servisirati kredit) sa nekim pragom odlučivanja t (classification trashold, cut-off).

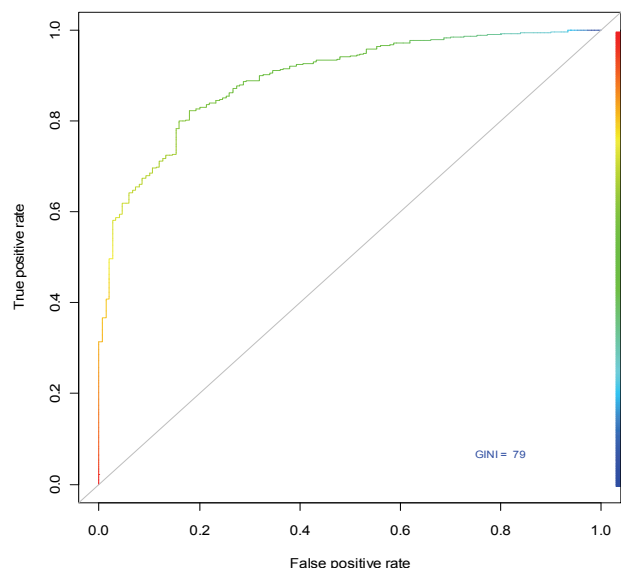
Ako je $s > t$ korisnik se klasifikuje kao klasa B (znači odbija se aplikacija za kredit), dok ako je $s \leq t$ kao klasa G (kredit se odobrava).

3. ROC-KRIVA I VAŽNIJE SKALARNE MERE PERFORMANSI

Problem sa zavišnošću od „prior“ verovatnoća dobrih i loših korisnika se rešava uvođenjem takozvanih ROC-Krivi (Receiver Operating Characteristic). ROC kriva je grafički prikaz „true postive rate“ (ostljivosti) i „false positive rate“ ($1 - \text{specifičnosti}$; $1 - \text{„true negative rate“}$) za sve moguće vrednosti praga odlučivanja u dekartovom koordinatnom sistemu.

Na slici 2 se vidi jedna tipična ROC kriva nekog proizvoljnog klasifikatora, dok siva diagonalna linija predstavlja ROC-krivu „slučajnog klasifikatora“

(klasifikatora koji donosi odluku o klasifikaciji semplovanjem iz uniformne distribucije). Svaka ROC kriva nekog klasifikatora koja bi se pojavila ispod te diagonale bi značila da takav klasifikator donosi više pogrešnih odluka nego korektnih (ima negativne performase), ali taj slučaj je samo hipotetički, jer bi jednostavno invertovanje logike u pragu odlučivanja sa ($S > t$) na ($S \leq t$) obrnulo tu krivu tako da se ponovo nalazi iznad dijagonale. Znači da ta dijagonala predstavlja „najlošiji moguć klasifikator“ i što je ROC kriva više udaljena od te diagonale, to je bolji klasifikator.



Slika 2. Jedan primer ROC krive

ROC Kriva predstavlja grafički alat za merenje performansi klasifikatora i njena primena se ne svodi samo na grafički prikaz, nego se koristi i kao osnova za izvođenje skalarnih statistika koje su de fakto standard za poređenje i praćenje ponašanja (monitoring) sistema za automatsko donošenje odluka u oblasti odobravanja kredita.

Najprominentniji predstavnik je takozvani GINI koeficijent, koji se definiše kao

$$\text{GINI} = 2\text{AUC} - 1 \quad (2)$$

Gde je AUC (Area Under Curve) površina ispod ROC krive. I po interpretaciji predstavlja meru verovatnoće da će klasifikator jednom slučajno odabranom dobrom korisniku dodeliti manji score (verovatnoću neplaćanja) nego slučajno odabranom lošem korisniku.

$$\text{AUC}(s) = \int_{-\infty}^{\infty} F_G(s) dF_B(s) \quad (3)$$

Gde $F_G(s)$ i $F_B(s)$ predstavljaju TPR i FPR respektivno.

GINI koeficijent je mera statističke disperzije, ekscentričnosti distribucije. I u sistemima za odobravanje kredita se slobodno interpretira kao mera snage razdvajanja »loših« od »dobrih« korisnika. Sa skalom u opsegu vrednost [0-1], gde 0 znači da je naš klasifikator podjednako loš kao i čist slučaj (random), dok vrednost 1

označava idealan klasifikator, koji savršeno razdvaja „dobre“ i „loše“ korisnike [5,6].

AUC, a samim tim i GINI koeficijent elegantno zaobilaze probleme koje smo imali sa tačnošću tako što vrše integraciju po celom opsegu radnih tačaka (vrednosti praga odlučivanja) i nezavisni su od prethodnog odnosa klasa (prior). Te dve osobine su ih učinile jako podesnim za upotrebu, jer ne zahtevaju da se prag odlučivanja unapred specificira.

Poređenje kvaliteta dva klasifikatora je jedna od fundamentalnih funkcija procesa treniranja i monitoringa. Naime, sam proces treniranja, parametризacije klasifikatora je jedan iterativni proces u kojem se mnogobrojne odluke o dizajnu modela donose na osnovu odgovora na to pitanje „koji od ova dva klasifikatora je bolji“.

Recimo u procesu izbor varijabli koje će se kasnije koristiti za predikciju, je tipično da se u prvoj iteraciji koriste sve varijable za treniranje modela. Potom se na osnovu analiza „informacionog doprinosa varijabli“ takvog modela, izvrši modifikacija zavisnih varijabli. Recimo izbace se varijable i interakcije koje imaju mali „informacioni doprinos“ ili se transformišu se neke varijable kako bi im se promenila dinamika i slično. Time kreće sledeća iteracije i trenira se novi model sa promenjenim zavisnim varijablama. Na tom mestu nam je neophodna mera kvaliteta, kako bismo znali da li je model iz prve iteracije, sa kompletnim varijablama bolji ili lošiji od modela sa transformisanim varijablama. Pomoću te mere vidimo da li su naše modifikacije dale željene rezultate ili ne.

Očigledno je da nam je jedna skalarna mera neophodna, jer je broj tih odluka u srednjim i većim modelima ponekad enorman i nemoguće je detaljno analizirati grafičke prikaze kao ROC-Kriva [6,7].

4. SIMULACIJA FINANSIJSKIH GUBITAKA NASTALIH POGREŠNOM UPOTREBOM INFORMACIONO-TEORETSKIH MERA

Sada ćemo pokazati kako se ponaša totalni, minimalno ostvarivi, gubitak na simuliranom primeru dva klasifikatora koja imaju identične vrednosti za AUC i GINI koeficijent mere.

Simulacija je izvršena u programskom paketu otvorenog koda (open source) R. „R“ je jedan dijalekt programskog jezika „S“, i nalazi široku primenu u oblastima statističke analize, data mining-a, veštačke inteligencije. Izuzetno je popularan zbog svoje fleksibilnosti i izuzetno velikog broja podržanih metoda i algoritama iz pomenutih oblasti, kao i zbog svojih izuzetno moćnih grafičkih mogućnosti.

Sada ćemo definisati ponašanje dva različita klasifikatora. Za to su nam neophodni sledeći podaci:

- **Veličina uzorka**, tačnije broj kreditnih aplikacija.
- **Tabela score vrednosti** generisanih klasifikatorom i **vrednosti klasa „dobar“ ili „loš“** (označimo kao „G“ i „B“ respektivno) dobijenih iz istorijskih podataka (ciljna, zavisna varijabla). Ta tabela je potpuno dovoljna da opiše ponašanje klasifikatora na zadatom problemu.

Score	Klasa
1,70	G
2,20	B
0,80	G
3,00	B
...	...

Tabela 1. Primer podataka za simulaciju

Definišimo distribucije score vrednosti za klasifikatore definisanjem raspodela gustine verovatnoće za klase G i klase B kao:

$$S(P(B | X_i)) \leftarrow \text{Beta}(\alpha_B, \beta_B) \quad (4)$$

$$S(P(G | X_i)) \leftarrow \text{Beta}(\alpha_G, \beta_G) \quad (5)$$

Gde $\text{Beta}(a, b)$ predstavlja standardnu beta raspodelu sa parametrima **a** i **b**

Kako bismo generisali test uzorak klasifikatora, moramo definisati željenu veličinu uzorka **N** i prethodne vrednosti za uzorak (prior probabilities) π_G i π_B

Pri veličini uzorka i „prior“ parametrima zajedničkim za oba klasifikatora:

$$N = 5000, \pi_G = 0.75 \text{ i } \pi_B = 0.25$$

Definišemo naš klasifikator **K1** sledećim vrednostima:

$$\alpha_{B1} = 2 \quad \beta_{B1} = 6$$

$$\alpha_{G1} = 7 \quad \beta_{G1} = 6$$

I klasifikator **K2**:

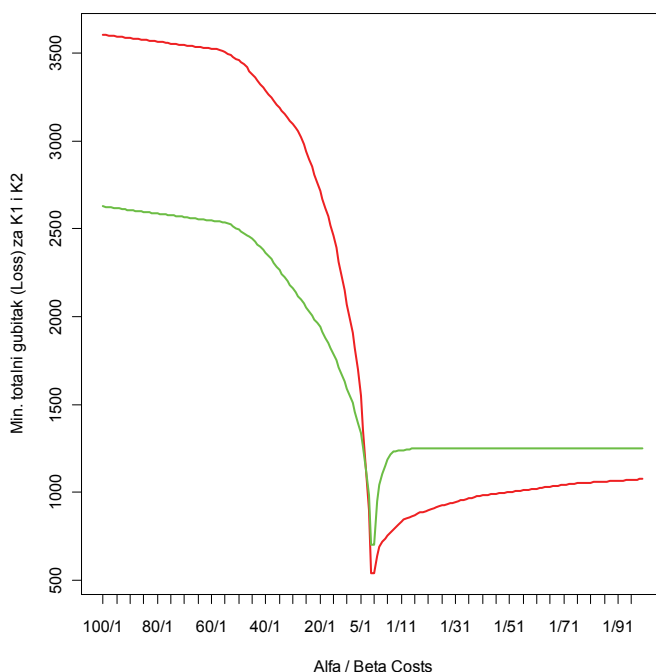
$$\alpha_{B1} = 6 \quad \beta_{B1} = 2$$

$$\alpha_{G1} = 6 \quad \beta_{G1} = 7$$

Ovako parametrizovani klasifikatori **K1** i **K2** proizvode, zbog simetrije Beta raspodele, identične vrednosti za AUC i GINI-koeficijent mere.

Sada ćemo prikazati diagram minimalnog totalnog gubitka (Slika 3.) za oba klasifikatora u funkciji odnosa troškova alfa i beta grešaka u upsegu [1/100 do 100/1] u jediničnim inkrementima. X osa na grafiku su odnosi alfa/beta troškova dok su na y osi totalni minimalno ostvarivi gubitci za zadate troškove sa optimalnim pragom odlučivanja za tu vrednost odnosa troškova pogrešne klasifikacije.

Na ovom grafiku (slika 3) se direktno vide posledice izbora pogrešnog klasifikatora, jer je jedinica gubitka neka novčana jedinica, a ne neka bezdimenziona veličina. Na primer, ako bismo upotreбили klasifikator K1 umesto klasifikatora K2 pri odnosu alfa i beta troškova 80/1, imali bi gotovo duplo veće gubitke nego da smo za taj odnos alfa/beta troškova odabrali klasifikator K2! Isto to važi u obrnutom slučaju da smo u tački 1/56 odabrali K2 kao bolji klasifikator. Ove relacije naravno važe pod uslovom da se klasifikatori koriste u optimalnom režimu, kojim se minimizuju totalni gubici.



Slika 3. Totalni gubitak (za iste zadate alfa i beta cene troškova) dva različita klasifikatora sa istim AUC/GINI merama

8. ZAKLJUČAK

I pored veoma tačnih reči jednog od osnivača socijalne psihologije Kurta Lewin-a (1890-1947), „Ništa nije tako praktično kao dobra teorija“, često je i obrnuto tačno. Naime, praksa često donosi nove impulse teorijskim istraživanjima i većito stavlja teorijske rezultate na proveru.

Postojeće informaciono-teorijske mere nisu pogrešne same po sebi, ali definitivno nisu ni dovoljne za poređenje klasifikatora iz ove klase problema. Nesporazum između teorije i prakse u ovom slučaju nastaje zato što su informaciono-teorijske mere suviše apstraktno i generalno definisane. One rešavaju generalno postavljeno pitanje „Koji prediktivni klasifikator je bolji?“, i daju veoma dobar odgovor na njega. Međutim, praksa odobravanja potrošačkih sistema postavlja jedno preciznije pitanje „Koji prediktivni klasifikator, pri zadatim parametrima poslovnog problema je bolji?“. To pitanje je fundamentalno drugačije. I pored očiglednosti te različite postavke problema, baš ta zabuna se u realnoj primeni sreće i suviše često dovodi do veoma velikih gubitaka.

9. LITERATURA

- [1] F. Provost, T. Fawcett, and R. Kohavi. 1998. “The Case Against Accuracy Estimation for Comparing Induction Algorithms“ In ICML.
- [2] D. Durand, “*Risk Elements in Consumer Instalment Financing*”, National Bureau of Economic Research, ISBN: 0-870-14124-4
- [3] A. J. McNeal, R. Frey, P. Embrechts, “*Quantitative risk management*”, Princeton University Press, 2005, ISBN-10: 0-691-12255-5
- [4] A. Henking, C. Bluhm, L. Fahrmeier, “*Kreditrisikomessung*”, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 2006, ISBN-10: 3-540-32145-4
- [5] C. Bluhm, L. Overbeck, C. Wagner, “*An introduction to credit risk modeling*”, Chapman & Hall/CRC, 2002, ISBN 1-58488-326-X
- [6] D. J. Hand, “*Measuring classifier performance: a coherent alternative to the area under the ROC curves*”, Machine Learning (2009) 77.
- [7] T. Fawcetti, “*An introduction to ROC analysis*”, Pattern Recognition Letters 27 (2006), 861–874

Kratka biografija:



Esad Mumdzic je rođen u Novom Sadu 1969. god. Poslednjih 12 godina proveo je u inostranstvu radeći u oblasti upravljanja kreditnim rizicima i prihodima. Radeći za inostrane kreditne agencije bio je angažovan tržištima istočne evrope (Mađarska, Poljska, Slovačka i Češka i Hrvatska), Engleske i Švajcarske. Trenutno zaposlen u „Deutsche Telekom AG“ u Bonu kao senior ekspert u oblasiti upravljanja kreditnim rizicima.

TEHNIČKI PARAMETRI ZA PROCENU BEZBEDNOSTI DIJAGNOSTIČKIH ULTRAZVUČNIH APARATA U KLINIČKIM APLIKACIJAMA

TECHNICAL PARAMETERS FOR SAFETY ASSESSMENT OF DIAGNOSTIC ULTRASOUND DEVICES FOR CLINICAL APPLICATIONS

Veljko Karadžić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*, Olivera Šveljo, *Centar za imaging dijagnostiku, Institut za onkologiju Vojvodine, Sremska Kamenica*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu su opisani biološki efekti koje mogu prouzrokovati ultrazvučni talasi. Poseban akcenat je stavljen na temu bezbednosti ultrazvučne dijagnostike u kliničkim aplikacijama. Objašnjeni su glavni tehnički parametri koji kvantifikuju intenzitet mehaničkih i termičkih efekata tokom ultrazvučnog pregleda. U okviru eksperimentalnog dela izvršeno je evidentiranje maksimalnih vrednosti mehaničkih i termičkih indeksa, kao i dužina trajanja 25 abdominalnih ultrazvučnih pregleda izvršenih u Centru za imaging dijagnostiku u Sremskoj Kamenici. Na osnovu dobijenih rezultata i uprošćenog modela zagrevanja tkiva izračunata su maksimalna bezbedna vremena za trajanje ultrazvučnog pregleda.

Abstract – This paper describes the biological effects that can be caused by ultrasound waves. Special emphasis is placed on the topic of safety of ultrasound diagnostics in clinical applications. Furthermore, the main technical parameters that quantify the intensity of mechanical and thermal effects during the ultrasound scan of the patient are explained. During the experimental part of the research, the maximum value of mechanical and thermal indices as well as the duration of examination in 25 abdominal ultrasound scans at the Diagnostic Imaging Center in Sremska Kamenica are recorded. Based on these results and a simplified model of tissue heating, the maximum safe times for the duration of the ultrasound scans has been determined.

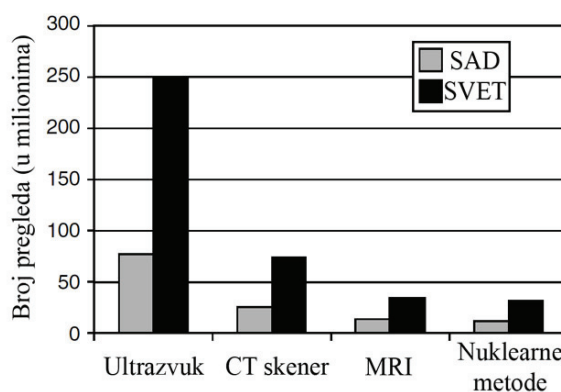
Cljučne reči: Ultrazvuk, Dijagnostički imidžing, Biološki efekti, Mehanički indeks (MI), Termički indeks (TI), Procena bezbednosti

1. UVOD

Danas je ultrazvuk drugi po korišćenju metod za akviziciju medicinskih slika (odmah iza konvencionalnih rendgenskih aparata) i ključno je dijagnostičko sredstvo u svakoj medicinskoj ustanovi. Iako je ultrazvučni metod akvizicije medicinskih slika u upotrebi već pola veka, zbog čega ga neupućeni mogu smatrati zastarelom tehnologijom, istraživanja na polju ultrazvučnog imidžinga ne pokazuju stagnaciju. Uvođenje kontrastnih agenasa, imidžing metoda primenom harmonika, višedimenzioni prikaz, elastografija, samo su neki od

primera konstantnog razvoja ultrazvučne imidžing tehnike.

Na slici 1. možemo videti da je broj ultrazvučnih pregleda daleko veći od broja pregleda drugim imidžing metodama [1].



Slika 1. Poređenje dijagnostičkih imidžing metoda po broju izvršenih pregleda 2000. godine (u SAD-u i svetu)

Jedna od velikih prednosti ultrazvuka u odnosu na druge metode dijagnostičkog imidžinga jeste cena opreme (situacija je ista i ako razmatramo troškove korišćenja). U zavisnosti od vrste i performansi ultrazvučnog uređaja, cena se kreće od 15.000\$ do 200.000\$ što je i po nekoliko redova veličine jeftinije od MRI i CT uređaja [2]. Posledica ovakvog odnosa cena je u vremenima ekonomske krize još izraženija, i za razliku od prodaje MRI, CT i PET dijagnostičkih uređaja čija prodaja opada, prodaja ultrazvučne dijagnostičke opreme je u stalnom porastu. Procenjuje se da će u 2012. Godini tržište ultrazvučne dijagnostičke opreme iznositi 6 milijardi američkih dolara.

Jedna od najvažnijih osobina dijagnostičkih ultrazvučnih aparata je njihova neinvazivnost. Naime, tehnologija ultrazvučnog imidžinga ne koristi ni jedan oblik jonizujućeg zračenja, već se zasniva na emitovanju i prećenju prostiranja mehaničkih talasa. Upravo je ovo jedna od ključnih komparativnih prednosti ultrazvuka – na današnjem nivou primene ultrazvuk se smatra metodom koja je apsolutno neškodljiva po zdravlje pacijenta.

Glavni trend u svetu ultrazvučne dijagnostike je težnja ka što boljoj akviziciji medicinske slike: povećanje rezolucije dvodimenzionalne slike, formiranju 3D prikaza, povećanju preciznosti pri merenjima protoka. Za postizanje

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bila prof. dr Dragana Bajić, red.prof.

ovakvih ciljeva je neophodno i povećanje akustičke snage ultrazvučnih talasa koji se emituju u telo pacijenta.

Upravo zbog povećavanja akustičke snage, aktuelizovana je tema procene bezbednosti ultrazvučnih dijagnostičkih uređaja. Ovaj rad se zato bavi biološkim efektima koji mogu biti uzrokovani ultrazvukom, kao i bezbedonosnim aspektima i tehničkim parametrima koji služe za procenu rizika i prevenciju neželjenih pojava koje bi u budućnosti mogle nastati kao posledica konstantnog povećavanja akustične snage svake nove generacije ultrazvučnih dijagnostičkih uređaja.

2. BIOEFEKTI IZAZVANI ULTRAZVUKOM

2.1 Osnovni fizički parametri povezani sa bioefektima koji nastaju upotrebom ultrazvuka

Većina primarnih bioefekata je direktno povezana sa sledeća tri parametra:

- W – srednja snaga zvučnog izvora (time-averaged source acoustic power)
- p_r – vršni akustički pritisak (peak rarefactional pressure)
- I_{SPTA} – prostorno – vršni vremenski usrednjen intenzitet (peak temporal average intensity)

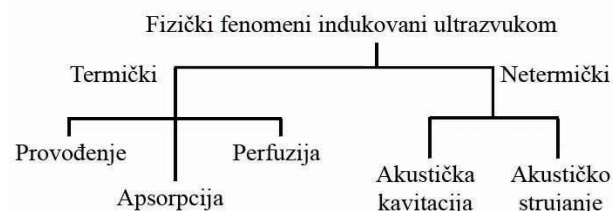
Tipične vrednosti za navedene parametre kod dijagnostičkih i ostalih medicinskih aplikacija ultrazvuka su date u Tabeli 1.

Tabela 1. Poređenje karakterističnih vrednosti za različite modalitete ultrazvuka (mereno u vodi)

Mod rada	f_c (MHz)	Snaga (W)	P_r (Mpa)	I_{SPTA} (W/cm ²)
B - mod	1–15	0.0003–0.285 (0.075)	0.45–5.54 (2.3)	0.0003–0.991 (0.34)
PW Dopler	1–10	0.01–0.44 (0.1)	0.67–5.3 (2.04)	0.173–9.08 (1.18)
Uz. terapija	0.75–3.4	1–15	0.3	3
Hipertermija	0.5–5.0		0.6–6.0	1–10
HIFU	1–10			1000–10,000 (peak)
Litotripsija	0.5–10		5–15	

2.2. Podela bioefkata indukovanih dijagnostičkim ultrazvukom

Mehanizmi kojima ultrazvuk deluje na tkivo se generalno dele na dve široke kategorije: termičke i netermičke. Akustičke interakcije koje proizvode biološke efekte bez uzrokovanja značajnijeg zagrevanja se nazivaju netermički mehanizmi. Posledice nastale delovanjem netermičkih mehanizama se često nazivaju i “mehanički efekti”, iako mogu biti uzrokovane procesima koji su sekundarna pojava direktne mehaničke akcije akustičkog talasa na tkivo [1]. Osnovna podela bioefekata koji nastaju primenom ultrazvuka data je na slici 2.



Slika 2. Bioefekti koji nastaju primenom ultrazvuka

2.2. Netermički efekti

Akustička kavitacija

Za razliku od većine tehnika za akviziciju slika u medicini, dijagnostički ultrazvuk uvek uzrokuje

mehaničko naprezanje tkiva. Ovo naprezanje je naveće u blizini gasnih mehurića i mehurića nastalih isparavanjem supstanci u tkivu. Mehanizmi kojima ovi mehurići mogu uticati na obližnji biološki materijal zavise od jačine reakcije mehurića na akustičko polje. Zapravo, svi mehurići proizvode sile akustičkog zračenja i mikrostrujanja, dok samo oni koji su značajnije pod uticajem akustičkog polja će pokazati „nasilnije“ ponašanje u formi implozije.

Rezultati pokazuju da je verovatnoća javljanja jednog događaja inertne kavitacije tokom običnog pregleda ultrazvukom (bez uvođenja kontrastnih sredstava) 1 u 10.000.000.000, pod uslovom da je akustični pritisak veći od 4 MPa a MI veći od 1,8 (trenutni FDA limit za MI je 1,9). Na osnovi svih istraživanja nameće se zaključak da je verovatnoća ćelijskih transformacija usled pregleda ultrazvukom neuporedivo manja (i više redova veličine) nego za dijagnostiku X zracima [3].

Akustičko strujanje (acoustic streaming) i relativno kretanje

Neprekidno delovanje sila zračenja na tečnosti može izazvati makroskopsko strujanje. Takvo kretanje tečnosti može poremetiti koncentraciju jona u blizini bioloških membrana. Pojava akustičkog strujanja se danas koristi za razlikovanje cisti ispunjenih tečnošću i čvrstih lezija. Mehanizam ovog efekta nije niti termalni niti kavitacioni, već je ovaj efekat posledica čisto mehaničkog delovanja. Prag za pojavu ovog efekta je iznad propisa koje je odredila FDA (Food and Drug Administration) u slučaju dijagnostičkog ultrazvuka.

2.3. Termički efekti

Zabrinutost zbog porasta temperature koji se u telu indukuje primenom ultrazvuka je zasnovana na primećenim promenama ćelijske aktivnosti u funkciji promene temperature. Uopšteno, kod zdrave aktivnosti enzima imamo udvostručavanje aktivnosti sa porastom temperature svakih 10°C. Ljudsko telo može tolerisati vruće napitke ili povišenu temperaturu (groznicu) određeni vremenski period. Povišena temperatura od +2°C u odnosu na prosečnu telesnu temperaturu od 37°C, smatra se neškodljivom. Tabela 2 prikazuje različite biološke efekte povećanja temperature tkiva.

Tabela 2. Posledice koje nastaju usled povećanja temperature tkiva

Temperaturni opseg	Posledice
37 - 39	Bez posledica
39 - 43	Pojava posledica za dovoljno duge vremenske periode
> 41	Prag nastanka posledica kod fetusa za duže vremenske periode
44 - 46	Koagulacija proteina
> 45	Razlaganje enzima
> 41,8	Prestanak razmnožavanja kancerogenih ćelija

Preporuke koje je 1998. godine izdala WFUMB (World Federation of Ultrasound in Medicine and Biology) u pogledu temperaturnih promena indukovan ultrazvukom su sledeće:

1. Dijagnostička ultrazvučna izlaganja koja uzrokuju maksimalno povećanje temperature iznad normalnog fiziološkog nivoa (37°C) do 1,5°C in situ se mogu koristiti bez ograničenja.

2. Dijagnostička ultrazvučna izlaganja koja uzrokuju povećanje temperature embriona ili fetusa preko 41°C in situ (tj. povećanje preko 4°C u odnosu na normalnu temperaturu) u trajanju od 5 minuta ili duže treba smatrati potencijalno opasnim.
3. Rizik nastajanja neželjenih efekata se povećava sa vremenom izloženosti ultrazvučnim talasima.

Na osnovu eksperimentalnih podataka ustanovljena je empirijska relacija na osnovu koje se može odrediti najkraći vremenski interval izloženosti ultrazvučnim talasima u dijagnostičkim aplikacijama koji može dovesti do štetnih posledica:

$$t = 4^{42.15 - T} \quad (1)$$

Gde je T telesna temperatura u stepenima celzijusa, a t minimalno vreme u minutima za koje može doći do negativnih posledica pri temperaturi T . Korišćenjem ove formule možemo izračunati da za porast temperature od $1,5^{\circ}\text{C}$ maksimalno bezbedno vreme iznosi 158 minuta, dok za porast od 4°C ovo vreme iznosi 5 minuta. Kod ovih proračuna smo pretpostavili da se ultrazvučna sonda sve vreme drži na istom mestu, dok se u realnosti tokom tipičnog pregleda javljaju značajna pomeranja sonde.

Provođenje toplote

Ultrazvučni pretvarač (sonda) može sam po sebi biti izvor toplote u direktnom kontaktu sa telom. Pretvarač koji je uključen ali se ne koristi može imati tok akustične energije do spoljnog sočiva gde nailazi na vazduh, reflektuje se nazad i izaziva samozagrevanje. Kada se sonda dovede u kontakt sa telom i pusti u rad, akumulirana energija se prenosi u telo i mehanizmi telesnog hladjenja preko perfuzije (strujanja tečnosti kroz tkiva i organe) značajno smanjuju zagrevanje.

Pošto je temperaturni doprinos veoma lokalizovan na dodirnu površinu i manji od apsorpcionog doprinosa, često se zanemaruje u procenama ukupnog porasta temperature.

Apsorpcija

Način zagrevanja je inicijalno povezan sa distribucijom intenziteta u apsorbovanom ultrazvučnom snopu. Zapreminska količina generisanja toplote (q_v) koja nastaje usled apsorpcije može biti modelovana proporcionalno akustičkom intenzitetu $I(x,y,z)$ i koeficijentu apsorpcije α na određenoj frekvenciji:

$$q_v = 2 \cdot \alpha \cdot I \quad (2)$$

Najviše temperature duž ose zraka nisu toliko osetljive na parametre samo zraka, već se mogu odrediti iz proizvoda integrala od q_v i temperaturnog odziva malog izvora u medijumu. Nakon inicijalne propagacije, toplota se polako difuzno širi kroz tkivo. U slučaju viših nivoa akustičkog pritiska javlja se dodatno zagrevanje uzrokovano nelinearnim efektima.

Perfuzija

Perfuzija predstavlja efekat hladjenja, koji postižu krv i limfa cirkulacijom u tkivima.

3. STANDARD ZA PRIKAZ IZLAZNIH VREDNOSTI (THE OUTPUT DISPLAY STANDARD- ODS)

Do 1992. god. regulacija ultrazvučnih imidžing sistema je vršena pomoću merenja najviših vrednosti akustičkih

izlaznih parametara u različitim modovima rada (B-mod, Doppler itd.).

Dva primarna bioefekta uzrokovana ultrazvukom su bila poznata već duži niz godina, ali veza između ovih efekata i akustičkih izlaza nije bila detaljno ispitana. Štaviše, ostala su otvorena brojna pitanja.

Koji je izlazni akustički parametar najrelevantniji?

Da li su drugi parametri vezani za bioefekat podjednako vredni merenja i praćenja?

Gde se nalaze mesta sa većim porastom temperature, i kako ih možemo proceniti?

Da li je moguće povezati kavitaciju sa parametrima sistema za imidžing?

Ova i mnoga druga pitanja su se našla pred timom koji su oformili AIUM (American Institute of Ultrasound in Medicine), NEMA (National Electronics Manufacturers Association) i FDA u svrhu razvoja revolucionarnog pristupa u kontroli akustičkih izlaza. Njihov cilj je bio iznalaženje algoritama koji će u realnom vremenu predvideti relativna temperaturna povećanja i potencijalne kavitacione događaje.

Rezultat primene ovih algoritama je nastanak termalnih indeksa (TI) i mehaničkih indeksa (MI) koji će se prikazivati u realnom vremenu na imidžing sistemu u skladu sa trenutnim modom rada i podešavanjima ultrazvučnog imidžing sistema.

Rezultat višegodišnjeg rada (1988 – 1992) ovog tima eksperata je ODS – the Output Display Standard (standard za prikaz izlaznih vrednosti) koji još nosi i oznaku AIUM/NEMA, 1998a.

Ovi indeksi su relativni indikatori, ne prediktori apsolutnih vrednosti. Primer za termalni indeks je

$$TI = \frac{W_0}{W_{deg}} \quad (3)$$

Gde je W_0 vremenski usrednjena akustička snaga izvora (ili neki drugi parametar snage) a W_{deg} je snaga neophodna da podigne temperaturu ciljanog tkiva za 1°C procenjena na osnovu određenog tkiva i termalnih modela. Stalna dužina perfuzije od 10mm je korišćena za izvođenje TI -a. Ovakvom definicijom, algoritmi za predviđanje temperature su povezani sa aktuelnim parametrom akustičkog izlaza (u ovom slučaju W_0) koji je kalibrisan sa izlazom sistema kroz opsežno merenje akustičkih izlaza.

Kako algoritmi za unutrašnju kontrolu akustičkog izlaza ograničavaju akustički izlaz u funkciji podešavanja samog sistema i primenjenih nivoa napona na akustički pretvarač za izabrani mod rada, ova informacija je dostupna za proračune termičkih i mehaničkih indeksa u realnom vremenu. Mehanički indeks (MI) se definiše sledećom formulom:

$$MI = \frac{P_{r,3}}{\sqrt{f_c}} \quad (4)$$

i predstavlja koeficijent vršnog akustičnog pritiska i kvadratnog korena centralne frekvencije.[1][4]

4. ODREĐIVANJE BEZBEDNOG VREMENA SNIMANJA ZA POSTIGNUTE VREDNOSTI TI ZA STANDARDNE ULTRAZVUČNE ABDOMINALNE PREGLEDE

4.1. Model zagrevanja tkiva

Cilj eksperimentalnog dela ovog rada je određivanje maksimalnog vremena trajanja ultrazvučnog pregleda koje je bezbedno sa aspekta pojave termički izazvanih bioefekata. U tu svrhu smo na osnovu jednačina (1) i (3) izveli uprošćen model zagrevanja tkiva u zavisnosti od očitnog termičkog indeksa (TI) i telesne temperature pacijenta.

$$t = 4^{42.15 - (T_p + TI)} \quad (5)$$

T_p je telesna temperatura pacijenta u stepenima celzijusa, TI termalni indeks, a t maksimalno vreme u minutima koje za koje neće doći do negativnih posledica. Ovaj model nam daje orijentacioni rezultat, jer su zanemarene disipacija toplote i pojave koje pri realnim pregledima doprinose smanjivanju temperature tkiva. Takođe, u ovom uprošćenom modelu se pretpostavlja da je sonda ultrazvučnog uređaja stacionarna (tj. da kontinualno zrači na istu površinu) što u realnosti nikada nije slučaj. Zbog svega navedenog realna bezbedna vremena za trajanje abdominalnih ultrazvučnih pregleda će sigurno biti veća od vremena proračunatih ovim modelom.

4.2. Postupak i prikupljeni podaci

U Centru za imaging dijagnostiku Instituta za onkologiju Vojvodine u Sremskoj Kamenici su tokom 25 standardnih abdominalnih ultrazvučnih pregleda, beležene sledeće vrednosti: dužina pregleda, maksimalni mehanički indeks (MI) i maksimalni termički indeks (TI) koji su se javljali tokom pregleda. Vremensko trajanje ovih pregleda se kretalo od 5 do 15 minuta, maksimalni MI je imao vrednosti u intervalu 0,8 – 0,9, a maksimalni TI je imao vrednosti u intervalu 0,4 – 0,5.

4.3. Rezultati

Na osnovu matematičkog modela (5) u kome smo kao vrednost TI uvrstili maksimalno TI uočeno u toku pregleda ($TI=0,5$) dobili smo maksimalne bezbedne vrednosti trajanja abdominalnog ultrazvučnog pregleda u zavisnosti od telesne temperature pacijenta. U Tabeli 3. su prikazani rezultati za vrednosti TI od 0,4 do 0,6 (uokvirena kolona prikazuje vrednosti za $TI=0,5$).

Tabela 3. Maksimalna bezbedna vremena ultrazvučnog pregleda abdomena u zavisnosti od telesne temperature pacijenta (izražene u $^{\circ}C$) i maksimalne vrednosti TI .

Telesna temperatura	Maksimalno bezbedno vreme pregleda (min)		
	$TI=0.4$	$TI=0.5$	$TI=0.6$
37	724	588	548
38	181	147	137
39	45	36	34
40	11.3	9	8.6
41	2.83	2.46	2.14

4.4. Diskusija

Na osnovu vrednosti prikazanih u tabeli 3, vidimo da tek kod pacijenata sa telesnom temperaturom preko $40^{\circ}C$ dolazi do primetno manjih vrednosti za bezbedno trajanje ultrazvučnog pregleda. Iako su rezultati dobijeni po modelu koji je u potpunosti zanemario efekte hlađenja u tkivima, uočljivo je da u slučaju potrebe za abdominalnim ultrazvučnim pregledom pacijenata sa ekstremno povišenom telesnom temperaturom ($> 40^{\circ}C$) treba voditi računa o vremenskom trajanju samog pregleda.

5. ZAKLJUČAK

U pola veka razvoja ultrazvučnog imidžinga došlo je do mnogih tehničkih i tehnoloških unapređenja u ovoj oblasti, i taj trend napretka je i dalje prisutan. Iako se ultrazvuk na današnjem nivou primene smatra bezbednom dijagnostičkom metodom, tendencija povećanja akustičke snage ultrazvučnih talasa radi povećanja rezolucije i kvaliteta 2D i 3D prikaza nam nameću obavezu razmatranja bezbednosti ultrazvuka u budućim primenama. U ovom radu smo pokazali da se već danas mora voditi računa o dužini trajanja pregleda kod pacijenata sa ekstremno povišenom telesnom temperaturom.

Iz ovih razloga je u budućnosti potrebno pažljivo pratiti bezbednosne rizike u ultrazvučnoj dijagnostici. Potrebno je raditi na razvijanju novih sistema prikaza i upozoravanja od rizika tokom ultrazvučnih pregleda koji bi lekaru koji vrši ultrazvučni pregled u realnom vremenu davali jasnije i preciznije informacije.

6. LITERATURA

- [1] T.L. Szabo, "Diagnostic ultrasound imaging: inside out", Elsevier Academic Press, San Diego, 2004.
- [2] B.W. Orenstein, "Ultrasound Exams — Bright Future, but Will It Be in Radiology?", *Radiology Today*, Vol. 10, No. 6, P.12, Mart 2009.
- [3] C.C. Church, M.W. Miller, "Quantification of risk from fetal exposure to diagnostic ultrasound", *Progress in Biophysics and Molecular Biology* 93 (2007) 331–353.
- [4] K.K. Shung, "Diagnostic Ultrasound: imaging and blood flow measurements", CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, 2006.

Kratka biografija:



Veljko Karadžić rođen je u Kragujevcu 1979. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Telekomunikacije i obrada signala odbranio je 2011.god.

Olivera Šveljo rođena je 1966 god. Diplomirala na FTN (elektronika i telekomunikacije) u Novom Sadu 1994 god. Magistrirala na odseku za Biomedicinsko inženjerstvo Univerziteta u Beogradu 2004. god. Oblasti interesovanja implementacija inženjerskih metoda u medicini i biomedicinskim istraživanjima.

ZAŠTITA OBJEKATA I ELEKTRIČNIH INSTALACIJA OD ATMOSFERSKIH PRAŽNJENJA**LIGHTNING PROTECTION OF BUILDINGS AND ELECTRICAL INSTALLATIONS**

Tanja Medan, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast - ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj - U okviru rada predstavljen je princip zaštite objekata i električnih instalacija od atmosferskih pražnjenja. Ovaj princip je baziran na spoljašnjoj i unutrašnjoj zaštiti. Posebna pažnja je posvećena unutrašnjoj zaštiti objekata i električnih instalacija od prodora štetnih elektromagnetnih polja, koji su posljedica atmosferskih pražnjenja u objekat ili njegovu okolinu. Ovaj problem se rješava nizom zaštitnih mjera, zasnovanih na tzv. zonskom konceptu, upotrebom uređaja za zaštitu od atmosferskih prenapona, kao i poštovanjem principa koordinacije uređaja između različitih zona unutar štićenog objekta.

Abstract - Lightning protection of buildings and electrical installations concept is presented in this text. This concept is based on external and internal lightning protection. Special attention is given to the internal protection of buildings and electrical installations against destructively electromagnetic fields, which are produced by lightning discharges into or around a object. This problem is solved by several protection methods, which are based on lightning protection zones concept, by using surge protective devices and according to coordination standards of surge protective devices between different zones inside a object.

Ključne reči: unutrašnja i spoljašnja zaštita, zonski koncept, principi koordinacije

1. UVOD

U današnje vrijeme nijedna oblast ljudske djelatnosti, kao i svakodnevni život ljudi, teško se može zamisliti bez upotrebe raznovrsnih telekomunikacionih i informacionih uređaja. Od suštinske važnosti je obezbijediti neprekidno napajanje električnom energijom ovih uređaja, jer prekidi u napajanju mogu imati velike posljedice, od gubitka podataka, prekida proizvodnog procesa i do remećenja redovnih navika ljudi. Prekid rada osjetljivih računarskih i telekomunikacionih sistema može biti izazvan, između ostalog, elektrostatičkim pražnjenjima i komutacionim prenaponima, ali i prenaponima atmosferskog porijekla. Prenaponi atmosferskog porijekla posebno ugrožavaju osjetljivu telekomunikaciju i računarsku opremu, ali i sisteme elektroenergetskog napajanja.

NAPOMENA:

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

Sistem zaštite od atmosferskih pražnjenja treba da zaštiti zgrade i druge objekte od vatre i mehaničkih razaranja i osobe koje borave u tim objektima od povreda ili čak smrti. On se sastoji od spoljašnje i unutrašnje gromobranske zaštite.

Spoljašnju gromobransku instalaciju čine:

- prihvatni sistem,
- spusni provodnici i
- sistem uzemljenja.

Spoljašnja gromobranska instalacija može biti: izolovana (kod koje put struje, pri pražnjenju u gromobransku instalaciju, nema nikakvog dodira sa štićenim prostorom) i neizolovana (kod koje su prihvatni sistem i spusni provodnici tako postavljeni da put struje, pri pražnjenju u gromobransku instalaciju, može da bude u kontaktu sa štićenim prostorom).[1]

Unutrašnjom gromobranskom zaštitom smanjuju se dodatna elektromagnetna dejstva struje atmosferskog pražnjenja i razlike između galvanski prenesenih potencijala na različite dijelove instalacija unutar objekta, pri atmosferskim pražnjenjima u objekat ili u njegovoj blizini. U cilju zaštite od pojave opasnih prenapona i razornih posljedica koje mogu izazvati, izvode se sljedeće mjere:

- primjena zonskog koncepta zaštite objekata i uređaja u njima;
- izjednačavanje potencijala unutar objekta;
- ograničavanje prenapona na električnim instalacijama i uređajima pomoću zaštitnih uređaja;
- galvanskim odvajanjem uređaja od napojnih vodova i/ili vodova za vezu;
- primjenom optičkih vodova ili bežičnog prenosa komunikacionog signala;
- oklapanjem dijelova objekta ili uređaja radi sprečavanja elektromagnetne sprege između strujnog puta atmosferskog pražnjenja i štićenog objekta, odnosno uređaja.

U ovom radu će biti posvećena pažnja zonskom konceptu zaštite od atmosferskih pražnjenja, kao i principu koordinacije zaštitnih uređaja od atmosferskih pražnjenja u elektroenergetskim i telekomunikacionim mrežama.

2. ZONSKI KONCEPT- PODJELA PROSTORA NA ZAŠTITNE ZONE

Zaštita električnih i elektronskih sistema u zgradama i ostalim vrstama objekata od atmosferskih prenapona bazira se na tzv. zonskom principu zaštite od atmosferskih pražnjenja (*Lightning Protection Zone - LPZ*).

Prema ovom konceptu štićena zgrada ili objekat mora biti podijeljena na više zona u skladu sa rizikom od pojave

opasnih atmosferskih prenapona u njima. Zone karakteriše visok stepen promjena elektromagnetnih uslova na njenim granicama. Njima se definišu oblasti sa različitom izloženosti direktnom udaru groma i različitim mogućim intenzitetima elektromagnetnog polja, nastalog usljed atmosferskog pražnjenja, da bi se odredila mjesta za izjednačavanje potencijala na granicama pojedinih zona. Definišu se spoljašnje i unutrašnje zone. [1, 2]

Spoljašnje zone:

- LPZ 0_A: Zona u kojoj su objekti izloženi direktnom udaru groma (van prostora šticehog hvataljkama) i zbog toga moraju biti spremni da podnesu cjelokupnu struju atmosferskog pražnjenja. Ovdje se javlja cjelokupno neoslabljeno magnetno polje.

- LPZ 0_B: Zona u kojoj objekti nisu izloženi direktnom udaru groma (unutar prostora šticehog hvataljkama), ali se javlja cjelokupno neoslabljeno magnetno polje.

Neki autori definišu i LPZ 0_C.

- LPZ 0_C: Ova zona je sastavni dio zone LPZ 0_B, pa kao i u zoni LPZ 0_B, objekti nisu izloženi direktnom udaru groma, ali javlja se cjelokupno neoslabljeno elektromagnetno polje i cjelokupna struja atmosferskog pražnjenja. Zona 0_C obuhvata prostor širine 3m i visine 3m od nivoa zemlje izvan šticehog objekta. Živa bića koja se nalaze u ovoj zoni izložena su velikom riziku od pojave opasnih napona dodira i koraka.

Gore pomenute zone obrađuju se projektom spoljašnje gromobranske instalacije.

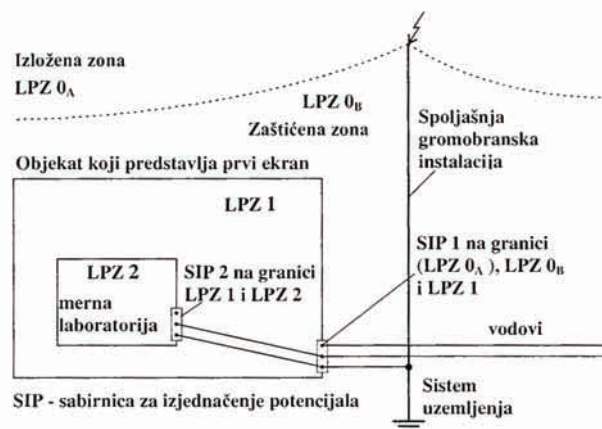
Unutrašnje zone:

- LPZ 1: Zona u kojoj objekti nisu izloženi direktnom udaru groma i gdje su struje na svim provodnim dijelovima unutar zone manje u poređenju sa onim u zoni LPZ 0_B. Zbog primijenjenih mjera unutrašnje prenaponske zaštite u ovoj zoni elektromagnetno polje može biti oslabljeno u zavisnosti od kvaliteta ekranizacije objekta. Elementarna je npr. "Faradejevim kavezom" sa manjim okcima mreže. Jačina elektromagnetnog polja u zoni LPZ 1, nasuprot jačini polja u zonama LPZ 0_A i LPZ 0_B, može biti znatno smanjena (tipična vrijednost je 20dB...50 dB).

- LPZ 2,3...: Zone u kojima su smanjene ili potpuno eliminisane kondukcione struje atmosferskog pražnjenja i smanjeno ili potpuno eliminisano elektromagnetno polje. Zahtjevi prema svakoj od ovih zona se postavljaju u zavisnosti od potrebnih uslova za zaštitu sistema ili uređaja koji se štite u njima.

Na granicama pojedinih zona, počev od LPZ 0_B, treba obezbjediti izjednačavanje potencijala svih metalnih dijelova i prenaponsku zaštitu svih vodova koji se u zonu uvode, a mogu se preduzeti i mjere za ekranizaciju. [1]

Na slici 1 prikazan je primjer podjele objekta u više zona. U objekat, u zaštićenu zonu, ulaze svi provodnici električne mreže i signalni provodnici na jednom mjestu i povezani su sa sabirnicom za izjednačavanje potencijala SIP1 na granicama zona LPZ 0_A i LPZ 0_B sa jedne strane i LPZ 1 s druge strane. Potom se provodnici dodatno povezuju na internu sabirnicu za izjednačavanje potencijala SIP2, na granici zona LPZ 1 i LPZ 2. Spoljašnji oklop čitavog objekta povezan je na SIP1, a ekran unutrašnje prostorije na SIP2. Tako da u zonu LPZ 2 ne dolaze dijelovi struje atmosferskog pražnjenja i ne mogu proći kroz nju. [1]



Slika 1. Podjela objekta na zaštitne zone [1]

Prema tome, prikazani koncept ima zadatak da postepeno redukuje prenapone, izazvane udarom groma, od zone do zone šticehog objekta ili sistema.

3. MREŽA ZA IZJEDNAČAVANJE POTENCIJALA

Izjednačavanje potencijala vrši se u okolini objekta, na konstruktivnim elementima objekta, na ulazu u objekat i unutar objekta (na granicama i unutar pojedinih zona). Izjednačavanje potencijala u okolini objekta vrši se u cilju sprečavanja razornih preskoka napona pri odvođenju struje između dijela objekta i instalacija u okolini. Izjednačavanje potencijala na konstruktivnim elementima objekta treba da obezbjedi da prilikom pražnjenja čitav objekat dođe na isti potencijal. Izjednačavanje potencijala na ulazu u objekat vrši se svim metalnim instalacijama, elektroenergetskim i telekomunikacionim vodovima da bi se spriječila pojava potencijalnih razlika.

Izjednačavanje potencijala unutar objekta vrši se formiranjem mreže za izjednačavanje potencijala unutar pojedinih zona i na njihovim granicama. Glavna funkcija mreže za izjednačavanje potencijala je sprečavanje razornih preskoka napona između svih uređaja/instalacija u unutrašnjosti LPZ-a, i smanjenje magnetnog polja indukovnog usljed atmosferskog pražnjenja. Zahtjeva se da pomenuta mreža ima što manju induktivnost, što se postiže povezivanjem svih metalnih komponenti pomoću provodnika za izjednačavanje potencijala unutar zona za izjednačavanje potencijala (LPZ) u zgradi ili objektu. Na taj način se stvara trodimenzionalna mreža. Tipične komponente mreže su: sve metalne instalacije (cijevi, bojleri itd.), armatura (u podovima, zidovima i plafonima), kablovske cijevi, ventilacione cijevi, šine liftova, metalni podovi, napojni vodovi itd. Idealno, dimenzije jednog okca mreže bi trebale biti 5mx5m. Ovakva mreža bi redukovala elektromagnetno polje unutar zone, prouzrokovano atmosferskim pražnjenjem, na faktor 2, što odgovara vrijednosti od 6 dB. Zatim, u mrežu za izjednačavanje potencijala moraju se povezati i oklopi i postolja elektronskih uređaja kratkim vezama. I zaštitni provodnici (PE) i kablovski štitovi elektronskih uređaja i sistema moraju se integrisati u pomenutu mrežu. [2]

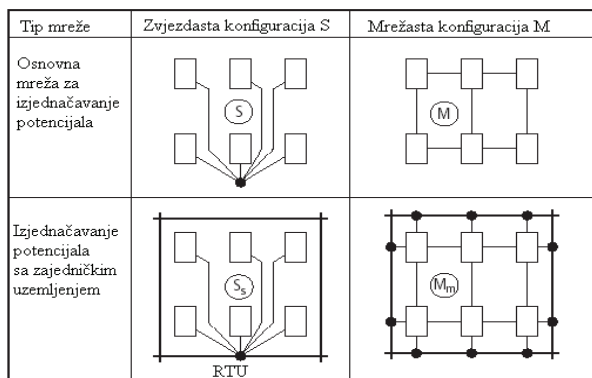
Postoje u principu dva načina da se povežu komponente, odnosno dvije konfiguracije mreže, kao što je prikazano na slici 2. To su: [1,2]

- zvjezdasta (tip S) konfiguracija mreže za izjednačavanje potencijala, i
- mrežasta (tip M) konfiguracija mreže za izjednačavanje potencijala.

Ako se upotrebi mreža tipa S, sve metalne komponente elektronskog sistema su međusobno "izolovane", a zajednička im je samo tačka izjednačenja potencijala. U principu, mreža za izjednačavanje potencijala tipa S koristi se za relativno male, lokalno ograničene sisteme, gdje sve instalacije i kablovi ulaze u objekat ili prostoriju unutar njega samo na jednom mjestu. Mreža za izjednačavanje potencijala tipa S povezuje se na zajednički sistem uzemljenja samo u jednoj tački, tački referentnog uzemljenja (RTU), što ima za rezultat tip Ss (slika 2). U ovom slučaju se obično svi napojni vodovi i komunikacioni kablovi između pojedinih uređaja i razvodnih ormara vode paralelno sa provodnicima za izjednačavanje potencijala koji slijede zvjezdastu konfiguraciju u namjeri da izbjegnu induktivne petlje. Veze između uređaja su moguće samo kroz tačku referentnog potencijala RTU.

Kada se koristi mreža za izjednačavanje potencijala tipa M, metalni dijelovi sistema neće biti "izolovani" niti međusobno niti od elemenata zajedničkog uzemljenja. Mreža tipa M najčešće se integriše u zajedničko uzemljenje na više mjesta i rezultuje u tip Mm. Mreža za izjednačavanje potencijala tipa M se koristi za relativno gusto instalisane sisteme, gdje postoji mnogo provodnika i kablova između pojedinih dijelova opreme i gdje instalacije i provodnici ulaze u objekat na više mjesta, što je primjereno velikim informatičkim centrima ili kompleksnim objektima i laboratorijama.

Takođe, kod kompleksnih sistema mogu se pojaviti kombinacije prethodnih vrsta. [1]



Legenda:

- Sistem zajedničkog uzemljenja
- Mreža za izjednačavanje potencijala
- Element opreme
- Priključak mreže za izjednačavanje potencijala na zajedničko uzemljenje

Slika 2. Osnovne šeme mreža za izjednačavanje potencijala [1]

4. PRINCIPI KOORDINACIJE ZAŠTITE OD ATMOSFERSKIH PRENAPONA

Prenaponska zaštita niskonaponskih elektroenergetskih mreža i telekomunikacionih, informatičkih i signalnih

mreža, mjernih i regulacionih kola, zasnovana je na koordiniranoj ugradnji zaštitnih uređaja duž vodova odgovarajućih mreža i izvodi se u nekoliko stupnjeva, odgovarajućom koordinacijom zaštite.

Principi koordinacije zaštite elektrotehničkih instalacija od atmosferskih pražnjenja zasnovani su topološki na višenivoovskom pristupu. Po pravilu sastoji se od primarne (grube), sekundarne (fine) i tercijarne (vrlo fine) zaštite: [1]

- primarna zaštita ima zadatak da odvede što veću energiju upadnog prenaponskog talasa, pri čemu preostali napon na zaštitnom uređaju može biti i relativno veliki (od 1 do 4 kV);

- sekundarna zaštita ima zadatak da ograniči preostali napon, koji je relativno male energije, na vrijednost primjerenu izolacionom nivou instalacione mreže, odnosno uređaja (nekoliko desetina do 1500V);

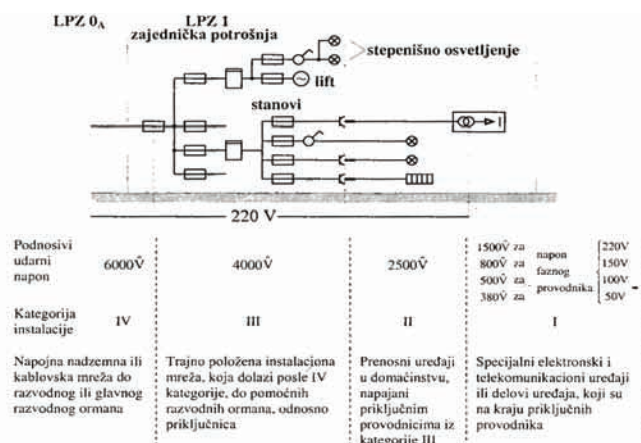
- tercijarna zaštita ima zadatak da još više redukuje preostali napon, na vrijednosti primjerene izolacionoj čvrstoći objekta, instalacije i štićenih uređaja.

Kod malih objekata, ponekad je dovoljna i samo sekundarna zaštita, dok se kod velikih objekata ponekad zbog velike dužine električnih vodova u kojima se indukuju visoki prenaponi, mora primijeniti tercijarna zaštita.

Mjesto ugradnje uređaja za primarnu zaštitu je na granici zona LPZ 0_A, LPZ 0_B i LPZ 1. To je zapravo neposredno kraj ulaza električnih mreža u objekat, npr. iza kućnog priljučnog ormara u glavnom elektroenergetskom mjerno-razvodnom ormaru. Mjesto instalisanja sekundarne zaštite je u posljednjem podrazvodnom ormaru ili eventualno u instalacionoj utičnici. Tercijarna zaštita pripada višim zonama zaštite (LPZ 3 i više) i po pravilu instalira se neposredno uz ili u samom štićenom uređaju.

Koordinacija zaštite se izvodi posebno u elektroenergetskoj, a posebno u svakoj od komunikacionih mreža. Na primjer, kod telekomunikacionih uređaja obe zaštite se u posljednjem stepenu sustižu ili kod ili u samim uređajima. To se radi zbog eliminisanja indukovanih prenapona i petlji koju grade elektroenergetski i telekomunikacioni kablovi, na koje je uređaj priključen. [1]

Koordinacija prenaponske zaštite u elektroenergetskim mrežama izvodi se, prema prijedlozima IEC-a [1], na osnovu četiri prenaponske kategorije instalacija, koje su prikazane na slici 3.



Slika 3. Dozvoljene vrijednosti prenapona u pojedinim dijelovima električnih instalacija [1]

Zaštita se izvodi pomoću prenaponskih zaštitnih uređaja, najčešće odvodnika prenapona (strujnih, naponskih i/ili kombinovanih) različitih električnih karakteristika.

Prenaponske kategorije definišu najviše dozvoljene vrijednosti preostalog napona zaštitnog uređaja primarne, sekundarne i tercijarne prenaponske zaštite. Maksimalne vrijednosti parametara atmosferskih pražnjenja koji se mogu pojaviti u električnim instalacijama prikazane su u Tabeli 1.

(Tabela 1. *Maksimalni parametri atmosferskih pražnjenja koji se mogu pojaviti u električnim instalacijama.*)[1]

Nivo zaštite	I (kA)	Q_u (C)	Q_{ud} (C)	W/R (MJ/ Ω)
I	100	150	50	2,5
II	75	112	37	1,4
III i IV	50	75	25	0,6

Legenda:

I – amplituda struje pražnjenja;

Q_u – ukupna količina elektriciteta;

Q_{ud} – udarna količina elektriciteta;

W/R – specifična energija.

Uređaji za zaštitu od atmosferskih pražnjenja, koji su postavljeni u raznim zonama u objektu, pored toga što moraju efikasno štititi uređaje i sisteme iz tih zona, moraju biti dobro koordinisani jedni sa drugima da bi se obezbijedila selektivnost njihovog djelovanja. To znači, da svaki individualni uređaj preuzme toliku količinu energije atmosferskog pražnjenja za koju je projektovan. Ukoliko je energija atmosferskog pražnjenja tolika da postoji rizik od preopterećenja zaštitnog uređaja, zaštitni uređaj iz više zone bi trebao da odreaguje i preuzme proces odvođenja.

Koordinacija prenaponske zaštite u komunikacionim i signalnim mrežama mjernih i regulacionih kola, takođe, se izvodi po opštim principima koordinacije uređaja za zaštitu od atmosferskih prenapona. Prvi nivo zaštite apsorbuje najveći dio energije atmosferskog pražnjenja, dok sljedeći nivoi, koji se nalaze u unutrašnjosti, služe da je dodatno smanje na vrijednosti sa kojima sistem može da se suoči i koje ga ne ugrožavaju [1]. Za strujne odvodnike prenapona u LPZ 0/1 ili višim, po pravilu, navodi se odvodna moć za odvođenje strujnih udarnih talasa talasnog oblika 10/350 μ s, dok se za naponske odvodnike navodi odvodna moć za odvođenje naponskog udarnog talasa talasnog oblika 8/20 μ s. U slučaju da je štice linija povezana u kaskadu koja sadrži i strujne i naponske odvodnike, uređaji se podešavaju tako da:

- najosjetljiviji element reaguje prvi – to je naponski odvodnik;
- naponski odvodnik mora biti sposoban da sprovede i jedan dio parcijalne struje atmosferskog pražnjenja talasnog oblika 10/350 μ s (mada mali dio);
- prije nego što dođe do preopterećenja naponskog odvodnika, strujni odvodnik mora da odreaguje i da nastavi dalje proces odvođenja.[2]

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu pažnja je posvećena zonskom konceptu zaštite objekata i električnih instalacija od atmosferskoj prenapona, kao i koordinaciji zaštitnih uređaja od ovih prenapona u elektroenergetskim i komunikacionim mrežama. Na današnjem stepenu razvoja, kada se cijelokupan život i djelatnost ljudi ne može zamisliti bez dostupnosti elektroenergetskih i komunikacionih sistema, veliko je interesovanje naučnika za razvoj istraživanja na polju zaštite od atmosferskih pražnjenja. S obzirom da se računarska, telekomunikaciona i elektronska oprema stalno usavršava i da se u njihovoj izradi koriste sve manji i sofisticiraniji elementi, koji imaju povećanu osjetljivost na efekte koje izazivaju struje atmosferskih pražnjenja, naponi naučnika, istraživača i proizvođača zaštitne opreme i uređaja usmjereni su na stalno poboljšavanje konstrukcijskih karakteristika uređaja za zaštitu, kao i metoda i načina njihove primjene. Sve su prisutniji uređaji koji u sebi kombinuju više zaštitnih funkcija i mogu se koristiti za više namjena i postavljati na više mjesta. Obično su svi uređaji jedne linije istog proizvođača efikasno koordinisani međusobno, što olakšava izbor. Na osnovu prethodno izloženog može se očekivati dalje proširivanje znanja na polju zaštite od atmosferskih pražnjenja i sve veće usavršavanje zaštitnih uređaja u budućnosti.

6. LITERATURA

- [1] Lj.Gerić, M.Savić, Č.Popović, "Zaštita objekata od atmosferskih pražnjenja", FTN IEET, Novi Sad, 2001.
- [2] DEHN+SÖHNE, "Blitz Planer", Hamburg, Deutschland, 2007.

Kratka biografija:

Tanja Medan je rođena u Sarajevu 1985. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva - Elektroenergetski sistemi je odbranila 2011. god.

CCD SENZOR SLIKE SA PRIMENOM ZA DETEKCIJU PRIRODNE GAMA RADIOAKTIVNOSTI**CCD IMAGE SENSOR WITH USAGE IN NATURAL GAMA RADIOACTIVITY DETECTION**Miroslav Mrđan, Đorđe Obradović, Miloš Živanov, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U ovom radu opisane su i analizirane moguće metode upravljanja CCD senzorom slike pri detektovanju slabih svetlosnih impulsa. Testirana je moguća upotreba ove vrste senzora pri detekciji svetlosnih impulsa dobijenih sa scintilationog kristala. Radi se o svetlosti slabog intenziteta koja se dobija pri merenju prirodne radioaktivnosti zemljišta pa je upotreba ove vrste senzora opravdana. Prikazani su dobijeni rezultati i opisane mane i prednosti ovih metoda.

Abstract – This paper describes possible methods of CCD image sensor control in soft light impuls sensing. Possible use of this sensor type is tested for light impuls detection oncoming from scintillation crystal in nature radioactivity measurement. This is very soft light, so testing with this type of sensors was valid. Here are shown measured results and described advantages and faults of the metod.

Ključne reči: CCD senzor slike, upravljanje i obrada.

1. UVOD

Uređaji za detekciju slabe svetlosti imaju presudan uticaj na razvoj u mnogim oblastima, astronomiji, metalurgiji, poboljšanju bezbednosti, zdravlju, biomedicini i mnogim drugim. Jedna od metoda za detekciju ovakve svetlosti je korišćenje CCD (*Charge Coupled Devices*) senzora. Ovo su poluprovodnički uređaji nastali 70-ih godina [1]. Naziv CCD potiče od funkcije koju obavljaju a to je transfer naelektrisanja iz jedne oblasti CCD-a u susednu. Pored transfera naelektrisanja CCD se može koristiti i za detekciju svetlosti i kao takav uživa sve veću popularnost među korisnicima. Razvoj CCD senzora svetlosti je i dalje u usponu a sa njim raste i broj oblasti u kojima se primenjuju ovi senzori [1]. U ovom radu je analizirana mogućnost upotrebe CCD senzora slike u geofizičko karotažnim merenjima (pri detektovanju prirodne radioaktivnosti) za detekciju svetlosti veoma slabog intenziteta koja dolazi sa scintilationog kristala.

2. TEORIJSKA ANALIZA

Rad scintilationog kristala zasniva se na emisiji impulsa svetlosti pri interakciji sa γ zracima [2]. U zavisnosti od energije zračenja imaćemo svetlosne impulse različite veličine. Tu svetlost je potrebno detektovati i na osnovu

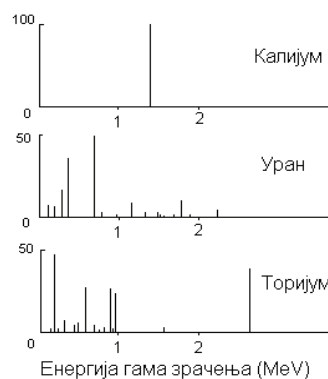
NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog -master rada čiji je mentor dr Miloš Živanov, red. prof.

veličine impulsa zaključiti koliki je bio intenzitet upadnog γ zraka. U ovom radu je kao senzor svetlosti korišten CCD senzor svetlosti ICX424AL marke Sony. Računanje jačine impulsa zasnovano je na sabiranju signala sa svih piksela senzora slike ili na prebrojavanju piksela sa signalom iznad određene granice.

2.1 Detekcija prirodne radioaktivnosti

Pri eksploataciji nafte, gasa ili vode, bušotine prvo treba pripremiti za eksploataciju. U tu svrhu se vrši zacevljivanje bušotina kao i postavljanje filteračkih sekcija. Da bi se tačno znalo koji materijal je potrebno upotrebiti pri zacevljivanju vrši se neka od geofizičko karotažnih metoda. Najpouzdaniji podaci o sastavu zemljišta dobijaju se spuštanjem karotažnih sonde u bušotinu i izvođenjem geofizičko karotažnih merenja [2]. Postoji više tipova ovih merenja, a jedan od njih je i radioaktivni karotaž. Radioaktivni elementi su prisutni svuda u svemiru pa i na našoj planeti. Postoje samo 3 prirodna izotopa čije se vreme poluživota može porediti sa starošću zemlje a to su ^{40}K , ^{238}U i ^{232}Th [2]. Njihove distribucije γ zračenja date su na slici 1.



Slika 1. Distribucija γ zračenja 3 prirodna radioaktivna izotopa

Ovi izotopi postoje u svim materijalima ali u različitom odnosu pa se na osnovu količine zračenja određenog izotopa može zaključiti o kakvom tipu zemljišta je reč. Geofizička radioaktivnost se može opisati preko relacije

$$GR = a^{238}\text{U}_{\text{ppm}} + b^{232}\text{Th}_{\text{ppm}} + c^{40}\text{K}\% \quad (1)$$

Koeficijenti a, b i c zavise od karakteristika sonde i detektora [2].

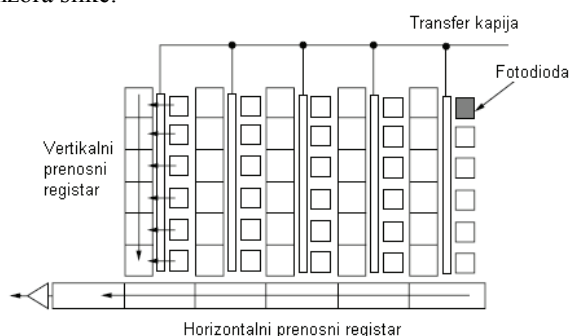
2.2 Scintilacioni detektor

Scintilator je uređaj koji detektuje γ zračenje i prevodi ga u svetlosni signal [2]. Scintilacioni kristal korišten u ovom radu je tipa NaI, ima relativno veliku emisiju svetlosti od 56×10^3 fotona/MeV i emituje svetlost talasne dužine od

310 do 410nm. Ova talasna dužina je na granici mogućnosti silicijuma za detekciju svetlosti pa je i fotoelektrični efekat manji za ove talasne dužine bilo da koristimo CCD ili neki drugi poluprovodnički uređaj za detekciju svetlosti [1]. Prirodna radioaktivnost koja se detektuje je, kao što je navedeno u prethodnom poglavlju, takođe slabog intenziteta pa je za očekivati da na izlazu scintilationog detektora bude veoma slaba svetlost.

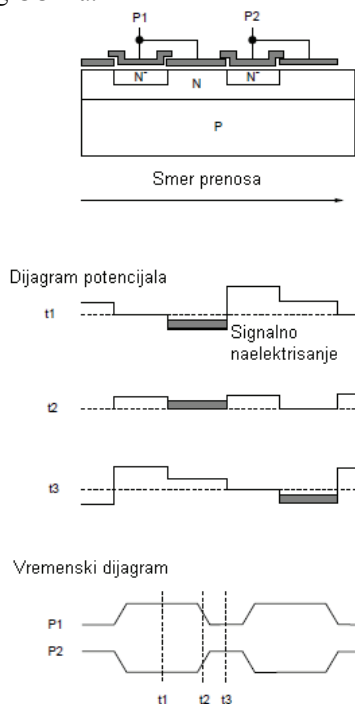
2.3 CCD senzor slike

Kao detektor slabe svetlosti sa scintilacionog kristala koristi se IT (*Interline transfer*) CCD senzor slike tipa *ICX424AL*. Ovaj tip senzora za detekciju svetlosti koristi fotodiode a za transfer signalnog naelektrisanja CCD registre. Na slici 2 prikazana je struktura ovog tipa CCD senzora slike.



Slika 2. *Interline transfer* CCD

Reč je o dvofaznom uređaju što znači da su mu potrebna dva takt signala za iščitavanje horizontalnog prenosnog CCD registra [3]. Slika 3 prikazuje transfer signala kod dvofaznog CCD-a.



Slika 3. *Transfer naelektrisanja* za dvofazni CCD

CCD senzor slike korišćen u ovom radu je dimenzija 692 x 504 piksela. Svaki piksel je dimenzije 7.4 μ m x 7.4 μ m. Faktor fotoelektrične konverzije za talasnu dužinu svetlosti koja dolazi sa scintilationog kristala je oko 50%.

Maksimalna frekvencija upravljanja koja može da se dovede na CCD senzor je 25MHz. Veliki problem kod CCD senzora slike predstavlja termalni šum koji na većim temperaturama može da zamaskira koristan signal. On se udvostručuje svakim porastom temperature za 5-6°C [3]. Zbog toga bi mogućnosti ovakvog uređaja bez dodatnog hlađenja u realnoj primeni bile ograničene na bušotine manjih dubina.

3. EKSPERIMENTALNA POSTAVKA

Ovaj istraživački rad zasniva se na mogućnosti CCD uređaja da detektuje veoma slabu svetlost. Eksperimenti su sprovedeni u laboratorijskom okruženju gde je prirodno γ zračenje nešto manje nego u realnim uslovima.

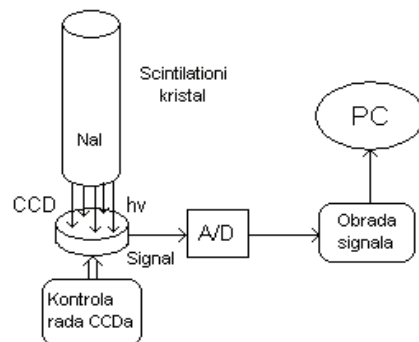
3.1 Upravljanje CCD senzorom

Za pravilno upravljanje *ICX424AL* senzorom slike potrebno je koristiti više takt (upravljačkih) signala na više naponskih nivoa. Zbog toga je upravljanje CCD senzorom slike mnogo komplikovanije od upravljanja MOS senzorom slike. Imamo dva takt signala za horizontalni prenosni CCD registar, 3 za vertikalni i još 2 signala za kontrolu transfer kapije i električne "zaklopke". Posto je za upravljanje ovim senzorom potrebno čak 4 naponska nivoa, pored mikrokontrolera dodatni uređaj koji se koristi za upravljanje je integrisano kolo *CXD3400* za usklađivanje naponskih nivoa upravljačkih signala. Upravljanje CCD senzorom slike sprovedeno u ovom eksperimentu se u mnogome razlikuje od uobičajenog upravljanja CCD senzorima. Od više mogućih načina rada senzora ovde su korišćeni progresivni (eng. *progressive scan*) i sa čitanjem polja (eng. *field readout*) uz dodatne modifikacije [3]. Kod progresivnog načina rada vršimo iščitavanje svih piksela. Ovo se vrši na frekvenciji 1.45MHz zbog ograničenih mogućnosti mikrokontrolera *ATMEGA8* kojim je vršeno upravljanje. Ovom frekvencijom može se postići iščitavanje od oko 3 slike po sekundi. U odnosu na standardan progresivni metod ovde je izbačeno upravljanje električnom zaklopkom. Električna zaklopka služi da smanji trajanje integracije signala. Ovo se radi da ne bi došlo do zasićenja signala međutim pošto se ovde radi sa veoma malim signalima do zasićenja gotovo da nikad ne dolazi. Za vreme iščitavanja jedna slike, signal naredne se akumulira u fotodiodama. Nakon iščitavanja jedne odmah se prelazi na upisivanje sledeće slike u vertikalne CCD registre i prelazi na njeno iščitavanje. Prebacivanje signala iz fotodioda u vertikalne prenosne registre CCD uređaja vrši se uz pomoć transfer kapije. Njom se upravlja uz pomoć 3 signala od kojih su dva i za taktovanje vertikalnih registara, V2 i V3. Prvo se aktivira signal transfer kapije a zatim se zajedno aktiviraju V2 i V3 čime se podiže napon ovih signala što je potrebno da se savlada potencijalna barijera između fotodioda i vertikalnog prenosnog registra pri prebacivanju naelektrisanja. Kod načina rada sa čitanjem polja vrši se sabiranje signala iz više piksela senzora. Na ovaj način se mnogo dobija na brzini iščitavanja ali gubi na rezoluciji. Rezolucija u našem slučaju nije bitna iz razloga što se posmatra ukupna vrednost signala sa celog CCD senzora. Sabiranje signala moguće je u dve oblasti, u horizontalnom prenosnom CCD registru i u kapacitivnosti izlazne kapije. Ova sabiranja moguće je

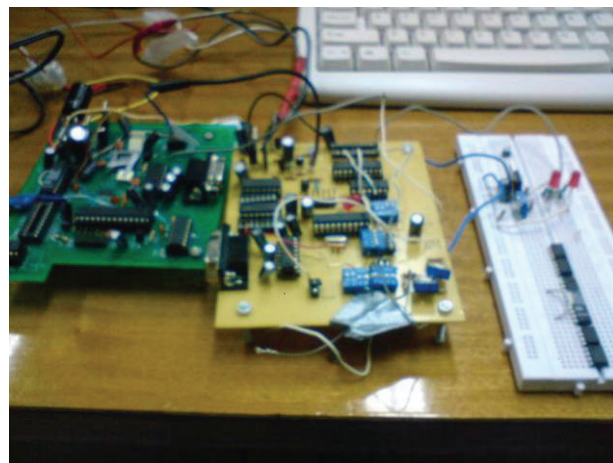
vršiti odvojeno ili zajedno. U horizontalnom registru sabira se signal iz vertikalnog prenosnog registra. Uobičajeno čitanje slike (progresivna metoda) podrazumeva spuštanje po jedne vrednosti iz vertikalnih registara CCD senzora slike, zatim sledi kompletno iščitavanje sadržaja horizontalnog registra. Ovo se vrši za svaki horizontalni niz piksela senzora *ICX424AL* a zatim se prelazi na sledeću sliku. Metoda sa čitanjem polja podrazumeva drugačiji način rada. Vertikalni registri se taktuju sve dok u potencijalne jame horizontalnog prenosnog registra ne dovedemo naelektrisanja iz onoliko piksela koliko želimo da saberemo. To može biti signal iz 2 piksela ili signal cele "vertikale" od 504 piksela. Sabiranje u izlaznoj kapiji se vrši izuzimanjem reset signala koji izlaznu kapiju vraća na referentni potencijal nakon iščitavanja signala. Umesto nakon svakog piksela, reset signal dovodimo samo nakon iščitavanja celog horizontalnog prenosnog registra.

3.2 Obrada signala sa CCD-a

U deo za obradu signala spadaju mikrokontroler *ATTiny2313* i A/D konvertor *THS10082*. Razlog dodavanja još jednog mikrokontrolera i A/D konvertora je dobijanje na brzini pri testiranju. *THS10082* ima mogućnost odabiranja signala na brzinama do 8MHz dok je kod A/D konvertora mikrokontrolera ta vrednost oko 100KHz. Mikrokontroler *ATTiny2313* dodat je da glavni mikrokontroler ne bi gubio procesorsko vreme na obradu signala već samo na upravljanje senzorom *ICX424AL*. Njegova dodatna uloga je i programiranje A/D konvertora po uključenju. Deo za obradu signala i deo za upravljanje ne mogu biti na istim vrednostima napajanja jer se napon signala sa izlaza *ICX424AL* kreće u granicama od 8 do 9.5V a maskimalna vrednost napajanja A/D konvertora može biti 5V. Zbog ovoga je potrebno uskladiti i komandne signale između dva dela što je izvršeno uz pomoć više NPN tranzistora. Signali koji se razmenjuju su signal koji označava kraj prenosa jedne slike i takt signal horizontalnog prenosnog registra kojim se određuje trenutak vršenja A/D konverzije. Konvertor se programira da daje izlaznu vrednost u komplementu dvojke. Ovo pomaže u brzini proveriti promena izlaznog signala prateći samo MSB bit. Kod progresivnog načina rada zbog veoma malih signala dovoljno je posmatrati samo promene na MSB i LSB bitu A/D konvertora. Mikrokontroler nije u stanju da isprati sve promene i da ih obradi, zato su dodata i dva brojača *74HC590*. Na neki od njihovih izlaza se spaja nožica za spoljašnji prekid mikrokontrolera i ukupan broj prekida se množi sa odgovarajućim stepenom dvojke kojem taj ulaz odgovara. Ovde imamo još i dva komparatora *LMV393*. Oni se koriste kada je iščitavanje sporije kod metode sa čitanjem polja i tada je njihova uloga sortiranje jačine impulsa na izlazu CCD senzora. Delu za obradu signala dodata je i mogućnost serijske komunikacije sa računarom preko RS232 terminala. Nakon signala za kraj prenosa jedne slike, koji dolazi sa glavnog mikrokontrolera, *ATTiny2313* preko serijske komunikacije šalje rezultate ka računar. Ovi rezultati mogu biti broj detektovanih impulsa ili ukupan broj piksela u kojima je zabeležena promena tokom integracije signala. Blok šema uređaja prikazana je na slici 4. Na slici 5 prikazan je izgled uređaja.



Slika 4. Blok šema celog uređaja



Slika 5. Izgled uređaja

4. DOBIJENI REZULTATI

Sprovođenje eksperimenta je izvođeno u laboratorijskim uslovima i merenja su se odnosila na prirodno γ zračenje prisutno u laboratoriji. Ovo zračenje je nešto slabije nego zračenje prosečnog šejlu bušotini i opada sa porastom visine u odnosu na površinu zemlje. pri postavljanju eksperimenta prvo bi pozicionirali oklopljeni scintilacioni kristal naspram CCD senzora *ICX424AL*. Stakleni deo oklopa scintilacionog kristala kroz koji se emituje svetlost je prečnika 19mm i veći je od efektivne površine *ICX424AL*. Zbog toga je potrebno svetlost ili usmeriti ili dodirni deo senzora i scintilatora oklopiti reflektivnim materijalom. Nakon toga podešavamo željeni način rada CCD senzora (progresivni ili sa čitanjem polja) i merimo dobijene signale na izlazu. Merenje se vrši ili uz pomoć konvertora *THS10082* ili kombinacijom komparatora. Mikrokontroler zatim vrši obradu signala i šalje podatke preko RS232 terminala ka računar. Podaci se mogu slati nakon čitanja svake slike ili nakon određenog vremenskog perioda.

Merenje sa **progresivnim** radom senzora treba da se vrši tako da se snop svetlosti sa scintilacionog kristala usmeri na manji broj aktivnih piksela senzora. Ovo se radi zbog brzine iščitavanja jer je nemoguće u kratkom vremenskom periodu iščitati sve piksele i izmeriti njihov signal. Usmeravanje se vrši ili upotrebom blendi ili uz pomoć sočiva. I jedna i druga metoda imaju više mana. Upotreba sočiva za usmeravanje zahteva postavljanje odgovarajućeg stalka u zavisnosti od žižne daljine. Zbog ovoga je nemoguće ostvariti idealne uslove gde nema

spoljašnjeg uticaja svetlosti na senzor. Veoma je teško zaštititi toliko veliku oblast i istovremeno pratiti merenja na računaru. Kod upotrebe blendi imamo značajne gubitke na već slabom signalu zbog velikog broja refleksija. Umesto ovoga, ovom metodom, vršena je samo eksperimentalna provera mogućnosti detektora da detektuje haotično raspoređen signal. U tu svrhu scintilationi kristal se postavi da dodiruje *ICX424AL* a delovi na kojima je moguć gubitak svetlosti se oklop. Rezultati ovakvog testiranja su predstavljeni u obliku broja piksela sa povećanim signalom. Oni su sa kontrolera slati na računar svakih 1.2 sekunde. Signali sa svih piksela koji bi nešto detektovali su imali vrednost manju od 1mV.

Redni broj merenja	Broj piksela sa povećanim signalom	
	sa scintilatorom	bez scintilatora
1.	7392	2512
2.	6488	2392
3.	7680	2528
4.	8200	2264
5.	7280	2632

Tabela 1. *Merenja pri progresivnoj metodi rada ICX424AL senzora slike*

Vidimo da i bez scintilatora imamo piksele sa nekim signalom što predstavlja termalni šum koji je približno konstantan.

Merenje metodom **sa čitanjem polja** vrši se sa istim položajem scintilationog kristala u odnosu na CCD senzor slike kao kod progresivne metode rada. Pikseli se sabiraju i u horizontalnom prenosnom registru i u izlaznoj kapiji tako da na kraju očitavamo ukupan signal cele slike. Uz pomoć komparatora izdvajamo signal koji prelazi neku referentnu vrednost (u ovom slučaju signal bez scintilatora). Ovakvim načinom merenja možemo da izdvojimo ukupan broj impulsa koji su emitovani iz scintilationog kristala. Integracija jedne slike je podešena na 1.2ms koliko traje i iščitavanje jedne slike. Nakon svake sekunde ukupan broj detektovanih impulsa slat je na računar preko serijske veze. Rezultati merenja su dati u tabeli 2.

broj merenja	broj impulsa	broj merenja	broj impulsa	broj merenja	broj impulsa
1.	27	6.	34	11.	30
2.	30	7.	32	12.	30
3.	26	8.	30	13.	29
4.	29	9.	24	14.	26
5.	25	10.	26	15.	32

Tabela 2. *Broj detektovanih impulsa u toku jedne sekunde*

Sledeći korak bi bio izdvajanje impulsa po amplitudi da bi se odredilo koliko impulsa pripada kojem izotopu. U tu svrhu bi se prvo morale odrediti granice za jačinu impulsa svakog izotopa u zavisnosti od pojačanja senzora.

5. ZAKLJUČAK

Ovaj rad pokazuje koliko su efikasni CCD senzori pri detektovanju slabih signala. Ovakva realizacija merenja u geokarotaznim merenjima bi umanjila neke probleme koji postoje kod već realizovanih sonde kao što je upotreba visokonaponskog napajanja. Najveći problem za punu realizaciju ovih metoda je termalni šum. Sve dok se on ne reši ovakav način merenja ne bi mogao da se primeni za bušotine sa velikim dubinama.

6. LITERATURA

[1] <http://www.optics.rochester.edu/quantumOpticsLab/>

[2] G. Mančić, S. Martinović, M. Živanov (2002), Geofizički karotaz – osnovni principi

[3] Hamamtsu photonics K.K., „*Characteristics and use of FFT-CCD area image sensor*“

Kratka biografija



Miroslav Mrdan rođen je u Sremskoj Mitrovici 1986. god. Osnovne akademske - bečelor studije završio na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Mikroračunarska elektronika u martu 2009 god.



Đorđe Obradović rođen je u Jagodini 1980 god. Diplomirao je na Fakultetu tehničkih nauka 2006. god., a od 2007. god je na doktorskim studijama na FTN. Oblast interesovanja mu je elektronika.



Miloš Živanov rođen je 1948. godine u Novom Sadu. Doktorirao je na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu 1992. god., a od 2004. god je u zvanju redovnog profesora na FTN. Oblast interesovanja mu je elektronika i optoelektronika.

PROGRAMSKI PAKET ZA ANALIZU MREŽNOG SAOBRAĆAJA SOFTWARE FOR ANALYSIS OF NETWORK TRAFFIC

Predrag Kovač, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – Potreba za analizom mrežnog saobraćaja je široko rasprostranjena. Proračuni zasnovani na analizi mrežnog saobraćaja se koriste za postizanje boljih karakteristika računarskih mreža. U ovom radu je predstavljen programski paket za analizu mrežnog saobraćaja koji analizira mrežni saobraćaj snimljen u .pcap datotekama i daje niz statističkih proračuna.

Abstract – Need for network traffic analysis is widespread in information technology. Results based on network traffic analysis are used for achieving of better network performances. This paper presents software for analysis of network traffic which analyzes network traffic saved in .pcap files and gives a number statistic calculations.

Ključne riječi: Analiza mrežnog saobraćaja.

1. UVOD

Za razliku od industrijske ere gdje su glavni bili fizički i finansijski resursi, današnje vrijeme, poznato kao informatička era, kao ključni resursi, karakterišu znanje i informacije. Ono što je neophodno učiniti, i što se nameće kao stalna potreba, jeste blagovremena dostupnost znanja i informacija.

Da bi se to postiglo, uvode se računarske mreže koje se povezuju u jednu globalnu mrežu i na taj način i znanje i informacije su dostupni svima. S povećanjem vrsta usluga dostupnih putem računarskih mreža, javlja se potreba i za poboljšanjem karakteristika mreža.

U sklopu poboljšanja karakteristika mreža, kao jedna od veoma važnih aktivnosti se javlja i potreba za snimanjem i analizom mrežnog saobraćaja. Na osnovu zaključaka zasnovanih na analizi mrežnog saobraćaja vrše se poboljšanja karakteristika mreža (zaštita, povećanje brzine prenosa, itd.).

Jedan od načina snimanja mrežnog saobraćaja jeste snimanje saobraćaja uz pomoc libpcap biblioteke, odnosno WinPcap njene verzije za Windows. Saobraćaj se snima u binarne datoteke sa ekstenzijom .pcap.

Za izradu programskog paketa za analizu zapisa saobraćaja neophodne su teorijske osnove vezane za poznavanje mehanizama funkcionisanja komunikacionih protokola, formata njihovih paketa, itd.. Takođe je neophodno poznavati format zapisa binarne .pcap datoteke.

Sve informacije vezane za protokole koje su neophodne za izradu projektnog zadatka se mogu naći u RFC (*Request for Comments*) dokumentima pod različitim brojevima za različite protokole (npr. RFC 3261 za SIP protokol, RFC 3550 za RTP protokol itd.).

U analizi saobraćaja su obrađivani sledeći protokoli:

- IP, *Internet Protocol*
- ICMP, *Internet Control Message Protocol*
- TCP, *Transmission Control Protocol*
- UDP, *User Datagram Protocol*
- RTP, *Real-time Transport Protocol*
- RTCP, *Real-time Transport Control Protocol*
- SIP, *Session Initiation Protocol*
- FTP, *File Transfer Protocol*
- SMTP, *Simple Mail Transfer Protocol*
- SNMP, *Simple Network Management Protocol*
- POP3, *Post Office Protocol (version 3)*
- HTTP, *Hypertext Transfer Protocol*
- HTTPS, *Hypertext Transfer Protocol Secure*
- DNS, *Domain Name System*.

1.1 Format zapisa .pcap datoteke

Struktura .pcap datoteke je prikazana na slici 1. Datoteka je u binarnom zapisu i počinje zaglavljem (*Global Header*) sa opštim karakteristikama. Poslije zaglavlja idu zapisi zapisanih paketa paketa.



Slika 1. Struktura .pcap datoteke, opšti oblik

Struktura zaglavlja (*Global Header*) datoteke prikazana je na slici 2.

```
typedef struct pcap_hdr_s {
    guint32 magic_number; /* magic number */
    guint16 version_major; /* major version number */
    guint16 version_minor; /* minor version number */
    gint32  thiszone; /* GMT to local correction */
    guint32 sigfigs; /* accuracy of timestamps */
    guint32 snaplen; /* max length of captured packets, in octets */
    guint32 network; /* data link type */
} pcap_hdr_t;
```

Slika 2. Struktura zaglavlja .pcap datoteke

Svaki zapisani paket počinje zaglavljem. Struktura zaglavlja paketa (*Packet Header*) je prikazana na slici 3.

NAPOMENA:

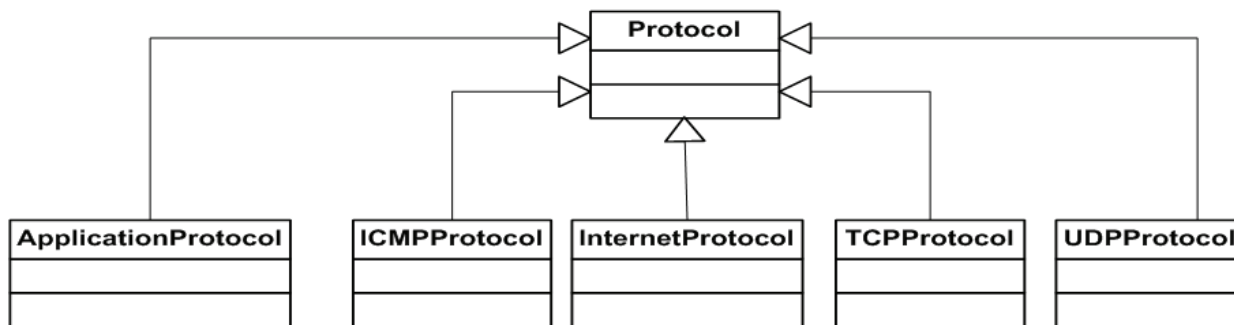
Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Miroslav Popović redovni prof.

```
typedef struct pcaprec_hdr_s {
    guint32 ts_sec; /* timestamp seconds */
    guint32 ts_usec; /* timestamp microseconds */
    guint32 incl_len; /* number of octets of packet saved in file */
    guint32 orig_len; /* actual length of packet */
} pcaprec_hdr_t;
```

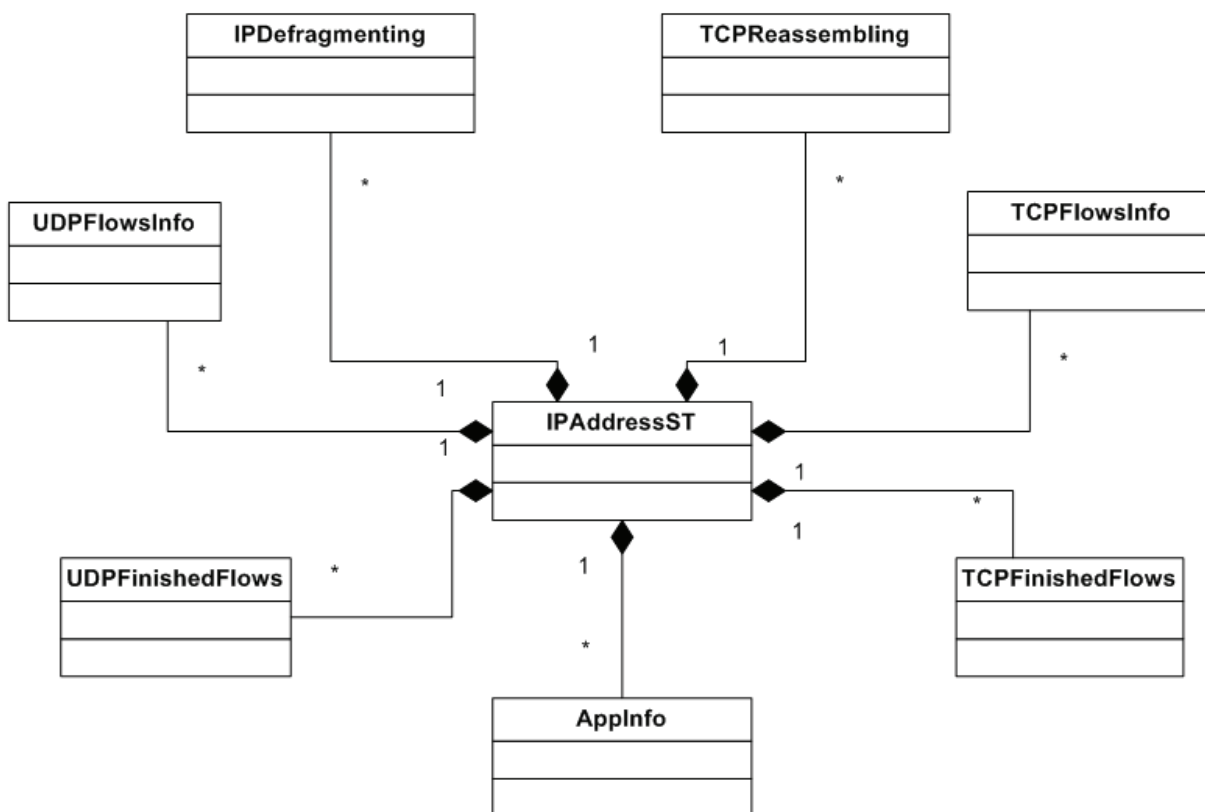
Slika 3. Struktura zaglavlja zapisanog paketa

Značenja polja zaglavlja sa prethodnih slika iz poglavlja 1.1 su detaljno opisna na adresi

<http://wiki.wireshark.org/Development/LibpcapFileFormat> odakle su slike i preuzete.



Slika 4. Graf nasleđivanja klasa koje modeluju podatke vezane za protokole



Slika 5. UML dijagram klasa koje sadrže informacije o paru IP adresa TCP/UDP tokovima koji pripadaju tom paru IP adresa, i algoritmima za defragmentaciju na IP nivou i desegmentaciju na TCP nivou

Slijedi opis klasa sa slike 4 :

- Klasa **Protocol** je klasa-predak svih ostalih klasa koje predstavljaju protokole različitih nivoa. Kao zajednička karakteristika svih protokola koje su od interesa u ovom radu, može se navesti naziv protokola i količina prenešenih podataka po satima. Metode realizovane u okviru ove klase se upravo odnose na manipulaciju pomenutim podacima

2. OPIS RJEŠENJA

Razvoj programa je tekao u tri faze:

- Uočavanje programskih cjelina i formiranje UML opisa sistema.
- Izrada programskih modela (pisanje aplikacije).
- Testiranje i analiza dobijenih rezultata.

U nastavku su dati UML dijagrami klasa i model projekta.

(maksimalno opterećenje, opterećenje po satim, broj prenesenih podataka u bajtima...).

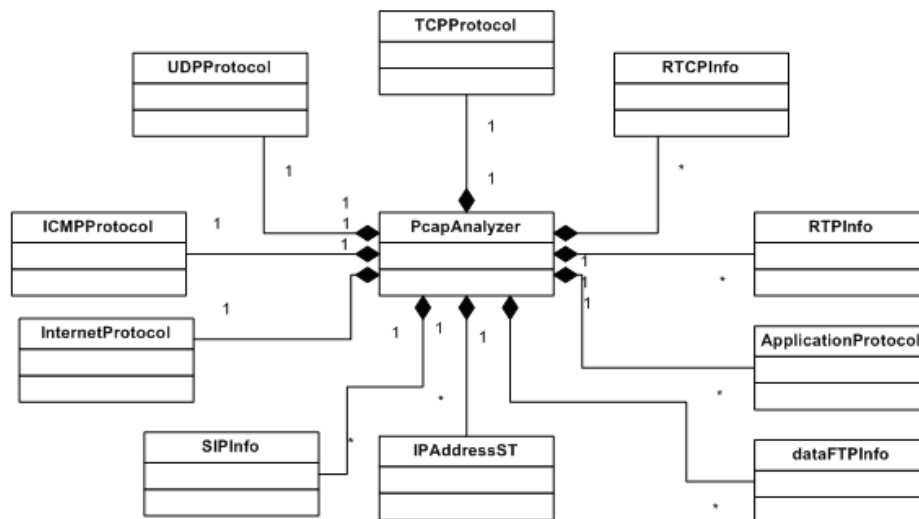
- Klasa **ApplicationProtocol** predstavlja jedan protokol aplikacionog nivoa sa svojim parametrima i karakteristikama a koje su sadržane u zahtjevima (broj porta, broj TCP/UDP protokola..).
- Klasa **ICMPProtocol** predstavlja ICMP protokol (*Internet Control Message Protocol*).

- Klasa **InternetProtocol** predstavlja IPv4 protokol (*Internet Protocol version 4*).
- Klasa **TCPProtocol** predstavlja TCP protokol (*Transmission Control Protocol*).
- Klasa **UDPProtocol** predstavlja UDP protokol (*User Datagram Protocol*).
- Klasa **AppInfo** predstavlja klasu o informacijama vezanim za broj TCP/UDP tokova kod detektovanih aplikacionih protokola, sadrži broj porta i broj TCP/UDP tokova. Ovi podaci su aktuelni za tekući par IP adresa.
- Klasa **TCPReassembling** sadrži u sebi implementiran algoritam za sklapanje TCP segmenata na primnoj strani za jedan TCP tok. Algoritam omogućava sklapanje segmenata u cjelinu i mogućnost pregrupisavanja pristiglih segmenata ukoliko ne stižu po redosledu generisanja na predajnoj strani, tj. vodi se računa da segmenti budu složeni u redosledu koji odgovara rastućoj vrijednosti sekvencijalnih brojeva TCP segmenata. TCP segment je opisan klasom **TCPSegment**.
- Klasa **IPDefragmenting** sadrži u sebi implementiran algoritam za defragmentaciju pristiglih IP fragmenata i slaganje po redosledu nastanka na predajnoj strani. IP fragment je opisan klasom **IPFragment**.

Slijedi opis klasa sa slike 5:

- Klasa **IPAddressST** sadrži sve neophodne informacije koje su nam od interesa a koje su karakteristične za par IP adresa (broj TCP/UDP tokova, trajanje tokova i sl.).
- Klasa **UDPFowsInfo** sadrži neophodne parametre za praćenje jednog UDP toka. Kada se tok završi informacije o njemu se prosleđuju u objekat klase **UDPFinishedFlows**.
- Klasa **TCPFlowsInfo** sadrži sve neophodne parametre za praćenje jednog TCP toka. Kada se tok završi informacije o njemu se prosleđuju u objekat klase **TCPFinishedFlows**.

Na slici 6 dat je dijagram klasa analizatora .pcap datoteka.



Slika 6. Dijagram klasa .pcap Analizatora

Slijedi opis klasa sa slike 6:

- Klasa **PcapAnalyzer** je glavna klasa u projektu i ona u sebi sadrži objekte ostalih klasa i metode koje će omogućiti ispunjavanje zahtjeva navedenih u Poglavlju 1. Metode koje su definisane u ovoj klasi omogućavaju otvaranje .pcap datoteke, pravilnu interpretaciju bitskog sadržaja datoteke i razvrstavanje podataka od interesa u oblike pogodne za dobijanje željenih statističkih proračuna. Takođe, u klasi su definisane metode koje generišu izlazne datoteke i u njih smještaju rezultate proračuna.
- Klasa **RTPInfo** sadrži informacije o jednom RTP (Real-time Transport Protocol) toku. Potreba za ovom klasom nastaje usled činjenice da ne postoji standardni broj porta koji se odnosi na RTP protokol.
- Klasa **RTCPInfo** sadrži informacije o jednom RTCP (Real-Time Transport Control Protocol) toku.

Javlja se kao prateći dio RTP toka na portu uvećanom za jedan u odnosu na tekući RTP tok.

- Klasa **SIPInfo** sadrži informacije o SIP sesijama u obrađivanoj .pcap datoteci.
- Klasa **dataFTPInfo** sadrži informacije o FTP tokovima za podatke.

Ostale klase sa slike su već objašnjene.

4. EKSPERIMENTI

U programskom paketu za analizu mrežnog saobraćaja su realizovani sledeći proračuni:

- Procenat neobrađenih paketa .pcap datoteke nastao usled nerealizovanih metoda za obradu protokola na nekom od *ISO-OSI* nivoa ili usled nekog nepredviđenog scenarija u njihovoj obradi.

- Spisak aplikacionih protokola sa informacijama vezanim za broj TCP/UDP tokova i količinu prenesenih podataka u bajtima.
- Informacije o tome koliki procenat mrežnog (IP) saobraćaja čine svaki od aplikacionih i transportnih protokola.
- Informacija o tome koliki procenat transportnog (UDP) saobraćaja čini RTP protokol.
- Statistika o UDP tokovima, minimalno, maksimalno, prosječno trajanje.
- Informacije o paru IP adresa između kojih je bilo najviše, odnosno najmanje UDP tokova.
- Informacije o minimalnom, maksimalnom i prosječnom trajanju RTP tokova.
- Informacija o satu maksimalnog opterećenja za svaki od protokola.
- Informacije o opterećenju po satima za svaki od protokola, organizovanih u izlaznoj datoteci u formi pogodnoj za grafički prikaz u nekom od raspoloživih programskih paketa.
- Informacije o broju parova IP adresa čiji je broj UDP tokova u intervalima, koji se zadaju kao parametar komandne linije.
- Statistika o TCP/UDP paketima: minimalna, maksimalna, prosječna veličina, varijansa broja TCP/UDP paketa, po toku, paru IP adresa, u .pcap datoteci.
- Informacije o SIP sesijama.
- Informacije o RTP tokovima.
- Izvještaj o obavještenjima o nepredviđenim situacijama.

Nakon testiranja sa .pcap datotekama veličine do 2 MB izvršeno je testiranje sa datotekama veličine 300 MB i svi testovi su prošli uspješno.

Na narednim slikama su prikazani neki od generisanih izvještaja.

```

1 ***** SHOW RESULTS *****
2 Captured packets number      : 691
3 Not processed packets number : 166
4 Not processed packets percentage : 24.0232%
5 *****

```

Slika 7. Prikaz procenta obrađenosti .pcap datoteke

```

5 *****
6 NUMBER TRANSFERRED BYTES BY APPLICATION PROTOCOLS AND NUMBER TCP/UDP FLOWS
7 *****
8 -----
9 Protocol name      : DNS
10 Num transferred bytes : 12292
11 Num TCP flows      : 0
12 Num UDP flows      : 156
13 -----
14 Protocol name      : SIP
15 Num transferred bytes : 3175
16 Num TCP flows      : 0
17 Num UDP flows      : 10
18 -----

```

Slika 8. Prikaz broja prenesenih bajtova i broja TCP/UDP tokova po aplikacionim protokolima

6. ZAKLJUČAK

Realizovana je aplikacija koja analizira log zapis nastao korišćenjem WinPcap biblioteke(.pcap datoteke). Rezultat njenog izvršavanja su izvještaji koji su navedeni u prethodnom poglavlju.

Prednosti ovog programskog paketa se ogledaju u mogućnosti obrade velikih .pcap datoteka (stotine MB), pošto ih je u programskom paketu Wireshark nemoguće obraditi (korišćena verzija 1.2.9). Nedostaci se ogledaju u relativnom malom broju realizovanih protokola i proračuna u poređenju sa standardnim paketima za analizu mrežnog saobraćaja.

Pravci daljeg razvijanja i usavršavanja ove aplikacije mogu ići u smjeru realizacije preostalih nerealizovanih protokola na svim nivoima kako bi se omogućila analiza većeg broja protokola prisutnih u mrežnom saobraćaju. Takođe, neophodno je proširiti algoritme realizacije postojećih protokola ukoliko uvođenje novih proračuna to bude zahtjevalo, kao i otklanjanje eventualnih grešaka ukoliko se pojave u toku eksploatacije.

7. LITERATURA

- [1] Wikipedia, the free encyclopedia, www.wikipedia.org.
- [2] [http://wiki.wireshark.org/Development/LibpcapFileFo](http://wiki.wireshark.org/Development/LibpcapFileFormat)
[rmat](http://wiki.wireshark.org/Development/LibpcapFileFormat)
- [3] RFC 3261, <http://www.ietf.org/rfc/rfc3261.txt>
- [4] RFC 3550, <http://www.ietf.org/rfc/rfc3550.txt>
- [5] RFC 1035, <http://www.ietf.org/rfc/rfc1035.txt>
- [6] RFC 959, <http://www.ietf.org/rfc/rfc959.txt>
- [7] RFC 5321, <http://www.ietf.org/rfc/rfc5321.txt>
- [8] RFC 1939, <http://www.ietf.org/rfc/rfc1939.txt>
- [9] RFC 2616, <http://www.ietf.org/rfc/rfc2616.txt>
- [10] RFC 791, <http://www.ietf.org/rfc/rfc791.txt>
- [11] RFC 793, <http://www.ietf.org/rfc/rfc793.txt>
- [12] RFC 768, <http://www.ietf.org/rfc/rfc768.txt>

Kratka biografija:



Predrag Kovač rođen je u Foči, 22.03.1981. godine. Školske 2000/2001. godine je upisao studije na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva, odsjek Računarstvo i automatika, smjer – Računarska tehnika i računarske komunikacije.

UPOTREBA ZUMIRANJA ČELIJE ZA UŠTEDU ENERGIJE U MOBILNIM MREŽAMA CELL ZOOMING FOR ENERGY SAVINGS IN MOBILE NETWORKS

Dušan Grbić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast: ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U mobilnim mrežama dimenzije ćelije se određuju na osnovu procenjenog komunikacionog saobraćaja. Međutim, način na koji se taj saobraćaj odvija može biti praćen prostornim i vremenskim oscilacijama na osnovu kojih se može planirati rad mobilnih mreža. U ovom radu biće predstavljen koncept zumiranja ćelije, koji adaptivno podešava veličinu ćelije, a sve u cilju postizanja uštede energije. Prikazani su algoritmi za centralizovano i distribuirano zumiranje ćelije gde se može videti da predloženi algoritmi mogu znatno smanjiti potrošnju energije, što nas dovodi do mogućnosti za ostvarivanje "zelene" mobilne telekomunikacione mreže

Abstract – In mobile networks, the cell dimensions are determined using the estimated communication traffic. However, the observed traffic occurrence can be subject to spatial and temporal oscillations that are the foundation of the mobile networks planning. This paper presents the concept of cell zooming, which adaptively adjusts the cell size, with the aim of achieving energy savings. We present the algorithms for centralized and distributed cell zooming, where it can be seen that the proposed coupling algorithm can significantly reduce energy consumption, which leads to generating "green" mobile telecommunications network.

Ključne reči: zumiranje ćelija, ušteda energije.

1. UVOD

Telekomunikaciona industrija se, kao i ostali industrijski sektori, sve više usredsređuje na smanjenje direktne i indirektno emisije ugljen dioksida. Emisija bi po telefonskoj liniji trebalo da opadne prosečno za 10 odsto, iako ovde treba uzeti u obzir činjenicu da se ukupni broj linija povećava.

Globalna telekomunikaciona industrija, koja pruža usluge za četiri milijarde klijenata sa prosečno 1,5 linija po korisniku, godišnje generiše 183 miliona tona ugljen - dioksida. Reč je o 0,7% udela u globalnoj emisiji ugljen - dioksida, što je i dalje povoljnije u odnosu na automobilsku i avio industriju. Operateri bi se trebali fokusirati na smanjenje emisije ugljen-dioksida zarad smanjenja troškova. S tim u vezi je i ovo izlaganje koje je vezano za uštedu energije u mobilnim mrežama.

Mi ćemo se baviti analizom upotrebe zumiranja ćelije zarad uštede energije u mobilnim mrežama.

Kada je saobraćaj niskog inteziteta stvaraju se uslovi da neke ćelije mogu da rade u režimu mirovanja da bi

smanjile potrošnju energije, dok će se druge ćelije pobrinuti za pokrivenost korisnika.

U unapred definisanim algoritmima, mirovanje BS (Baznih Stanica) je prikazano u skladu sa determinističkim obrazcem vremenskih oscilacija inteziteta saobraćaja. Razmatraćemo mobilne mreže sa prostornim i vremenskim oscilacijama inteziteta saobraćajnog i upoznati se sa dinamičkim algoritmima za uštedu energije

2. ZUMIRANJE ČELIJE ZA UŠTEDU ENERGIJE

Posmatrajmo gusto raspoređenu mobilnu mrežu u kojoj dolazi do preklapanja pokrivenosti BS-a, dok se intenzitet saobraćaja menja u vremena i prostoru. Pretpostavimo da postoji M BS-a i pretpostavimo da sve BS-e imaju istu potrošnju. Svaka BS ima dva režima rada: aktivni režim, sa snagom P_a i režim mirovanja, sa snagom P_s , gde je obično P_a mnogo veće od P_s . MUs (Mobile User) stižu na mrežu u skladu sa Poissonovim procesom i svaki MU će po dolasku biti povezan sa jednom BS.

Provedeno vreme u mreži za svaki MU je eksponencijalno raspoređeno i zahtevana vrednost je fiksna za svaki MU, ona se označava sa r_i za svaki MU_i . Spektralna efikasnost je ω_j kada je MU_i povezan sa BS_j . Dakle potrebni propusni opseg dat je kao $b_{ij} = r_i / \omega_j$. Mi smo pretpostavili da je spektralna efikasnost nezavisna od odnosa između ostalih BS-a i MUs. Ukupan frekvencijski opseg za BS_j je B_j . Kada novi MU stigne u mrežu, ako nema dovoljno propusnog opsega za dodeljivanje, MU će biti blokiran. Ono što treba da bude ključno u svemu ovome je kako minimizovati potrošnju i smanjiti verovatnoću blokiranja.

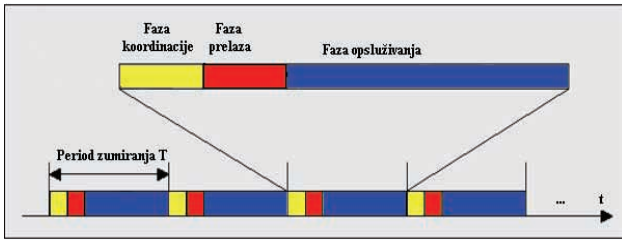
Ako postoji više ćelija koje rade u režimu mirovanja, biće i manja potrošnja, ali će takođe doći i do veće verovatnoće blokiranja, što znači da su potrošnja i blokiranje uslovljeni. Zbog toga, mora postojati kompromis između ova dva parametra.

Pošto će vreme prelaza BS iz aktivnog režima u režim mirovanja trajati određeni vremenski period, tokom kojeg ćelije neće moći da opsluže MU, to znači da su česti režimi prelaza ne izvodljivi u praksi. U našim algoritmima zumiranja ćelija, vreme se deli na periode zumiranja, a dužina svakog perioda je T. Svaki period se sastoji od tri faze: faze koordinacije, faze prelaza i faze opsluživanja, kao što je prikazano na Slika 1. U fazi koordinacije, CS (Cell-zooming Server) prikuplja neophodne informacije o stanju mreže i donosi odluke. Naš predloženi algoritam zumiranja će takođe raditi tokom ove faze. U fazi prelaza, ćelije menaju režim rada i obavljaju raskid procesa ako je to potrebno. U fazi opsluživanja, ćelije popravljaju svoj režim rada i pružaju usluge trenutno aktivnim i novopridošlim MU u mreži. Mi pretpostavljamo da su dužine faze koordinacije i faze

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bila dr Dragana Bajić, red.prof.

prelaza mnogo kraće od faze opsluživanja, tako da potrošnja energije najviše zavisi od rada ćelija u fazi opsluživanja.



Slika 1. Proces realizacije algoritma zumiranja ćelije

Intuitivno, u cilju smanjenja broja aktivnih BS, intezitet saobraćaja treba da bude koncentrisan na nekoliko BS, tako da BS-e sa manjim intezitetom saobraćaja mogu da se isključe. Rukovodeći se ovakvim načinom razmišljanja možemo doći do dve vrste algoritama za zumiranje ćelija. Prvi je centralizovan algoritam, u kojem se sva stanja kanala i zahtevi korisnika u mreži prikupljaju od strane CS, a raspodela resursa i operacija zumiranja ćelija se izvršavaju na centralizovan način. Druga vrsta je distribuirani algoritam, svaki MU će izabrati BS da bude povezan sa samim sobom na osnovu informacija koju emituju BS-e. Uopšteno govoreći, centralizovani algoritam zahteva viši stepen signalizacije, ali može da postigne bolje performanse u poređenju sa distribuiranim algoritmom.

2.1. Centralizovani algoritam

U centralizovanom algoritmu zumiranja ćelije, MUs imaju povratnu informaciju o stanju kanala i zahtevanoj brzini ka BS tokom faze koordinacije. CS će prikupiti sve ove informacije zajedno sa ograničenjima frekvencijskog opsega BS. Nakon što primi sva ažuriranja iz svih MUs i BS-a, CS će generisati 0-1 matricu $\mathbf{X} = [x_{ij}]$, gde $x_{ij} = 1$ znači da je MU_i povezan sa BS_j , inače $x_{ij} = 0$. Kako svaki MU može biti opslužen od strane jedne BS, zbir svake kolone u matrici $\mathbf{X}$ je 1. Osnovna ideja algoritma je da se isključi što više BS-a sa malim opterećenjem, koliko god je to moguće. Pošto ima mnogo MUs koji stižu tokom faze opsluživanja, svaka aktivna BS će rezervisati jedan deo propusnog opsega za novopridošle MUs. Označimo deo propusnog opsega rezervisanog u BS_j sa α_j , gde $j \in [0,1]$.

Na početku, propusni opseg u stanju mirovanja BS_j je dat izrazom:

$$\tilde{B}_j = (1 - \alpha_j)B_j. \quad (1)$$

Označimo skup MUs povezanih sa BS_j kao M_j . Saobraćajno opterećenje BS_j dato je izrazom:

$$L_j = \sum_{i \in M_j} \frac{b_{ij}}{B_j} \quad (2)$$

Detaljan postupak algoritma je opisan u narednih nekoliko koraka.

- Korak 1: Izvršiti inicijalizaciju svih L_j da budu 0 i svih elemenata u matrici $\mathbf{X}$ da budu 0.
- Korak 2: Za svaki MU_i naći skup BS-a koje mogu da opsluže MU_i bez kršenja ograničenja propusnog opsega, što znači $L_j B_j + b_{ij} \leq \tilde{B}_j$.

Ukoliko je skup prazan, MU_i je blokiran. U suprotnom, povezujemo MU_i sa B_j koji ima najveći ω_{ij} u skupu. Ažuriranje informacija o L_j i matrici $\mathbf{X}$ se vrši posle svakog spajanja.

- Korak 3: Sortirati sve BS-e u odnosu na nejednakost $L_j B_j$ prema $\tilde{B}_j$ po rastućem redosledu. Sve BS-e sa 0 odnosom će se suziti na nulu i radiće u režimu mirovanja u narednom periodu opsluživanja. Za ostale BS-e, naći BS_j sa najmanjim odnosom a zatim ponovo pridružimo MUs iz M_j na druge BS-e u mreži. Ako nijedna MU nije blokirana, neažuriraj $\mathbf{X}$ i idi na korak 3. U suprotnom, pošalji $\mathbf{X}$ i završi postupak.

2.2. Distribuirani algoritam

Da bi se smanjila razmena signalizacije na višim nivoima, razvijen je distribuirani algoritam zumiranja ćelije, u kojem će svaki MU sam izabrati BS u odnosu na izmerene vrednosti stanja kanala i inteziteta saobraćaja svih BS-a.

U distribuiranom algoritmu, BS-e takođe imaju rezerve propusnog opsega za novopridošle MUs kao i kod centralizovanog algoritma. U praksi se informacije o intezitetu saobraćaja i parametrima o rezervisanju protoka mogu dobiti emitovanjem kontrolnih signala iz BS-a. Svaki MU će izabrati BS sa visokim opterećenjem i visokom spektralnom efikasnošću. Mi definišemo funkcije podešavanja ukoliko bi MU_j trebalo da bude povezan sa BS_j kao sledeći izraz:

$$U(\omega_{ij}, L_j, \alpha_j) = \begin{cases} \frac{\omega_{ij}(L_j B_j + b_{ij})}{\tilde{B}_j} & L_j B_j + b_{ij} \leq \tilde{B}_j \\ 0 & L_j B_j + b_{ij} > \tilde{B}_j \end{cases}, \quad (3)$$

Što u prevodu znači da će MUs odabirati one BS-e koje imaju veliko opterećenje i visoku spektralnu efikasnost, ali opterećenje ne može da pređe unapred definisani prag. Postupak distribuiranog algoritma zumiranja ćelije sastoji se od sledeća tri koraka:

- Korak 1: Izvrši se inicijalizacija svih L_j da budu jednaki 0 i svi elementi matrici $\mathbf{X}$ da imaju vrednost 0.
- Korak 2: Za svaki MU_i naći skup BS-a koje mogu da opsluže MU_i bez kršenja ograničenja propusnog opsega, što znači $L_j B_j + b_{ij} \leq \tilde{B}_j$. Ukoliko je skup prazan, MU_i je blokiran. U suprotnom, povezujemo MU_i sa B_j koji ima najveći $U(\omega_{ij}, L_j, \alpha_j)$ u skupu. Ažuriranje informacija o L_j i matrici $\mathbf{X}$ se vrši posle svakog spajanja.
- Korak 3: Ponavljati korak 2 sve dok ne prestane ažuriranje matrice $\mathbf{X}$, onda pošalji $\mathbf{X}$ i završi postupak.

U distribuiranom algoritmu, nije potrebna koordinacija između BS-a, tako da je signalizacija na višem nivou veoma smanjena. Distribuirani algoritam radi u obliku iteracije. Konvergencija distribuiranog algoritma je zagarantovana ukoliko bilo koja dva MUs istovremeno ne

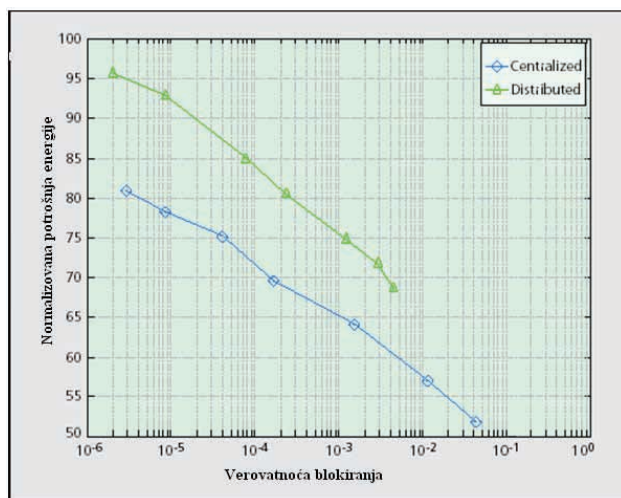
preduzimaju nikakve akcije. Ovo se dešava iz prostog razloga što svaki MU bira iz svog skupa koji je konačan. Nakon što algoritam konvergira, BS-e koje ne rade združeno biće u režimu mirovanja tokom faze opsluživanja.

2.3. Ocenjivanje performansi

Predloženi algoritmi dinamičkog zumiranja ćelije će biti ocenjeni u slučaju vremenski promenljivog inteziteta saobraćaja. Radijus ćelije je postavljen na 200m i pretpostavka je da svaka BS može da proširi svoju pokrivenost do najviše 400m. Mi samo razmatramo deo vezan za gubitak trase na kanalima između BS-a i MUs, prema protokolu- ITU za mikro-ćelijsko test okruženje. Potrošnja energije je 400W za BS-e u aktivnom režimu, kao i 10W za BS-e u režim mirovanja. Propusni opseg svake BS je 5MHz. MUs stižu u mrežu po Poissonovom procesu, a prosečno vreme boravka svakog MU je 1 minut. Centralnom mestu svake generisane oblasti i standardnom devijacijom R. Zahtevana vrednost svakog MU je 122kB / s. Period zumiranja ćelija T je postavljen da bude 1 sat, a svi rezultati simulacije su u proseku vezani za preko 100 perioda zumiranja ćelija.

Mi smo, postavili rezervne parametre tako da budu isti za sve BS-e sa $\alpha_j = \alpha$, zatim podesili vrednost i izračunali prosečnu potrošnju energije. Kada je α povećano, veći je i propusni opseg koji je rezervisan pa algoritam zumiranja ćelije postaje konzervativniji. Ovo će dovesti do toga da će više BS-a raditi u aktivnom režim i da će biti postignuta manja verovatnoća blokiranja. Zbog toga podešavanjem α , možemo postići kompromis između potrošnje energije i kvaliteta usluga. Rezultati na Slika 2. potvrđuju naše analize. Za datu stopu dolazaka dobijamo krivu kompromisa za potrošnju energije u odnosu na verovatnoću blokiranja za svaki algoritam.

Grafikon takođe pokazuje da naši algoritmi mogu da sačuvaju puno energije (potrošnja energije je normalizovana do 100 ako su sve BS-e aktivne). Centralizovani algoritam može postići bolji kompromis nego distribuirani algoritam. Naši algoritmi su takođe fleksibilniji i mogu slobodnije da iskoriste kompromis između potrošnje energije i verovatnoće blokiranja



Slika 2. Karakteristika uslovljenosti potrošnje energije i blokiranja kod centralizovanog i distribuiranog algoritma zumiranja ćelije

3. ZAKLJUČAK

Zumiranje ćelije ne samo da rešava problem neuravnoteženosti saobraćaja, već utiče i na smanjenje potrošnje energije u mrežama mobilne telefonije.

U najvažnijem slučaju zumiranja ćelije zarad uštede energije, pokazali smo da predloženi algoritmi mogu da iskoriste kompromis između uštede u energiji i verovatnoće blokiranja. Algoritmi takođe, štede veliku količinu energije kada je upitanju nizak intezitet saobraćaja, čime se može postići cilj, a to su zelene mobilne telekomunikacione mreže.

4. LITERATURA

- [1] Z. Niu, Y. Wu, J. Gong and Z. Yang "Cell Zooming for Cost-Efficient Green Cellular Networks", *IEEE Communications Magazine*, pp. 74-79, November 2010.
- [2] M. Marsan et al., "Optimal Energy Savings in Cellular Access Networks," *IEEE ICC, GreenCom Wksp.*, Dresden, Germany, June 2009.
- [3] L. Chiaraviglio et al., "Energy-Aware UMTS Access Networks," *Proc. 11th Int'l. Symp. Wireless Pers. Multimedia Commun.*, Sept. 2008.

Kratka biografija:



Dušan Grbić rođen je u Beogradu aprila 1981. god. Diplomski-bečelor rad na Visokoj školi strukovnih studija za informacione i komunikacione tehnologije u Beogradu iz oblasti Elektrotehnike – Telekomunikacije odbranio je septembra. 2007

**MIKRORAČUNARSKI SISTEM ZA NADZOR STRUJA I NAPONA NA UDALJENOJ
LOKACIJI PUTEM INTERNETA****MICROCOMPUTER SYSTEM FOR MONITORING OF CURRENTS AND VOLTAGES
AT THE REMOTE LOCATION VIA INTERNET**Dušan Jovanović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U današnje vreme gde automatizacija i tehnička dostignuća uzimaju sve više maha, komunikacija između mernih uređaja dobija sve veći primat i mogućnost primene. Osnovna osobina komunikacije i je mogućnost dobijanja podataka koji dalje može da se obrađuje i prosleđuje. U ovom radu predstavljena je serijska komunikacija između mernog pretvarača sa jedne strane koji je preko serijskog porta povezan sa Arm platformom i internet komunikacija između Arm platforme i krajnjeg korisnika. Pomoću ove platforme vršimo obradu i dalju distribuciju podataka koristeći mrežnu infrastrukturu. Autor je predstavio najosnovnije delove sistema koja ovaj projekat sadrži, način programiranja Arm mikrokontrolera, hardver i softver koji se koristi pri programiranju i monitoringu.

Abstract – During the last decade, field of automation and technical development expanded rapidly. Thus, the communication between the measuring devices became one of the most important issues. Development in the area of communications provided possibility of obtaining data that could be processed or forwarded further for later analysis. In this paper we describe a system consisting of measuring transducer and embedded system based on ARM microcontroller. ARM-based platform communicates with measuring transducer over serial port on the one side, and on the other side acts as a server accepting client requests over the internet. The author has presented the basic modules of the system and provided some fundamental concepts of embedded system programming under Linux operating system.

Ključne reči: ARM microcontrollers, communication, programming.

1. UVOD

Softver se, generalno, može podeliti na sistemski i aplikativni. Aplikativni je namenjen rešavanju nekog konkretnog problema. Izrađuje ga sam korisnik, odnosno programer, za razliku od sistemskog softvera koji obično izrađuje proizvođač računara. Sistemski programi su stalno prisutni u računarskom sistemu i svakom korisniku omogućavaju lakše, jednostavnije i efikasnije korišćenje

računarskih resursa. Oni se dalje dele na kontrolno-upravljački softver (operativni sistem - OS) i uslužni softver [1].

Operativni sistem najčešće u većem stepenu utiče na predstavu korisnika o mogućnostima računara od samog hardvera. Šezdesetih godina OS smo mogli definisati kao programska sredstva koja upravljaju hardverom. Danas je prisutna tendencija migracije mnogih funkcija tradicionalnih programa ka mikroprogramima tako da je u nekim sistemima više funkcija realizovano mikroprogramski nego običnim programskim sredstvima. Stoga OS možemo definisati kao skup programa, kako običnih tako i mikroprograma, koji obezbeđuju mogućnost korišćenja hardvera. Pri tome hardver računara predstavlja "sirovu" računarsku moć, a zadatak OS jeste da se hardverske mogućnosti učine dostupnim i po mogućnosti udobnim za korisnika. Dizajn i izrada OS je usko povezana sa hardverom kao osnovom na kojoj se operativni sistem izgrađuje, pa zato proizvođači hardvera najčešće i proizvode operativne sisteme. Otuda imamo mnoštvo različitih pristupa, nivoa, verzija i namena OS, pa samim tim i različitih definicija ovog pojma. Pritom, korisnik vidi OS preko jezika OS (komandni jezik, kontrolno-upravljački jezik), a većina unutrašnjih problema, rešenja i postupaka OS za korisnika je transparentna, tj. on o njima ne mora voditi računa niti ih poznavati.

Za naše potrebe proučavanja operativnih sistema navešćemo samo globalne funkcije koje moraju biti rešene u svakom OS. Uz upravljanje računarskim resursima - procesorima, operativnom memorijom, perifernim uređajima i podacima, OS treba da obezbede interpretiranje i izvođenje kontrolno upravljačkih komandi i programa, upravljanje poslovima, zaštitu, a često i podršku daljinske obrade i rada u mreži.

Upravljanje procesorima možemo ilustrovati sledećim pitanjima: kojem procesu dodeliti procesor za izvršavanje, koliko dugo sme proces držati procesor, koliko procesa može konkurisati za procesor i sl.

Upravljanje memorijom ima svrhu rešavanja problema oko efikasnog korišćenja operativne memorije. Ono je neraskidivo vezano sa dodelom procesora i upravljanjem perifernim uređajima. Upravljanje perifernim uređajima odnosi se na celokupan rad oko ulaznih, odnosno izlaznih uređaja od njihovog dodeljivanja do izvršavanja zahteva sa pojedinim ulazno/izlaznim operacijama.

Upravljanje podacima odnosi se na rukovanje podacima na spoljašnjim memorijama, dakle na način smeštanja na eksterne memorije, pristupe podacima, upisivanje i čitanje podataka iz datoteka, kreiranje, održavanje i brisanje datoteka, upravljanje eksternim memorijama i drugo.

NAPOMENA:

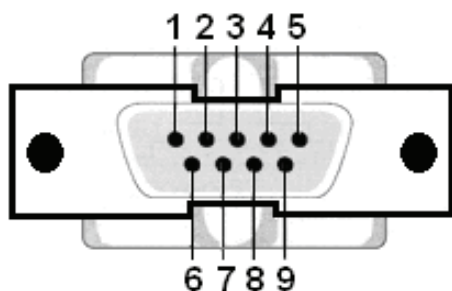
Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada iz predmeta Mikroračunarski sistemi za rad u realnom vremenu čiji mentor je bio dr. Veljko Malbaša, red. prof.

2.KONFIGURACIJA SISTEMA

Jedan od najznačajnijih mehanizama familije Intelovih mikrokontrolera koji se baziraju na mikrokontroleru 8051 je serijska komunikacija po RS232 standardu. Serijski port je "full duplex" što znači da su mogući prijem i predaja u isto vreme. Za oba smera komunikacije koriste se dva istoimena specijalna funkcijska registra SBUF, koji su fizički odvojeni.

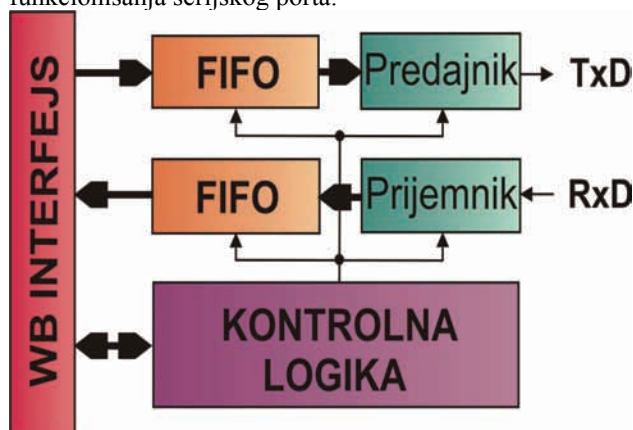
Serijski port PC računara koristi se za serijski prenos podataka (bit po bit) i samim tim je sporiji od paralelnog porta. Uređaji koji koriste serijsku komunikaciju svrstavaju se u dva tipa terminala i to: DCE (Data Communications Equipment) i DTE (Data Terminal Equipment). DCE koriste modemi, ploteri i slično, dok se DTE koristi za vezu između PC računara [2].

Raspored pinova (1-9) na konektoru DSUB-9 prikazan je na Slici 1.



Slika 1. Raspored pinova na konektoru DSUB-9

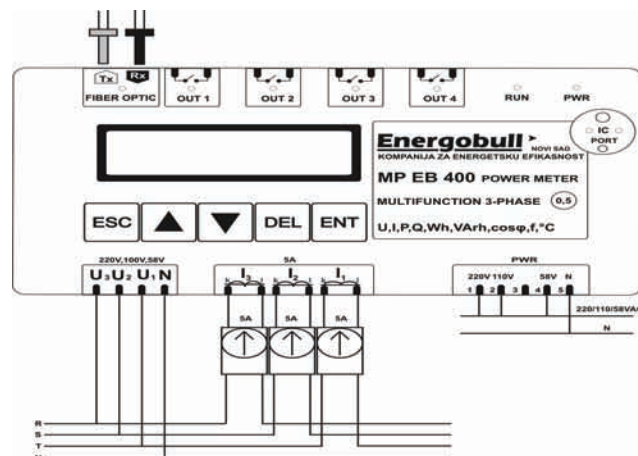
Postoje sinhroni i asinhroni serijski prenos. Sinhroni prenos podrazumeva da predajnik i prijemnik dele zajednički takt, ili da predajnik obezbedi poseban signal kojim će se obavestavati prijemnik kada se šalje sledeći podatak. Kod asinhronog prenosa ne postoji poseban signal, već se sinhronizacija vrši preko specijalnih bitova koji se umeću. Principijelna blok-šema serijskog porta prikazana je na slici 2. i predstavlja osnovu funkcionisanja serijskog porta.



Slika 2. Principijelna blok-šema serijskog porta

U ovom radu smo uz pomoć serijskog porta vršili komunikaciju između mernog pretvarača sa jedne strane i ARM procesora sa druge strane. Podaci koji su dobijani od strane mernog pretvarača su prosleđivani procesoru koji ih je smeštao u memoriju i dalje distribuirao i obrađivao u zavisnosti od želje korisnika.

U ovom radu je korišten merni pretvarač MP EB 400 koji je multifunkcionalni trofazni pretvarač namenjen za merenje električnih veličina u sistemima sa 4-žičnim vezivanjem (3 faze i neutralni vod) u industriji i elektroprivredi. Baziran je na TDK-ovom čipu 71M6513 koji u sebi objedinjuje sve neophodne elemente za izradu savremenog mernog pretvarača. Na slici 3. pokazano je na koji način treba povezati uređaj u merni sistem da bi on ispravno radio [3].



Slika 3. Način vezivanja uređaja u merni sistem

Naponski merni krajevi se u merni sistem povezuju 4-žično tj. dovode se tri faze i neutralan vod. Strujni ulazi se povezuju na eksterne strujne merne transformatore (prema slici 3.), tako da ulazna struja u uređaj ne prelazi 5A. Zbog korektnog merenja faznog stava, aktivnih i reaktivnih snaga i energija, neophodno je da naponi i struje budu upareni (U1 sa I1, U2 sa I2, U3 sa I3).

Hardverski konunikacioni interfejs mernog pretvarača je optički asinhroni serijski interfejs sa parametrima 9600,N,8,1 i koristi samo Tx i Rx signale.

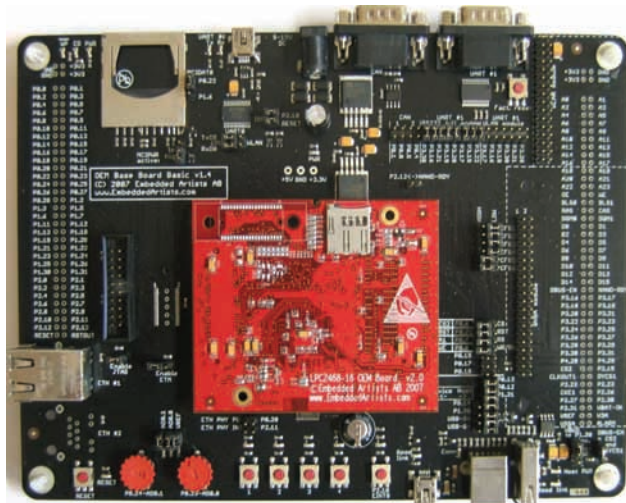
Optički komunikacioni interfejs se priključuje na Fiber-Optičke priključke Tx i Rx koji se nalaze sa gornje strane uređaja.

Merne veličine:

- Trenutne vrednosti napona i struja svake faze
- Trenutne vrednosti aktivnih snaga svake faze i total
- Trenutne vrednosti reaktivnih snaga svake faze i total
- Aktivna energija po tarifama i total
- Aktivna eksportovana energija
- Reaktivna energija po tarifama i total
- Reaktivna eksportovana energija
- Faktor snage (cosφ) za svaku fazu i total
- Trenutna vrednost mrežne frekvencije
- Trenutna temperatura
- Merenja po fazama: Ativne energije, Reaktivne energije, Ukupne i Eksportovane energije

Pre puštanja uređaja u rad potrebno je obezbediti adekvatno napajanje i pravilno povezati sve ostale priključke za napone, struje i optički interfejs kao što je prikazano na slici 3. Nakon uključivanja mernog pretvarača, on vrši merenja i na displeju prikazuje merene veličine, a takođe i generiše odgovarajući broj impulsa ka impulsnim izlazima srazmerno potrošenoj električnoj energiji.

U ovom radu korištena je LPC2468 OEM razvojna ploča (sa 16 – bitnom magistralom podataka), proizvođača Embedded Artists, sa NXP ARM7TDMI LPC2468 mikrokontrolerom. LPC2468 OEM razvojna ploča nudi mnoge jedinstvene funkcije koje olakšavaju rad i razvoja programa [4]. Izgled ploče sa ARM mikrokontrolerom prikazan je na slici 4. ARM procesor pripada RISC familiji procesora.



Slika 4. Izgled LPC2468 OEM ploče sa NXP ARM7TDMI mikrokontrolerom

Jezgro i najbitniji funkcionalni deo ovog sistema je mikrokontroler. U našem slučaju to je ARM7TDMI CPU sa mnogo različitih perifernih jedinica na čipu koji ima integrisanu memoriju (512 KB FLASH i 96 KB SRAM). Tu je i eksterni memorijski bus interfejs. Mikrokontroler ima u sebi ugrađen kristal frekvencije koja je 12 MHz. Ova frekvencija je izabrana kako bi se omogućila maksimalna brzina izvršenja instrukcija kao i generisanje standardnih frekvencija za CAN i USB interfejs [4]. Na čipu postoje i UART periferni priključci.

LPC2468 ploča u svom sastavu poseduje specijlni DC / DC konvertor za generisanje potrebnih 1.8 V napajanje neophodnih za potrebne jezgra. Eksterni priključak za napajanja ploče LPC2468 je 3.3 V.

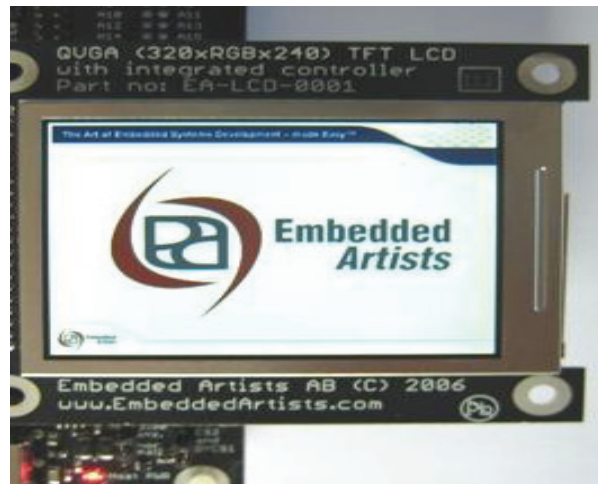
LPC2468 sadrži i USB uređaj i USB interfejs. Postoje dva USB priključka integrisanih na ovoj ploči to su: USB-kanal A i kanal B.

Na slici 5 ilustrativno je prikazano kako se koristi ekran kao dodatak na modul za OEM ploče. LPC2468 procesor može pristupiti ekranu pomoću 8-bitnog paralelnog interfejsa, 16-bitnog paralelni interfejsa ili 8-bitnog serijskog interfejsa. 16-bitni paralelni interfejs je najbrži i najpouzdaniji i ostvaruje najbolji prikaz u vremenu.

Displej rezolucije 320*240 piksela se koristi za prikaz podataka ali i za komunikaciju sa mikrokontrolerom. Putem ekrana na dodir od kontrolera zahtevamo da šalje određene podatke preko serijskog porta prema mernom pretvaraču i obrnuto da od mernog pretvarača dobija trežene podatke. U zavisnosti od želje korisnika ispisuju se trenutne vrednosti primljenih podataka na displeju i na taj način korisnik svakog momenta ima informaciju o trenutnim vrednostima merenih veličina.

Praktično mi preko ovog displeja vršimo komunikaciju sa našim interfejsom. Preko njega je čak moguć i unos

pojedinih parametara ali mi to u ovom projektu nismo imali potrebu za takvim funkcijama pa ga shodno tome nismo ni koristili u tu svrhu, već prvenstveno za ispis trenutnih vrednosti na njemu kao i informacije o tome da li je došlo do zahteva klijenta za podacima, koji podatci se prosleđuju klijentu kao i ispis IP adrese sa koje se klijent povezo sa našom serverom.



Slika 5 Touch screen displej

Sa druge strane, putem interneta, udaljeni korisnik može pristupiti ARM mikrokontroleru i preuzeti podatke o merenim veličinama. U ovu svrhu je posebno razvijena i klijentska aplikacija koja se korišćenjem TCP/IP komunikacionog protokola povezuje sa serverom implementiranim na ARM mikrokontroleru.

TCP/IP (Transmission Control Protocol and Internet Protocol) predstavlja par protokola koji omogućava (obežbeđuje) da jedan deo subnet-a komunicira sa drugim. Napomenimo da protokol predstavlja skup pravila za korektnu razmenu podataka između dva uređaja (računara). U konkretnom slučaju, IP deo odgovara mrežnom-nivou (network-layer) dok TCP deo transportnom-nivou (transport-layer). Rad ovih ovih protokola transparentan je fizičkom-nivou i nivou-veze pa se zbog toga par TCP/IP može koristiti za rad Ethernet, FDDI ili Token Ring-a. Svetska mreža Internet koristi TCP/IP kao standard za prenos podataka. Svakom čvoru na Internetu dodeljena je jedinstvena mrežna adresa koja se naziva IP adresa.

Programska podrška

Na ARM mikrokontroleru je podignut uClinux operativni sistem, koji se automatski podiže nakon uključenja napajanja.

uClinux je posebna distribucija Linux operativnog sistema za procesore koji ne podržavaju koncept MMU (Memory Management Unit). U okviru njega su uključeni svi osnovni drajveri za periferni uređaje koji se nalaze na samoj razvojnoj ploči. Velika prednost Linux operativnog sistema (pa samim tim i uClinux-a) jeste mogućnost relativno jednostavnog dodavanja u kernel drajvera za eksterne elektronske uređaje priključene na razvojnu ploču, ali i modifikaciju po želji već uključenih softverskih drajvera. Na ovaj način se dobija izuzetna fleksibilnost u radu sa perifernim jedinicama.

U našem radu smo koristili generički Linux drajver za mrežnu komunikaciju (TCP/IP stek) za ostvarenja klijent-server komunikacije, kao i drajver za serijski port putem koga je realizovana komunikacija sa mernim pretvaračem. Razvoj aplikacije se vrši na posebnoj PC platformi na kojoj je instaliran Linux, a zatim se izvršni fajl smešta u memoriju ARM mikrokontrolera iz koje kasnije može biti izvršen. Izgled konzole preko koje se vrši komunikacija ARM mikrokontrolera i razvojne PC platforme prikazan je na slici 6.

```

LPC2xxx-gcc-newlib v2.1.0.0 -lpc21isp -termios U-BOOT.HEX com5 38400 12000
RAMDISK: ramfs filesystem found at block 0
RAMDISK: Loading 2253 blocks (1 disk) into ram disk... done.
UFS: Mounted root (ramfs filesystem) readonly.
Freeing init memory: 56K
Welcome to

  uClinux

For further information check:
http://www.uclinux.org/

Board specific drivers by Embedded Artists AB
http://www.EmbeddedArtists.com

(Release 2007-02-25: Check for updates)

Using /drivers/lpc2468eth.ko
enac: found MAC address in u-boot env. = 00:d0:93:00:12:41:
enac: MAC address = 00:d0:93:00:12:41:
Using /drivers/lpc2468mc.ko
mc: sector size = 512 (Bytes), card size = 512 (MBytes)
Using anticipatory io scheduler
mmc: mmc1
Using /drivers/lcd.ko
Using /drivers/adc.ko
Using /drivers/i2c.ko
Using /drivers/pwm.ko
Using /drivers/sfr.ko
Using /drivers/ude.ko
mmc: mmc1
enac: (reg 0x1e00, reg 0x1e08) link status = full duplex, 100Mbps
Using /lib/modules/2.6.5-ucLPC/kernel/drivers/usb/gadget/g_file_storage.ko
g_file_storage gadget: File-backed Storage Gadget, version: 26 January 2004
g_file_storage gadget: Number of LUNs=1
g_file_storage gadget-lun0: ro=0, file: /dev/mmc1
  
```

Slika 6. Izgled uClinux konzole

Kada izvršimo podizanje konzole vršimo učitavanje našeg programa. Prilikom podizanja programa pojavljuje se specifična poruka na displeju i svaka dalja instrukcija vidljiva je na displeju.

Tako se na njemu nalaze specijalno dimenzionisani tasteri za konekciju i za izlaz iz programa. Kada se pritisne taster connect, dolazi do uspostavljanja veze između marnog pretvarača i mikroprocesora. Unapred definisanim nizom instrukcija vrši se prenos podataka od marnog pretvarača prema mikroprocesoru. Ovaj postupak se vrti u petlji i ponavlja se svakih 15 sekundi, tako da svakog momenta imamo informaciju o vrednostima koje se dobijaju od strane mernog pretvarača. Te vrednosti koje želimo da vidimo se ispisuju na displeju. Naravno nezavisno od ovog procesa kada se pojavi zahvet od strane klijentske strane, on se obrađuje ispisuje se da je došlo do zahveta od strane klijenta, koji su podatci potrebni klijentu i sa koje se IP adrese klijent povezao na server.

Kada se izvrši povezivanje sa klijentom šalju se trenutni podaci klijentu.

U trenutcima konekcije sa mernim pretvaračem taster connect se preimenuje u taster disconnect i na ovaj način mi pritiskom na ovaj sada novi taster vršimo raskid veze mernog pretvarača i mikrokontrolera. Naravno sledećim pritiskom na ovaj taster ponovo se uspostavlja konekcija sa mernim pretvaračem i prenos podataka.

3. ZAKLJUČAK

Prvenstveni značaj ovog rada je jedinstvena implementacija celokupnog sistema, koja vrši prenos podataka od mernog pretvarača preko mikrokontrolera do kranjeg korisnika. Prednosti ovog postupka su u tome što korisnik može biti bilo gde i da dobija željene informacije istog momenta. Na ovaj način omogućen je pristup preko interneta uređaju koji inače ima mogućnost samo serijske komunikacije. Serijska komunikacija je inače dostupna samo do nekoliko desetina metara.

4. LITERATURA

- [1] www.mginformatika.com/Download/T%20Osnovni%20pojmovi%20
- [2] es.elfak.ni.ac.rs/Files/PIC-PLC%20konacna%20verzija.doc
- [3] MERNI PRETVARAČ MP EB 400
Tehnička dokumentacija izrađena od strane firme D.O.O. Energobull
- [4] www.embeddedartists.com/support/oem/LPC2468_OEM_Board_Users_Guide-Version_1.2_Rev_D.pdf

Kratka biografija:

Dušan Jovanović je rođen u Novom Sadu, 1979. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva brani 2010.god.

LEJAUT DIFERENCIJALNOG POJAČAVAČA LAYOUT OF DIFFERENTIAL AMPLIFIER

Goran Gligorijević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – *Lejaut električnog kola je fizički reprezent električnog kola predstavljen jednostavnim geometrijskim oblicima koji odgovaraju rasporedu i dimenzijama slojeva metala, oksida i poluprovodnika. Lejaut se danas projektuje pomoću specijalizovanih računarskih alata koji omogućavaju automatizovano crtanje i testiranje lejauta. U ovom radu je urađen lejaut diferencijalnog pojačavača pomoću programskog paketa Cadence.*

Kratak sadržaj – *The layout of the electric circuit is a physical representation of an electric circuit which uses basic geometrical figures to indicate the position and size of layers of metal, oxides and semi conductors. Presently layout is designed with the help of specialized computer software tools which enable automatized drawing and testing of the layout. This paper includes a layout of the differential amplifier made in Cadence.*

Ključne reči: *Lejaut, diferencijalni pojačavač, Cadence*

1. UVOD

Diferencijalni pojačavač je jedno od osnovnih analognih kola. To je kolo sa dva ulaza i jednim izlazom, čija je uloga da pojača razliku ulaznih signala bez obzira na njihovu srednju vrednost. Diferencijalni pojačavač se najčešće koristi kao ulazni stepen operacionog pojačavača, ali može i da se koristi kao samostalno električno kolo.

Cadence je programski paket istoimene firme koji se koristi za projektovanje integrisanih električnih komponenti i kola. U ovom radu su prezentovani rezultati dobijeni korišćenjem Cadence-ovog modula za crtanje lejauta.

U sekciji 2 data je šema diferencijalnog pojačavača, pregled karakteristika, kao i dimenzije mosfetova koje čine diferencijalni pojačavač. Data su i osnovna pravila dizajna koja daje proizvođač tehnologije.

U sekciji 3 objašnjena su pojedina pravila dizajna i date njihove konkretne vrednosti za austriamicrosystems 0,35μ CMOS tehnologiju.

U sekciji 4 je objašnjen dizajn blokova diferencijalnog pojačavača.

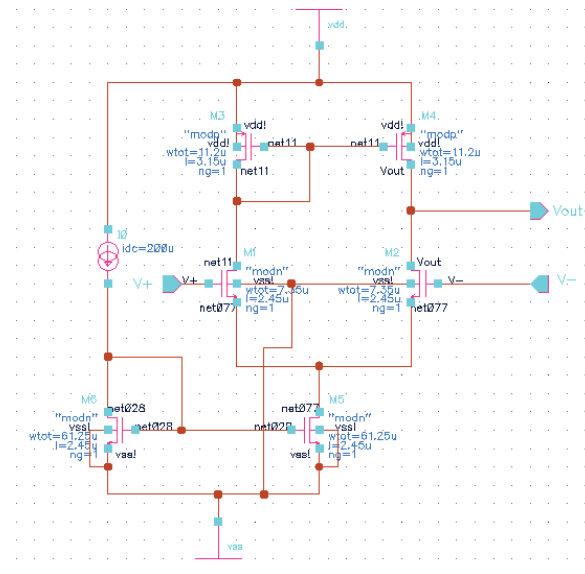
U sekciji 5 dat je konačan izgled lejauta, kao i *Desing rules check* (DRC) i *Layout vs schematic* (LVS) provere.

U glavi 6 je dat zaključak.

Pregled korišćene literature je dat u glavi 7.

2. DIFERENCIJALNI POJAČAVAČ

Na slici 1 je data šema diferencijalnog pojačavača čiji je lejaut isprojektovan. Diferencijalni pojačavač koji se dizajnira je dvostrani, odnosno koristi V_{DD} i V_{SS} ($\neq 0$) napajanje. Na šemi prikazanoj na slici 1 se jasno mogu uočiti tri bloka. Ulazni blok čine nmos tranzistori M1 i M2 u konfiguraciji diferencijalnog para. Opterećenje, dato u vidu strujnog ogledala, čine pmos tranzistori M3 i M4.



Slika 1 Šema diferencijalnog pojačavača

Nmos tranzistori M5 i M6 su polarizacioni tranzistori i njihova uloga je da preslikaju struju sa strujnog izvora I_{DC} .

U 0,35μ austriamicrosystems CMOS tehnologiji koristi se napajanje od 3,3V.

Dužina kanala tranzistora pri kojoj se mogu zanemariti efekti kratkog kanala je 2,45μ za nmos i 3,15μ za pmos tranzistore.

Tabela 1 Specifikacije diferencijalnog pojačavača

Pojačanje malih signala, A_D	~150 V/V
Propusni opseg	≥ 50 kHz
ICMR ($V_{CM(MAX)}$ i $V_{CM(MIN)}$)	$-2V \leq ICMR \leq 2V$
Slurejt za dato opterećenje	~ 20 V/μs.
Disipacija snage, P_{DISS}	1,5 mW

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji je mentor je bila dr Mirjana Videnović-Mišić, docent.

U tabeli 1 date su specifikacije diferencijalnog pojačavača. Primenom koraka datih u [1] računaju se početne dimenzije tranzistora, kao i vrednost polarizacione struje.

Pod dimenzijama tranzistora podrazumeva se odnos širine i dužine tranzistora. Sa dobijenim vrednostima se pristupa simulacijama, kojim se proverava da li pojačavač radi sa željenim specifikacijama. Tokom projektovanja uređaja neophodno je korigovanje nekih parametara kola kako bi se potrebni uslovi zadovoljili. U tabeli 2 su date konačne dimenzije mosfetova i polarizacije struje koje zadovoljavaju date specifikacije.

Tabela 2 Početne vrednosti parametara diferencijalnog pojačavača

$I_{SS}[A]$	$L_N [m]$	$L_P [m]$	$W_1[m]$	$W_3[m]$	$W_5[m]$
200μA	2,45μ	3,15μ	7,35μ	11,2μ	61,25μ

3. DESING RULES

Desing Rules Check (DRC) utvrđuje da li fizički lajaut zadovoljava određena tehnološka pravila dizajna (*Desing Rules* -DR). DR je serija parametara koje uvodi proizvođač i koje su specifične za proizvodni proces. DR specificira određena geometrijska ograničenja koja dozvoljavaju dovoljne margine greške, pri kojima neće doći do pogrešne izrade u procesu proizvodnje. DR se mogu podeliti u sledeće grupe:

- širina - određuje minimalnu širinu bilo kog objekta;
- razmak - određuje minimalnu distancu između dva objekta istog ili različitog tipa;
- *preklapanje (enclosure)* - koliko objekat jednog tipa materijala mora da se preklopi drugim tipom materijala.
- *produžetak (extension)* - za koliko minimalno objekat jednog tipa mora da 'izađe' iz objekta drugog tipa.

Tabela 3 Izvod iz pravila dizajna za širinu (width) i razmak (spacing)

	Ntub	Diff	Poly	Pplus/nplus	Cont	Met1
Širina	1,7μ	0,4μ	0,35μ	0,6μ	0,4μ(fix)	0,5μ
Razmak	3μ	0,6μ	0,45μ	0,6μ	0,4μ	0,45μ
Diff to cont razmak		0,3μ				

Tabela 4 Izvod iz pravila dizajna za preklapanje i produžetak pravila

Preklapanje			Produžetak		
Nplus of	diff	0.25u	Diff	Gate	0.5μ
Ntub of	ndiff	0.2μ	Poly	Gate	0.4μ
Ntub of	pdif	1.2μ			
Met1 of	cont	0.15μ			

U tabelama 3 i 4 su data pravila dizajna lejauta za 0.35μ austriamicrosystems CMOS tehnologiju [2] koja se koristila pri crtanju lejauta diferencijalnog pojačavača.

4. DIZAJN DIFERENCIJALNOG POJAČAVAČA

Pre početka dizajna mora se izabrati metoda po kojoj će se crtati lejaut. Postoje *Full-Custom* metoda, odnosno potpuno ručno crtanje lejauta i automatsko generisanje lejauta.

Full-Custom metodom se može maksimalno iskoristiti prostor i pruža veću slobodu u radu, ali mana ove metode je ta što je vremenski jako zahtevna. S obzirom da je diferencijalni pojačavač relativno jednostavno kolo, vredi se upustiti u ručno crtanje, a samim tim će biti omogućeno i bolje razumevanje same prirode izrade lejauta.

Analizom šeme diferencijalnog pojačavača vidi se da postoje tri jasno izdvojena bloka:

- nmos strujno ogledalo – polarizacioni mosfetovi;
- diferencijalni par – ulazni blok;
- pmos strujno ogledalo-opterećenje.

Kvalitetan strujni izvor I_{DC} zamenjen je ulaznim pinom. Ovo je standardno rešenje koje se koristi prilikom dizajna integrisanih kola.

4.1 Dizajn nmos strujnog ogledala

Nmos strujno ogledalo čine tranzistori M5 i M6. Prva stvar na koju treba obratiti pažnju su dimenzije tranzistora. U tabeli 3 se vidi da je širina gejta mnogo veća od dužine gejta. Ovo može biti problem kod crtanja, jer je cilj da kompletan lejaut bude što je više moguće kvadratnog oblika, radi što boljeg uparivanja komponenti i optimalnijeg zauzimanja prostora na vejeru.

Ovaj problem se rešava tako što se tranzistor razdvoji na dva paralelno vezana mosfeta (slika 2), gde je širina gejta ova dva tranzistora dva puta manja od originalne.

Njihova lejaut realizacija je u obliku multifinger tranzistora, odnosno tranzistora sa više gejtova.

Ako ima potrebe, tranzistor se može izdeliti na još manje delove. Okvirno pravilo je da se tranzistor deli ako je odnos W/L veći od 15.

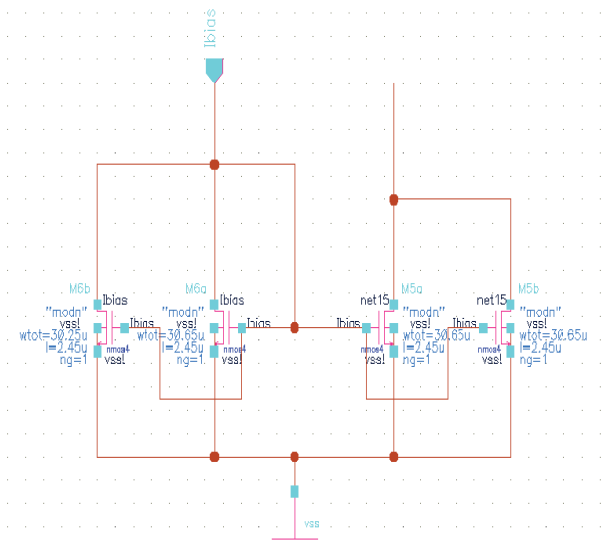
- Širina gejta:

$$W = \frac{61.25\mu}{2} + 2 \times 0,4\mu = 31,425\mu$$

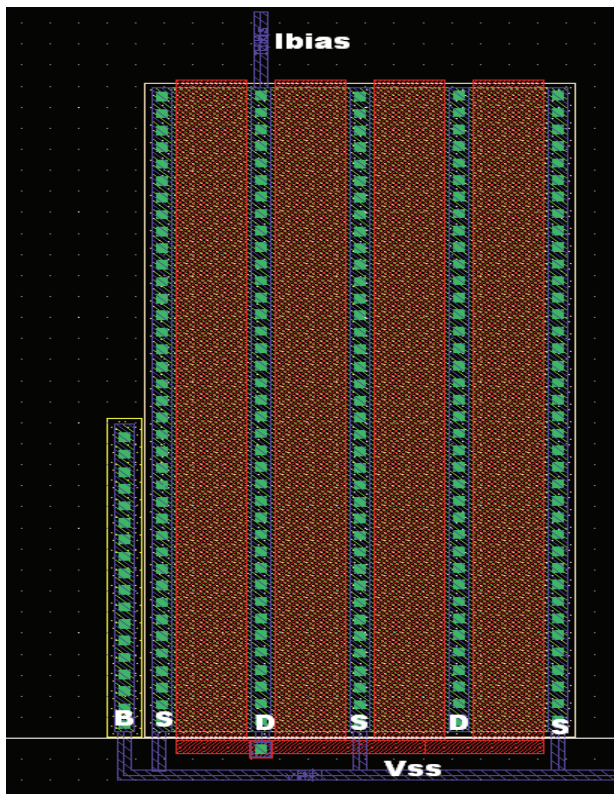
- Dužina gejta: $L=2,45\mu$.

Širina gejta će se povećati za 0,8μ, jer gejta mora da se proširi sa svake strane po 0,4μ, kako bi se tehnološka dizajn pravila produžetka zadovoljila (tabela 5).

Gejtovi tranzistora M5 i M6 su kratkospojeni. Supstratni kontakt, odnosno podloga, dovodi se na napon V_{SS} , kao i sorsevi. Sorsevi multifinger mosfetova su zajednički, što je standardna metoda koja omogućuje dodatnu uštedu prostora. Lejaut nmos strujnog ogledala dat je na slici 3.



Slika 2 Strujno ogledalo sa paralelno vezanim tranzistorima



Slika 3 Lejaut nmos ogledala

4.2 Dizajn diferencijalnog para

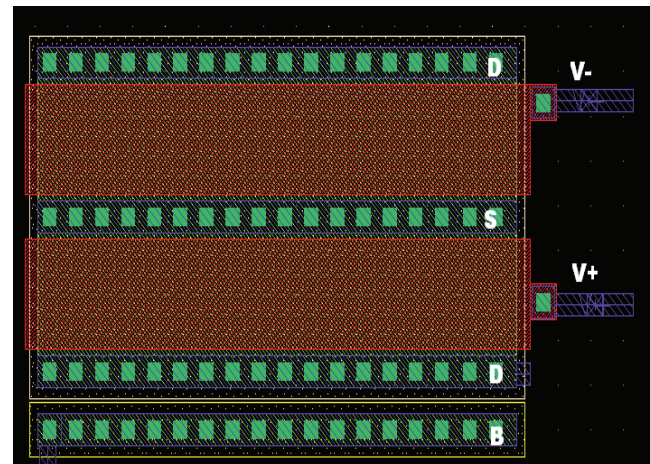
S obzirom da je odnos W/L mali, nema potrebe za korišćenjem multifinger tranzistora. Sa slike 1 se vidi da je sors zajednički, što se može iskoristiti, kao i u slučaju nmos strujnog ogledala, za dobijanje manje površine koja odgovara diferencijalnom paru.

Dimenzije jednog tranzistora su sledeće:

- širina gejta: $W=14,7\mu+2\times0,4\mu=15,5\mu$;
- dužina gejta: $L=2,45\mu$;
- dimenzije difuzione oblasti, odnosno drejna i sorsa:
 $W=14,7\mu$
 $L=2,45\mu + 2\times0,15\mu + 2\times0,3\mu + 2\times0,4\mu=4,15\mu$.

Kao i kod dizajna nmos strujnog ogledala, gejt se proširuje $0,8\mu$ kako bi se zadovoljila tehnološka dizajn pravila produžetka. Dužina difuzione oblasti se računa tako što se na dužinu gejta doda još $2\times0,15\mu$ zbog pravila preklapanja sloja metala i kontakta, $2\times0,3\mu$ zbog minimalnog razmaka diff sloja od kontakta i $2\times0,4\mu$ zbog minimalne širine kontakta.

Lejaut diferencijalnog para je dat na slici 4. Vide se ulazni kontakti $V+$ i $V-$ koji se dovode na gejtove mosfetova. Sa podloge kontakt ide na napon V_{ss} .



Slika 4 Lejaut diferencijalnog para

4.3 Dizajn pmos strujnog ogledala

Kod pmos strujnog ogledala ne postoji potreba za multifinger tranzistorima, jer je odnos dužine i širine kanala manji od 15.

Dimenzije jednog tranzistora su:

- širina gejta: $W=22,1\mu+2\times0,4\mu=22,9\mu$;
- dužina gejta: $L=3,15\mu$;
- dimenzije difuzione oblasti, odnosno drejna i sorsa:
 $W=22,1\mu$
 $L=3,15\mu + 2\times0,15\mu + 2\times0,3\mu + 2\times0,4\mu=4,85\mu$.

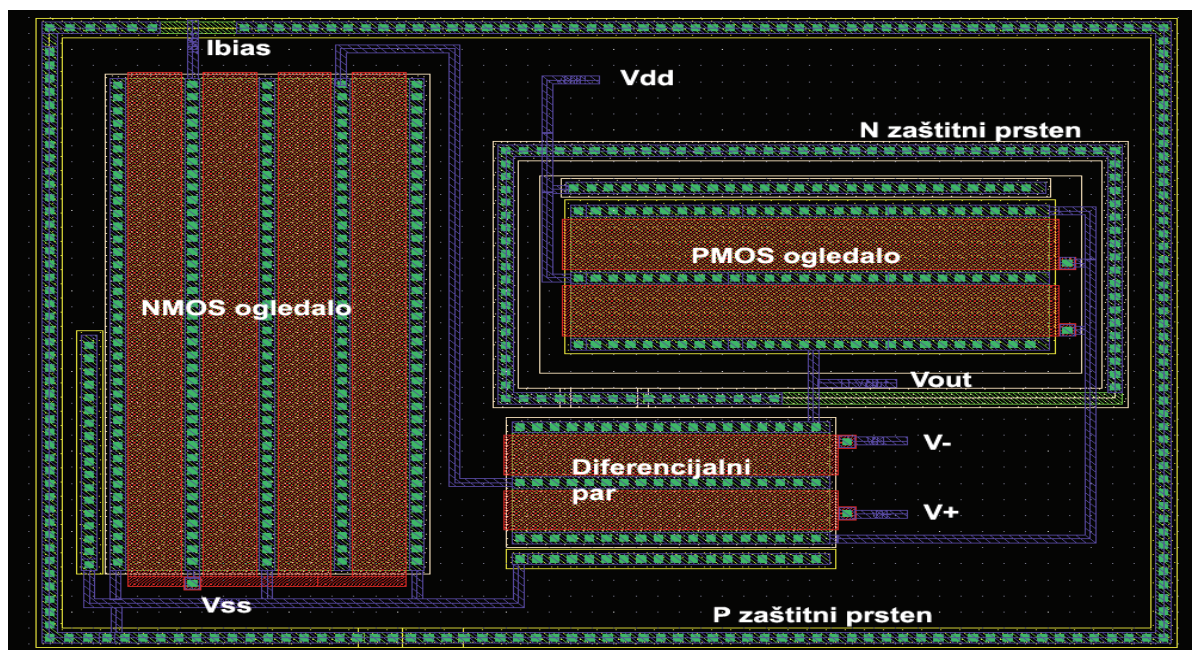
Povećanje dužine difuzione oblasti je isto kao i kod diferencijalnog para.

5 KONAČAN IZGLED I VERIFIKACIJA LEJAUT

Nakon crtanja svih blokova, potrebno ih je postaviti u što optimalniju konfiguraciju, odnosno da zauzimaju što manje prostora kvadratnog oblika. Treba obratiti pažnju da se podloga tranzistora M1 i M2, tj. diferencijalnog para ne veže na sors, već na negativni napon V_{ss} .

5.1 Zaštitni prsten

Zaštitni prsten služi da izoluje kolo od smetnji iz podloge. Pravi se se kao difuziona oblast oko tranzistora, koja je povezana na odgovarajuće napajanje. Tip difuzione oblasti je suprotan od tipa tranzistora koji se štiti. Ako se štiti pmos traziistor tada je difuzija n tipa i priključuje se na napon V_{DD} , a zaštita nmos tranzistora je napravljena sa p difuzijom, priključenom na napon V_{ss} .

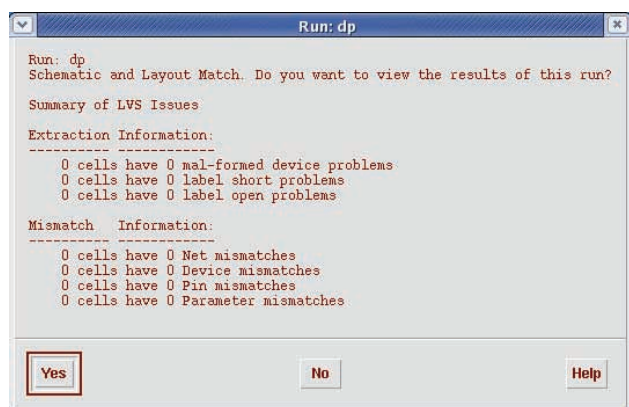


Slika 6 Konačan ležaj kola

5.2 Verifikacija kola

Nakon završenog crtanja ležaja, pokreće se DRC provera. Uspješna DRC provera potvrđuje da će kolo moći da se proizvede u datoj tehnologiji, međutim to ne garantuje da je dobijeno željeno kolo. Za ovo se koristi LVS provera.

LVS analizira nacrtane oblike u ležaju i prepoznaje električne komponente kola koje im odgovaraju, kao i veze među njima, odnosno generiše netlistu ležaja, a zatim vrši njeno upoređivanje sa netlistom šeme. LVS je uspješan ako se ove dve netliste poklapaju, što je prikazano na slici 5.



Slika 5 Obaveštenje o uspešno završenoj LVS proveri

Uspješan završetak DRC i LVS analize znači i završetak dizajna ležaja ovog diferencijalnog pojačavača.

Na slici 6. dat je konačni ležaj diferencijalnog pojačavača. Međusobne udaljenosti blokova su minimalne dozvoljene i tranzistori su postavljeni tako da zauzimaju što manje prostora.

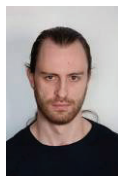
6. ZAKLJUČAK

Ovaj rad je za cilj imao izradu ležaja diferencijalnog pojačavača pomoću programskog paketa Cadence. Pokazano je kako se pristupa crtanju ležaja *full custom* metodom. Prvo je analizirana šema da bi se uočili blokovi kola. Potom je svaki blok posebno nacrtan i postavljen tako da ceo ležaj zauzima što manje prostora. Pokazano je kako se štedi prostor korišćenjem multifinger konfiguracije mosfetova, kao i zaštita kola od neželjenih smetnji korišćenjem zaštitnih prstenova.

7. LITERATURA

- [1] Phillip E. Allen, Douglas R. Holberg, „*CMOS analog circuit desing, Second edition*“, Oxford university press, New York, Oxford, 2002
- [2] 0.35 um CMOS C35 Design Rules su data u fajlu ENG-183_rev6.pdf <http://asic.austriamicrosystems.com/>

Kratka biografija:



Goran Gligorijević rođen je u Sarajevu 1981. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Računarsko projektovanje električnih kola odbranio je 2011.god.

INTERNET KOMUNIKACIJA – P2P MREŽE I BITTORRENT PROTOKOL
INTERNET COMMUNICATION – P2P NETWORKS AND BITTORRENT PROTOCOL

Milorad Pavlov, Željen Trpovski, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu dat je opis različitih p2p mreža, gde je posebna pažnja data na danas najpopularniji p2p protokol – BitTorrent. Predstavljene su četiri generacije mreža, njihova arhitektura kao i način na koji korisnici razmenjuju podatke.

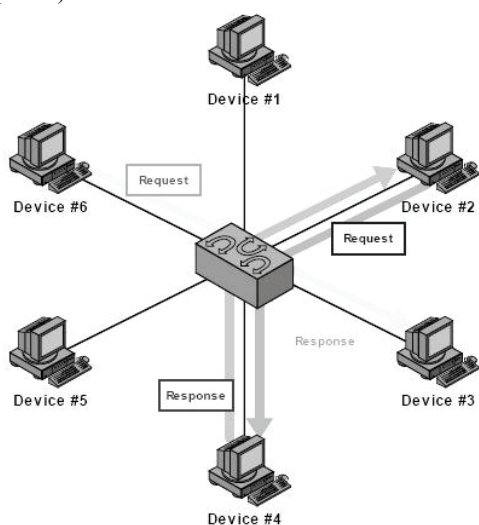
Abstract – In this paper are described p2p networks, where the special attention is paid on today's most popular p2p protocol – BitTorrent. Four generations of p2p networks are described, whit their architectures and the way how user sharing files.

Ključne reči: p2p, peer, torrent, razmena podataka

Key words: p2p, peer, torrent, file sharing

1. UVOD

Od njihove pojave, 1999. godine, pa sve do danas, p2p (peer-to-peer) mreže su preuzele vodeću ulogu u distribuciji razmeni audio i video podataka. Istorijski gledano, prva računarska mreža – ARPANET po svojoj strukturi je bila p2p mreža. Međutim, popularizacijom i širenjem Interneta, klijent/server model je preuzeo dominaciju („web browser“ predstavlja klijenta, dok je „web site“ u stvari server). Kod Peer-to-Peer (P2P) modela svaki računar u mreži je „jednak“ (peer), tj. svaki računar je u isto vreme i klijent i server (slika 1.). Svaki od njih poseduje resurse koje razmenjuje sa ostalim u mreži i svaki može da traži usluge (request) i da ih pruža (response).



Slika 1. Peer-to-peer model

NAPOMENA:

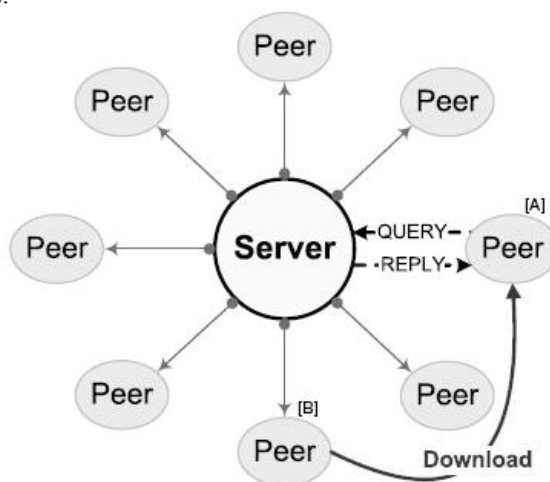
Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio prof. dr Željen Trpovski.

Za razliku od klijent/server modela, gde se „padom“ servera gube svi podaci, u P2P modelu otkaz jednog računara ne predstavlja poteškoću. Osnovni problem kod ovakvih mreža jeste pronalaženje ostalih peerova, tako da se skoro nikad ne koristi „čist“ P2P model, već se u mrežu ubacuje neka vrsta centralnog indeks servera koji prati stanje u mreži, tj. prikuplja informacije o peerovima koji su u mreži. Evolucija P2P mreža može se predstaviti kroz četiri generacije mreža.

2. EVOLUCIJA P2P MREŽA
2.1. Prva generacija – centralizovani p2p

Maja 1999. godine pojavla se prva prava globalna P2P mreža – Napster, i posle samo nekoliko meseci doživela je veliki uspeh. Vrhunac je bio februara 2001. kada je 29.4 miliona korisnika međusobno razmenjivalo 2.79 milijardi podataka. Pošto su se putem Napstera razmenjivale kopije zakonom zaštićene svojine, uglavnom muzika i filmovi, muzička i filmska industrija oštro su negodovala, tako da je RIAA (Recording Industry Association of America) ukinula Napster pred kraj 2001.

Napster se bazira na centralizovanoj P2P arhitekturi. Postoji centralni server koji prati „kretanje“ peerova i pomaže im da pronađu jedni druge. Peerovi održavaju zajedničke resurse i obaveštavaju centralni server o podacima (ime, veličina, datum nastanka, itd.) koje razmenjuju. Kada server primi upit (query) od peera A, proverava u svojoj indeksnoj bazi da li ima podudaranja sa zahtevom, a zatim vraća (reply) rezultat pretrage peeru A. Ako postoji podudaranje, na primer peer B poseduje kopiju tog podataka, peer A će se direktno konektovati sa peerom B i započeti download. Ovo je prikazano na slici 2.



Slika 2. Prva generacija – centralizovani p2p

Centralizovana P2P arhitektura predstavlja prost protokol, koji omogućuje brz i efikasan način pronalaženja resursa. Međutim, pošto veoma zavisi od centralnog servera, lako može i da se ugasi, jer se gašenjem servera gube sve informacije o peerovima i podacima.

2.2. Druga generacija – decentralizovani p2p

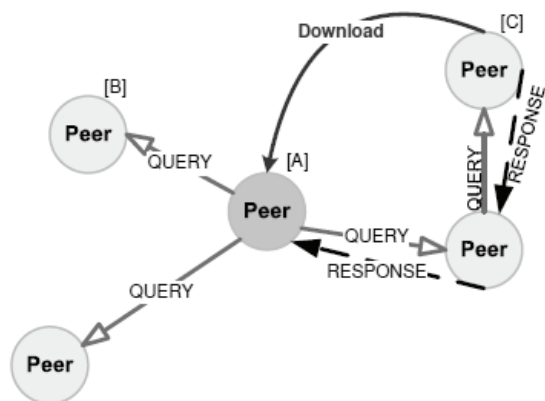
Druga generacija P2P mreža – *Gnutella* – razvijena je od strane *Nullsofta*, koji je tada bio sastavni deo AOL-a (American On-Line). Dokumentacija u vezi sa protokolom slučajno je objavljena 14. marta 2001. Još istog dana, AOL je zabranio *Nullsoftu* bilo kakav dalji rad na usavršavanju *Gnutellae*. Međutim, kopija koda je „procu-rila“ na Internet, tako da su dalji razvitak protokola preuzele razne internet grupacije.

Gnutella je potpuno decentralizovan Peer-to-Peer sistem bez postojanja bilo kakve centralne tačke, tako da peerovi (u ovom slučaju *nodeovi*) funkcionišu i kao klijenti i kao serveri. Pri inicijalizaciji, node A mora da pronađe najmanje još jedan node (node B) sa kojim će se konektovati. Kada uspostave vezu, node B će saopštiti nodeu A svoju listu *nodeova* sa kojima je u kontaktu. Tada će node A pokušati da ostvari vezu sa tim koje je dobio od nodea B, kao i sa onim koje je pronašao. Node A će ponavljati ovaj postupak dok ne zadovolji određenu kvotu.

Da bi locirao podatak koji želi da downloaduje, node A će poslati upit (query) svim svojim „komšijama“, koji će ga dalje proslediti svojim „komšijama“. Svaki node pregleda svoju bazu podataka i proverava da li ima podudaranja sa upitom.

Ako node C poseduje takav podatak, vraća nodeu A odgovor (response) obrnutom putanjom od one kojom je stigao upit. Kada primi odgovor, node A se direktno konektuje sa nodeom C i može da započne downloadovanje.

Ovo je prikazano na slici 3. Da bi se izbegla gužva u saobraćaju, svaka upitna poruka sadrži polje TTL (time to live – vreme života) koje indicira koliko puta upit može da bude prosleđen pre nego što se ukloni iz mreže. Svaki node mora da umanji TTL pre nego što ga prosledi, ili da ukloni upit ako je TTL jednak nuli.



Slika 3. Druga generacija – decentralizovani p2p

Druga generacija P2P mreža bazirana je na decentralizovanoj arhitekturi. Bez postojanja centralnog servera, izbegnuta je i centralna tačka pada celog sistema i

centralizovana kontrola, pa je ceo proces pretrage prebačen na servente.

Kao rezultat, povećano je vreme pretrage/odgovora za pronalaženje resursa. Takođe, rutiranje je nepouzđano zbog nesigurnog statusa serventa koji može biti off-line. Povećanje broja korisnika, takođe, utiče na optimalne performanse mreže.

2.3 Treća generacija – hibridni p2p

Kao rezultat pojavljivanja *Napstera* i *Gnutellae*, P2P sistemi postali su više prihvaćeni. Iako im se popularnost značajno povećala, oba P2P sistema, i centralizovani i decentralizovani, imala su svoje slabosti. Kombinujući najbolje karakteristike oba, rodilo se nekoliko novih P2P sistema, među kojima je i *Kazaa*.

Ovaj hibridni P2P sistem svoj oslonac našao je u korišćenju *Super Nodeova* (*Ultra Peerova*). *Super Nodeovi* predstavljaju peerove velikog propusnog opsega, velike procesorske snage i velike memorije, koji služe kao centralni serveri za indeksiranje. Ovakvom hijerarhijskom strukturom poboljšane su performanse rutiranja kroz mrežu, te smanjeno vreme pretrage/odgovora za pronalaženje resursa odnosno podatka koji se traži.

Kada se običan peer konektuje na mrežu, probija se do *Super Nodea* koji sakuplja i čuva listu običnih peerova i podataka koji se razmenjuju.

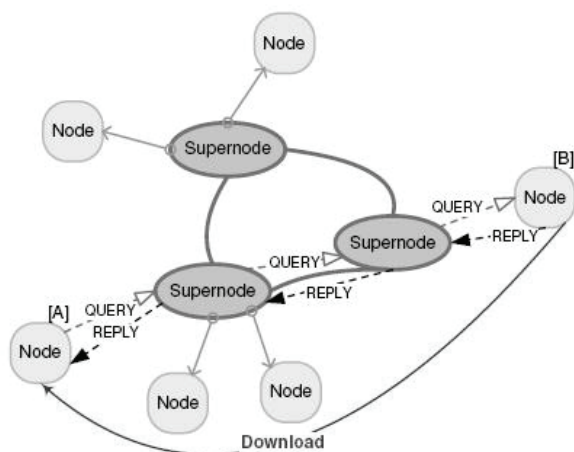
Svaki *Super Node* čuva indeks podataka, tako da identifikator nekog podatka ukazuje na IP adresu običnog peer-a koji ga poseduje.

Kada običan peer uspostavi kvazi TCP konekciju sa svojim najbližim *Super Nodeom*, obaveštava ga putem *metadata* informacije o podacima koje želi da razmenjuje. *Metadata* sadrži *file name* (ime podatka), *file size* (veličinu podatka), *content hash* (heš za proveru sadržaja) i *file descriptors* (opis podatka).

File descriptors služi da bliže opiše podatak i koristi se prilikom poređenja sa podatkom koji traži neki drugi peer. Sadrži nekoliko ključnih reči: naziv izvođača, naziv albuma kao i tekst koji je specifikovao sam korisnik. *Content hash* je asociran za svaki resurs, i izračunat je apliciranjem *secure hash* funkcije na sadržaj resursa. Služi ne samo za verifikovanje downloadovanog podatka, već i za nastavljanje transfera od ostalih peerova ako download od konkretnog peer-a propadne.

Ako običan peer A hoće da locira neki podatak, prosleđuje upit za pretragu (query) lokalnom *Super Nodeu*. Dalje, *Super Node* šalje svim svojim *Super Node* „komšijama“ query poruku (ista poruka kao i u *Gnutelli*) i tako dalje. Kad se nađe podatak koji se podudara sa traženim (peer B poseduje takav podatak), odgovor (reply) se vraća peeru A putem njegovog lokalnog *Super Nodea*. Sada peer A može direktno da downloaduje podatak od peer-a B. Ovaj postupak je prikazan na slici 4. Treba napomenuti da je ovo moglo da se ostvari i bez prisustva *Super Nodeova*, samo što bi kašnjenje bilo znatno veće.

Hibridna P2P arhitektura prevazilazi slabosti prve i druge generacije P2P sistema i pruža visok stepen performansi i fleksibilnosti. Ne postoje centralne tačke pada P2P sistema. Korišćenjem *Super Nodeova* skraćeno je vreme pretrage/odgovora za pronalaženje resursa, i manji je saobraćaj nego u slučaju decentralizovanih mreža.



Slika 4. Treća generacija – hibridni p2p

2.4 Četvrta generacija p2p mreža

Po svojoj arhitekturi, ova generacija P2P mreža ne bi se mogla nazvati četvrtom. Razvijanje sistema pomerenom je, sa strukturalnog, na razvijanje nekih karakteristika koje značajno povećavaju performanse postojećih sistema i optimizuju korisničke propusne opsege. Neke od ovih karakteristika su: kriptovanje, bi-direkcione i višestruke konekcije, rešavanje problema vezanih za dinamičke IP adrese/NAT i firewall, kao i korišćenje *tit-for-tat* (milo za drago) principa. Tipični predstavnici ove generacije jesu BitTorrent i eMule (baziran na eDonkeyju) protokoli.

Kriptografija

U pitanju je jedna od najinovativnijih i najpopularnijih karakteristika P2P sistema. Pruža ne samo poverljivost informacija, već i proveru integriteta podataka i njihovu autentičnost.

Ovim se omogućuje da se detektuju promene na podacima, kao i da se indentifikuju isti podaci sa sličnim imenima. eMule i BitTorrent omogućuju korisnicima da utvrde da li downloaduju ispravne podatke i dozvoljavaju im da sami kriptuju podatke koje žele da razmenjuju. U ovu svrhu, eMule koristi MD4 heš algoritam, dok se u BitTorrentu koristi SHA1 heš algoritam.

Bi –direkcione i višestruke konekcije

Arhitekture eMulea i BitTorrenta su predstavile karakteristike bi-direkcionog toka podataka, kao i downloadovanje podataka od više peerova istovremeno. Da bi se ostvarila višestruka konekcija pri simultanom download/uploadu podataka, ove arhitekture zahtevaju da podatak bude podeljen na više delova koji bi se downloadovali od različitih peerova. Ovo, i proveru integriteta, omogućuju da se svaki deo verifikuje i, ako je nekorektan, odbaci. Ove karakteristike prevazilaze mane tradicionalnih P2P sistema, gde podatak ne može da se uploaduje dok se u potpunosti ne downloaduje. Deljenje podataka uzrokuje njegovu bržu distribuciju usled veće dostupnosti delova u mreži.

Tit-for-tat princip

Free-riding („slobodna vožnja“) smatra se ozbiljnim problemom u P2P sistemima. U Kazaai je rešenje pronađeno u vidu *participation levela* (PL) (nivo učešća). PL varira između 0 i 1.000. Kada se novi peer priključi na mrežu, njegov PL je 100. Ako je voljan da uploadje, njegov PL raste. Kada više korisnika hoće da

downloaduje isti podatak, korisniku sa najvećim PL-om dat je prioritet, i on prvi downloaduje željeni podatak, dok ostali čekaju da taj korisnik završi downloadovanje.

eMule koristi User ID. User ID se izračunava na osnovu količine uploadovanog sadržaja. Klijenti sa većim User ID-om su na vrhu liste čekanja za download nekog dela.

Autor BitTorrent protokola, inspirisan Kazaanim PL-om, razvio je mnogo snažniji metod protiv free ridinga – *tit-for-tat* princip. Ovaj princip baziran je na *Pareto* efikasnosti. Peerovi downloaduju podatke od ostalih peerova tako što uploaduju one podatke koje poseduju. Peerovi sa većim upload brzinama će biti nagrađeni maksimalnim download brzinama. Peerovi nevoljni da uploaduju biće kažnjeni malim download brzinama.

3. BITTORRENT PROTOKOL

BitTorrent, protokol za razmenu podataka u P2P mrežama, razvio je Amerikanac Bram Koen 2003. godine. Zbog svoje inovativnosti i lakoće uspostavljanja, postao je jedan od najkorišćenijih i najpopularnijih P2P protokola. Neka od istraživanja pokazuju da se trećina Internet saobraćaja ostvaruje putem BitTorrent protokola. Jedna od primarnih prednosti BitTorrenta nad ostalim P2P protokolima jeste lakoća kojom se uspostavlja i koristi. Takođe, korišćenjem „tit-for-tat“ (milo za drago) principa izbegnut je „free riding“ (korisnici koji downloaduju a ne žele da uploaduju podatke) karakterističan za ostale protokole. Naime, koristi se neiskorišćeni upload protok, tako da korisnici dok downloaduju podatke automatski ih i uploaduju, čime se povećava efikasnost propusnog opsega cele mreže. Još neke od značajnih prednosti ovog nad ostalim protokolima jesu i anonimnost korisnika, skalabilnost, tolerancija na ispade, kao i različitost servisa koje pruža.

U svojoj osnovi, BitTorrent koristi TCP protokol kao i HTTP protokol. Korisnici međusobno komuniciraju putem TCP-a, a komunikacija sa centralnim računom odvija se putem HTTP protokola. U poslednje vreme je implementiran i DHT protokol za rutiranje.

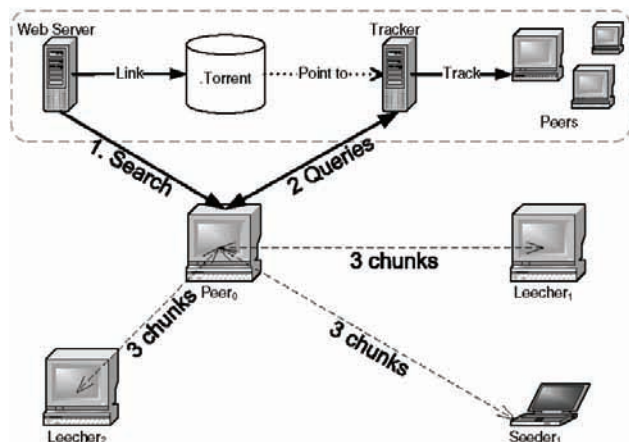
Osnovna ideja BitTorrent protokola jeste u tome da se podaci koji se razmenjuju podele na manje delove – *pieces* – jednake veličine (poslednji deo može biti manji). Peer downloaduje delove koje nema i uploaduje one koje poseduje. Kad se svi delovi downloaduju, rekonstruiše se originalni podatak. Aplikacija (software) putem koje se koristi BitTorrent naziva se *client* (klijent).

Pronalaženje željenih podataka ostvaruje se distribucijom .torrent fajlova po web serverima. Svaki .torrent fajl sadrži informacije o podatku koji se downloaduje (veličinu podataka, broj delova, SHA1 hash svakog dela, kao i adresu trackera koji se koristi). Tracker predstavlja centralnu tačku BitTorrenta jer prikuplja informacije o svim aktivnim peerovima koji učestvuju u razmeni dotičnog podataka (broj seadera, broj leechera...). *Seederi* predstavljaju peerove sa kompletno downloadovanim podatkom, dok *leecheri* nemaju kompletan podatak.

Proces aktiviranja protokola je sledeći (slika 5.):

Peer₀ pretražuje (search) web server, downloaduje .torrent fajl i pokreće ga u svom klijentu. Kontaktira tracker i šalje informacije o svojoj IP adresi i podatku koji želi da downloaduje (queries). Tracker odgovara informacijama o

ostalim peerovima koji download/uploaduju isti podatak (IP adrese/portovi). Peer₀ zatim ostvaruje konekcije sa peerovima iz trackerovog odgovora i započinje downloadovanje.



Slika 5. Proces aktiviranja BitTorrent protokola

Da bi se ostvarile što bolje download brzine i sprečio free-riding, koristi se *tit-for-tat* princip. To znači da peerovi istovremeno downloaduju i uploaduju podatke. Oni koji uploaduju bivaju nagrađeni najboljim *download rateom* od strane svojih suseda. To se može uočiti kad se počinje sa downloadom – tada je brzina mala, ali s vremenom, kako se prikuplja više delova koji mogu da se uploaduju, raste i download brzina. *Choking* algoritmom, koji se primenjuje na peerove nevoljne da uploaduju (ukidaju se konekcije prema takvim peerovima, tako da nisu u mogućnosti da downloaduju) kontroliše se efikasnost *tit-for-tat* principa. Svaki peer bira fiksni broj ostalih peerova (predodređeno je četiri) koje će da unchokeduje, bazirajući se na download rateu svake od konekcija. Svakih deset sekundi peer preračunava download rate svake od konekcija i odlučuje koja će biti chokedovana a koja unchokedovana. Kada peer downloaduje kompletan podatak i postane seeder, prestaje sa preračunavanjima i uploaduje peerovima (maksimalno pet) koji imaju najbolji *upload rate*.

Da bi se izbeglo trošenje mrežnog saobraćaja na česte promene u chokingu i unchokingu i da bi se iskoristio neupotrebljeni protok, koristi se *optimistic unchoking* algoritam. Peer svakih trideset sekundi unchokeduje nasumično izabranog suseda.

Kako bi broj kopija svakog dela originalnog podatka bio ujednačen, te da se ne bi desilo da neki od peerova nema šta da uploaduje, potrebno je napraviti algoritam koji će određivati kojim redom će se delovi downloadovati. Kad se započne, peer nasumice bira deo koji će prvi downloadovati. Pošto je prvi deo downloadovan, prelezi se na *rarest piece first* princip. Korišćenjem ovog principa, peer bira deo koji je najnezastupljeniji u swarmu.

BitTorrent klijent je aplikacija (software) koja predstavlja interfejs između korisnika i BitTorrent mreže. Obavlja funkcije komunikacije sa trackerom, konektovanja sa ostalim klijentima, pridruživanja DHT mreži, odnosno obavlja sve funkcije iz specifikacije protokola. Da bi započeo transfer, korisnik jedino treba da downloaduje

.torrent fajl sa nekog web servera koji ih skladišti, i da ga otvori svom BitTorrent klijentu. Mnogi BitTorrent klijenti nude i neke druge servise kao što su: FTP download, podrška za eMule mrežu, gledanje on-line filmova...

U novije vreme, klijenti nude testiranje korisnikove konekcije, tzv. *speed test* (test brzine), kako bi se optimizovao propusni opseg, tj. upload protok, da bi se postigla maksimalna efektivnost *tit-for-tat* principa. U test je uključeno merenje upload brzine. Estimacijom upload brzine određuje se maksimalan broj konekcija po .torrent fajlu, maksimalan broj aktivnih .torrent fajlova i maksimalan broj globalnih konekcija. Takođe, proverava se da li je port pravilno prosleđen.

4. ZAKLJUČAK

Od njihove pojave pa sve do danas, p2p mreže su preuzele vodeću ulogu u distribuciji razmeni audio i video podataka. Prevaziđen je problem centralne tačke pada prebacivanjem resursa na pojedina računare. Pored svih posojećih p2p protokola, BitTorrent se pokazao kao najbolji zbog lakoće kojom pronalaze resursi i lakoćom kojom se koristi, što mu je donelo i najveću popularnost.

5. LITERATURA

- [1] Choen, Bram: Incentives Built Robustness in BitTorrent, In Workshop on Economics of Peer-to-Peer Systems, Berkeley, CA, USA, Maj 2003.
- [2] Kozierok, Charls M.: The TCP/IP Guide, 2003.
- [3] Yu, Lan: A Reputation System for BitTorrent Peer-to-Peer File-sharing Networks, University of Wollongong, 2006.

Kratka biografija:



Milorad Pavlov rođen je u Novom Kneževcu 1980. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Osnovi telekomunikacija odbranio je 2011.god.



Željko Trpovski rođen je u Rijeci, 1957. godine. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 1998. god. Od 2004. ima zvanje vanrednog profesora. Oblast interesovanja su telekomunikacije i obrada signala.

PRAKTIČAN PRIMER IMPLEMENTACIJE JEDNOG ALGORITMA ZA DETEKCIJU OTKAZA NA PRIMERU INDUSTRIJSKOG - PILOT POSTROJENJA**PRACTICAL EXAMPLE OF AN ALGORITHM FOR FAULT DETECTION OF THE INDUSTRIAL – PILOT PLANT**

Jovan Subašić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu predstavljen je metod za detekciju otkaza u radu sistema za regulaciju nivoa i protoka tečnosti laboratorijskog sistema „Basic Process Rig 38-100“. Metod se zasniva na kvantitativnom modelu procesa i koristi analitičku redundantnost podataka za određivanje grešaka pomoću observera izlaza i relacija jednakosti.

Abstract – In this work is presented a method for fault detection of experimental platform „Basic Process Rig 38-100“. The method is quantitative model-based and uses analytical redundancy with output observers and parity equations for fault detection.

Ključne reči: detekcija i izolacija grešaka (FDI), modelovanje procesa

1. UVOD

Zarad poboljšanja sigurnosti, pouzdanosti i efikasnosti u mnogobrojnim tehnološkim procesima razvoj naprednih metoda nadzora, otkrivanja i određivanja vrsta grešaka postaje izuzetno značajan u poslednje dve decenije. Klasičan nadzor obuhvata merenje izlaza sistema i proveru da li se isti nalaze u granicama dozvoljenih vrednosti, kao i praćenje promene vrednosti tih izlaza preko odgovarajućih dijagrama. Prednost klasičnih metoda nadzora se ogleda u njihovoj jednostavnosti i pouzdanosti. Međutim, ove metode prijavljuju grešku u sistemu tek nakon nagle nedozvoljene promene praćene vrednosti koja može biti izazvana iznenadnom velikom greškom ili dugotrajnim postepenim nagomilavanjem sitnih greške, tj. nemaju sposobnost da prateći ponašanje sistema predvide pojavu greške u njemu. Iz tog razloga su i razvijene napredne metode nadzora, čija osnovna prednost leži u sposobnosti otkrivanja kvarova i grešaka u sistemu pre nego što ti kvarovi ili greške dovedu do značajne degradacije efikasnosti postrojenja ili kvaliteta proizvoda.

Napredne metode nadzora, u suštini, predstavljaju metode za **otkrivanje i izolaciju greške** (*Fault Detection and Isolation, FDI*). Pod pojmom „izolacije“ grešaka podrazumevamo skup postupaka na osnovu kojih je moguće utvrditi tip greške koja se javila u sistemu, odnosno deo pogona u kome se greška javlja.

NAPOMENA:

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

Ove metode se danas primenjuju u gotovo svim oblastima industrije; a takođe su predmet istraživanja u okviru savremene teorije automatskog upravljanja. Napredne metode nadzora treba da zadovolje sledeće zahteve [1]:

- rano uočavanje malih grešaka u procesu koje se mogu pojaviti u bilo kom trenutku,
- otkrivanje grešaka u radu aktuatora, senzora i grešaka u samom sistemu,
- otkrivanje grešaka u zatvorenim petljama i
- nadzor nad procesom u prelaznom režimu.

Osnovna podela metoda za **otkrivanje i izolovanje greške (FDI)** se može izvršiti na tri tipa metoda [2]:

- metode zasnovane na kvantitativnom modelu procesa,
- metode zasnovane na kvalitativnom modelu procesa i
- metode koje se oslanjaju na istorijat procesa.

U ovom radu bavićemo se jednom metodom za detekciju i izolaciju grešaka koja se zasniva na poznavanju kvantitativnog modela procesa, tj. na analitičkoj redundantnosti. Eksperimentalni rezultati dobijeni su na osnovu laboratorijskog postrojenja „Basic Process Rig 38-100“. Model procesa razvijen je na Odseku za automatiku i upravljanje sistemima Fakulteta tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu. Pri implementaciji algoritama korišten je programabilni logički kontroler (PLC) tipa „Premium“ i programsko okruženje „Unity Pro“ proizvođača „Schneider Electric“

2. ANALITIČKA REDUNDANTNOST

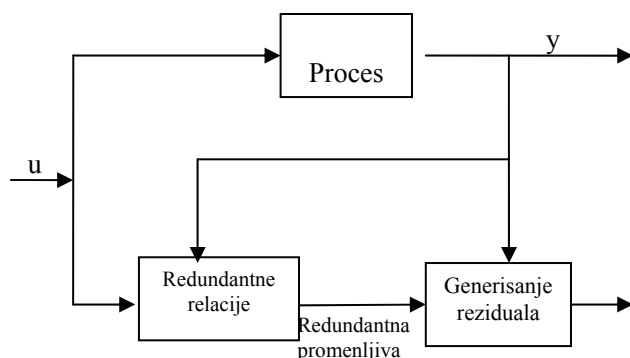
Ukoliko je za detekciju grešaka (i izvora grešaka) u sistemu neophodno poznavati model sistema, tada govorimo o postupcima zasnovanim na modelu (model-based FDI). Svi postupci ovog tipa se implementiraju u dva koraka. U prvom koraku se generišu veličine (signali) koje kvantitativno opisuju nedoslednosti između stvarnog i očekivanog ponašanja procesa. Te veličine, koje se još nazivaju i **rezidualima**, predstavljaju „veštačke signale“ koji ukazuju na mogućnost postojanja greške u sistemu. Reziduali su tipično funkcije razlike između merenih i procenjenih vrednosti procesnih promenljivih, ali mogu se računati i drugačije [3].

Drugi korak predstavlja korak odlučivanja, i vrši se na osnovu pravila odluke (*decision rule*) koje daje verovatan uzrok greške na osnovu poznatih vrednosti reziduala. Rezidualne možemo smatrati simptomima na osnovu kojih pravilo odluke dijagnostikuje kvar, odnosno grešku, u sistemu.

Provera nedoslednosti (nekonzistentnosti) zahteva neki oblik redundantnosti. Postoje dva tipa redundantnosti: *hardverska* i *analitička*. Prva najčešće zahteva da postoji više senzora koji mere istu veličinu, ali u opštem slučaju se odnosi na postojanje redundantnosti hardverske konfiguracije sistema. Primenjuje se tamo gde je potrebna izuzetna sigurnost u radu, kao što je slučaj sa nuklearnim elektranama i svemirskim brodovima [2]. Primena ovakve vrste redundantnosti je ograničena zbog povećanih troškova i potrebnog dodatnog prostora. Sa druge strane, analitička (funkcionalna, veštačka) redundantnost se postiže pravljenjem funkcionalne zavisnosti između promenljivih u procesu, što se vrši pomoću skupa statičkih (algebarskih) ili dinamičkih (diferencijalnih, odnosno diferencnih) relacija između stanja, ulaza i izlaza sistema. Prema načinu na koji se redundantnost postiže, analitička redundantnost se deli na vremensku i direktnu [4].

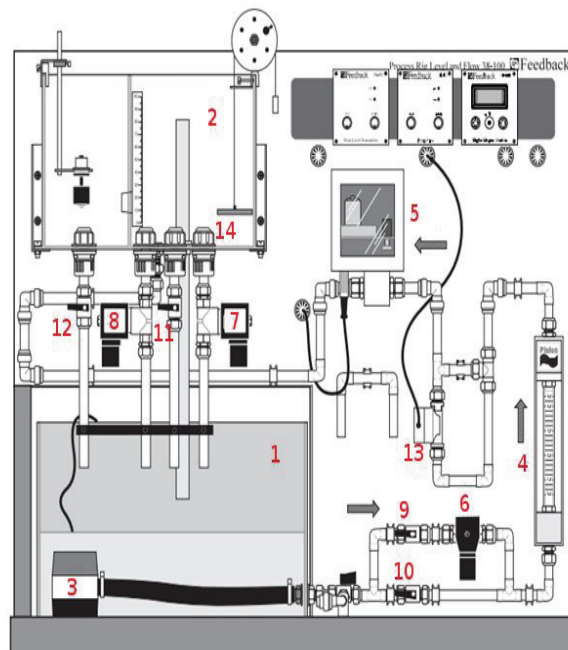
Šema primene analitičke redundantnosti prikazana je na Slici 1. Suština upotrebe analitičke redundantnosti u otkrivanju grešaka je upoređivanje vrednosti dobijene na osnovu modela sa stvarnom vrednošću. Svako odstupanje, izraženo preko reziduala, može poslužiti za detekciju i određivanje mesta greške u sistemu. Rezidualne treba birati tako da im je vrednosti bliska nuli kada nema greške u sistemu, ali da bude „značajna” kada je greška prisutna. Vrednosti reziduala su različite od nule čak i kada sistem radi u nominalnom režimu, tj. kada greška nije prisutna, usled neizbežnih grešaka modelovanja i prisustva mernog šuma.

Generisanje reziduala zahteva postojanje jasnog matematičkog modela sistema. Model se može dobiti analitički pomoću fizičkih zakona (first principles) ili empirijski, koristeći tehnike identifikacije [5]. Modeli zasnovani na fizičkim zakonima dobijaju se razumevanjem fizičkog ponašanja samog procesa. U nekom hemijskom procesu na primer, odnosi između mase, energije i momenata kao i neke osnovne relacije (kao što su jednačine stanja) se koriste za dobijanje jednačina u modelu. U prošlosti, modeli dobijeni na ovaj način su se retko koristili zbog svoje složenosti. Pored toga, hemijski procesi su često nelinearni, što dodatno otežava postupak pravljenja metode za određivanje grešaka. Ipak, razvojem kompjutera i boljim upoznavanjem problematike razvoja nelinearnih kontrolera situacija se, naročito u poslednjoj deceniji, donekle popravila.



Slika 1. Shematski prikaz primene metoda analitičke redundantnosti.

Upravo zbog toga je primena identifikacije naročito interesantna sa stanovišta praktične primene. Prednost ovakvog postupka svakako leži u tome što ne moramo poznavati fiziku, odnosno tehnologiju procesa detaljno, već se model dobija na osnovu poznavanja istorije ulaza i izlaza. Sa druge strane, empirijskim modelovanjem dobijamo model u formi diskretne funkcije prenosa, dakle „crne kutije” čija unutrašnja struktura ostaje nepoznata, što često otežava identifikaciju uzroka pojave greške.



Slika 2. Tabla za merenje i regulaciju protoka i nivoa tečnosti "Basic Process Rig 38-10" proizvođača „Feedback“

3. OPIS OPREME I PROCESA

Aparatura koja je korištena u ovom radu pripada familiji PROCON (Process Control Trainers) koju je razvila kompanija „Feedback“ [6]. Ova tabla se naziva „Basic Process Rig 38-100“ i koristi se za regulaciju i merenje protoka i nivoa tečnosti (u konkretnom slučaju destilovane vode). Osnovne komponente sistema su: napojni rezervoar (1) u kome se nalazi centrifugalna pumpa kapaciteta 5 litara u minuti (3), procesni rezervoar sa dve komore, (2), protokomer (4), elektromotorni servo-ventil (5), 3 solenoidna ventila (6, 7, 8), 4 ručna ventila (9, 10, 11, 12), turbinski protokomer (13), plovak koji meri nivo tečnosti (14). Sa strane programabilnog logičkog kontrolera, dostupne su informacije o tekućem nivou (sa transmitera na koji se vezuje nivomer (14)) i protoku (sa transmitera na koji se vezuje turbinski protokomer (13)). Kontroler upravlja protokom i nivoom preko servo-ventila (5). Svi signali su standardni „analogni“ strujni signali u opsegu 4-20mA.

Sam proces je zatvoren. Voda se pumpa iz donjeg rezervoara (1) u gornji (2) preko sistema cevi sa nizom različitih ventila. Ručnim ventilima se može uticati na putanju kojom tečnost stiže iz donjeg u gornji rezervoar. Pumpa (3) se uključuje i isključuje ručno. Protokom tečnosti, te posredno i nivoom u gornjem rezervoaru, upravlja se kontinualno, pomoću elektromotornog servo-

ventila (5). Protok se meri senzorom protoka (13) i zavisi od otvorenosti, odnosno od pobude servo-ventila. Tečnost ulazi u gornji rezervoar (2) i on počinje da se puni, a nivo tečnosti se meri pomoću plovka (14). Tečnost se ispušta iz gornjeg rezervoara u donji pomoću ručnog ventila (11) i solenoidnih ventila (7) i (8). U našem slučaju, tečnost je isticala kroz solenoidni ventil (8), dok su ventili (7) i (11) bili zatvoreni. Napominjemo da u gornjem rezervoaru postoji odvodna cev, pri vrhu, koja onemogućuje da se tečnost izlije iz istog. U zavisnosti od toga koliko je otvoren servo-ventil, zavisice vrednost ulaznog protoka u rezervoar. Ako je ulazni protok veći od izlaznog, nivo tečnosti će rasti, u suprotnom će se smanjivati.

Kvarovi koji mogu da se jave u sistemu su : sistemski kvarovi (npr. pucanje cevi), kvarovi senzora i kvarovi aktuatora. Upravo je na poslednje dve grupe kvarova obraćena najveća pažnja i na njih se odnosi postupak detekcije i izolovanja grešaka. U ove kvarove se ubrajaju: **zaglavljivanje servo-ventila, otkaz u radu pumpe i kvar na ručnom ventilu (11)**. Oni predstavljaju najčešće kvarove u sistemu. Pored ovih, mogu se javiti kvarovi kao što su: zagušenje pumpe, otkaz nekog drugog ventila u sistemu, zaglavljenje plovka, kvar senzora ili transmitera protoka i drugi.

Da bi ovi kvarovi bili pravovremeno otkriveni i da bi se brzo otklonili, razvijen je model sistema. Model je implementiran u programski kod programabilnog logičkog kontrolera i na osnovu njega se vrši detekcija i izolovanje grešaka. Sam model je prikazan u [7] i mi se na ovom mestu njime nećemo baviti.

4. IMPLEMENTACIJA

Upravljanje procesom je izvršeno pomoću PLC-a „Premium“ kompanije „Schneider Electric“. Programski kod je razvijen u „Unity Pro“ softverskom paketu kombinacijom SFC i FBD programskih jezika. Osnovna funkcionalnost aplikacije programirana je pomoću dijagrama stanja (SFC), dok su pojedini koraci implementirani korišćenjem funkcijskih blokova (FBD). Ciklus skeniranja PLC-a podešen je da traje 100ms.

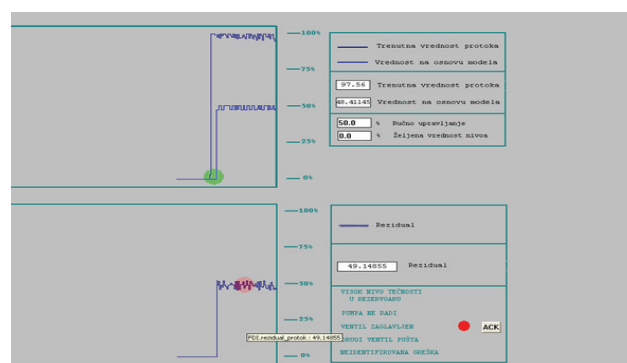
Tokom prva dva ciklusa prikupljaju se početne vrednosti promenljivih koje će se koristiti u simulaciji, dok se od trećeg ciklusa počinje sa detekcijom grešaka. Vrednosti koje se koriste u simulaciji su otvorenost servo ventila tj. upravljački signal iz prethodnog ciklusa, kao i vrednosti nivoa i protoka iz tekućeg ciklusa. Ove vrednosti predstavljaju ulaze bloka za simulaciju. U bloku za simulaciju se vrši predviđanje vrednosti protoka i nivoa u intervalu od jedne do deset sekundi unapred. Pošto jedan ciklus traje 100ms, to će biti od 10 do 100 ciklusa od trenutka proračuna. Proračunate vrednosti se čuvaju u memoriji, i upoređuju sa stvarnim vrednostima u bloku za detekciju. Počev od drugog ciklusa, simulacija se vrši u svakom sledećem ciklusu do prekida izvršavanja programa. Detekcija se vrši od trećeg ciklusa. Reziduali se formiraju u bloku za detekciju, kao razlika apsolutnih vrednosti stvarnog protoka i nivoa i apsolutnih vrednosti simuliranog protoka i nivoa. Postoje dva reziduala, jedan za protok i jedan za nivo, koji se izračunavaju u svakom ciklusu nezavisno jedan od drugog. Na osnovu reziduala protoka moguće je detektovati greške u radu pumpe i radu

servo ventila, a na osnovu reziduala nivoa kvar solenoidnih (9,7) i ručnog ventila (11) (prikazanih na Slici 2). Sistem je inicijalno u **nominalnom stanju**. Kada prvi put jedan od reziduala bude veći od dozvoljenog odstupanja ulazi se u **stanje potencijalne greške**. Parametre vezane za otkrivanje greške moguće je podesiti u programu. Stanje potencijalne greške može da traje određen broj sekundi. U tom intervalu se prikupljaju vrednosti reziduala u svakom ciklusu. Prethodno se zadaje broj ciklusa u okviru intervala u kojima reziduali smeju da imaju vrednosti veće od dozvoljenih. Ako broj ciklusa sa nedozvoljenim vrednostima reziduala postane veći od zadatog, ulazi se u **stanje greške** i prikazuje se poruka o grešci. Ako se interval u kome tražimo grešku završi, a broj ciklusa sa nedozvoljenim vrednostima reziduala ne postane veći od zadatog, ne prijavljuje se greška, već se situacija posmatra kao poremećaj. Određivanjem dužine intervala u kome se traži greška i zadavanjem broja ciklusa u okviru intervala sa nedozvoljenim vrednostima reziduala se podešava robusnost sistema detekcije greške, odnosno njegova otpornost na merni šum i greške modelovanja. Izolovanje greške se vrši na osnovu IF - THEN - ELSE relacija, tako da je svaka predviđena situacija opisana ovim relacijama, a ako se slučajno javi neka nova (nepredviđena) situacija, upaliće se indikator za neidentifikovanu grešku („lampica“ na operatorskom ekranu).

5. REZULTATI

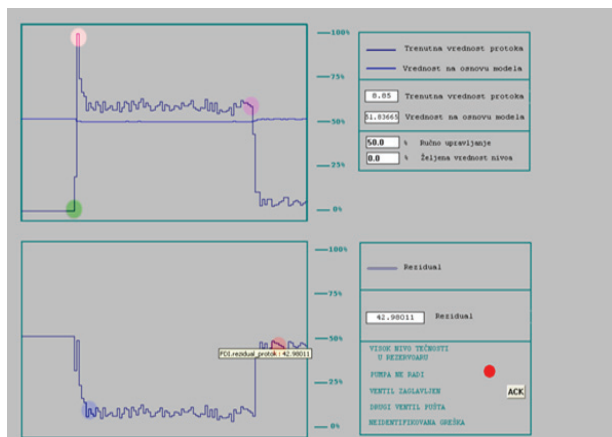
Rezultati pokazuju da je na osnovu postojećeg modela moguće detektovati i odrediti vrstu greške koja se može javiti u toku rada sistema, kada se javi jedna greška u datom intervalu. Prva greška koja je bila detektovana je ona koja se i najčešće javlja – zaglavljivanje servo-ventila. Ova situacija je prikazana na slici 3.

Pri pokretanju programa trenutna vrednost protoka je oko 97 procenata. Na gornjem ekranu zelenim krugom obeležen je trenutak pokretanja programa. Sa ekrana se vidi da se vrednost na osnovu modela računa za sekundu unapred. Potom zadajemo da se otvorenost smanji na 50 procenata, ali se to ne dešava, jer se ventil zaglavio. Zbog toga vrednost protoka na osnovu modela iznosi oko 49 procenata, a stvarna je i dalje na 97%, pa je vrednost reziduala oko 49% . Ako ventil ostane duže od tri sekunde u ovom položaju, javlja se greška i tada se pali crvena lampica (trenutak pojave greške je obeležen crvenim krugom).



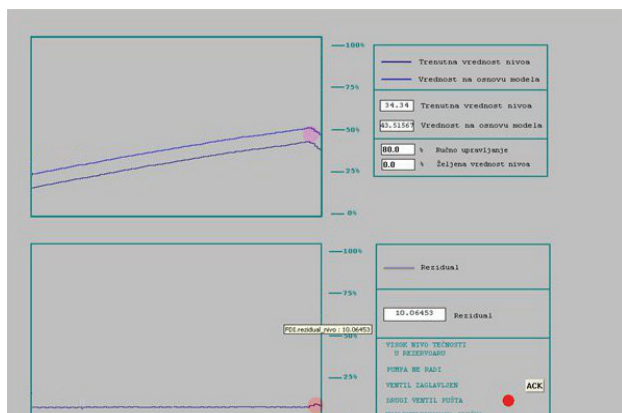
Slika 3. Zaglavljivanje servo-ventila

Druga vrsta kvara, otkaz u radu pumpe, veštački je proizvođena gašenjem pumpe. Ono što se očekuje od operatera u ovoj situaciji jeste da nakon otklanjanja kvara pritisne dugme ACK da bi lampica prestala da svetli. Ako dotični pritisne dugme ACK, a ne otkloni kvar, lampica će se ponovo upaliti, jer greška u sistemu još postoji, što se vidi i na osnovu vrednosti reziduala. Kada se ventil odglavi, sistem će ponovo normalno funkcionisati.



Slika 4. Prestanak rada pumpe

Sa slike vidimo da je u trenutku pojave kvara (gašenja pumpe), koji je označen ljubičastim krugom, vrednost protoka na osnovu modela oko 50 procenata. Ta vrednost odgovara vrednosti ručnog upravljanja. Međutim, merena vrednost protoka je oko 9 procenata, što je jednako šumu merenja, iz čega sledi da protoka nema, tj. da pumpa ne radi. Nakon nekoliko sekundi ovakvog stanja pojavljuje se greška u sistemu (crveni krug na donjem dijagramu). To se na operatorskom ekranu vidi na osnovu vrednosti reziduala i po tome što je upaljena lampica. Krug roze boje označava kratkotrajan poremećaj izazvan nepreciznim merenjem senzora usled nagle promene vrednosti protoka i on ne dovodi do pojave greške. Na donjem dijagramu plavim krugom je označen početak intervala u kome je vrednost reziduala u dozvoljenim granicama.



Slika 5. Kvar ručnog ventila

Otkrivanje greške na osnovu reziduala nivoa, bilo je dosta teže, zbog toga što je brzina promene nivoa mnogo manja od brzine otvaranja ili zatvaranja ventila. Zbog toga je

prag greške smanjen na 10 procenata, što je u rangu šuma merenja (koji je 7-8%), dozvoljeno vreme trajanja greške je smanjeno na 2 sekunde i predviđanje je vršeno 5 sekundi unapred.

Kvar je napravljen odvrtnjem rucnog ventila. Greška je uhvaćena kada su obe vrednosti nivoa počele da se smanjuju. Vrednost reziduala je bila tek nešto malo iznad 10 procenata. Zavrtanjem ručnog ventila, greška je nestala, a rezidual se smanjio na vrednost od oko 7 do 8 procenata, što je moguće videti na slici 5.

6. ZAKLJUČAK

Rezultati su pokazali da je sistem odlično otkrivao greške kada bi se javila samo jedna greška u procesu. U slučaju pojave više grešaka odjednom, sistem nije dobro razvrstavao iste. Ovo je posledica toga što je nominalan model bilo teško napraviti, jer je izvršni organ (ventil) bio pred otkazom.

Takođe, zaključeno je da bi rezultati u otkrivanju više grešaka odjednom bili uspešniji da su pravljeni modeli za sve kombinacije grešaka koje se mogu pojaviti u procesu.

7. LITERATURA

- [1] Isermann, R., "Supervision, Fault-Detection and Fault Diagnosis Methods. An introduction.", Control Eng. Practice, Vol. 5, No. 5, pp. 639-652, 1997.
- [2] V. Venkatasubramanian, "A review of proces fault detection and diagnosis, Part I : Quantitative model-based methods", Computers and Chemical Engineering 27(2003), pp.293-311, 2003.
- [3] Willsky, A.S., "A survey of design methods for failure detection.", Automatica 12, pp. 601-611, 1976.
- [4] Basseville, M. "Detecting changes in signal sand system, a survey". Automatica 24 (3),309-326,1988.
- [5] Gertler,J.(1989) "Intelligent supervisory control" In A.E.Nisenfeld&J.R.Davis(Eds.), "Artificial intelligence handbook", Volume II. Research Triangle Park,NC:USA.
- [6] <http://www.feedback-group.com>
- [7] Kanović, Ž., Rapaić, M.R., Jeličić, Z.D, "Uopšteni PSO algoritam sa primenom u identifikaciji nelinearnih sistema", ETRAN 2009

Kratka biografija:



Jovan Subašić rođen je u Novom Sadu 1982. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka brani iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Automatike i upravljanja sistemima.

ПРИМЕНА ОБНОВЉИВИХ ИЗВОРА ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ ЗА ДОБИЈАЊЕ ВОДОНИКА**APPLICATION OF RENEWABLE ENERGY SOURCES FOR PRODUCTION OF HYDROGEN**Горан Живковић, Владимир Катић, *Факултет техничких наука, Нови Сад***Област – ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И РАЧУНАРСТВО**

Кратак садржај – Приказане су могућности примене обновљивих извора електричне енергије (ветрогенератора и фотонапонских електрана) за производњу водоника, као могућег енергента будућности. Неколико опција је разматрано, укључујући рад оваквих система независно од електричне мреже, као и потпомогнутих мрежом. Дискутован је процес електролизе, уз преглед карактеристика данашњих електролизера. На крају су приказана најновија достигнућа технологије електролизера, која би могла да значе технолошки пробој при спајању обновљивих извора енергије и производње водоника.

Abstract – The paper presents a review of possibilities for utilization of renewable energy sources for production of hydrogen, as a future energy carrier. Several possible options are considered, including grid independent and grid assisted systems. The process of electrolysis has been discussed, with review of characteristics of today electrolyzers. One of the latest achievements in electrolyzers technology, which could mark a technological breakthrough in the coupling of renewable energy and hydrogen generation, is shown at the end.

Кључне речи: Водоник, обновљиви извори електричне енергије, електролиза.

1. УВОД

Већина земаља широм света могла би да се суочи са озбиљним недостацима енергије у блиској будућности. Велика потрошња, пораст броја становништва и сталан раст захтева може да доведе или је већ довела до критичног смањења залиха домаћих фосилних енергетских извора. Тренутна енергетска зависност већине земаља од нафте и њених деривата, захтева знатне економске издатке и у будућности наговештава негативне ефекте на националне економије, као и на међународну безбедносну ситуацију. Тренутне процене показују да ће фосилна горива бити исцрпљена у периоду између 2100. и 2200. године [1].

Сагоревање фосилних горива, нарочито оних базираних на нафти и угљу, представља узрок глобалног загревања, тј. стварања тзв. ефекта стаклене баште [1].

НАПОМЕНА:

Овај рад је произтекао из мастер рада чији је ментор био проф. др Владимир Катић.

Идеја да неки нови енергент, свеприсутан и обновљив, као што је водоник (у саставу воде H_2O), замени фосилна горива, заинтригирала је визионаре од Жила Верна, до војске савремених техничких и еколошких стручњака [2].

Систем у ком би водоник представљао главног преносника енергије, представља у ствари нови енергетски систем, на ком се може развити посебно тржиште, односно економија водоника. Развој енергије водоника је снажно повезан са коришћењем обновљивих извора, јер без њихове употребе, економија водоника не би била ништа мање загађујућа, од тренутних фосилних енергената.

У раду ће бити приказане могућности примене обновљивих извора електричне енергије (ветрогенератора и фотонапонских електрана) за производњу водоника, као могућег енергента будућности.

2. ВОДОНИК КАО ПРЕНОСНИК ЕНЕРГИЈЕ

Водоник је еколошки атрактивно гориво. Он сагорева без производње угљен-диоксида. Међутим, водоник није примарни извор енергије на Земљи. У природи се јавља само у комбинацији са другим елементима, стога се он мора производити.

Најзаступљенији извор водоника је вода, али потребна је енергија за раздвајање молекула воде. Због другог закона термодинамике, та енергија је већа од енергије која може да буде ослобођена произведеним водоником. Због тога, водоник је, као и електрична енергија, енергетски преносник, односно погодан облик енергије.

Водоник може бити произведен из многобројних извора, укључујући фосилна горива, као што су угаљ (уз секвестрацију угљеника) и природни гас, коришћењем нуклеарне енергије и биомасе, те помоћу енергије обновљивих извора као што су соларна, хидро, геотермална и енергија ветра. Тренутно, већина светске производње водоника (више од 90%), потиче од реформисања природног гаса.

Да би систем економије водоника био одржив, највећи део водоника се мора добијати помоћу обновљивих извора. Иако је неколико метода развијено за производњу водоника из оваквих извора, једина тренутно практична је електролиза воде. Електролиза воде је добро успостављен метод и идеалан кандидат због опште доступности воде, прилагодљивости електролизе и могућности производње водоника са нултим емисијама штетних гасова.

3. ПРОЦЕС ЕЛЕКТРОЛИЗЕ

Када једносмерна електрична струја пролази кроз две електроде у води, водоник и кисеоник се стварају електролитичким разлагањем воде. Чиста вода је веома лош проводник јона и из тог разлога се мора додати проводни електролит, да би се реакција одвијала на технички прихватљивом напону. Иако је процес електролизе познат од пре 19. века, само 0,5% од данашње производње водоника долази на овај начин. У овом тренутку знатно је јефтинија производња водоника из угљоводоника.

3.1. Принципи електролизе

Напонска ефикасност процеса електролизе се дефинише као однос између реверзибилног напона ћелије U_{rev} и стварног напона ћелије U_{cell} :

$$\eta_U = \frac{U_{rev}}{U_{cell}}, \quad (1)$$

где је $U_{rev} = 1,23 \text{ V}$, на собној температури и атмосферском притиску. U_{rev} изражава минимални електрични потенцијал потребан да потера реакцију електролизе. Термонеутрални напон ћелије U_{tn} је напон на којем би савршено ефикасна ћелија радила, ако електрична енергија обезбеђује сву потребну енергију, с обзиром да одређени део улазне енергије при процесу електролизе може да буде и топлота. При стандардним условима, термонеутрални напон износи 1,48V [3].

Када је напон ћелије мањи од реверзибилног, нема раздвајања молекула воде. Када је тај напон између реверзибилног и термонеутралног, процес електролизе је ендотерман и додатна топлотна енергија треба да буде испоручена у циљу раздвајања воде. За напоне изнад термонеутралног, процес је екзотерман и сва енергија долази из електричне енергије. Додатна топлота се мора уклонити. И U_{rev} и U_{tn} су функције температуре, притиска и састава електролита.

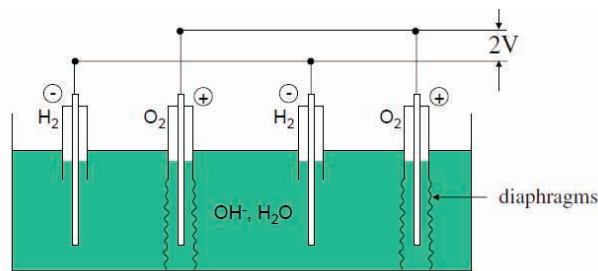
3.2. Дизајн електролизера

Да би добили потребан износ водоника, електролизери се састоје од више електролизних ћелија, односно парова електрода. Постоје две врсте дизајна електролизера: монополарни и биполарни.

У монополарној конфигурацији, свака од електрода је повезана и напајана посебном струјом и има један поларитет, тако да је или катода или анода (слика 1). Ћелије су повезане паралелно и напон преко целог резервоара је исти као и напон било које појединачне ћелије, без обзира на број електрода.

Мембрана се налази између сваке катоде и аноде. Ово раздваја водоник и кисеоник при производњи гасова, али дозвољава пренос јона.

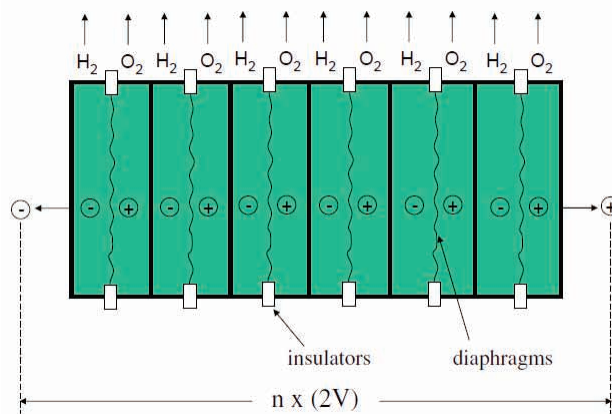
Код биполарне конфигурације, свака електрода има катодну и анодну страну (слика 2). Напон целог стека је једнак броју ћелија помножен са напоном од појединачне ћелије. Водоник се производи с једне стране сваке ћелије, а кисеоник на другој страни. Овај дизајн је много компактнији, ефикаснији, ради са вишим густинама струје и може да ради на вишим температурама и притисцима, али је и доста сложенији.



Слика 1. Монополарни дизајн електролизера [4]

Поред стека ћелија, електролизер мора имати напајање-регулатор напона, систем снабдевања водом, пумпу за циркулисање воде, вода-гас сепараторе за водоник и кисеоник (опционо), измењивач топлоте, контролни систем.

У табели 1 приказане су технологије електролизера, као и њихове главне карактеристике.



Слика 2. Биполарни дизајн електролизера [4]

Табела 1. Технологије електролизера и њихове карактеристике [5]

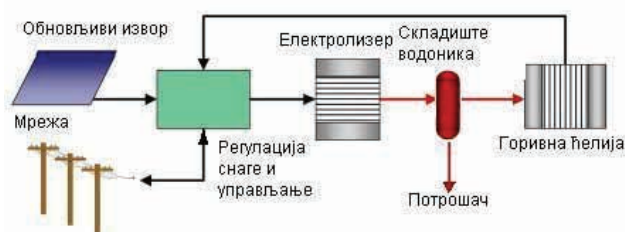
Технологија	Конвенционални алкални електролизер	Напредни алкални електролизер	Алкални са неорганском мембраном	Електролизер са чврстим електролитом	Електролизер високе температуре
Напон ћелије (V)	1,8-2,2	1,5-2,5	1,6-1,9	1,4-2,0	0,95-1,3
Густина струје (A/cm²)	0,13-0,25	0,20-2,0	0,2-1,0	1,0-4,0	0,3-1,0
Температура (°C)	70-90	80-145	90-120	80-150	900-1000
Притисак (bar)	1-2	До 120	До 40	До 400	900-1000
Електролит	25-35% КОН	25-40% КОН	14-15% КОН	PFS acid мембрана	Y2O3 ZrO380
Ефикасност ћелије	77-80%	80-90%	85-95%	85-98%	90-100%
Потрошња енергије kWh/Nm³ H₂	4,3-4,9	3,8-4,3	3,6-4,0	3,6-4,0	2,5-3,5

4. ИНТЕГРИСАНИ СИСТЕМИ СА ОБНОВЉИВИМ ИЗВОРИМА И ВОДОНИКОМ

Водоник се може производити електричном енергијом добијеном из фотонапонске електране или ветроелектране на више начина, и користити као гориво директно, или преносити путем ценовода до корисника, или користити за побољшање перформанси фотонапонске електране/ветроелектране прилагођавањем њихове излазне снаге са потребама потрошача.

4.1. Производња водоника независно од електричне мреже (grid-independent)

Ако се у систему са слике 3 изузме горива ћелија и електрична мрежа, као и њихове везе са системом, добиће се постројење, који служи искључиво за производњу водоника. Овај систем заобилази проблеме везане за конекцију с мрежом и наплату неуравнотежене производње. Електролизер ће бити изложен променљивом напајању и DC/DC конвертор (код ветроелектране може бити и AC/DC и DC/DC), мора да буде део блока регулисања снаге и управљања, у циљу да одговара напонско-струјним захтевима електролизера, при било којој снази, са минималним губицима конверзије. Још једна опција би била да се изаберу ФН панели (или ветрогенератор), тако да се њихови i - U излази слажу са i - U кривом поларизације електролизера.



Слика 3. Интегрисан ОИ/водоник систем [6]

4.2. Производња водоника уз помоћ електричне мреже (grid-assisted)

Ако се у систему са слике 3 изузме горивна ћелија и њена веза са системом и претпостави да снага иде од мреже ка блоку за регулацију снаге, добија се систем који служи за производњу водоника уз помоћ мреже. Блок регулисања снаге и управљања, омогућава да електролизер добија константну улазну снагу, удруживањем излаза из фотонапонских панела (или ветрогенератора) са потребном снагом из мреже. На овај начин, електролизер може да ради све време у радној тачки за коју је дизајниран. Фактор капацитета може достићи високих 90 % (једино време застоја ће бити за одржавање), што би значајно побољшало економију, тј. смањило цену водоника.

4.3. Електране за производњу електричне енергије и водоника

Ако се у систему са слике 3 елиминише горива ћелија и њена веза са системом, добија се систем у ком електролизер може да се користи за пеглање пикова (енгл. *peak-shaving*) излаза из ФН електране (или ветроелектране), ако то захтева мрежни оператер. У том случају вишак енергије из електране (део који не може да се апсорбује од стране мреже у том тренутку), се користи за генерисање водоника, што је вид хемијског складиштења енергије. Међутим, проблеми са испрекидањем радом електролизера и малим фактором капацитета остају. Друга варијанта ове шеме је да електролизер ради са сталном снагом и вишак енергије из електране шаље у мрежу (наравно под условом да постоји довољно капацитета за њено апсорбовање у мрежу).

4.4. Интегрисан електрана/водоник енергетски систем

Додавањем гориве ћелије у систем са слике 3, добија се систем који је способан да испоручи електричну енергију мрежи. Блок регулације снаге и управљања има изузетно комплексну функцију у овој конфигурацији. Он мора да усмерава енергију из низа фотонапонских панела (или ветрогенератора) или у мрежу или у електролизер, да пребаци на напајање из горивних ћелија када нема довољно енергије из ФН панела (ветрогенератора) и обезбеди регулацију напона, како из обновљивог извора до електролизера (AC/DC и DC/DC), тако и из горивне ћелије према мрежи (DC/AC).

4.5. Интегрисан електрана/водоник енергетски систем, независан од мреже

Систем сличан горе поменутом може се користити за аутономно напајање, независно од мреже. У овом случају, складиште енергије је императив, и регенеративне водоничне гориве ћелије могу бити конкурентне са осталим опцијама складиштења енергије (батерије, замајак, компримовани ваздух, хидро акумулација, суперкондензатори итд.). Једина разлика између овог и претходно описаног система је у јединици за регулацију снаге и управљање, која у овом случају не мора да се синхронизује са мрежом, али мора да обезбеди жељени AC или DC излазни напон.

Једна опција јесте да се компримовани водоник као течна горива користи за грејање домаћинства и/или као енергент за возила са горивим ћелијама или са моторима за сагоревање водоника (ово може бити атрактивна опција на удаљеној локацији где испорука горива није редовна). Овај систем такође може да укључује и фотонапонске панеле и ветрогенератор због додатне безбедности и свестраности напајања. Такви комбиновани ветар-соларни системи постоје на Институту за истраживање (Рено, Невада), и на Институту за истраживање водоника (енгл. HRI), на Квебек универзитету, Trois Rivières [6].

Ови системи користе и фотонапонске ћелије и ветротурбине за добијање водоничног горива. То су релативно мали системи који користе енергију ветра и сунца за производњу водоника, поседују систем за складиштење компримованог водоника, електролизере снаге 5kW, горивну ћелију која регенерише електричну енергију. Оба користе комбинацију батерије и складишта енергије у облику водоника, у коме мала батерија делује као бафер енергије, а већи део ускладиштене енергије представља водоник.

5. ДОСТИГНУЋА У ТЕХНОЛОГИЈИ ЕЛЕКТРОЛИЗЕРА

Традиционално, у индустријским апликацијама, електролизери су повезивани на мрежу и радили су под стабилним условима. Насупрот томе, обновљиви извори енергије су интермитентне природе (значи да дају испрекидану, несталну снагу на свом излазу) што доводи до нових захтева код електролизера. Конвенционални електролизери имају тенденцију да користе

само део доступних обновљивих извора енергије из више разлога:

- 1) дуго време стартовања,
- 2) немогућности да прате брзе промене улазне снаге
- 3) ограничени радни опсег у погледу капацитета.

Ово последње може да се припише смањењу квалитета водоника у гасовитом стању при ниским вредностима напона напајања.

Једно од новијих решења у технологији електролизера јесте алкални електролизер за производњу водоника под притиском, компаније Hydrogen Technologies [8], који може да се повеже са ветротурбинама и соларним панелима и може да ради при брзим променама улазне снаге.

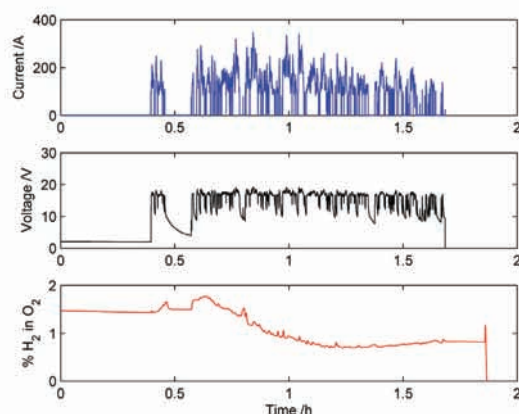
6. ЗАКЉУЧАК

Све предности водоника као еколошки атрактивног горива ће бити искоришћене када се водоник буде производио коришћењем обновљивих извора енергије. Са повећањем интересовања за водоник на једној страни и повећањем конкурентности енергије ОИ с друге стране, врло је вероватно да ће ОИ-водоник интегрисани системи привући више пажње у блиској будућности. Коришћењем најновије технологије алкалних електролизера за производњу водоника под притиском превазилазе се границе у вези са спајањем ОИ енергије и електролизера. Ова технологија алкалних електролизера компаније „Hydrogen technologies“ означава технолошки пробој при спајању обновљивих извора енергије и производње водоника. Уз брз одзив (<1s) и широк спектар оперативности (10-100%), овакви системи показују способност да ухвате брзе варијације у производњи енергије, повезане са енергијом ветра (слике 4 и 5).

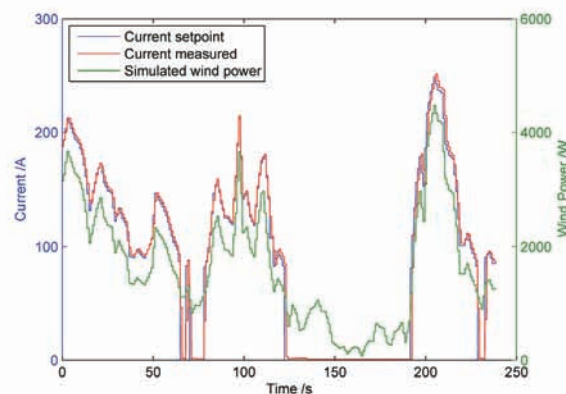
7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] B.K. Bose, „Global Warming – Energy, Environmental Pollution, and Impact of Power Electronics“, *IEEE Industrial Electronics Magazine*, Vol.4, No.1, March 2010, pp.6-17.
- [2] Ж. Верн, „*Мистериозно острво*“, Bookland, 2009,
- [3] M. Korpås, „Distributed Energy Systems with Wind Power and Energy Storage“, Norwegian University of Science and Technology, 2004
- [4] S. Sunde, „Electrolysis for hydrogen production“, Department of Materials Science, Trondheim, 2006
- [5] K. Sobotka, „A wind-power fuel cell hybrid system study“, University of Iceland & the University of Akureyri, School for Renewable Energy Science, 2009
- [6] F. Barbir, „PEM electrolysis for production of hydrogen from renewable energy sources“, University of Connecticut, www.sciencedirect.com
- [7] K. Agbossou, R. Chahine et al., „Renewable energy systems based on hydrogen for remote applications“, *Journal of Power Sources*, Vol. 96, No. 1, 2001.
- [8] Hydrogen Technologies, презентација производа: www.electrolysers.com
- [9] H. J. Fell, P. Chladek, O. Wallevik, S. T. Briskeby „Flexible Production of Hydrogen from Sun and

Wind: Challenges and Experiences“, 18th World Hydrogen Energy Conference, Essen, 16-21.5.2010.



Слика 4. Време стартовања и рад електролизера компаније Hydrogen Technologies после дужег времена у stand-by моду [9]



Слика 5. Оперативне карактеристике електролизера компаније Hydrogen technologies када је прикључен на ветротурбину [9]

Кратка биографија:



Горан Живковић - рођен у Сремској Митровици 1985. год. Дипломски - Мастер рад на Факултету техничких наука у Новом Саду из области Електротехнике и рачунарства, на смеру Енергетска електроника и електричне машине одбранио је маја 2011. год.



Владимир Катић је докторирао на Универзитету у Београду 1991. Редовни професор Факултета техничких наука у Новом Саду је од 2002. за област Енергетска електроника, машине и погони. Продекан је ФТН-а и шеф Катедре за енергетску електронику и претвараче. Области интересовања су енергетска електроника, квалитет електричне енергије и обновљиви извори електричне енергије.

REALIZACIJA HARDVERA I SOFTVERA ZA TRASER STATIČKIH I-U KARAKTERISTIKA

HARDWARE AND SOFTWARE REALIZATION OF A STATIC I-U CHARACTERISTIC CURVE TRACER

Željko Spasojević, Miloš Živanov, Miloš Slankamenac, *Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Sadržaj – U ovom radu predstavljena je realizacija hardvera i softvera za traser statičkih strujno-naponskih karakteristika, sa mogućnostima naponske ili strujne pobude ispitivane komponente. Uređaj je realizovan, shodno realnim mogućnostima, sa naponskim opsegom od 0.7 do 320V i strujnim opsegom od 0 do 10mA.

Abstract – This paper presents realization of hardware and software for a static current-voltage characteristic curve tracer, with ability of current or voltage excitation of tested component. Device has been realized, according to realistic possibilities, with voltage range of 0.7 to 320V and current range of 0 to 10mA.

Ključne riječi: Traser, Statičkih, Karakteristika

1. UVOD

Traser karakteristika (*curve tracer*) je specijalizovani laboratorijski uređaj koji se koristi za analizu strujno-naponskih (I-U) karakteristika diskretnih elektronskih komponenti (dioda, tranzistora, tiristora...), kao i poluprovodničkih materijala. Traser obično meri napon i struju testirane komponente, dok upravlja jednom od tih veličina, prolazeći kroz celi spektar stanja upravljanje veličine. Ako se upravlja naponom, onda je to traser sa naponskom pobudom, a u drugom slučaju, traser sa strujnom pobudom. Pošto traser treba da ima mogućnosti da istovremeno napaja ispitivani uređaj tokom merenja, on nosi i naziv napojno - merna jedinica (*source measure unit* - SMU). U ovom radu predstavljen je I-U traser statičkih karakteristika kod koga pobuda može biti ili naponska, ili strujna, u zavisnosti od izbora. Uređaj je realizovan kao virtuelni instrument, što znači da se upravljanje istim, i očitavanje rezultata vrši preko specijalizovanog softvera instaliranog na personalnom računaru.

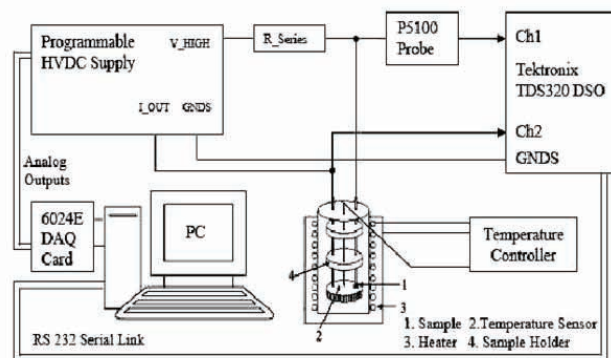
2. UPRAVLJIVI VISOKO-NAPONSKI ISPITIVAČ PREKIDAČKOG EFEKTA

U ovom poglavlju, predstavljeno je delo grupe indijskih naučnika koji su konstruisali jednostavan i jeftin programabilni VN (visoko-naponski) DC izvor, sa kojim su vršili ispitivanje prekidačkog efekta amorfnih poluprovodničkih (ovonic, phase-change) materijala [1].

NAPOMENA:

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

Projektovanje uređaja koji je tema ovog naučnog rada, vršeno je, između ostalog, po uzoru na ispitivač koji će u ovom delu teksta biti ukratko opisan. Na slici 1 prikazana je blok šema korištene aparature koja se sastoji od: programabilnog VN DC izvora napajanja (HVPS), personalnog računara sa DAQ (data acquisition) karticom NI PCI 6024E, Digitalnog osciloskopa Tektronix TDS320 DSO, upravljača temperaturom (temperature controller) i komore sa nosačem uzorka (sample holder).

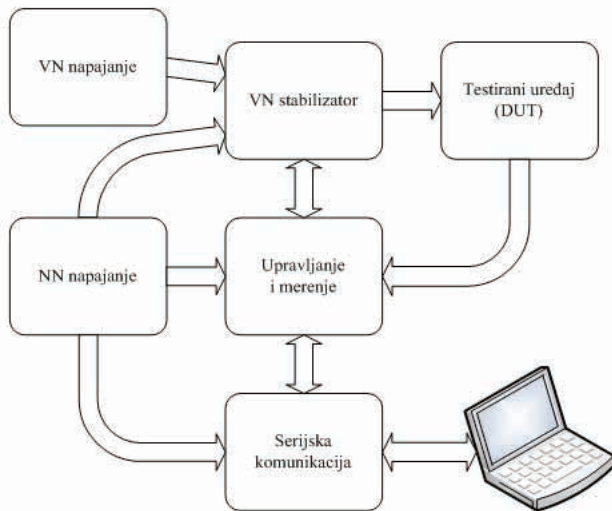


Slika 1. Blok šema VN ispitivača prekidačkog efekta [1]

Testirani uzorak se nalazi u nosaču uzorka, napravljenom od mesinga, sa ravnom donjom elektrodom i zašiljenom gornjom sa oprugom. Izlaz iz VN izvora, povezan je sa gornjom elektrodom preko serijskog otpornika R_{series} , a donja elektroda se vraća u izvor preko otpornika za merenje struje (integriranog u izvoru). Računar se koristi za upravljanje VN izvorom, preko grafičkog korisničkog interfejsa, razvijenog sa LabVIEW-6i programskim paketom, sa opcijom generisanja i jednosmernih, i impulsnih strujnih ili naponskih signala. Osciloskop (Tektronix's TDS 320:100MHz), sa dva kanala, vrši istovremenu akviziciju napona i struja testiranog uzorka, i prikupljene podatke šalje računaru, preko RS232 serijskog port, na dalju obradu. Upravljač temperaturom održava istu, u komori sa uzorkom, na konstantnom nivou koji podešava operator, tako da je moguće meriti i temperaturnu zavisnost parametara uzorka. Specifikacija VN izvora: napajanje $U = 230V \pm 10\% / 50Hz$, opseg izlaznog napona od 45V do 1750V, maksimalna izlazna struja 45mA, maksimalna izlazna snaga 100W, koeficijent programiranja napona 3.53mV/V, koeficijent programiranja struje (u dva opsega): 5mV/50mA, ili 5mV/5mA. Modovi rada: naponski izvor, strujni izvor. Tipovi izlaza: konstantan, trougaoni, impulsnii.

3. HARDVER UREĐAJA

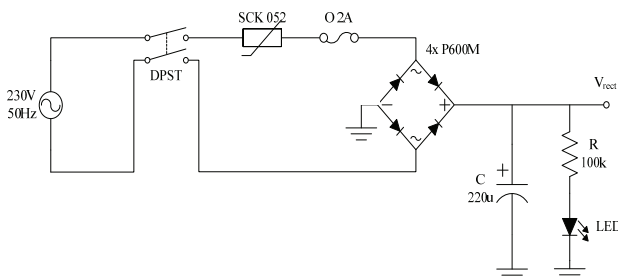
Kako bi realizacija uređaja opisanog u prethodnom poglavlju zahtevala dosta vremena, resursa i još s obzirom na činjenicu da bi konstruisanje uređaja sa radnim naponom od 1.75kV predstavljalo veliki hazard, pristupilo se projektovanju i realizaciji uređaja sa manjim naponskim (0.7 – 320V) i strujnim opsegom (0 – 10mA). Električna šema kompletnog, projektovanog uređaja sastavljena je iz sledećih logičkih celina, koje su objedinjene blok šemom sa slike 2: visoko-naponsko napajanje, VN stabilizator (izlazni stepen), nisko-naponsko napajanje, upravljanje i merenje, serijska komunikacija.



Slika 2. Blok šema celog sistema.

3.1. Visoko-naponsko napajanje

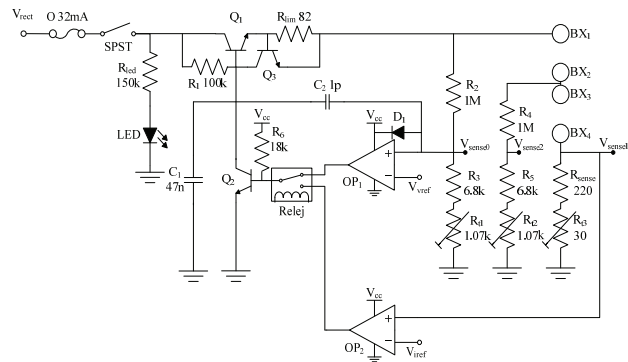
Svrha ovog bloka je da obezbedi neregulisano jednosmerno napajanje od 320V sledećem bloku, tj. VN stabilizatoru. Ovaj napon se dobija ispravljanjem mrežnog naizmeničnog napona, efektivne vrednosti 230V i frekvencije 50Hz. Na slici 3. prikazana je šema ispravljača.



Slika 3. Šema VN ispravljača (usmerača)

3.2. Visoko-naponski stabilizator

Zadatak ovog bloka je da, iz neregulisanog, ulaznog visokog napona, obezbedi što stabilniji podešeni napon, ili struju na izlazu. Opseg izlaznog napona je 0.7 – 320V, a opseg izlazne struje je 25μA – 10mA. Šema stabilizatora prikazana je na slici 4.



Slika 4. Šema VN stabilizatora

Sam stabilizator čine serijski tranzistor Q_1 , drajverski tranzistor Q_2 i pojačavači greške OP_1 i OP_2 . Q_1 i Q_2 su brzi prekidački visokonaponski tranzistori tipa BU508AW za maksimalne napone između kolektora i emitera $V_{cemax} = 700V$. OP_1 i OP_2 su BiCMOS operacioni pojačavači tipa CA3240 koji se nalaze na jednom čipu. Njih karakteriše velika ulazna impedansa od 1.5TΩ, velika brzina rada ($t_r = 0.08\mu s$), kao i minimalan izlazni napon jednak negativnom naponu napajanja. Provođenje tranzistora Q_1 je linearno upravljano drajverskim tranzistorom Q_2 , na osnovu napona greške OP_1 ili OP_2 , koji je rezultat, ili promene napona ili struje na izlazu uređaja, ili promene referentnog napona pojačavača greške. Postoje dva mehanizma stabilizacije: stabilizacija izlaznog napona i stabilizacija izlazne struje. Izbor mehanizma se vrši preko prekidačkog releja koji povezuje, ili pojačavač greške napona OP_1 , ili pojačavač greške struje OP_2 na ulaz drajverskog tranzistora Q_2 . Princip stabilizacije napona je sledeći - izlazni visok napon sa BX_1 se, preko naponskog razdelnika R_2 , $R_3 + R_{t1}$, prilagodi ulaznom opsegu napona pojačavača greške od (0 – 2.5V). Ovde se on upoređuje sa referentnim naponom V_{ref} koji dolazi iz upravljačkog bloka. Ako je izmereni napon veći od zadatog, napon greške OP_1 je veći i Q_2 vuče veću struju zbog čega se struja baze Q_1 smanjuje, a time i izlazni napon opada. Takođe, kada napon na izlazu opadne ispod zadate vrednosti, imamo manji napon greške OP_1 i Q_2 sada zahteva manju struju, tako da Q_1 ima veću struju baze i izlazni napon raste. Ceo naponski stabilizator se ponaša kao visoko-naponski neinvertujući pojačavač, pa je zavisnost izlaznog napona od referentnog data izrazom:

$$V_o = \left(1 + \frac{R_2}{R_3 + R_{t1}}\right) \cdot V_{ref} \quad (1)$$

Kada uvrstimo vrednosti otpornika $R_2 = 1M\Omega$, $R_3 = 6.68k\Omega$ i $R_{t1} = 1,07k\Omega$ dobijamo:

$$V_o \cong 128 \cdot V_{ref} \quad (2)$$

Strujna stabilizacija radi na sličan način. Razlika je što se u ovom slučaju vrši stabilizacija napona utičnice BX_4 koja je na masu vezana preko otpora od 250Ω. Pošto se ta otpornost ne menja, sledi da je i struja stabilna koliko i napon na BX_4 . Tačnije rečeno, struja se na otporu od 250Ω pretvara u napon pogodan za merenje (0 – 2.5V), i dovodi na ulaz pojačavača greške struje, gde se poredi sa

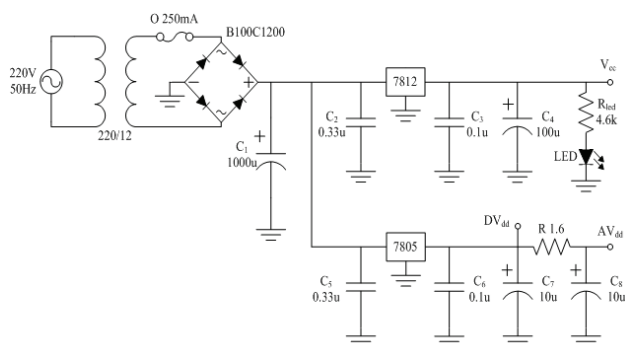
referentnim naponom za struju V_{iref} , dovedenim iz upravljačkog bloka. Dalje, napon greške upravlja radom Q_2 kako je već objašnjeno, kod naponske stabilizacije. Zavisnost izlazne struje od referentnog napona data je jednostavnom relacijom:

$$I_o = \frac{V_{iref}}{R_{sense} + R_{t3}} = \frac{V_{iref}}{250} \quad (3)$$

Tranzistor Q_3 , zajedno sa otpornikom R_{lim} , predstavlja strujnu zaštitu. Zaštita funkcioniše tako da kad struja na izlazu pređe maksimalnu vrednost od 10.8mA, napon na otporniku R_{lim} postaje dovoljno veliki da uključi tranzistor Q_3 koji počne da izvlači struju iz baze tranzistora Q_1 . Zbog toga izlazni napon opada, a struja se održava na maksimalnoj vrednosti 10.8mA.

3.3. Nisko-naponsko napajanje

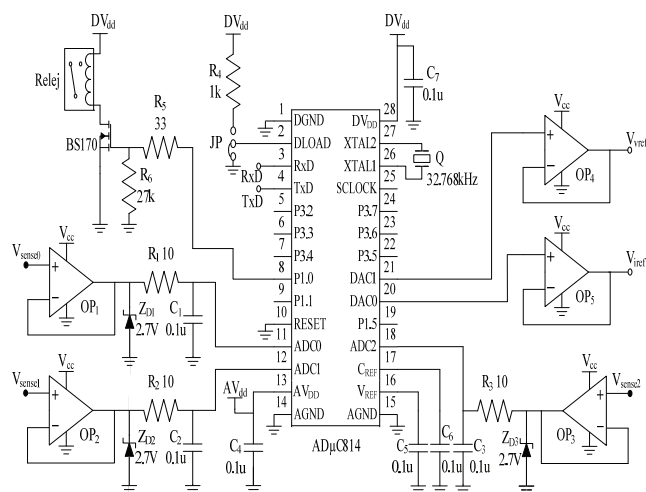
Za napajanje različitih delova uređaja, koriste se dva naponska nivoa, jedan od 12V i drugi od 5V. Princip dobijanja ovih napona predstavljen je šemom na slici 5.



Slika 5. Šema nisko-naponskog napajanja

3.4. Upravljanje i merenje

Ovaj blok je zadužen za akviziciju napona sa mernih tački izlaznog stepena, upravljanje VN pojačavačem i relejskim prekidačem i komunikaciju sa personalnim računarom, preko bloka za serijsku komunikaciju. Električna šema bloka prikazana je na slici 6.

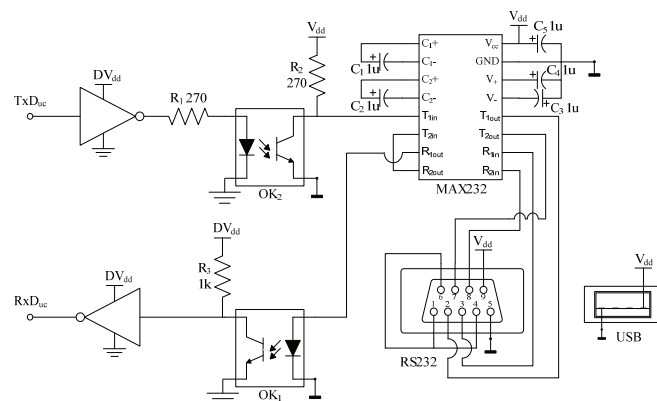


Slika 6. Šema bloka za upravljanje i merenje

Centralni deo sistema je osmobitni mikrokontroler ADuC814 firme Analog Devices, baziran na arhitekturi mikrokontrolera 8052, uz dodat određen broj perifernih jedinica i funkcionalnosti. On takođe nosi i naziv mikrokonverter zbog toga što ima integrisane precizne 12-bitne AD, i DA konvertore.

3.5. Serijska komunikacija

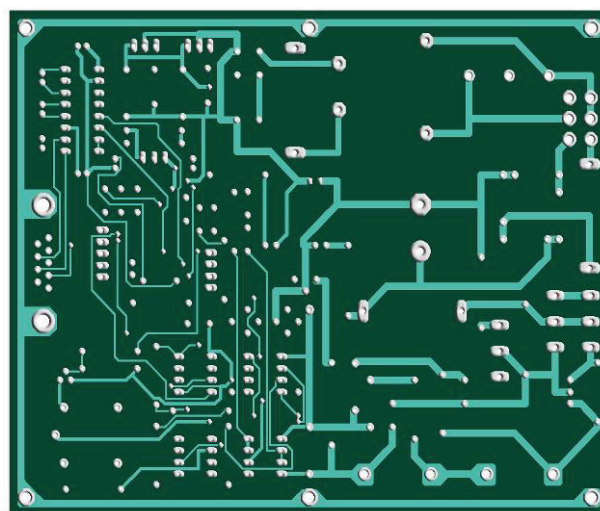
Ovaj moduo služi kao izolacioni stepen između uređaja i spolja priključenog personalnog računara. Takođe, obezbeđuje konverziju naponskih nivoa sa CMOS/TTL na RS232 standard i obratno. Šema modula je prikazana na slici 7.



Slika 7. Šema izolovane serijske komunikacije

3.6. Štampana ploča

Projektovanje štampane ploče uređaja obavljeno je u programskom paketu EAGLE v5.4.0 (Easily Applicable Graphical Layout Editor). Na slici 8 dat je izgled donjeg sloja štampane ploče.



Slika 8. Izgled donjeg sloja štampane ploče

3.7. Izgled uređaja

Na slici 9 dat je izgled uređaja sa označenim konektorima, prekidačima i svetlećim indikatorima.



Slika 9. Izgled uređaja sa označenim konektorima, prekidačima i svetlećim indikatorima

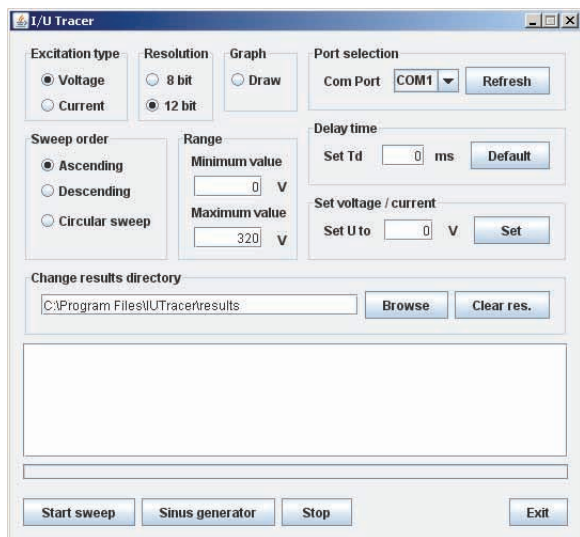
4. SOFTVERSKO UPRAVLJANJE

Softver za upravljanje uređajem deli se na dve celine:

- Upravljački softver mikrokontrolera tj. samog uređaja koga čine drajveri i glavni upravljački program,
- Aplikacioni softver na personalnom računaru koji šalje komande i prihvata podatke.

Ove dve celine su usko povezane i zavisne jedna od druge tokom izvršavanja operacija, a komunikaciju ostvaruju preko RS232 porta.

4.1 Aplikacioni softver

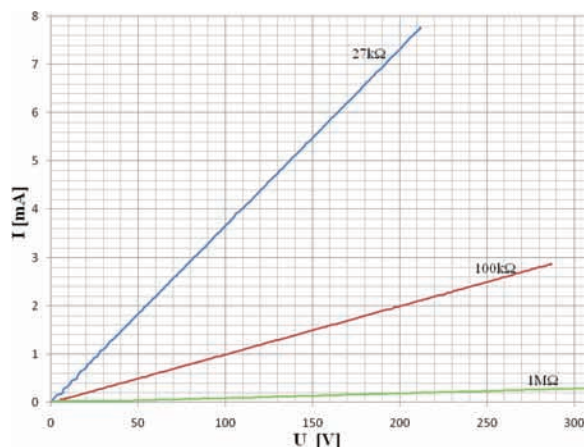


Slika 10. Izgled aplikacije I/U-Tracer.

Za pokretanje procesa snimanja karakteristika, te prihvatanje i prikaz dobijenih rezultata, razvijena je aplikacija „I/U Tracer“ prikazana na slici 10. Programiranje ove aplikacije izvršeno je u programskom jeziku Java u razvojnom okruženju Netbeans.

5. REZULTATI DOBIJENI ISPITIVANJEM I-U KARAKTERISTIKA OTPORNIKA

Na slici 11. prikazane su karakteristike dobijene ispitivanjem tri otpornika od 27K Ω , 100K Ω i 1M Ω .



Slika 11. I-U karakteristika otpornika od 27k, 100k i 1M

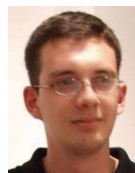
6. ZAKLJUČAK

U ovom radu pokazano je da je moguće realizovati traser statičkih I-U karakteristika (sa PC upravljanjem) upotrebom visokonaponskog stabilizatora, pri čemu se dobijaju sasvim zadovoljavajući rezultati pri merenjima. Realizovani uređaj opsega napona 0.7 - 320V i struje 0 - 10mA, je shodno mogućnostima, uprošćeno, principsko rešenje uređaja opisanog u drugom poglavlju ovog rada, opsega napona 45 - 1750V i struje 0 - 50mA. Iz toga može se zaključiti da bi se realizacijom uređaja napona do 1750V, mogao dobiti traser karakteristika približno iste klase tačnosti kao i konstruisani traser karakteristika.

7. LITERATURA

- [1] S. B. B. Prashanth and S. Asokan, "A programmable high voltage electrical switching analyzer for I-V characterization of phase change materials," Journal of Instrumentation, vol. 2, pp. 232-238, 2007.
- [2] http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/ADUC814.pdf

Kratka biografija:



Željko Spasojević rođen je u Bijeljini, 1982. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Mikroročunarska elektronika odbranio je 2011. god.



Dr Miloš Živanov rođen je u Novom Sadu, 1948. god. Doktorirao 1992. god. na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu. Predaje predmete iz optoelektronike i elektronike na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu.



Dr Miloš Slankamenac rođen je u Novom Sadu 1977. god. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 2010. god., a od 2005. god je u zvanju asistenta na FTN. Oblast interesovanja mu je elektronika i optoelektronika.

IMPLEMENTACIJA CMS SISTEMA UPOTREBOM JSP I AJAX TEHNOLOGIJE**ONE IMPLEMENTATION OF A CMS SYSTEM USING JSP AND AJAX FRAMEWORKS**

Aleksandar Crnobrnja, Milan Vidaković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U okviru ovog rada je predstavljena implementacija CMS sistema u vidu internet portala za prezentaciju preduzeća ili biznisa sa dodatnim funkcionalnostima poput vesti, znamenitosti geografske lokacije na kojima se ta preduzeća nalaze, podsistema kategorija biznisa, i drugih funkcionalnosti, i pritom će sistem omogućiti višezječni prikaz prezentacionog sloja.

Abstract – This paper presents one implementation of a CMS system that represents a web portal for businesses with additional functionalities such as news, landmarks of the geographic region that take place near presented businesses, subsystem of business categories, and other functionalities, as well as multilingual presentation of the front end of application layer.

Ključne reči – CMS, Content Management System, Web portal, Java, JSP, MySQL, AJAX, Prototype, jQuery, web development

1. UVOD

U današnjem društvu česta je potreba za kreiranjem sistema takvih da omogući jednostavno ažuriranje sadržaja i kontrolu nad podacima koji se prezentuju, na takav način da korisnici sistema ne moraju da poseduju značajnu količinu znanja iz tehnologije u kojoj je sistem izrađen, a da pri tom krajnji rezultat - prezentacija tog sadržaja - zadovoljava određene estetske kriterijume.

U oblasti informacionih tehnologija i računarstva postoji veliki broj sistema za kontrolu sadržaja, posebno kada su u pitanju veb prezentacije, dizajniranih da omogući korisnicima lako dodavanje, ažuriranje i upravljanjem veb prezentacijom tj. veb sajtom.

CMS (Content Management System) ili sistem za upravljanje sadržajem predstavlja sistem kojim se omogućava pojednostavljeno ažuriranje i kontrolu nad sadržajem, i njegovo objavljivanje.

Kod CMS sistema, sadržaj može biti skoro bilo šta: dokumenti, video i audio zapisi, brojevi telefona, naučni podaci, slike, itd^[1]. CMS sistemi su često upotrebljavani za skladištenje, ažuriranje, revidiranje, semantičko obogaćivanje i objavljivanje dokumenata.

Često CMS sistemi služe kao centralno skladište dokumenata, omogućuju kolaborativno okruženje i pružaju mogućnosti skladištenja verzija dobijenih ažuriranjem sadržaja određenog dokumenta – takozvani „version control“.

Popularizacija interneta dovela je do ekspanzije količine informacija na globalnoj svetskoj mreži. Sve je veća količina internet prezentacija, kako malih i velikih kompanija i preduzeća, tako i pojedinaca na internetu. Kako je internet ušao u svakodnevni život sve većeg broja ljudi, od kojih mnogi ne poseduju znanje iz oblasti informacionih tehnologija i programiranja, a sa druge strane imaju želju da poseduju svoju veb prezentaciju, došlo je do pojave veb sistema za kontrolu sadržaja – Web CMS sistema, koji su dizajnirani da pojednostave objavljivanje veb sadržaja i upravljanje veb prezentacijama^[2]. Korisnicima ovakvih sistema je omogućena kontrola nad sadržajem bez značajnog tehničkog poznavanja HTML-a (Hyper Text Markup Language – osnovnog jezika za izradu veb stranica) ili nekih naprednijih programerskih jezika i tehnika (kao što su CSS, Javascript, JSP, ASP, itd.). Veb sistemi za upravljanje sadržajem su uglavnom sačinjeni iz dve celine: prezentacionog sloja – „Front-end“ – deo sistema za objavljivanje sadržaja i administrativnog sloja – „Back-end“ – deo sistema za upravljanje i ažuriranje sadržaja i administraciju sistema. Današnji veb sistemi za upravljanje sadržajem sadrže velik broj funkcionalnosti.

2. TEHNOLOGIJE**2.1. Java**

JAVA je programski jezik originalno razvijen od strane Džejmsa Goslinga (James Gosling) iz kompanije Sun Microsystems (koja je danas deo Oracle Korporacije) i izdata je 1995. godine kao jezgro Sun Microsystems Java platforme. Java je objektno-orijentisani programski jezik, čiji su mnogi koncepti bazirani na jeziku Oberon (autora Niklausa Virta, tvorca Paskala, Module i drugih jezika, i Hanspetera Musenbaha). Izbacili su koncept modula i uveli pakete kakve danas znamo, koji se oslanjaju na fajl sistem i uveli formalno koncept klase iz objektno-orijentisane paradigme. Osim toga jezik ima sintaksu iz C i C++-a, ali je mnogo stroži pri prevođenju, dizajniran tako da bude nezavisan od platforme, i sa pojednostavljenim upravljanjem memorijom. Pretpostavlja se da je ovo urađeno zbog popularnosti jezika C, ali i zbog jednostavnosti nekih struktura.

2.2. JSP

Java Server Pages (JSP) je Java tehnologija koja omogućava softver developerima da kreiraju dinamički generisane veb stranice bazirane na HTML-u, XML-u i drugim tipovima dokumenata^[4]. Izdata je 1999 godine kao odgovor kompanije Sun Microsystems na Mikrosoftovu tehnologiju ASP (Active Server Pages) i PHP. JSP tehnologija je dizajnirana sa namerom da pobije gledište

NAPOMENA:

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

da Java programsko okruženje nije pružilo dovoljno pažnje i podrške za razvoj veb aplikacija.

JSP, iz stanovišta arhitekture, se može posmatrati kao apstrakcija visokog nivoa već postojeće Java servlet tehnologije.

Servlet je objekat programskog jezika Java koji dinamički obrađuje zahteve i konstruiše odgovor na zahtev. Java servlet API omogućava Java programerima da dodaju dinamički sadržaj Web serveru korišćenjem Java platforme. Servlet najčešće generiše HTML kod, ali to može biti i XML ili nešto slično. Oni omogućavaju održavanje stanja na više servera korišćenjem kukiza, promenljivih sesije i prepisivanjem URL adresa. Servlet API, je smešten u Java paketu *javax.servlet*, i definiše očekivane interakcije Web kontejnera i servleta. Web kontejner je u osnovi komponenta Web servera koji odgovara na zahteve servleta. Web kontejner je odgovoran za upravljanje životnim ciklusom servleta, mapiranjem URL adresa za određeni servlet i obezbeđivanje da će zahtevani URL dobiti ispravan odgovor. Servlet je objekat koji prima zahtev i generiše odgovor na osnovu zahteva. Osnovni paket servleta definiše Java objekte koji reprezentuju zahteve i odgovore servleta, kao objekta koji odražava konfiguraciju paranetara servleta i izvršnog okruženja. Paket *javax.servlet.http* definiše specifične HTTP podklase generičkih elemenata servleta, uključujući objekte upravljanja sesijom koji beleže zahteve i odgovore Web servera i klijenta. Servlet se mogu smeštati u WAR ili EAR datoteke kao Web aplikacija.

JSP omogućava sinergiju java koda i nekih predefinisanih akcija, sa statičkim HTML sadržajem, koji se na serverskoj strani kompajlira, i kao rezultat isporučuje HTML ili XML dokument. Kompajlirane stranice i sve Java-zavisne biblioteke koriste Java bajt-kod i moraju biti izvršene na Java virtualnoj mašini (JVM) koja je integrisana u operativnom sistemu klijenta sa namerom da obezbedi abstraktno okruženje, nezavisno od platforme.

JSP sintaksa je mešavina dva bazična koncepta: skriptlet elemenata i markap jezika. Mark-ap je tipično HTML ili XML, dok skriptlet elementi su blokovi Java koda koji se mogu „prepletati“ sa mark-ap kodom. Kada je stranica zahtevana od strane klijent aplikacije (brauzera – eng. browser) Java kod se izvršava i izlaz se dodaje na okružujući mark-ap sadržaj da bi se kao rezultat dobila finalna forma stranice. Pošto je Java kompajlirajući jezik (a ne skript jezik), JSP stranice moraju biti kompajlirane u Java bajt-kod klase pre nego sto se izvrše, ali takva kompilacija je potreba samo kada je došlo do izmene izvornog koda JSP stranice.

Java kod nije neophodno da bude kompletan u skriptletu (self-contained), već može da se proteže kroz skriptlete koji se nalaze „razbacani“ u mark-ap kodu stranice, koja na taj način čini sintaksko korektnu celinu. Na primer, Java if/for/while blokovi otvoreni u jednom skriptlet elementu moraju biti propisno zatvoreni ili u istom tom, ili u nekom od narednih skriptlet elemenata, da bi stranica mogla da se uspešno kompajlira. Svaki mark-ap deo koda koji se nalazi u ovakvim blokovima će se pojaviti u izlazu samo ako su uslovi bloka ispunjeni – isto tako, segmenti mark-ap koda u iterativnim blokovima se mogu pojaviti više puta u zavisnosti od broja iteracija kroz blok.

2.3. AJAX

AJAX (Asynchronous JavaScript and XML – Asinhroni Javascript i XML) je grupa kombinovanih web-development metoda korištenih na klijentskoj strani da kreiraju interaktivne veb aplikacije^[3]. Sa Ajax-om, veb aplikacije mogu da vrše preuzimanje podataka sa servera asinhrono i u pozadini – bez uticanja na aktuelni prikaz i ponašanje postojeće stranice. Podaci su najčešće preuzimani korišćenjem XMLHttpRequest objekta. Bez obzira na ime objekta, XML nije neophodan i potražnja ne mora neophodno da bude asinhrona.

Poput DHTML-a i LAMP-a, Ajax nije jedna tehnologija, već skup tehnologija. Ajax koristi kombinaciju HTML-a i CSS-a (Cascading Style Sheets - jezik korišten da opiše prezentacionu semantiku (izgled i format) dokumenta). DOM-u (Document Object Model) se pristupa korišćenjem Javascript-a kojim se omogućava dinamičnost prikaza i interakcija korisnika sa prikazanim informacijama. JavaScript i XMLHttpRequest objekt omogućavaju metode za asinhronu razmenu podataka između brausera i servera u nameri da se izbegnu potpuna učitavanja sadržaja stranice – dozvoljava parcijalnu izmenu sadržaja preuzetog sa servera. Najčešće korišćene AJAX biblioteke, koje pored AJAX funkcionalnosti omogućavaju i mnoga druga vizualna i funkcionalna poboljšanja su svakako *Prototype* i *Jquery*, i te biblioteke su korišćene i u izradi ovog CMS sistema.

3. IMPLEMENTACIJA

3.1. Pregled funkcionalnosti

Realizovana aplikacija nosi naziv *CMS Portal* i obuhvata sledeće funkcionalnosti: modularnost, online uređivanje sadržaja i teksta pomoću WYSIWIG (What You See IS What You Get) editora, tj. editora realnog prikaza, upravljanje korisničkim nalogima i kontrolu pristupa administratorskog dela sistema, upravljanje slikama i fajlovima ostalih formata, podrška za višejezičnost prikaza prezentacionog dela, funkcionalnosti ocenjivanja, komentara i galerije slika, itd.

3.2. Organizacija aplikacije

CMS sistem kojim se bavi ovaj rad je, kao i većina CMS sistema sačinjen iz dva dela – prezentacionog (front-end) i administrativnog (back-end) dela. Organizacija direktorijuma takođe oslikava ovu strukturno-logičku podeljenost, pa se tako stranice administrativnog dela aplikacije nalaze u podfolderu *admin*, ali je važno napomenuti da je logika koja se koristi za oba dela aplikacije zajednička, tj. da oba dela, administrativni i prezentacioni deo, dele zajednički kompajlirani Java kod, dok pojedinačni delovi imaju zasebne foldere sa CSS stilovima, grafikom korišćenom za prikaz, JavaScript datotekama i bibliotekama, kao i *include* folderima koji sadrže segmente stranica pisanih u JSP tehnologiji, koji se više puta koriste u stranicama u odgovarajućem delu aplikacije. Na ovaj način su takoreći izolovana dva dela sistema i svaki poseduje svoje JSP stranice i stilove prikaza, grafiku, itd., a sa druge strane, oba dela dele jedinstven Java kod, koji obuhvata razne slojeve koda, poput DAL (Data Access Layer) sloja – sloja za komunikaciju sa bazom podataka, Biznis i Util klasa, servleta, itd.

3.3. Organizacija klasa

Sistem je projektovan tako da podržava troslojnu softversku arhitekturu, tj. arhitekturu koja deli aplikaciju na prezentacioni sloj (*presentation layer*), sloj koji upravlja logikom aplikacije (*business logic layer*) i sloj za pristup bazi podataka tj. sloj podataka (*database access layer*)^[5].

Prezentacioni sloj aplikacije (*Presentation Layer*) sadrži *web* stranice izrađene uz upotrebu JSP, Javascript, AJAX i CSS tehnologija i one definišu korisnički interfejs (*interface*) CMS sistema u administrativnom, ali i prezentacionom delu sistema. Prezentacioni sloj direktno komunicira sa korisnikom sistema i od njega preuzima komande za izvršenje određenih akcija, i podatke koje niži slojevi koda potom obrađuju i skladište. Naravno, prezentacioni sloj služi i za prezentaciju skladištenih podataka. Opisaćemo još jednu raslojenost JSP stranica. Naime, JSP stranice su struktuirane u dva nivoa – *container* i *include* stranice. Include jsp stranice se nalaze u include pod direktorijumu i sadrže logiku za generisanje pojedinačnih segmenata stranice, dok kontejner stranice predstavljaju sloj koji objedinjuje više include stranica i time kreira kompletan izgled stranice. Segmenti koji su generisani od strane include stranica predstavljaju sadržaj koji se ponavlja u svim stranicama odgovarajućeg dela sistema (heder sekcija, futer sekcija, sekcija za import javascript i ajax biblioteka i css stilova, sekcija menija), ali i sadržaj koji se ne ponavlja u svakoj stranici, ali se zato koristi u jednoj ili više stranica i koji takođe predstavlja jednu logičku celinu (kao na primer segment liste kategorija ili segment za paginaciju). Ova raslojenost je uvedena iz razloga višestruke korišćenosti određenih segmentata koda kao i iz razloga veće preglednosti koda, koja je postaje veoma značajna u fazi održavanja i dorađivanja funkcionalnosti.

Sprega JSP stranica sa logičkim slojem se vrši putem Servleta i View objekata. U servletima se primaju akcije i podaci sa stranice, vrše se dodatna validacija i provere i pozivaju metode Util i BO klasa za unos, brisanje i izmenu podataka, i u nekim slučajevima i neke dodatne funkcije kao na primer smeštanje slika i datoteka u fajl sistem na serveru, pripremanje poruka o uspešnosti operacije, itd. View objekti predstavljaju objekte entiteta pripremljenih za prikaz na JSP stranicama. View objekat odgovarajućeg entiteta nasleđuje DTO (Data Transition Object) tog entiteta (koji reflektuje tabelu datog entiteta u relacionom modelu podataka i pripada sloju podataka). Za razliku od DTO objekta koji nasleđuje, View objekat poseduje getter i setter metode koje vraćaju formatirani prikaz vrednosti njegovih atributa, sa namerom da se te vrednosti prikažu na JSP stranicama i izbegnu potencijalne greške koje se mogu javiti prilikom prikaza. Takođe, View objekti sadrže i metode koje vraćaju entitete referenciranih objekata iz relacionog modela.

Logički sloj podataka (ili Business layer) sadrži Business Object (BO) klase i Util klase, čije metode predstavljaju implementaciju logičkog dela aplikacije. Metode ovih klasa od prezentacionog dela aplikacije dobijaju upite ili podatke sa akcijama (putem servleta, kao što je već opisano), i, u zavisnosti od toga da li je u pitanju upit ili akcija, prosleđuju pripremljene View objekte stranicama za prikaz (u slučaju upita), ili obrađuju i pripremaju

podatke za prosleđivanje sloju podataka (Data Access Layer, DAL), koji te podatke ažurira, dodaje ili briše. Dakle, u slučaju akcija, metode BO ili Util objekata pozivaju metode DAO (Data Access Object) klasa za brisanje, smeštanje ili ažuriranje objekata određenog entiteta. Sve BO klase nasleđuju klasu GenericBO, koja u sebi sadrži kao atribut konekciju (Connection) ka bazi podataka, koja se uzima iz connection pool-a aplikacionog servera svaki put kada se instancira novi objekat BO klase, i takođe poseduje metode getConnection i closeConnection koje optimizuju rad sa Connection objektima uzetih iz connection pool-a.

Sloj podataka sadrži klase Data Transition Objekata (DTO) – koji preslikavaju tabele entiteta iz baze podataka na Java objekte (samim tim preslikavaju i attribute tih objekata na odgovarajuće attribute DTO objekta). DTO objekti implementiraju interfejs klasu java.io.Serializable, čime su DTO objekti povoljni za propagaciju kroz programske slojeve i korišćenje u web servisima (što u ovom radu nije korišćeno). DTO klase sadrže getter i setter metode za sve svoje attribute. Pored DTO objekata, sloj podataka sadrži i DAO (Data Access Object) objekte, koji sadrže najniži programski sloj logike sa komunikaciju sa bazom podataka. Kao što je već spomenuto, BO objekti sadrže pozive metoda DAO objekata kojima prosleđuju obrađene DTO objekte kao parametre za dalje smeštanje u ili ažuriranje baze podataka. DAO objekti poseduju i metode za mapiranje rezultata dobijenih iz baze podataka na DTO objekte.

3.4. Baza podataka

Kao baza podataka korišćen je MySQL Database Server 5.1. MySQL je sistem za upravljanje relacionom bazom podataka koji predstavlja serversku aplikaciju i omogućava višekorisnički pristup brojnim bazama podataka. SQL fraza je skraćenica za jezik struktuiranih upita (structured query language). Besplatni softverski projekti koji zahtevaju funkcionalan sistem za upravljanje bazama podataka često koriste MySQL. Mnogi besplatni sistemi, kao i već pomenuti Wordpress, Joomla i Drupal, koriste MySQL bazu podataka za skladištenje informacija. MySQL je takođe korišćen u mnogim visoko profilnim WWW proizvodima, kao što su Wikipedia, Google, Facebook.

4. ZAKLJUČAK

Realizovani projekat predstavlja primer Content Management sistema koji korisnicima pruža mogućnost stvaranja specijalizovanog web sadržaja, i realizovan je konkretno u vidu web portala za prikaz biznisa na određenoj geografskoj lokaciji, oslanjajući se u osnovi na modele podataka koji se zapisuju u MySQL bazi podataka. Ovaj CMS sistem omogućava veliki broj funkcionalnosti i omogućava korisniku jednostavnost upravljanja sadržajem, ali i izgledom prezentacionog dela sistema. Takođe, sistem omogućava interakciju posetioca sa portalom u vidu komentara i ocenjivanja, obogaćuje prikaz galerijama slika, mapama lokacije i znamenitostima.

5. LITERATURA

[1] Wikipedia, Content management system
http://en.wikipedia.org/wiki/Content_management_system

[2] Wikipedia, Web content management system
http://en.wikipedia.org/wiki/Web_content_management_system

[3] Wikipedia, AJAX (programming)
[http://en.wikipedia.org/wiki/Ajax_\(programming\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Ajax_(programming))

[4] Wikipedia, JavaServer Pages
http://en.wikipedia.org/wiki/JavaServer_Pages

[5] Wikipedia. Multitier architecture.
http://en.wikipedia.org/wiki/Multitier_architecture

Kratka biografija:

Aleksandar Crnobrnja je rođen 1977. godine u Novom Sadu. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Računarstvo i automatika – Računarske nauke i informatika, odbranio je 2011. godine.

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

HDR - DIGITALNA OBRADA SLIKE SA PROŠIRENIM DINAMIČKIM OPSEGOM**HDR - DIGITAL IMAGE PROCESSING WITH EXTENDED DYNAMIC RANGE**Stanislav Selena, Željko Trpovski, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – Rad prikazuje primenu HDR tehnike na seriju digitalnih fotografija iste scene. Dobijene HDR slike sa proširenim dinamičkim opsegom prilagođavaju za prikaz tehnikama mapiranja tonova. Implementacija tehnike realizovana je pomoću dva programa. Ponuđena je i uporedna analiza rezultata.

Abstract – This paper presents the application of HDR techniques on a series of digital photographs of the same scene. Obtained HDR images with extended dynamic range are adapted for the output display with tone mapping. Implementation is achieved using two programs. Parallel comparison of the results is provided.

Ključne reči: HDR tehnika, dinamički opseg, mapiranje tonova

1. UVOD

HDR (*High Dynamic Range*) jeste termin koji se koristi za opis postupaka koji se primenjuju u oblastima digitalne obrade slike i digitalne audio produkcije. Pruža mogućnost predstavljanja mnogo šireg dinamičkog opsega od onog koji je inicijalno na raspolaganju u zavisnosti od primene.

U područjima kao obrada slike, kompjuterska grafika i fotografija, HDR (*High Dynamic Range Imaging*) ili kraće HDR, predstavlja skup tehnika koje omogućavaju širi dinamički opseg osvetljenosti između najsvetlijih i najtamnijih površina slike od onih koje nude standardne tehnike digitalne obrade slike ili fotografske metode [1]. Proširen dinamički opseg obezbeđuje da slike na kojima je primenjena HDR tehnika preciznije reprezentuju širok raspon nivoa intenziteta svetlosti koji se nalaze u realnim scenama koje sadrže u isto vreme i sjajnu svetlost i tamne senke, a čije sve delove obična fotografija ne može da uhvati u odgovarajućoj ekspoziciji odjednom.

2. HDR TEHNIKA

HDR predstavlja tehniku za naknadnu kompjutersku obradu fotografija koja kombinovanjem serije digitalnih fotografija iste scene i podešavanjem dinamičkog opsega postiže sliku koju je nemoguće dobiti od fotografije jedne vrednosti ekspozicije i blende.

Sjedinjavanje fotografija u HDR sliku softverskim procesom "vraća" detalje u svetle površine i senke sa svake pojedinačne fotografije. Detalji iz svetlih površina nisu odsečeni usled previše osvetljenih oblasti slike, a detalji iz senki nisu pretvoreni u šum usled premalo

osvetljenih oblasti [2]. Postupak je prilagođen ljudskom čulu vida.

Povećavanjem detalja u krajnjoj slici HDR ide korak dalje od ustaljenih metoda obrade slike, a omogućava i pravljenje stvarno unikatnih slika. Korišćenjem HDR tehnike i tehnika mapiranja tonova dobija se slika sa jasnijim konturama uslikane scene i sa življim bojama koje obuhvataju čitav vidljivi opseg nijansi.

2.1. Bitska dubina

U kompjuterskoj grafici bitska dubina, ili dubina boja, predstavlja broj bita koji su iskorišćeni da predstavljaju boju svakog pojedinačnog piksela u slici.

Većina digitalnih uređaja koristi 8 bitni prikaz slike. Pikseli digitalne slike u boji dobijeni su kombinacijom tri osnovne boje, odnosno kanala boje. Takva slika ima 24 (3x8) bita po pikselu, što omogućava 256 (2^8) različitih vrednosti za svaku osnovnu boju.

Umesto 8 bita po kanalu boje za predstavljanje boje jednog piksela neki uređaji koriste 12 ili 16 bita. Tako 16 bitna slika ima 48 (3x16) bita po pikselu kada se računaju svi kanali boje i broj različitih vrednosti za svaku osnovnu boju je 65,536 (2^{16}).

Naspram toga, HDR slika jeste slika sa 32 bita po kanalu boje. Monitori i štampači koji predstavljaju samo slike sa 8 ili 16 bita po kanalu boje ne mogu pravilno da prikažu visokobitnu HDR sliku, čija glavna prednost naspram niskobitnih slika jeste što raspolaže sa mnogo više podataka. Kako bi visokobitne slike bile iskorišćene moraju biti komprimovane.

2.2. Predstavljanje HDR slike

Slike dobijene HDR tehnikom, sa 32 bita po kanalu boje sa širokim dinamičkim opsegom, prikazuju se i koriste na uređajima standardnog dinamičkog opsega tako što se podvrgnu jednoj od operacija:

- smanjivanje kontrasta - globalno spuštanje nivoa kontrasta na isti način po celoj slici u cilju dolaženja na vrednosti koje se mogu pravilno prikazati;
- odsecanje dinamičkog opsega - komprimovanje dinamičkog opsega iz detalja u najsvetlijim i najtamnijim površinama kako bi se što manje oštetila krajnja slika;
- mapiranje tonova - smanjivanje dinamičkog opsega celokupne slike koje očuvava lokalni kontrast između susednih piksela koristeći podatke naučnih istraživanja kako ljudsko čulo vida opaža scenu.

2.3. Poređenje sa tradicionalnim digitalnim tehnikama

Količina uskladištenih informacija u HDR slici slaže se sa fizičkim vrednostima osvetljenosti u realnoj sceni. Slike dobijene tradicionalnim digitalnim tehnikama predstavljene su samo nijansama boja koje se javljaju na monitoru ili štampanom papiru. HDR formati slike prilagođeni su

NAPOMENA:

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

sceni, nasuprot tradicionalnim digitalnim slikama koje su prilagođene uređaju ili izlazu.

Tradicionalne digitalne slike tipično su kodovane da se maksimizuje vizuelna informacija uskladištena u fiksnom broju bita. Vrednosti uskladištene u pikselima HDR slike imaju linearne vrednosti sa pokretnim zarezom, pošto linearno kodovanje sa nepokretnim zarezom postaje neefikasnije što je veći dinamički opseg.

3. DINAMIČKI OPSEG I MAPIRANJE TONOVA

3.1. Dinamički opseg u fotografiji

Uopštena definicija dinamičkog opsega (eng. *Dynamic Range*) u okviru oblasti fotografije glasi da predstavlja odnos između merljivog intenziteta svetlosti koja postoji u određenoj sceni, od najtamnijeg - pre kompletne i bezlične crne, do najsvetlije - pre kompletne i bezlične bele boje [2].

Meri se u razlikama vrednosti ekspozicije koje predstavljaju razliku između najsvetlijih i najtamnijih površina slike koji sadrže detalje. Povećanje, odnosno smanjenje, od 1 EV, naziva se korak ekspozicije i predstavlja udvostručavanje, odnosno prepolovljenje, količine svetlosti koje dopire do medijuma za snimanje.

Ljudsko oko opaža scene sa veoma velikim dinamičkim opsegom, do 1,000,000:1. Čulo vida prilagođava se prizoru podešavanjem dužice oka i hemijskim reakcijama. Statički opseg zato je drastično manji, oko 10,000:1. Ova vrednost značajno je veća od opsega kojeg postiže bilo koja postojeća tehnologija za prikaz.

Tabela 1. *Dinamički opsezi uređaja i scena* [2]

Prizor	Dinamički opseg	EV razlika
Tipična spoljašnja scena	100,000:1	~17 EV
16 bitna slika u TIFF-u	65,536:1	~16 EV
Ljudsko čulo vida	10,000:1	~14 EV
Fotoaparati sa filmom	do ~2,000:1	~11 EV
Kompjuterski monitor	500:1 do 1,000:1	~9-10 EV
Digitalni fotoaparat	tipično ~400:1	~8.5 EV
Slika u JPEG formatu	256:1	~8 EV
Odštampana slika	100:1 do 250:1	~7-8 EV

Čim se fotografija uslika istovremeno se gubi neverovatna količina detalja uslikane scene. Primena HDR tehnike na seriju digitalnih fotografija ima potencijal da omogući stvaranje slika sa rasponom dinamičkog opsega koji pojedinačna fotografija nikako ne može da postigne.

3.2. Proširenje dinamičkog opsega u fotografiji

Tradicionalan metod jeste korišćenje graduisanih filtara neutralne gustine na objektivu. Njima se modifikuju talasne dužine ili boje svetlosti jednako, bez promene u nijansi prikazanih boja, a intenzitet promene varira duž površine.

Rezultat upotrebe filtara jeste ujednačenija ekspozicija slikarske ravni, ali postupak ne povećava fiksni dinamički opseg kojim raspolaže fotografski film ili senzor digitalnog fotoaparata, već se samo rasteže dostupni opseg [3]. Dinamički opseg senzora digitalnog fotoaparata mnogo je puta manji od opsega ljudskog oka i generalno ne toliko širok kao kod klasične fotografije. Razvijeni su algoritmi za mapiranje slike u svetlim površinama i senkama kako bi se bolje raspodelio opseg svetlosti preko cele slike. Upravo skup tih algoritama čine HDR tehniku, koja pred-

stavlja savremeniji pristup postizanja šireg dinamičkog opsega od tradicionalne metode.

3.3. Tehnike mapiranja tonova u obradi slike

Mapiranje tonova (eng. *Tone Mapping*) jeste tehnika korišćena u obradi slike i kompjuterskoj grafici kako bi se mapirala serija boja jedna sa drugom i omogućio prikaz slika širokog dinamičkog opsega.

Pomoću tehnika mapiranja tonova smanjuje se dinamički opseg celokupne slike kako bi se prilagodio mogućnostima uređaja za prikaz, dok se u isto vreme očuvava lokalni kontrast između susednih piksela slike koristeći podatke naučnih istraživanja kako ljudsko oko i čulo vida opažaju scenu.

Postiže se najbolje reprezentovanje celokupnog preostalog dinamičkog opsega, a da se pri tome očuvaju realistične boje i kontrast neophodni za ocenu originalnog sadržaja scene.

3.4. Metode tehnika mapiranja tonova

Razvijeno je više metoda tehnika mapiranja tonova, koje se na osnovu operatora za mapiranje dele u dve osnovne kategorije [4]:

- globalni, prostorno uniformni, operatori - Predstavljaju nelinearne funkcije bazirane na vrednosti osvetljenosti i drugim globalnim promenljivima slike. Kada je za odgovarajuću sliku aproksimirana optimalna funkcija, svaki piksel slike mapiran je na isti način, nezavisno od vrednosti piksela u njegovoj okolini. Metoda se izvršava brzo i jednostavno, ali može dovesti do nepovratnog gubitka kontrasta u slici.

- lokalni, prostorno promenljivi, operatori - Parametri nelinearne funkcije menjaju se od piksela do piksela, saglasno sa lokalnim sadržajem slike raspoloživim iz susednih parametara. Algoritmi jesu komplikovaniji od globalnih, postoji mogućnost pojave artefakata, poput halo efekta, krajnji rezultat može izgledati nerealistično, ali obezbeđuje se najbolji učinak, pošto je ljudsko oko osetljivije na lokalni kontrast naspram apsolutnih intenziteta.

3.5. Svrha mapiranja tonova u digitalnoj fotografiji

Potreba za tehnikama mapiranja tonova razlikuje se u zavisnosti od situacije. Kod realistične kompjuterske obrade slike cilj može biti postizanje vizuelnog poklapanja između realne scene i predstavljene slike pored toga što uređaj za prikaz nije u mogućnosti da reprodukuje pun spektar vrednosti osvetljenosti scene, ili naglašavanje što više detalja slike je moguće, ili maksimizovanje kontrasta slike.

Upotreba tehnika mapiranja tonova na HDR sliku postao je izuzetno popularan vid naknadne obrade slike na kompjuteru među fotografima. Popularnost jeste izazvana zbog prepoznatljivog izgleda lokalno mapiranih slika i zbog želje da se uslikaju visokokontrastne scene koje je inače nemoguće dobiti.

Slika sa lokalno mapiranim tonovima po potrebi se dobija i iz samo jedne ekspozicije fotografije. Tada ima samo normalan dinamički opseg, nikako proširen, a količina detalja u senkama ili svetlim površinama jeste ona uhvaćena u originalnoj ekspoziciji.

Postupak se primenjuje kada se žele izbeći artefakti koji se javljaju pri kombinovanju fotografija različite ekspozicije na kojima postoji pomeranje objekata scene.

4. PARAMETRI PODEŠAVANJA FOTOAPARATA

4.1. Vrednost blende

Na fotografskom sočivu se uz pomoć vrednosti blende (eng. *Aperture*) kontroliše količina svetlosti koja dopire do fotografskog medijuma. U kombinaciji sa promenom perioda ekspozicije reguliše stepen izlaganja svetlosti fotografskog filma ili senzora digitalnog fotoaparata.

Smanjivanje veličine otvora blende smanjuje dubinu polja, koja opisuju granicu do koje subjekat od interesa koji leži bliže ili dalje od stvarne ravni fokusa i dalje izgleda da je u fokusu.

Vrednost blende sočiva navodi se kao f-broj, koji kvantitativno predstavlja odnos fokusne dužine sočiva prema efektivnom prečniku blende. Manji f-broj označava veći prečnik otvora blende.

4.2. Period ekspozicije

U fotografiji period ekspozicije (eng. *Shutter Speed*) jeste termin koji opisuje efektivno vreme trajanja kada je blenda fotoaparata otvorena i svetlost dopire do fotografskog medijuma. Ukupna ekspozicija proporcionalna je periodu ekspozicije, koji sa vrednosti blende sočiva određuje ukupnu količinu te svetlosti. Različite kombinacije vrednosti perioda ekspozicije i vrednosti blende mogu da daju istu ekspoziciju.

Period ekspozicije utiče na promenu načina manifestovanja kretanja na fotografiji, odnosno pomoću njega se određuje količina zamućenja usled pokreta.

4.3. Brzina filma

Vrednost osetljivosti fotografskog filma na svetlost opisana je brzinom filma. Za merenje osetljivosti digitalnih sistema koristi se metoda zasnovana na ISO sistemu. Smanjivanje izlaganja u klasičnoj i u digitalnoj fotografiji usled korišćenja više osetljivog fotografskog filma ili digitalnog senzora dovodi do gubitka kvaliteta.

4.4. Vrednost ekspozicije

U procesu pravljenja fotografije termin koji se odnosi na ukupnu količinu svetlosti kojoj je dozvoljeno da dođe do fotografskog medijuma naziva se ekspozicija (eng. *Exposure*).

Vrednost ekspozicije (eng. *Exposure Value*), u oznaci EV, označava sve kombinacije raspoloživih perioda ekspozicije fotoaparata i relativne vrednosti blende za koje se dobija ista ekspozicija. Termin služi i za obeležavanje intervala na fotografskoj skali ekspozicija, gde se vrednost od 1 EV naziva korak ekspozicije.

Iako sva podešavanja fotoaparata sa istom vrednosti ekspozicije nominalno daju iste ekspozicije, automatski ne daju i istu fotografiju. Period ekspozicije određuje količinu zamućenja usled pokreta na fotografiji, a relativna vrednost blende određuje dubinu polja, dok brzina filma određuje količinu šuma.

5. HDR SLIKA

5.1. Pravljenje fotografija

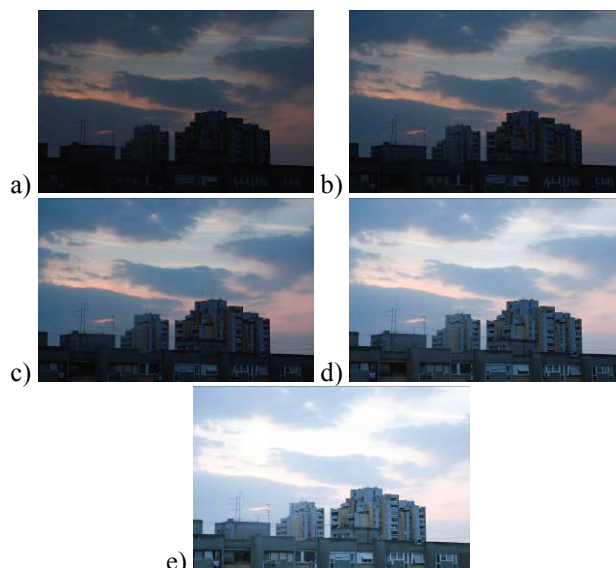
Odvojene digitalne fotografije iste scene omogućavaju beleženje najšireg dinamičkog opsega da bi se očuvali svi detalji, a šum sveo na minimum.

Idealno je da fotoaparat poseduje automatski režim rada, AEB (*Auto Exposure Bracketing*), koji pri pritisku tastera za okidanje uzastopno pravi naznačen broj fotografija, automatski menjajući korake ekspozicije [5].

Obično je dovoljno raspolagati sa tri do pet fotografija različite ekspozicije za dalju HDR obradu. Na primeru višestrukih ekspozicija serije od pet fotografija digitalni fotoaparat pravi fotografiju ekspozicije 0 EV, potom dve sa povećanom, odnosno dve sa smanjenom ekspozicijom za zadati broj koraka ekspozicije.

Ujednačeniji rezultati postižu se ako se ekspozicija menja za vrednosti od 1 ili 2/3 koraka, a u slučaju potrebe obuhvatanja šireg opsega radi se u koracima od 2 EV.

Menjanje ekspozicija između fotografija isključivo se postiže korišćenjem različitih vrednosti za period ekspozicije, nikako za vrednost blende.



Slika 1. Serija digitalnih fotografija na ekspozicijama od: a) -2 EV, b) -1 EV, c) 0 EV, d) +1 EV, e) +2 EV

Upotreba stalka osigurava smanjenje pomeranja fotoaparata između svakog okidanja.

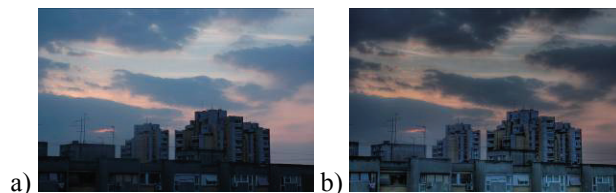
Pogodno je i daljinsko okidanje fotoaparata da se u potpunosti eliminiše pomeranje [6].

Povećavanje ISO vrednosti pri pravljenju fotografija za HDR obradu rezultuje sa fotografijama na kojima je izražen šum u vidu zrnastog efekata [6].

Postavljanje u režim slikanja u RAW formatu digitalnog fotoaparata, koji radi sa sirovim podacima sve vreme, bolja je opcija od JPEG formata, koji ne hvata toliki dinamički opseg podataka [5].

5.2. Dobijanje HDR slike

Postoji veliki broj programa koji obavljaju proces HDR obrade slike. Za potrebe rada korišćeni su specijalizovan program *Photomatrix Pro 4.0* i *Adobe*-ova implementacija HDR tehnike u okviru paketa *Photoshop CS5*.



Slika 2. Poređenje obične fotografije i HDR slike

Dobijanje HDR slike sastoji se iz sledećih koraka:

- napravi se dovoljan broj digitalnih fotografija iste scene na različitim ekspozicijama;
- fotografije u RAW formatu učitavaju se u program;

- očitava se podešavanje ekspozicija sa svake korišćene fotografije;
- izvršava se poravnavanje fotografija, odabira se način sjedinjavanja i algoritmi za uklanjanje šuma i artefakata;
- generiše se 32 ili 16 bitna HDR slika;
- na HDR sliku primenjuju se tehnike mapiranja tonova sa izabranim podešavanjima koje smanjuju dinamički opseg slike i prilagođavaju ih mogućnostima uređaja za prikaz;
- izlazna slika memoriše se kao 16 bitna slika u TIFF formatu ili kao 8 bitna slika u JPEG formatu.

6. POREĐENJE PHOTOMATIX-a I PHOTOSHOP-a

Malo šta u svetu digitalne obrade slika *Photoshop* ne radi kvalitetnije od ostalih programa. Jedna od tih stvari upravo je HDR obrada. *Adobe Systems* nije posvetio dovoljnu pažnju primeni HDR tehnike. Manje kompanije dobro im pariraju pošto mnogo češće izdaju dodatke i poboljšanja programa.

Prilikom poređenja mogućnosti poslednjih verzija oba programa, *Photomatrix Pro 4.0* nudi mnogo više od opcije "Spoji u HDR sliku" iz *Photoshop*-a CS5.

Iako *Photoshop* predstavlja objedinjeno rešenje celokupnog procesa digitalne obrade slike, sastoji se od manje kontrole pri kreiranju HDR slike i lošije podrške slika visokog kvaliteta.

U okviru HDR procesa u svakom programu postoje dva intenzivna perioda kompjuterske obrade. Prvi je kada se fotografije učitavaju u program. Potom korisnik preuzima kontrolu i podešava opcije. Drugi period nastupa kada program izvršava postavljena podešavanja.

Tabela 2. Poređenje sa aspekta utrošenog vremena [5]

Subjekat		Photoshop CS5		Photomatrix Pro 4.0	
Fotografije u RAW formatu - učitavanje fotografija					
Test 1	Test 2	1:54	2:01	0:58	0:56
Fotografije u RAW formatu - izvršavanje podešavanja					
Test 1	Test 2	0:50	0:52	0:08	0:08
Srednje vreme izvršavanja obrade fotografija u RAW formatu			2:48	1:05	
Fotografije u JPEG formatu - učitavanje fotografija					
Test 1	Test 2	1:01	0:57	0:41	0:40
Fotografije u JPEG formatu - izvršavanje podešavanja					
Test 1	Test 2	0:27	0:29	0:07	0:08
Srednje vreme izvršavanja obrade fotografija u JPEG formatu			1:27	0:48	

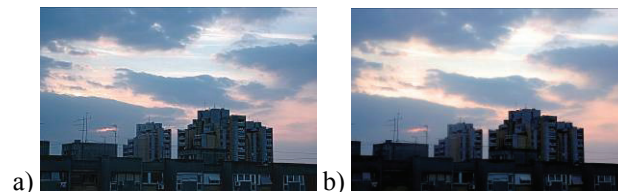
Test je izvršen u kontrolisanim uslovima, gde je sistem upravo podignut i pokrenute su samo nužne aplikacije. U realnom slučaju potrebno vreme samo za učitavanje fotografija u *Photoshop* jeste između 6 i 12 minuta, dok se isto vreme ne povećava drastično u *Photomatrix*-u.

Unapređenje algoritama za uklanjanje šuma kod *Photoshop*-a ne odnose se na primenu HDR tehnike, pa od njih nema direktne koristi. *Photomatrix* nudi kvalitetnije algoritme nego ranije, koji dozvoljavaju i podešavanje šuma na ulaznim fotografijama.

Poslednje verzije oba programa sadrže poboljšanje kontrole smanjivanja artefakata koji se javljaju kada kroz korišćenu seriju fotografija postoji pomeranje dela scene. *Photomatrix* naspram *Photoshop*-a nudi bolju kontrolu uklanjanja artefakata pomoću unapređenog sistema.

Direktno poređenje rezultata HDR obrade istih fotografija u *Photomatrix*-u i *Photoshop*-u i pored razlika u koracima obrade pokazuje da se dobijaju slični rezultati.

Iako nije prvi izbor za pravljenje HDR slika, mogućnosti *Photoshop*-a predstavljaju nezamenjivu alatku u toku obrade i manipulacije slika. Temelj kvalitetnih HDR slika leži u paralelnom korišćenju *Photomatrix*-a i *Photoshop*-a.



Slika 3. HDR slika iz: a) *Photomatrix*-a, b) *Photoshop*-a

7. ZAKLJUČAK

Slika dobijena HDR tehnikom jeste 32 bitna slika po kanalu boje sa širokim dinamičkim opsegom i sadrži više detalja od bilo koje pojedinačne fotografije. Iako zbog ograničenja opreme za prikaz ne može da se prikaže bez komprimovanja, predstavlja iskorak dalje od rasprostranjenih tehnika digitalne obrade slika.

Brojne su primene HDR tehnike u oblastima grafičkog inženjerstva, umetnosti, audio i vizuelne produkcije. HDR proširuje mogućnosti kinematografije, animacije, digitalne fotografije, koristi se za kompjuterski generisane kadrove filmova sa specijalnim efektima i za video igre.

Redovno usavršavanje algoritama za realizaciju proširenja dinamičkog opsega zajedno sa tehnikama mapiranja tonova podstiče tehnički razvoj, pomera granice industrije digitalnih fotoaparata i kamera, uređaja za prikaz i štampaње.

HDR nije hir koji će nestati za par meseci, to je tehnika aktivno prisutna u kompjuterskim primenama više od 15 godina i nastavlja da napreduje. Za obradu fotografija koriste je kako amateri za ličnu upotrebu tako profesionalci za finu umetnost.

8. LITERATURA

- [1] Erik Reinhard, Greg Ward, Sumanta Pattanaik, Paul Debevec, "HDRI - Acquisition, Display And Image-based Lighting", Amsterdam, 2006.
- [2] Pete Carr, Robert Correll, "HDR Photography Photo Workshop", Indianapolis, Wiley, 2009.
- [3] Rob Sheppard, "The Magic Of Digital Nature Photography", Sterling Publishing Company, 2006.
- [4] Alan Gilchrist, "An Anchoring Theory Of Lightness Perception"
- [5] Trey Ratcliff, "A World In HDR", New Riders, 2009.
- [6] Ryan McGinnis, "How To Create Professional HDR Images", 2006.

Kratka biografija:

Stanislav Selen rođen je u Novom Sadu 1983. Diplomski master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva - Telekomunikacije odbranio je 2011.



Željko Trpovski rođen je u Rijeci 1957. godine. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 1998. god. Od 2004. ima zvanje vanrednog profesora. Oblast interesovanja su telekomunikacije i obrada signala.

RAZVOJ GPRS TEHNOLOGIJE**DEVELOPMENT OF GPRS TECHNOLOGY**Bojan Nikolić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U ovom radu opisan je razvoj GPRS tehnologije. Predstavljeni su i glavni elementi GSM mreže koji su iskorišćeni u razvoju GPRS-a. Takođe su objašnjene i glavne procedure, kao i interfejsi, protokoli i radio kanali za prenos podataka.

Abstract – This paper describes a development of GPRS technology. The main elements of GSM networks that are used in development of GPRS are presented in this work. Also, main procedures, interfaces, protocols and radio channels for data transmission are explained as well.

Ključne reči: GSM, GPRS, prenos podataka

1. UVOD

Mobilni telekomunikacioni sistemi danas spadaju među najznačajnije telekomunikacione sisteme. Mobilne komunikacije su glavno obeležje razvoja telekomunikacija na kraju XX i početkom ovog veka. Broj novih mobilnih pretplatnika dostigao je broj novih fiksnih pretplatnika već u periodu 1996-97. Mobilne mreže se danas mnogo brže razvijaju u odnosu na rast fiksnih mreža.

GPRS (General Packet Radio Service) je sistem zasnovan na postojećoj GSM mreži i otvara niz novih mogućnosti za korisnike. Pomoću ove tehnologije ostvarene su dosta veće brzine prenosa podataka u odnosu na GSM i HSCSD. Najvažnija novina GPRS-a nije veća brzina prenosa, već što se zasniva na komutaciji paketa. GPRS omogućava dodelu resursa po potrebi, ili na zahtev. Jedan ili više kanala su dodeljena korisniku onoliko dugo koliko je to zaista potrebno, tako da su mrežni resursi bolje iskorišćeni. GPRS takođe omogućava da neka informacija bude poslata i primljena istog trenutka kada je to potrebno

2. GSM MREŽA

GSM (Group Special Mobile) sistem pripada sistemima druge generacije (2G) i to je trenutno najrasprostranjeniji mobilni telekomunikacioni sistem u svetu. Procenjuje se da 80% svetskog tržišta mobilnih komunikacija danas koristi taj standard.

Postoje mnoge prednosti GSM sistema u odnosu na druge sisteme. Osnovne su veći kapacitet, bolja iskorišćenost spektra, manje ćelije i veći broj korisnika po ćeliji. Pored digitalno kodovanog govora podržan je i prenos podataka brzinama 9,6 kb/s. Posebno je popularan SMS (short message service).

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz istoimenog diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Vojin Senk.

2.1. Arhitektura GSM mreže

GSM mrežu čine tri osnovna podsistema:

- mobilna stanica (MS-Mobile Station)
- podsystem bazne stanice (BSS-Base Station Subsystem)
- komutacioni podsystem (NSS-Network Switching Subsystem)

Mobilna oprema korisnika označava se sa ME (mobile equipment). Mobilna stanica MS (mobile station) je kombinacija mobilne opreme i pretplatničkih podataka koji su smešteni na SIM (Subscriber Identity Module) kartici. Mobilna stanica osigurava ljudsku mobilnost, tako da svaki korisnik može imati pristup svim uslugama bez obzira na izbor terminala.

Podsystem bazne stanice čine: kontroler bazne stanice (BSC-Base Station Controller) i bazna primopredajna stanica (BTS-Base Transceiver Station). Bazna primopredajna stanica (BTS) se sastoji od većeg broja primopredajnika koji omogućuju vezu sa mobilnim stanicama. Komunikacija između mobilne stanice (MS) i bazne stanice (BTS) odvija se preko radio interfejsa koji nosi oznaku Um. Kontroler bazne stanice (BSC-Base Station Controller) može kontrolisati i desetine baznih stanica. Bazne stanice su povezane sa kontrolerom baznih stanica preko interfejsa koji nosi oznaku Abis. BSC je zadužen za uspostavljanje i održavanje poziva. Takođe vrši i funkcije dodele kanala, kontrole kvaliteta veze, kontrole snage, signalizacije, kontrole opšteg saobraćaja, itd. BSC predstavlja vezu između mobilne stanice i mobilnog komutacionog centra.

Komutacioni podsystem je glavni deo GSM sistema. Ovaj podsystem povezuje mobilnu mezu sa javnom telefonskom mrežom (PSTN), izvršava *handover* između različitih BSS-a, vrši funkcije lociranja mobilnog korisnika i podržava tarifiranje i *roaming* između različitih operatera u različitim zemljama. NSS sistem čine:

MSC (Mobile Switching Center), HLR (Home Location Register), VLR (Visitor Location Register), AUC (Authentication Center), EIR (Equipment Identity Register)

2.2. GSM radio interfejs

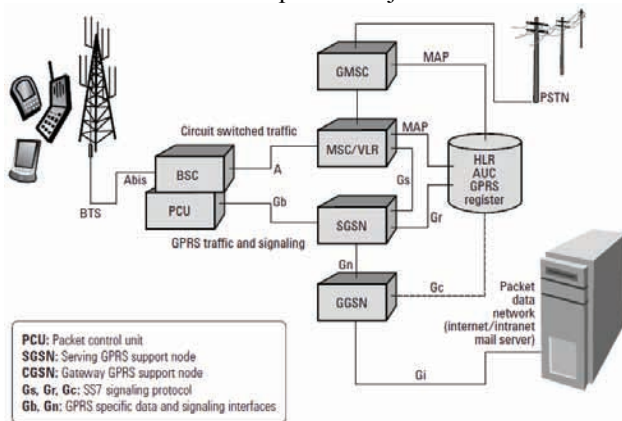
Za prenos govora od mobilnih uređaja do baznih stanica (uplink) je predviđen frekventni opseg 890 - 915MHz, a za prenos u suprotnom smeru (downlink) predviđen je frekventni opseg 935 - 960MHz. Oba podopsega su podeljena na po 124 kanala širine 200kHz, čime je ostvarena FDMA raspodela (Frequency Division Multiple Access – višestruki pristup po frekvencijama). U okviru svakog kanala takođe se koristi vremenska raspodela resursa po TDMA principu (Time Division Multiple Access – višestruki pristup u vremenu). Svaki aktivni mobilni uređaj za prenos i prijem informacija na raspo-

laganju ima jedan od 8 vremenskih slotova u okviru jednog od 124 korisničkih frekvencijskih kanala. Kombinacija FDMA i TDMA multipleksiranja omogućava uspostavljanje veze sa mobilnim korisnicima koji se kreću brzinama do maksimalno 250km/h ili su udaljeni maksimalno 30km od najbliže bazne stanice.

3. GPRS MREŽA

3.1. Arhitektura GPRS mreže

Arhitektura GPRS mreže prikazana je na slici 1.



Slika 1. Arhitektura GPRS mreže

GPRS možemo smatrati nadogradnjom GSM mreže gde se koriste već postojeć elementi GSM mreže. Da bi se kvalitetno izgradila mreža zasnovana na komutaciji paketa, potrebno je izgraditi neke nove mrežne elemente, protokole i interfejs. GPRS zahteva modifikaciju nekih postojećih mrežnih elemenata, kao što je prikazano u tabeli 1.

Tabela 1. Modifikacije GSM mreže

	Nadogradnja koju zahteva GPRS
Pretplatnički terminal (TE)	Potreban je potpuno novi pretplatnički terminal
BTS (<i>Base Transceiver Site</i>)	Potrebna je nadogradnja softvera u postojećoj BTS
BSC (<i>Base Station Controller</i>)	Zahteva nadogradnju softvera i instalaciju novog hardvera, PCU (<i>Packet Control Unit</i>)
Novi elementi mreže	<i>Serving GPRS Support Node</i> (SGSN) i <i>Gateway GPRS Support Node</i> (GGSN)
Baze podataka (VLR, HLR)	zahtevaju softversku nadogradnju

Uloga SGSN-a u GPRS arhitekturi ista je kao uloga MSC/VLR čvora u GSM arhitekturi. SGSN povezuje BSS sa GGSN-om (Gateway GPRS Support Node). SGSN prosleđuje dolazne i odlazne IP pakete adresirane ka ili od MS-a koji je uključen unutar SGSN servisnog područja, odnosno obezbeđuje rutiranje paketa i njihov transfer ka i od SGSN servisnog područja. GGSN omogućava interfejs ka eksternim IP paketskim mrežama. Zbog toga GGSN sadrži pristupne funkcije interfejsa ka eksternim ISP funkcijama kao što su ruteri.

Takođe razmenjuje informacije o rutiranju i uspostavlja komunikaciju sa eksternom mrežom. Funkcije za povezivanje pretplatnika sa pravim SGSN-om. I GGSN i SGSN prikupljaju billing informacije (zapise o stanju računa) o korišćenju GPRS mrežnih resursa.

3.2. GPRS servisi

GPRS servisi su podeljeni u tri glavne grupe:

- PTP (Point to Point) servisi
- PTM (Point-to-Multipoint) servisi
- Dodatni i vrednosno-dodatni servisi

PTP servise možemo podeliti u dve podgrupe: PTP-CLNS i PTP-CONS. PTP-CLNS mrežni servisi opisuju transport malih individualnih paketa koji su nezavisni od paketa koji su im prethodili i od onih koji slede. PTP-CONS servisi šalju sekvence povezanih paketa između pošiljaoca i primaoca. U ovom slučaju postoji logička veza između dva korisnika.

PTM servisi su kao i PTP servisi podeljeni u podgrupe: PTM Multicast (PTM-M), Point-to-Multipoint Group Call (PTM-G) i Internet protokol Multicast. Tokom PTM-M pošiljalac šalje izlaznu informaciju većem broju primalaca u različitim oblastima. Primalac ne mora biti GPRS povezan. U ovom slučaju se ne razmenjuju potvrde o prijemu. Tokom PTM-G grupnog poziva svi primaoci su odabrani i locirani u izvesnom području. Oni moraju biti GPRS povezani da bi primili bilo koji podatak. Primaoci sada mogu da vrate podatke pošiljaocu. To znači da sada postoji dvosmerna umesto jednosmerne veze. Druga mogućnost je N-way veza. U ovom slučaju sve mobilne stanice mogu aktivirati i podržavati veze sa svakim korisnikom. IP-M je servis baziran na Internet Protokolu. Podaci se razmenjuju između IP-M učesnika preko Internet Protokola, pa grupa primaoca može biti locirana preko mreže mobilnih telefona, ili bilo gde na Internetu.

U dodatne i vrednosno dodatne servise spadaju: bezuslovno prosleđivanje poziva, prosleđivanje poziva kada korisnik nije dostupan, naplaćivanje informacije, pristup mreži podataka kao Inter- i Intranet, čitanje faksa ili e-mail poruka, primanje kompletnih novinskih sadržaja, poruke o komercijalnim interesima,...

3.3. Glavne procedure

Pre nego što je moguće ostvariti prenos podataka između MS-a i spoljne mreže za prenos podataka, potrebno je obaviti tri koraka koja će omogućiti prenos paketa preko GPRS mreže:

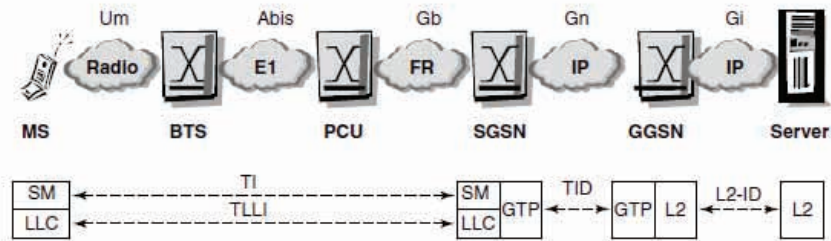
- MS mora da se poveže na GPRS mrežu. Ova procedura se naziva GPRS attach
- da bismo pronašli pravi put za IP pakete potrebno je uspostaviti konekciju između MS-a i SGSN-a. To se postiže aktiviranjem PDP-a (Packet Data Protocol) konteksta
- priprema se put između MS-a i spoljne mreže za prenos podataka

Korisnik izdaje zahtev za aktiviranje attach procedure u trenutku kada se registruje na GPRS mrežu. Nakon izvršenja ove procedure SGSN zna da je MS aktivirala GPRS. Ako je MS već bila registrovana za rad sa drugom SGSN, nova SGSN ažurira HLR tako da HLR zna identitet nove SGSN.

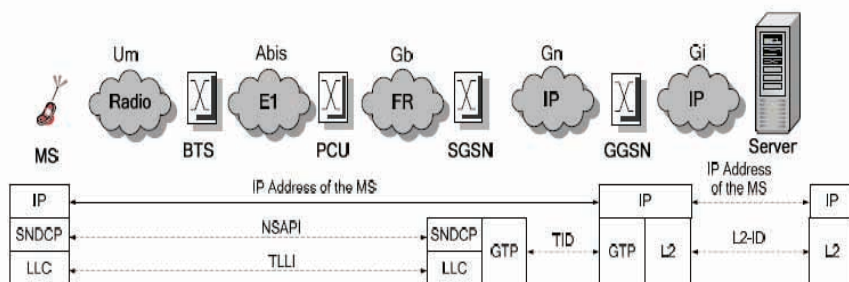
Aktiviranje PDP konteksta prikazano je na slici 3. Kada želi da startuje GPRS servis, korisnik zahteva da se aktivira PDP kontekst (Packet Data Protocol). Korisnik prvo mora da izabere početnu stranicu i APN (Access Point Name) uz specificiranje određenog QoS-a. Kao rezultat ove procedure GPRS mreža određuje na koji način da rutira IP pakete za taj GPRS servis. Put od MS-a do GGSN-a je dobro određen nakon aktiviranja konteksta

PDP-a. Poruke koje se odnose na aktiviranje PDP-ovog konteksta između MS-a i SGSN-a pripadaju SM (Session Management) protokolu. Identifikator transakcije TI (Transaction Identifier) dodeljuje se aktiviranom PDP kontekstu. TI identifikuje sesiju na SM nivou. LLC protokol obezbeđuje da se obavi prenos informacije između MS-a i SGSN-a. Logička veza između MS-a i SGSN-a je definisana od strane DLCI-a (Data Link

Connection Identifier) koga čine TLLI (Temporary Logical Link Identifier) i SAPI (Service Access Point Identifier). LLC je odgovoran za šifrovanje podataka između MS-a i SGSN-a. Pomoću GTP (GPRS Tunnelling Protocol) informacija koja pripada kontekstu PDP-a se šalje preko interfejsa Gn. GTP identifikuje PDP kontekst pretplatnika između SGSN-a i GGSN-a uz pomoć TID-a (Tunnel Identifier).



Slika 3. Aktiviranje PDP konteksta



Slika 4. Logički prenos podataka

Logički prenos podataka je prikazana na slici 4. Kod prenosa podataka aktivira se PDP-ov kontekst prema APN-u selektovan od strane MS-a, odnosno definiše se logički put između MS-a i spoljne IP mreže. MS je primila privremenu IP adresu od spoljne IP mreže, tako da se MS vidi kao član IP mreže. Prema SGSN-u MS se identifikuje od strane TLLI-a (na LLC nivou), a PDP-ov kontekst se identifikuje od strane NSAPI-a (na nivou SNDCP). Između SGSN-a i GGSN-a, MS i svaki njen PDP-ov kontekst se identifikuje od strane TID-a. Na Gi interfejsu GGSN postavlja korektni fizički port interfejsa Gi za izabrani kontekst PDP-a. Zbog ovoga, način rutiranja dolazećih i odlazećih IP paketa za izabrani PDP-ov kontekst je u potpunosti definisan. GGSN zna koji od TID-ova sa jedne strane odgovaraju IP adresama i fizičkom portu sa druge strane. Ruteru je jedino GGSN vidljiv za pristup eksternoj mreži. IP paketi koji se prenose između MS-a i spoljne mreže za prenos podataka su komprimovani i segmentirani između MS-a i SGSN-a. Ovo obavlja SNDCP (Sub-Network Dependent Convergence Protocol). Prilikom prenosa podataka između MS-a i SGSN-a, SNDCP nivo komprimuje i segmentira IP pakete, a kada MS ili SGSN prima ove podatke, SNDCP reasembliira i dekomprimuje ove podatke da ponovo dobije IP pakete.

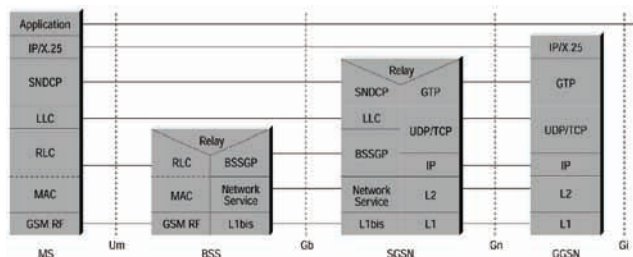
3.4. Protokoli i radio kanali za paketski prenos

Komunikacioni protokoli koji se koriste u GPRS mrežama su prikazani na slici 5.

IP je protokol GPRS backbone mreže koji se koristi za rutiranje korisničkih podataka i signalizaciju.

SNDCP (SubNetwork Dependent Convergence Protocol) se nalazi iznad LLC (Logical Link Control) sloja u MS-u

i SGSN-u, izvršava: multipleksiranje paketa podataka od jedne ili više aplikacija na jedan logički link i kompresiju redundantnih kontrolnih informacija protokola i korisničkih podataka.



Slika 5. GPRS protokoli

LLC (Logical Link Control) pruža pouzdanu logičku vezu između MS-a i njegovog SGSN-a.

RLC/MAC (Radio Link Control/Medium Access Control) sadrži dve funkcije. RLC funkcija omogućava pouzdanu radio vezu. MAC funkcija kontroliše pristupnu signalizacionu proceduru za radio kanal, i mapiranje LLC okvira u GSM fizički kanal.

BSSGP (Base Station System GPRS protocol) protokolom se prenose neophodne informacije za rutiranje da bi se omogućio prenos LLC PDU preko radio mreže do mobilnog terminala.

NS (Network Service layer) sloj se deli na dva podnivoa. Viši podnivo se naziva Network Service Control layer koga obezbeđuje Network Service Control protocol (protokol koji vrši pripremu BSSGP PDU-a za prenos preko Sub-Network Service layer-a). Niži podnivo se naziva Sub-Network Service layer i njega obezbeđuje Frame-Relay protocol.

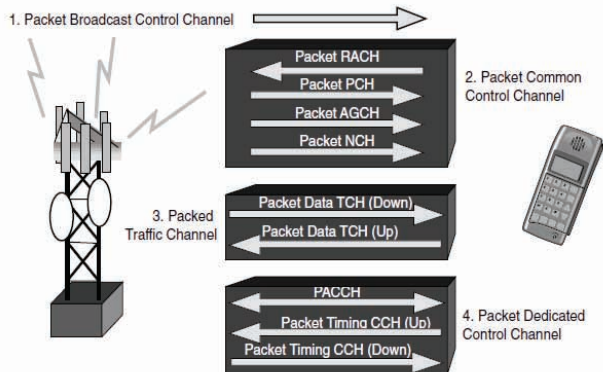
L1bis protokol opisuje fizičku vezu do SGSN.

GTP (GPRS Tunneling Protocol) prenosi preko backbone mreže korisničke podatke i signalizaciju između GSN-ova.

TCP (Transmission Control Protocol) prenosi PDU (Packet Data Unit) u GPRS IP backbone mreži za protokole kojima je potreban pouzdan link.

UDP (User Datagram Protocol) prenosi PDU za protokole kojima nije potreban pouzdan link.

GPRS kanali za prenos podataka su prikazani na slici 6.



Slika 6. Logički kanali za prenos podataka

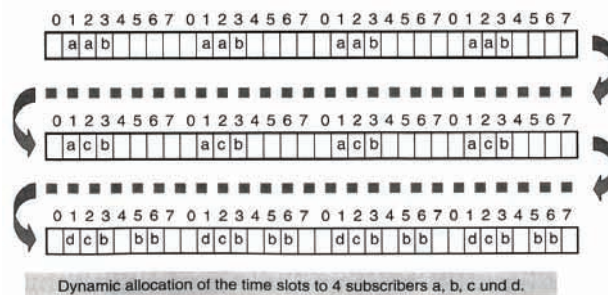
Oni se mapiraju na fizičke kanale koji su određeni za prenos paketa podataka i nazivaju se PDCH kanali (Packet Data Channels). Dodeljivanje kanala za prenos paketa (PDCH) mobilnim stanicama obavlja PCU. Kanali se mogu dodeliti na dva načina. Mogu biti dodeljeni samo za prenos paketa (Dedicated PDCH channels) a mogu se dodeliti na zahtev (On-demand PDCH channels).

PDCH kanali čine skupove od maksimalno četiri uzastopna vremenska slota na istom primopredajniku. Kod GSM-a pretplatnik prima jedan vremenski slot za UL a drugi vremenski slot za DL i oni se dodeljuju pretplatniku u toku trajanja poziva. Kod GPRS-a postoje dve razlike. Po nekoliko vremenskih slotova od jednog frekventnog nosioca se mogu dodeliti jednom korisniku. Vremenski slot može biti deljiv između nekoliko pretplatnika.

Digitalna informacija koja se prenosi preko radio interfejsa se deli na radio-blokov. Jedan radioblok čine 456 bitova. Informacija se može poslati u vremenskom slotu u četiri uzastopna TDMA okvira. Ako je mobilnoj stanici za prenos informacije dodeljen vremenski slot (UL ili DL), ona prenosi četiri puta u ovom vremenskom slotu, zbog toga što je jedan radio blok najmanja jedinica informacije koja se prenosi preko radio interfejsa. Deoba kanala se zbog toga izvodi na principu radio blok po radio blok. Na slici 7. su prikazani vremenski slotovi koji pripadaju svakom korisniku pri čemu svaki od njih koristi minimalno četiri uzastopna TDMA okvira. Nakon četiri TDMA okvira vremenski slot 2 se dodeljuje drugom korisniku. Nakon narednih četiri TDMA okvira vremenski slot 1 se realocira, a vremenski slotovi 5 i 6 se alociraju korisniku vremenskog slot 3.

Za kanale za prenos podataka koristi se jedna od četiri kodne šeme koje su prikazane u tabeli 2. U zavisnosti od kvaliteta prenošenog digitalnog signala zavisi izbor kodne šeme.

Kodna šema CS-1 pruža najveću zaštitu ali je digitalni protok po vremenskom slotu nizak i iznosi 1 KByte/s. Zbog toga se ova kodna šema koristi u veoma lošim uslovima. U jako dobrim uslovima prenosa primenjuje se kodna šema CS-4. Ona daje veći protok koji teorijski iznosi 2.5 KByte/s po vremenskom slotu.



Slika 7. Radio blokovi

Tabela 2. Kodne šeme

Kodna šema	Maks. broj inf. bita	Dig.protok [kbit/s]	Dig.protok [KByte/s]
CS-1	160	8	1
CS-2	240	12	1.5
CS-3	288	14.4	1.8
CS-4	400	20	2.5

4. ZAKLJUČAK

U ovom radu prikazan je razvoj GPRS tehnologije koja predstavlja međukorak ka 3G generaciji mobilnih uređaja. Navedene su sve prednosti u odnosu na GSM tehnologiju. Međutim, GPRS ima i svojih nedostataka koji će biti otklonjeni razvojem novih telekomunikacionih tehnologija.

5. LITERATURA

- [1] Geoff Sanders, Lionel Thorens, Manfred Reisky, Oliver Rulik, Stefan Deylitz: „GPRS Networks”, pp. 59-71, 2003.
- [2] Gunnar Heine, Holger Sagkob: “GPRS: Gateway to Third Generation Mobile Networks”, pp. 187-211, 2003.
- [3] Regis J. Bates: “General Packet Radio Service“, pp. 93-113, 2004.
- [4] Jakov Stojanović, Slobodan Sekulić: “Analiza GPRS servisa za prenos podataka u GSM-u”, Mobilne telekomunikacije “Srbija” BK-PTT, Bulevar Nikole Tesle 42A, Beograd
- [5] www.scribd.com

Kratka biografija:

Bojan Nikolić rođen je u Rumi 1983. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Telekomunikacija odbranio je 2011.god.

Primena stabilizatora za popravku stabilnosti elektroenergetskog sistema pri malim poremećajima

Vedran S. Perić, Andrija T. Sarić

Fakultet tehničkih nauka – Institut za energetiku, elektroniku i telekomunikacije,
Trg Dositeja Obradovića 6, 21 000 Novi Sad, Srbija

Stručni rad

UDK: 681.5.037.8; 621.3.016.3

Rezime

U radu je analiziran problem stabilnosti pri malim poremećajima („Small-Signal Stability”) u elektroenergetskim sistemima. Na osnovu matematičkog opisa dinamičkog ponašanja elektroenergetskog sistema, izvedeni su osnovni pokazatelji za ocenu stabilnosti (koeficijent prigušenja, relativni faktor prigušenja, faktori učešća u pojedinim modovima oscilacija, levi i desni sopstveni vektori i drugi). Primenjen je postupak fazne kompenzacije za podešavanje stabilizatora elektroenergetskih sistema (PSS – „Power System Stabilizer”), kao osnovnog sredstva za prigušenje sporo promenljivih elektromehaničkih oscilacija. Za verifikaciju izložene metodologije korišćen je dinamički model elektroenergetskog sistema Srbije. Na njemu su identifikovani stabilni, ali slabo prigušeni modovi oscilacija, čije prigušenje na preporučene vrednosti je ostvareno ugradnjom tri stabilizatora elektroenergetskih sistema na adekvatno odabranim lokacijama. Razmatrana su dva karakteristična slučaja podešenja stabilizatora elektroenergetskih sistema. U prvom su korišćeni tipični parametri koji se preporučuju u literaturi, dok je za izbor parametara podešenja u drugom slučaju korišćena tehnika fazne kompenzacije.

Ključne reči: stabilnost elektroenergetskog sistema, mali i sporo promenljivi poremećaji, stabilizatori elektroenergetskog sistema

SMALL SIGNAL STABILITY ENHANCEMENT USING POWER SYSTEM STABILIZERS

Abstract:

In this paper, the small signal stability in electrical power systems is analyzed. Based on mathematical description of small-signal power system dynamic behavior, basic stability indices are derived (damping coefficient, damping ratio, participation factors, right and left eigenvectors etc.). Phase compensation method for tuning of Power System Stabilizers (PSSs), which are the main resources for damping of low-frequency electromechanical oscillations, is applied. For verification of described methodology, the dynamic model of Serbian power system is used. Stable and poorly damped modes of the oscillations are identified and damped to recommended values by installation of three new PSSs at adequately selected locations. Two characteristic cases of PSS's parameter settings are analyzed. In the first case, the default parameters from relevant references are used, while in the second one parameters are determined by using the phase compensation technique.

Key words: Power system stability, Small-signal disturbances, Power system stabilizers

Kontakt sa autorom preko elektronske adrese: vedranp@uns.ac.rs

NAPOMENA:

- a) Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada Vedrana Perića. Mentor je bio prof. dr Veran Vasić.
- b) Rad je prethodno publikovan u časopisu ELEKTROPRIVREDA, god.63, broj 3, 2010, str. 272-283.

1. UVOD

Kao i većina dinamičkih sistema, elektroenergetski sistem je nelinearan, sa velikim brojem dinamičkih promenljivih stanja. U savremenim uslovima u najmanje 20–30 % čvorova (u današnje vreme taj procenat se sve više povećava) priključeni su elementi sa dinamičkim karakteristikama: sinhrona mašina sa specifičnim regulacionim sistemima (pobudni sistem, regulacija odate snage turbine i drugi), dinamički potrošači (asinhroni i sinhroni motori) i drugi. Zavisno od vremenskog horizonta za koji se vrši analiza (suptranzijentni, tranzijentni, ili ustaljeni period), broj promenljivih stanja kojima se opisuju pojedinačni dinamički elementi je 2–20 (često i više). To znači da je ukupan broj promenljivih stanja, čak i za relativno male elektroenergetske sisteme, reda nekoliko hiljada. Zato se ponašanje elektroenergetskog sistema opisuje sistemom jednačina visokog reda, pri čemu algebarske jednačine definišu ograničenja bilansa snaga čvorova prenosno-distributivne mreže [1–3].

Savremeni upravljački regulacioni sistemi, koji se koriste u elektroenergetskim sistemima, zasnovani su na negativnoj povratnoj sprezi sa visokim vrednostima pojačanja, koja zbog svoje aktivne uloge u sistemu regulacije može izazvati oscilatorno ponašanje sistema. Nekontrolisani porast amplitude oscilacija (kao i dugotrajno neprigušeno oscilovanje) može u krajnjoj liniji dovesti do nestabilnosti, odnosno raspada čitavog elektroenergetskog sistema.

Tradicionalno, problemi ugaone stabilnosti elektroenergetskih sistema dele se na [1, 4]:

- stabilnost pri velikim poremećajima, ili Tranzijentna stabilnost („Transient Stability”) i
- stabilnost pri malim i/ili sporo promenljivim poremećajima („Small-Signal Stability”), koja odgovara stabilnosti u blizini izabranog stacionarnog ravnotežnog radnog stanja („Equilibrium Point”), prilikom pojave malih fluktuacija električnih i/ili mehaničkih promenljivih u elektroenergetskom sistemu (na primer, mehanički moment, referentni ulazi automatskih regulatora napona, referentni ulazi turbinskih regulatora i sl.).

U opštem slučaju, oscilacije između podistema nisu opasne ako dolazi do smanjenja njihovih amplituda tokom vremena. Međutim, pri malim promenama nije uvek lako identifikovati da li će doći do povećanja amplituda oscilacija tokom (dužeg) vremenskog perioda. Uobičajeno se smatra da ove oscilacije, čiji je frekventni opseg između 0,2 i 2 Hz, ne utiču na normalno funkcionisanje elektroenergetskog sistema, sve dok se njihova amplituda tokom vremena smanjuje i dok dužina trajanja oscilacija ne prelazi 15-ak sekundi [1–4]. Ovaj uslov opisuje se relativ-

nim faktorom prigušenja, koji za dobro prigušen elektroenergetski sistem iznosi najmanje 0,05.

U savremenim elektroenergetskim sistemima, standardno se primenjuju automatski sistemi regulacije napona (pobude), koji, između ostalog, imaju svoju ulogu i u sprečavanju gubitka sinhronizma mašina posle kvarova. Pri tome, brzi pobudni sistemi negativno deluju na prigušenje oscilacija u sistemu. Da bi se taj efekat ublažio, koriste se specijalni uređaji u sastavu sistema regulacije napona (pobude), koji se nazivaju stabilizatori elektroenergetskog sistema (PSS – „Power System Stabilizer”). Klasični PSS generišu superponirano dejstvo na pobudni sistem sinhronog generatora, čime se ostvaruje potreban dodatni moment prigušenja, da bi posle smirivanja oscilacija prestalo i dejstvo PSS, kako se ne bi uticalo na performanse naponske regulacije u stacionarnom stanju.

Oscilacije jednog, ili više generatora prema ostatku elektroenergetskog sistema predstavljaju lokalne („Intra-area”) modove oscilacija, dok oscilacije između različitih grupa generatora dovode do međusistemskih („Inter-area”) modova oscilacija.

U okviru problema stabilnosti elektroenergetskih sistema pri malim poremećajima, moguće je analizirati sledeće aspekte tog problema [1, 2, 5]:

- ocena elektromehaničke i naponske stabilnosti, kao i interakcije pojedinih upravljačkih podistema;
- identifikacija optimalnih generatora za postavljanje PSS;
- identifikacija optimalnog podešenja i karakteristika različitih vrsta regulisanih elemenata u sistemu (AVR, PSS, SVC, HVDC, FACTS, UPFC i drugi), kao i dizajniranje njihovog načina upravljanja (razmatrajući detaljne i uprošćene modele elemenata elektroenergetskih sistema);
- određivanje optimalnih čvorova za postavljanje statičkih kompenzatora reaktivne snage, u cilju prigušenja sistemskih oscilacija i prevencije naponske nestabilnosti;
- izbor upravljačkih petlji i kombinacije ulaznih signala koji najbolje koriste mogućnosti multivarijabilnih PSS;
- reakcija vremenskih odziva na promene referentnih ulaza regulatora i varijacije opterećenja u elektroenergetskom sistemu;
- analiza uticaja strukture i načina modelovanja potrošnje na probleme elektromehaničke i naponske stabilnosti elektroenergetskih sistema.

U skladu sa prethodnim u ovom radu je izvršena procena stabilnosti elektroenergetskog sistema pri malim poremećajima i identifikacija najboljih mašina – kandidata za postavljanje PSS, da bi se na kraju izvršilo i njihovo fino podešavanje.

Razmatrane su tri karakteristične konfiguracije elektroenergetskog sistema Srbije. Prvu (baznu) konfiguraciju predstavlja sistem bez ugrađenih PSS, što daje uvid u postojanje kritičnih modova oscilacija, odnosno oscilacija koje je potrebno prigušiti dodatnim akcijama. U drugoj konfiguraciji postavljena su tri PSS, sa tipičnim parametrima (zadanim na osnovu podataka iz referenci [1, 2]) i na adekvatno odabranim generatorima. U trećem slučaju, urađeno je fino podešavanje parametara PSS, metodom koji se bazira na faznoj kompenzaciji [2, 6].

Detaljnija analiza problema stabilnosti elektroenergetskog sistema pri malim poremećajima je neophodna iz više razloga: 1) praćenje pojave sa promenom uticajnih faktora (naročito topologije i radnog stanja sistema), 2) adekvatno podešavanje dinamičkog modela sistema za tranzijentnu analizu, 3) optimizacija broja i lokacija neophodnog broja stabilizatora, 4) analiza povećanog broja stabilizatora (u odnosu na minimalno potreban) na dinamičke performanse sistema, 5) optimizacija parametara stabilizatora u smislu maksimizacije efekata prigušenja i drugi.

Ovaj rad organizovan je na sledeći način. U poglavlju 2 ukratko su opisani osnovni pojmovi analize stabilnosti pri malim poremećajima. Modeli generatora, pobudnih sistema i stabilizatora elektroenergetskih sistema dati su u poglavlju 3. Četvrto poglavlje bavi se kriterijumima podešavanja PSS, dok je u 5. poglavlju detaljno opisan metod fazne kompenzacije za podešavanje parametara PSS. U 6. poglavlju izvršene su analize na primeru elektroenergetskog sistema Srbije, dok su u 7. poglavlju dati osnovni zaključci rada.

2. ANALIZA STABILNOSTI PRI MALIM POREMEĆAJIMA

Elektroenergetski sistemi su izrazito nelinearni dinamički sistemi, pa je za njihov matematički opis u različitim radnim uslovima neophodno korišćenje nelinearnih modela elemenata koji ih čine. Međutim, kod analize stabilnosti pri malim poremećajima ne dolazi do značajnog pomeranja radne tačke elektroenergetskog sistema, pa se ponašanje sistema u okolini početne stabilne radne tačke može aproksimovati linearizovanim modelom. To znači da se analiza stabilnosti pri malim poremećajima uobičajeno proučava primenom koncepcije linearizacije prostora stanja i analize zasnovane na matrici stanja sistema, kao i njenim sopstvenim vrednostima i sopstvenim vektorima. Takav pristup je primenjen u ovom radu.

Alternativan pristup može biti formiranje znatno složenijeg nelinearnog modela elektroenerget-

skog sistema, koji uključuje regulacione i zaštitne uređaje, a koji se rešava numeričkom integracijom u dovoljno dugom vremenskom periodu (reda nekoliko desetina sekundi). Ovakav pristup je modelski i numerički znatno zahtevniji i nije bio tema ovog rada.

U ovom radu su modelovane pojedine nelinearnosti regulacionih sistema, na nivou koji je neophodan u tranzijentnoj analizi. Takav model je linearizovan u aktuelnoj radnoj tački, kako bi se mogao primeniti opisani metod zasnovan na sopstvenim vrednostima i sopstvenim vektorima.

2.1 Linearizacija modela i njegova analiza

Model elektroenergetskog sistema se na standardan način može prikazati u formi prostora stanja [1, jednačine (12.3) i (12.4)]:

$$\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{f}(\mathbf{x}, \mathbf{u}, t); \quad \mathbf{x}(t_0) = \mathbf{x}_0; \quad (1)$$

$$\mathbf{y} = \mathbf{g}(\mathbf{x}, \mathbf{u}, t) \quad (2)$$

gde $\mathbf{x}$ označava vektor promenljivih stanja, $\mathbf{u}$ vektor upravljanja, a $\mathbf{y}$ vektor izlaza dinamičkog sistema, dok je t vremenska koordinata. U jednačinama (1) i (2) ne figuriše vektor poremećaja ($\mathbf{z}$), pošto nema uticaja na problem koji se analizira.

Proračun tokova snaga jednoznačno određuje vrednosti elemenata vektora upravljanja ($\mathbf{u}$). U stacionarnom stanju važi $\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{0}$, pa se izjednačavanjem leve strane jednačine (1) sa nulom, dobija ravnotežna radna tačka („*Equilibrium point*”) elektroenergetskog sistema.

Razvojem jednačina (1) i (2) u Tejlorov red oko definisane ravnotežne tačke dobija se linearizovani model, koji se dalje koristi za analizu stabilnosti elektroenergetskih sistema pri malim poremećajima [1, jednačine (12.8) i (12.9)]:

$$\Delta \dot{\mathbf{x}} = \mathbf{A} \Delta \mathbf{x} + \mathbf{B} \Delta \mathbf{u}; \quad \Delta \mathbf{x}(t_0) = \Delta \mathbf{x}_0 \quad (3)$$

$$\Delta \mathbf{y} = \mathbf{C} \Delta \mathbf{x} + \mathbf{D} \Delta \mathbf{u} \quad (4)$$

Sopstvene vrednosti matrice sistema ($\mathbf{A}$), u opštem slučaju su konjugovano-kompleksni parovi, koji predstavljaju polove sistema, date kao [1, 7]

$$\lambda_i = \sigma_i \pm j\omega_i \quad (5)$$

gde su:

$\sigma_i = -\xi_i \omega_{ni}$ – koeficijent prigušenja („*Damping Coefficient*”) i -tog moda oscilacija, u (1/s);

$\omega_i = \omega_{ni} \sqrt{1 - \xi_i^2}$ – kružna učestanost oscilacija („*Frequency of Oscillations*”) i -tog moda, u (rad/s);

$\xi_i = \frac{-\sigma_i}{\sqrt{\sigma_i^2 + \omega_i^2}} = -\cos[\arg(\lambda_i)]$ – relativni faktor prigušenja („*Damping Ratio*”) i -tog moda oscilacija;

ω_{ni} – neprigušena prirodna učestanost („*Undamped Natural Frequency*”) i -tog moda oscilacija, u (rad/s);

$f_i = \frac{\omega_i}{2\pi}$ – učestanost oscilacija, u (Hz).

Sopstvene vrednosti mogu biti realne, ili konjugovano-kompleksne, gde:

- realne sopstvene vrednosti odgovaraju – modovima sa eksponencijalnim vremenskim odzivom;
- konjugovano-kompleksne sopstvene vrednosti odgovaraju oscilatornim modovima.

Ukoliko je realni deo sopstvene vrednosti, odnosno koeficijent prigušenja (σ_i) negativan, komponenta prelaznog procesa će imati prigušen karakter, tj. posmatrani mod oscilacija biće statički stabilan, dok će za pozitivnu vrednost σ_i pojava imati rastuću amplitudu u vremenu, što označava statičku nestabilnost elektroenergetskog sistema.

Kao što je ranije rečeno, ukoliko su vrednosti relativnog faktora prigušenja (ξ_i) svih polova veće od 0,05, može se smatrati da su oscilacije u elektroenergetskom sistemu dobro prigušene.

Uticaj svake od promenljivih stanja elektroenergetskog sistema u pojedinačnom modu oscilacija određen je levim i desnim sopstvenim vektorima. *Desni sopstveni vektor* (ϕ_i) opisuje relativnu vrednost svake promenljive stanja, kada je pobuđen samo i -ti mod oscilacija, dok *levi sopstveni vektor* (ψ_i) daje učešće svake od promenljivih stanja u posmatranom modu oscilacija.

Iako sopstveni vektori omogućavaju jasan uvid u prirodu dinamičke pojave, kod njihove primene javljaju se dva osnovna problema.

Prvi problem vezan je za numeričku efikasnost proračuna sopstvenih vektora. Kako je dimenzionalnost kompletnog dinamičkog modela elektroenergetskog sistema obično vrlo velika (na primer, reda 1 000 promenljivih stanja u elektroenergetskom sistemu Srbije – videti rezultate prikazane u tabeli 3), primena klasičnih postupaka za proračun sopstvenih vektora (poput QR faktorizacije i sličnih postupaka)

praktično je neizvodljiva. Iz ovih razloga, razvijeni su specijalizovani algoritmi za sisteme velikih dimenzija, koji pored čisto matematičkog pristupa koriste inženjersku logiku i iskustvo za ubrzavanje procesa proračuna. Neki od najčešće korišćenih algoritama su AEPSOS [8, 9], SSSP [10], Arnoldi metod [1], algoritam inverznih implicitnih iteracija [9] itd.

Drugi problem koji se javlja prilikom korišćenja sopstvenih vektora jeste izražena numerička neuravnoteženost elemenata u jednačinama (tzv. *Stiff Equations*), što je posledica različite prirode promenljivih stanja, kao i korišćenih fizičkih jedinica. Jedno od rešenja ovog problema je primena *faktora učešća*.

Faktor učešća može se definisati kao mera osetljivosti (relativnog uticaja) i -te sopstvene vrednosti na dijagonalne elemente matrice stanja sistema (A), odnosno na k -tu promenljivu stanja (x_k) (pri čemu važi i obrnuta definicija) [1]

$$p_{ki} = \frac{\partial \lambda_i}{\partial A_{kk}} = \frac{\phi_{ki} \psi_{ik}}{\phi_i \psi_i} \quad (6)$$

gde je A_{kk} dijagonalni element matrice stanja sistema (A), na poziciji kk .

Dakle, u opštem slučaju, faktor učešća p_{ki} mera je uticaja k -te promenljive stanja (x_k) na i -tu sopstvenu vrednost (i -ti mod oscilacija).

Sopstveni vektor može se proizvoljno skalirati, čime se dobija novi sopstveni vektor. Ova osobina može se iskoristiti da se izabere takvo skaliranje koje pojednostavljuje korišćenje faktora učešća.

Na primer, ako se izabere takvo skaliranje da važi jednakost $\phi_i \psi_i$; $i = 1, 2, \dots, n$ i uvažavajući činje-

nicu da je $\sum_{k=1}^n \phi_{ki} \psi_{ik} = \phi_i \psi_i$, sleduje da je suma svih

faktora učešća, vezanih sa nekim modom oscilacija, ili sa bilo kojom promenljivom stanja, jednaka 1. Drugim rečima, važe sledeće relacije:

$$\sum_{k=1}^n p_{ki} = 1 \quad (7)$$

$$\sum_{k=1}^n p_{ik} = 1 \quad (8)$$

Ovako definisani faktori učešća određuju i matricu faktora učešća, koja se definiše kao

$$P = [p_1 \ p_2 \ p_3 \ \dots \ p_n] \quad (9)$$

gde se pojedini vektori definišu kao

$$\mathbf{p}_i = \begin{bmatrix} p_{1i} \\ \vdots \\ p_{ki} \\ \vdots \\ p_{ni} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \phi_{1i}\psi_{i1} \\ \vdots \\ \phi_{ki}\psi_{ik} \\ \vdots \\ \phi_{ni}\psi_{in} \end{bmatrix} \quad (10)$$

U jednačini (10) ϕ_{ki} i ψ_{ik} su k -ti elementi desnog i levog sopstvenog vektora, koji odgovaraju i -tom modu oscilacija, respektivno.

Posle identifikacije neprigušenih oscilacija, faktori učešća (p_{ki}) jasno govore koje su promenljive stanja (k) odgovorne za prigušenje i -tog razmatranog moda oscilacija. Ova činjenica je od izuzetnog značaja, jer identifikuje generatore koji su najbolji kandidati za ugrađivanje elementa za prigušenje oscilacija, kao što je PSS [5, 11].

3. OSNOVNI MODELI

Pojava elektromehaničkih oscilacija u sistemu je pre svega određena dinamičkim karakteristikama proizvodnog podsistema elektroenergetskog sistema [12] koji se u ovom slučaju sastoji od hidroelektrana i klasičnih termoelektrana sa parnim ciklusom. Matematički model elektrane formiran je spajanjem modela turbine, generatora i pratećih pobudnih sistema. Zato posebnu pažnju treba posvetiti adekvatnom modelovanju tih elemenata. Pored tog osnovnog uticaja, elektromehaničke oscilacije su određene topološkom strukturom elektroenergetskog sistema i operativnim stanjem u kome se si-

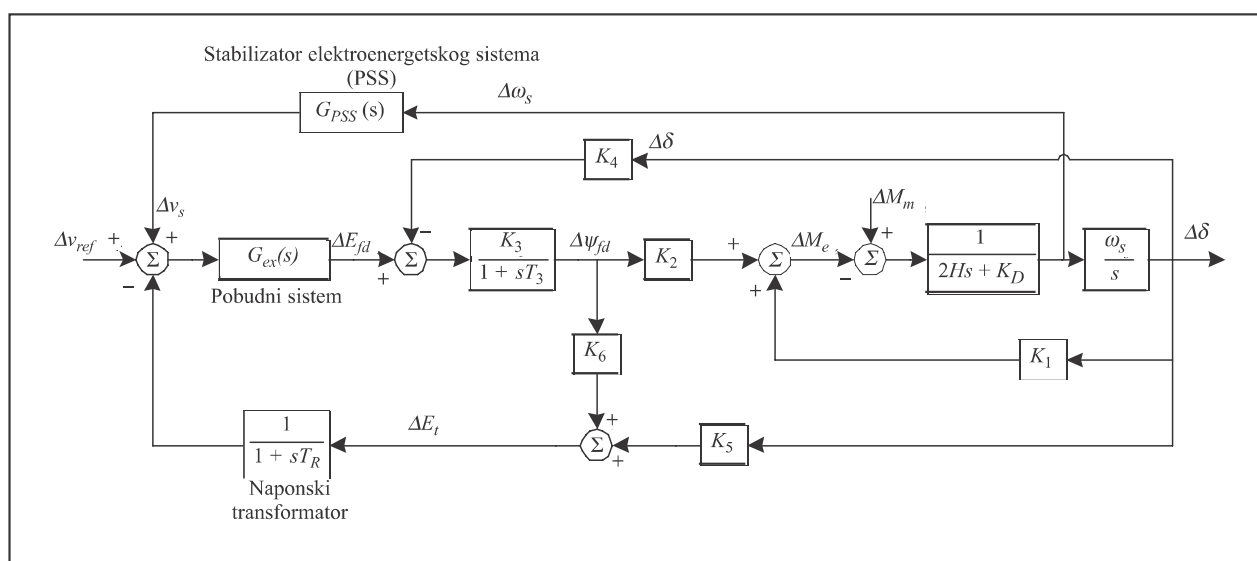
stem nalazi (određuje linearizacione koeficijente K u modelu sinhronog generatora sa slike 1).

U ovom poglavlju opisani su linearizovani modeli sinhronne mašine, pobudnih sistema sa stabilizatorima elektroenergetskih sistema i modeli turbin-skih regulatora sa turbinama. Model sinhronne mašine je ovde opisan u kompleksnom domenu tzv. K i T konstantama, odnosno pojačanjima i vremenskim kašnjenjima funkcije prenosa. Prednost ovako definisanog modela ogleda se u mogućnosti jednostavnog uključivanja efekata PSS, čiji je model takođe opisan u nastavku.

3.1. Sinhroni generatori

U cilju izvođenja linearizovanog modela sinhronog generatora polazi se od redukovano modela, sa tzv. elektromotornom silom iza tranzijentne reaktanse [14]. Linearizovani model (opisan K i T konstantama) obrađivan je u brojnoj literaturi (na primer, [1–3, 13]), u kojoj se mogu pronaći egzaktni izrazi za proračun pojedinih parametara modela. Blok-dijagram modela za opisivanje elektrodinamičkih pojava sa uključenim modelom pobudnog sistema i PSS prikazan je na slici 1 [1, slika 12.13]. Ovaj model poslužio je kao osnova za razvoj PSS/E programskog paketa (videti ref. [13, slika 15.15]). Pošto se radi o dobro poznatom modelu, neće se detaljnije objašnjavati njegove komponente.

Jedan od važnih aspekata o kojem se mora voditi računa prilikom proračuna parametara sinhronog generatora jeste nelinearnost modela usled zasićenja magnetnog kola. Kako je model izveden linearizacijom oko ravnotežne tačke, umesto kataloških



Slika 1. Blok-dijagram modela sinhronog generatora (zajedno sa modelima pobudnog sistema i stabilizatorom elektroenergetskog sistema)

vrednosti induktivnosti potrebno je uvrstiti priraštaje odgovarajućih induktivnosti, koje se po pravilu dosta razlikuju od nezasićenih vrednosti odgovarajućih induktivnosti [1, 13].

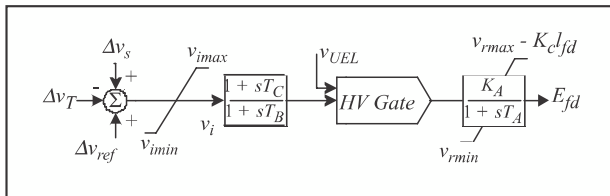
3.2. Pobudni sistemi sinhronih generatora

Iako u praksi postoji veliki broj različitih tipova pobudnih sistema, za potrebe modelovanja u analizama stabilnosti najčešće se koriste standardizovani modeli, koji se mogu naći u IEEE preporukama iz 2006. godine [15]. U ovim preporukama nalazi se 19 različitih modela, koji su podeljeni u 3 uobičajene kategorije:

- jednosmerni (DC) pobudni sistemi (4 tipa),
- naizmenični (AC) pobudni sistemi (8 tipova),
- statički (ST) pobudni sistemi (7 tipova).

Opisani modeli su adekvatni za modelovanje pojava čija učestanost oscilovanja nije veća od 3 Hz, pri čemu sistemska učestanost ostaje u opsegu od $\pm 5\%$, što znači da u potpunosti ispunjavaju zahteve analize stabilnosti pri malim poremećajima. Druga važna karakteristika opisanih modela jeste da se oni relativno jednostavno prevode u potpuno linearnu formu, što se može videti iz primera za model tipa AC4A, koji je prikazan na slici 2.

U elektroenergetskom sistemu Srbije nalazi se više različitih modela pobudnih sistema sinhronih generatora, u skladu sa pregledom datim u tabeli 2. Za njihove detalje čitaoci se upućuju na reference [1, 3, 13].



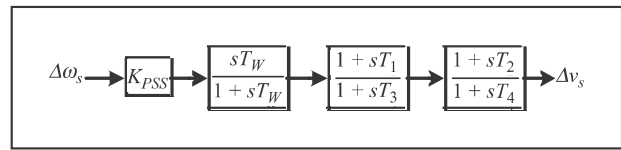
Slika 2. Primer modela pobudnog sistema (tip AC4A)

3.3. Stabilizatori elektroenergetskih sistema

Standardno korišćeni modeli PSS mogu se naći u IEEE preporukama [15], gde su opisana četiri standardna tipa.

Uz uvažavanje pretpostavki da je odstupanje brzine rotora u odnosu na sinhronu brzinu ($\Delta\omega_s$) jedini korišćeni ulazni signal i da se uticaj visokofrekventnih torzionih oscilacija može zanemariti, svi standardni modeli se praktično mogu predstaviti modelom koji je prikazan na slici 3.

Prvi blok u modelu PSS predstavlja pojačanje. Drugi blok je diferencijalni član (tzv. *Washout*), čija je svrha da obezbedi nulti izlaz čitavog PSS u staci-

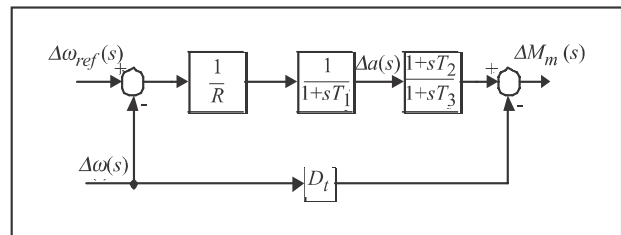


Slika 3. Standardni model stabilizatora elektroenergetskog sistema

onarnom stanju, kako se ne bi uticalo na karakteristike pobudnog kola mašine u stacionarnom stanju. Dva preostala bloka čine fazni kompenzator, pri čemu se podešavanjem vremenskih konstanti T_1 - T_4 unosi zahtevani fazni pomeraj u funkciju prenosa PSS ($G_{PSS}(s)$ na slici 1). Tipična pretpostavka je da su blokovi fazne kompenzacije jednaki (T_1 - T_2 i T_3 - T_4), što je korišćeno u ovom radu kao osnova za njihovo podešavanje.

3.4. Model turbinskog regulatora sa turbinom

Dinamički uticaj turbina (parnih i hidrauličkih) i turbinskih regulatora je uvažen u prikazanim analizama upotrebom tri različita modela čiji se detaljan opis može naći u referencama [1,3,13] tako da se ovde daje samo jedan model parne turbine sa regulatorom (TGOV1) koji je pored ostala dva modela (IEEEG1 i IEEEG3) korišćen u ovom radu.



Slika 4. Model turbinskog regulatora i turbine

Ulazi u turbinski regulator su referentna i merena vrednost brzine dok je izlaz iz turbine mehanički moment (snaga) koji se dovodi na vratilo sinhronog generatora. Ovaj izlaz je povezan sa modelom sinhronog generatora sa slike 1 preko ulaza koji je označen sa ΔM_m , dok je za merenu brzinu uzeta promenljiva koja je na slici 1 označena sa $\Delta\omega_s$.

4. PRINCIPI PODEŠAVANJA STABILIZATORA ELEKTROENERGETSKOG SISTEMA

PSS su u širokoj upotrebi već dugi niz godina i predstavljaju ekonomičan i efikasan resurs za prigušenje elektromehaničkih oscilacija u elektroenergetskim sistemima.

Osnovna ideja primene PSS jeste uvođenje superponiranog dejstva u regulacionu petlju napona

(videti sliku 1). Ovo se ostvaruje dodavanjem signala Δv_s , koji se dobija kao izlaz iz PSS, na referentni signal regulatora pobude (Δv_{ref}). Blok-dijagram sinhronog generatora sa pobudnim sistemom i PSS prikazan je na slici 1, pri čemu modeli pobudnog sistema i PSS mogu biti u skladu sa razmatranjima u tačkama 3.2 i 3.3, respektivno.

Da bi izlazni signal iz PSS (Δv_s) zaista doprinosio prigušenju kritičnog moda oscilacija, potrebno je da funkcija prenosa od $\Delta \omega_s$ do električnog momenta ΔM_e , za posmatranu učestanost, ima nulti fazni pomeraj. Kako bi se došlo do eksplicitnog izraza za

funkciju prenosa $\frac{\Delta M_e(s)}{\Delta \omega_s(s)}$, polazi se od modela

prikazanog na slici 1, pri čemu nije potrebno u obzir uzeti uticaj sprege koja daje zavisnost promene momenta (ΔM_e) od ugla opterećenja ($\Delta \delta$).

Izražavajući promenu fluksa po d -osi ($\Delta \psi_{fd}$) u zavisnosti od Δv_s , na osnovu slike 1, dobija se [1, jednačina (12.142)]:

$$\Delta \psi_{fd}(s) = \frac{K_3 G_{ex}(s)}{1+sT_3} \left[-\frac{K_6}{1+sT_R} \Delta \psi_{fd}(s) + \Delta v_s(s) \right] \quad (11)$$

Posle preuređivanja, može se napisati i izraz za funkciju prenosa od Δv_s do $\Delta \psi_{fd}$ kao

$$\frac{\Delta \psi_{fd}(s)}{\Delta v_s(s)} = \frac{K_3 K_6 G_{ex}(s)(1+sT_R)}{(1+sT_3)(1+sT_R) + K_3 K_6 G_{ex}(s)} \quad (12)$$

Sada se može odrediti funkcija prenosa od Δv_s do električnog momenta mašine (ΔM_e), a konačno i funkcija prenosa od $\Delta \omega_s$ do ΔM_e , respektivno

$$\frac{\Delta M_e(s)}{\Delta v(s)} = K_2 \frac{K_3 K_6 G_{ex}(s)(1+sT_R)}{(1+sT_3)(1+sT_R) + K_3 K_6 G_{ex}(s)} \quad (13)$$

$$\frac{\Delta M_e(s)}{\Delta \omega_s(s)} = G_{PSS}(s) K_2 \frac{K_3 K_6 G_{ex}(s)(1+sT_R)}{(1+sT_3)(1+sT_R) + K_3 K_6 G_{ex}(s)} \quad (14)$$

Izraz (13) govori o tome kakav će uticaj na električni moment mašine (ΔM_e) imati izlaz iz PSS (Δv_s). Da bi se dobio čisto prigušni efekat, potrebno je da funkcija prenosa (14) na kritičnoj učestanosti bude čisto realan i pozitivan broj. Taj zahtev se postiže tako što se za funkciju prenosa PSS bira funkcija koja po apsolutnoj vrednosti unosi identičan fazni pomak kao i funkcija prenosa (12), ali sa suprotnim znakom.

5. METOD FAZNE KOMPENZACIJE

U prethodnom poglavlju definisani su osnovni principi i kriterijumi za kvalitetno podešavanje PSS. Proces podešavanja predstavlja određivanje vrednosti nepoznatih parametara PSS (K_{PSS} , T_W , T_1 - T_4 , odnosno uz uvedenu pretpostavku jednakosti dva blo-

ka modela PSS sa slike 3: K_{PSS} , T_W , T_1 i T_3), koji na najbolji način ispunjavaju postavljene kriterijume.

U literaturi se može naći više pristupa za rešavanje ovog, u principu optimizacionog problema. Neki od najčešće korišćenih pristupa zasnovani su na teoriji optimalnih regulatora [11], korišćenju robusnih algoritama [16], „fuzzy” logici [17], veštačkim neuralnim mrežama [18] itd.

U ovom radu korišćen je jedan relativno jednostavan, ali efikasan metod, koji se bazira na teoriji o projektovanju kompenzatora [19]. Za primenu ovog metoda potrebno je najpre odrediti željeni fazni pomeraj PSS (φ) pri kritičnoj učestanosti oscilacija (ω_K), koja se želi prigušiti. Pretpostavljeni opšti oblik funkcije prenosa PSS, koji odgovara modelu PSS sa slike 3, dat je sledećim izrazom:

$$G_{PSS}(s) = K_{PSS} \frac{sT_W}{1+sT_W} \left(\frac{1+sT_1}{1+sT_3} \right)^m \quad (15)$$

gde m predstavlja broj kompenzacionih blokova (na slici 3 postoje dva takva bloka). Procedura za proračun parametara PSS data je sledećim jednačinama [19]:

$$T_1 = \frac{1}{\omega_K \sqrt{a}} \quad (16)$$

$$T_3 = aT_1 \quad (17)$$

gde je:

$$a = \frac{1 - \sin(\frac{\varphi}{m})}{1 + \sin(\frac{\varphi}{m})} \quad (18)$$

Vremenska konstanta diferencijalnog člana sa slike 3 (T_W) bira se tako da bude u opsegu 3–10 s [20]. Za određivanje pojačanja (K_{PSS}) potrebno je prvo odrediti vrednost kritičnog pojačanja (K_{PSS}^*). Ova veličina predstavlja vrednost pojačanja K_{PSS} pri kojoj čitav elektroenergetski sistem postaje nestabilan. U praksi se za K_{PSS} usvaja vrednost koja iznosi

$$\text{oko } \frac{1}{3} K_{PSS}^* \quad [2].$$

6. PRIMENA

Kao test-primer za analizu stabilnosti usled malih poremećaja korišćen je matematički model elektroenergetskog sistema Srbije. Osnovne sumarne karakteristike sistema i radne tačke u kojoj je izvršena linearizacija sistema date su tabeli 1. U tabeli 2 dat je pregled korišćenih dinamičkih modela po pojedinim elektranama, dok je u tabeli 3 dat pregled broja promenljivih stanja po dinamičkim modelima i ukupno za čitav elektroenergetski sistem Srbije. Susjedni elektroenergetski sistemi modelovani su kao mreže beskonačne snage u tačkama povezivanja.

Tabela 1.

Sumarne karakteristike matematičkog modela elektroenergetskog sistema Srbije za dinamičke pojave

Parametri sistema	Vrednosti
Broj čvorova	459
Broj grana	607
Broj sinhronih generatora	75
Ukupna instalisana snaga (MVA)	9 493
Broj potrošačkih čvorova	280
Ukupna potrošnja aktivne snage (MW)	7 666
Ukupna potrošnja reaktivne snage (Mvar)	2 295

Tabela 2.

Korišćeni dinamički modeli elemenata elektroenergetskog sistema Srbije

Redni broj	Elektrana	Generator	Model generatora	Model pobudnog sistema	Model turbine
1–6	HE Đerdap 1	G1-G6	GENSAL	ESAC4A	IEEEG3
7, 8	TE Drmno	G1,G2	GENROU	ESST2A	IEEEG1
9–14	TE TENT A	G1-G6	GENROU	ESAC4A	IEEEG1
15, 16	TENT B	G1,G2	GENROU	ESST1A	IEEEG1
17, 18	TE Kosovo B	G1,G2	GENROU	ESAC4A	IEEEG1
19–22	HE Bajina Bašta	G1-G4	GENSAL	ESAC4A	IEEEG3
23, 24	RHE Bajina Bašta	G1,G2	GENSAL	ESAC4A	IEEEG3
25, 26	HE Bistrica	G1,G2	GENSAL	ESDC1A	IEEEG3
27	TE Kosovo A	G1	GENROU	ESDC1A	IEEEG1
28–31	TE Kosovo A	G2-G5	GENROU	ESAC1A	IEEEG1
32, 33	TE Kostolac	G1,G2	GENROU	IEEET1	TGOV1
34, 35	HE Kokin Brod	G1,G2	GENSAL	ESAC1A	IEEEG3
36, 37	HE Potpeć	G2,G3	GENSAL	ESAC1A	IEEEG3
38	HE Uvac	G1	GENSAL	ESAC4A	IEEEG3
39–42	HE Zvornik	G1-G4	GENSAL	IEEET1	IEEEG3
43–47	TE Kolubara	G1-G5	GENROU	IEEET1	TGOV1
48	TE Morava	G1	GENROU	ESAC1A	TGOV1
49–58	HE Đerdap 2	G1-G10	GENSAL	ESAC4A	IEEEG3
59, 60	HE Pirot	G1,G2	GENSAL	ESST2A	IEEEG3
61–64	HE Vrla I	G1-G4	GENSAL	IEEET1	IEEEG3
65, 66	HE Vrla II	G1,G2	GENSAL	IEEET1	IEEEG3
67, 68	HE Vrla III	G1,G2	GENSAL	IEEET1	IEEEG3
69, 70	TE Gazivode	G1,G2	GENSAL	IEEET1	IEEEG3
71, 72	TE-TO Beograd	G1,G2	GENROU	ESAC1A	TGOV1
73, 74	TE-TO Novi Sad	G1,G2	GENROU	ESAC4A	TGOV1
75	TE-TO Zrenjanin	G1	GENROU	ESAC1A	TGOV1

Tabela 3.

Pregled broja promenljivih stanja po dinamičkim modelima i ukupno za čitav elektroenergetski sistem Srbije

Dinamički element	Tip modela	Ukupan broj dinamičkih elemenata u sistemu	Broj promenljivih stanja	Ukupan broj promenljivih stanja
Generatori	GENSAL	45	5	225
	GENROU	30	6	180
Pobudni sistemi	ESDC1A	3	5	15
	IEEET1	21	4	84
	ESAC1A	13	5	65
	ESAC4A	32	3	96
	ESST1A	2	5	10
	ESST2A	4	4	16
Turbine	IEEEG1	17	6	102
	IEEEG3	45	4	176
	TGOV1	13	2	26
Ukupan broj promenljivih stanja				999

U elektroenergetskom sistemu Jugoslavije (čiji je deo bio i elektroenergetski sistem Srbije), zbog njegove nedovoljne izgrađenosti, još sedamdesetih godina prošlog veka došlo je do pojave sporih elektrodinamičkih oscilacija. Taj problem je tada uspešno rešen (eksperimentalnim putem) uvođenjem odgovarajuće povratne sprege u sistem regulacije pobude (prvo u HE „Đerdap 1”, a zatim i u druge elektrane), čime se upravo ostvaruje funkcija stabilizatora elektroenergetskog sistema [12].

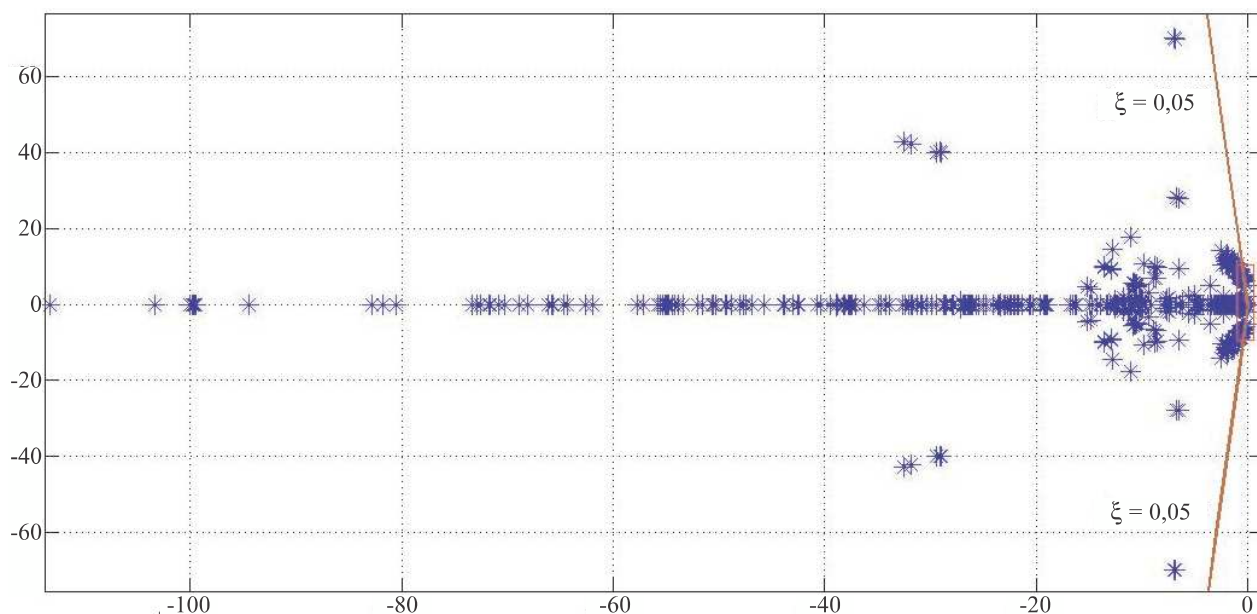
U okviru obavljenih analiza razmatrane su tri karakteristične konfiguracije elektroenergetskog sistema. Prva konfiguracija, koja određuje relevantne dinamičke karakteristike sistema, dobija se analizom matematičkog modela elektroenergetskog sistema bez postavljenih PSS. Drugi i treći test-slučaj razmatraju uticaj tri postavljena PSS, kao i uticaj različitih podešenja parametara PSS, respektivno.

6.1 Sistem bez stabilizatora elektroenergetskih sistema

Linearizacijom modela elektroenergetskog sistema dobijena je 999-dimenziona kvadratna matrica sistema (A), za koju su proračunate sopstvene vrednosti (polovi sistema). Položaj proračunatih polova u kompleksnoj ravni prikazan je na slici 5.

Na slici 5 označene su dve prave, koje odgovaraju preporučenom relativnom faktoru prigušenja od $\xi = 0,05$, što ujedno predstavlja i uobičajeni kriterijum dobro prigušenog sistema (za dobro prigušen sistem svi polovi su smešteni s leve strane ovih pravih).

Na slici 6 prikazan je uvećan detalj slike 5, koji pokazuje da je elektroenergetski sistem Srbije sta-



Slika 5. Sopstvene vrednosti (polovi sistema) u kompleksnoj ravni elektroenergetskog sistema Srbije za bazni slučaj (bez postavljenih stabilizatora elektroenergetskih sistema)

bilan (u smislu linearizovane analize pri malim poremećajima), odnosno svi polovi imaju koeficijente prigušenja manje od nule.

Takođe, na slikama 5 i 6 prikazan je položaj dva para konjugovano-kompleksnih polova koji su slabo prigušeni u elektroenergetskom sistemu Srbije bez ugrađenih PSS (desno od pravih koje označavaju relativni faktor prigušenja od $\xi = 0,05$), a koje je potrebno dodatno prigušiti postavljanjem PSS koji pomeraju kritične polove u levu stranu. Ovi modovi oscilacija su elektromehaničke prirode i odnose se pre svega na interne promenljive stanja sinhronih generatora. Osnovni podaci o njima prikazani su u tabeli 4, dok su u tabeli 5 prikazani odgovarajući faktori učešća. Radi bolje preglednosti faktori učešća su skalirani tako da dominantna promenljiva uvek ima vrednost faktora učešća jednaku jedinici [za ovakvu vrstu skaliranja ne važe jednačine (7) i (8)].

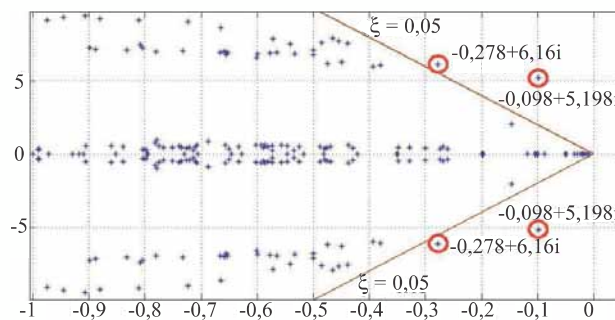
Analizom rezultata iz tabele 5 može se zaključiti da su oba nedovoljno prigušena moda oscilacija lokalnog karaktera („Intra-Area Oscillations”). Mod 1 je oscilacija koja se manifestuje u hidroelek-

Tabela 4.

Nedovoljno prigušeni modovi oscilacija (elektroenergetski sistem Srbije bez postavljenih stabilizatora elektroenergetskih sistema)

	Mod 1	Mod 2
Realni deo (σ) (1/s)	- 0,278	- 0,098
Imaginarni deo (ω) (rad/s)	6,160	5,198
Učestanost (Hz)	0,980	0,827
Relativni faktor prigušenja	0,045	0,019

trani „Đerdap 1”, dok se mod 2 pojavljuje isključivo u hidroelektrani „Đerdap 2”.



Slika 6. Detalj prikaza sopstvenih vrednosti (polova sistema) u kompleksnoj ravni elektroenergetskog sistema Srbije za bazni slučaj (bez postavljenih stabilizatora elektroenergetskih sistema)

6.2. Sistem sa tri stabilizatora elektroenergetskih sistema (tipični parametri)

Analizom faktora učešća za bazni slučaj (tabela 5), može se zaključiti da za prigušenje moda 1 postoji više potencijalnih lokacija za postavljanje PSS na generatorima u hidroelektrani „Đerdap 1” (praktično svi generatori), pošto svi oni imaju relativno slične vrednosti faktora učešća. Sličan zaključak važi i za mod 2, na koji dominantan uticaj imaju generatori u hidroelektrani „Đerdap 2”. Ova činjenica omogućuje izbor lokacije koja će ne samo bolje prigušiti definisani mod nego imati i pozitivan efekat na veći broj modova na koje ima uticaj razmatrana lokacija. Ako se teži da se stabilnost elektroenergetskog

Tabela 5.

Faktori učešća dva nedovoljno prigušena moda oscilacija iz tabele 4

Mod 1										
Hidroelektrana	Đerdap 1	Đerdap 1	Đerdap 1	Đerdap 1	Đerdap 1	Đerdap 1	Đerdap 1	Đerdap 1	Đerdap 1	Đerdap 1
Generator	G5	G6	G5	G6	G4	G4	G3	G3	G2	G1
Faktor učešća	1	0,999 8	0,971 4	0,971 3	0,964 5	0,937 0	0,885 2	0,859 6	0,857 1	0,856 8
Promenljiva stanja	$\Delta\delta$	$\Delta\delta$	$\Delta\omega_s$	$\Delta\delta$	$\Delta\delta$	$\Delta\delta$	$\Delta\delta$	$\Delta\omega_s$	$\Delta\delta$	$\Delta\delta$
Mod 2										
Hidroelektrana	Đerdap 2	Đerdap 2	Đerdap 2	Đerdap 2	Đerdap 2	Đerdap 2	Đerdap 2	Đerdap 2	Đerdap 2	Đerdap 2
Generator	G7	G8	G9	G10	G5	G6	G4	G3	G1	G2
Faktor učešća	1	0,999 7	0,999 5	0,999 4	0,999 4	0,999 3	0,999 2	0,999 2	0,999 1	0,998 8
Promenljiva stanja	$\Delta\delta$	$\Delta\delta$	$\Delta\delta$	$\Delta\delta$	$\Delta\delta$	$\Delta\delta$	$\Delta\delta$	$\Delta\delta$	$\Delta\delta$	$\Delta\delta$

sistema postigne sa što manje PSS, pretpostaviće se da se u hidroelektrani „Đerdap 1” postavlja PSS samo na generatoru G5 (sa faktorom učešća 1) i u hidroelektrani „Đerdap 2” na generatorima G7 i G8 (sa faktorima učešća bliskim 1). U ovom slučaju parametri sva tri novopostavljena PSS jednaki su i odgovaraju tipičnim vrednostima parametara koji se mogu naći u literaturi (na primer [1, 2]). Usvojene vrednosti parametara prikazane su u tabeli 6.

Tabela 6.

Parametri postavljenih stabilizatora elektroenergetskih sistema (tipične vrednosti)

Parametar	K_{PSS}	T_W (s)	T_1 (s)	T_3 (s)	T_2 (s)	T_4 (s)
Vrednost	60	3	0,25	0,05	0,25	0,05

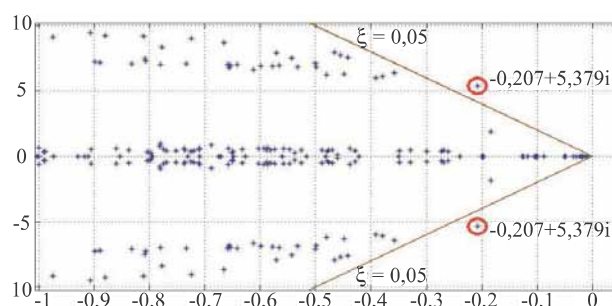
Kao rezultat delovanja PSS, došlo je do boljeg prigušenja analiziranih modova, ali ne u dovoljnoj meri, odnosno jedan par konjugovano-kompleksnih polova ostao je s desne strane pravih željenog prigušenja, što je ilustrovano na detalju prikaza kompleksne ravni na slici 7.

Iako analizirani modovi oscilacija nisu još uvek zadovoljavajuće prigušeni (relativni faktor prigušenja je i dalje manji od 0,05), dodavanjem PSS ostvareno je njihovo dodatno prigušenje (nova vrednost relativnog faktora prigušenja jedinog slabo prigušenog moda iznosi 0,038, što je znatno više od početne vrednosti koja je iznosila 0,019). Podaci o preostalom nedovoljno prigušenom modu prikazani su u tabeli 7.

Tabela 7.

Podaci o nedovoljno prigušenom modu (slučaj stabilizatora elektroenergetskih sistema sa tipičnim parametrima)

Realni deo (σ) (1/s)	Imaginarni deo (ω) (rad/s)	Učestanost (Hz)	Relativni faktor prigušenja
-0,207	5,379	0,856	0,038



Slika 7. Detalj prikaza sopstvenih vrednosti (polova sistema) u kompleksnoj ravni elektroenergetskog sistema Srbije za slučaj tipičnih vrednosti parametara tri postavljena stabilizatora elektroenergetskih sistema

6.3. Sistem sa tri stabilizatora elektroenergetskih sistema (optimalno izabrani parametri)

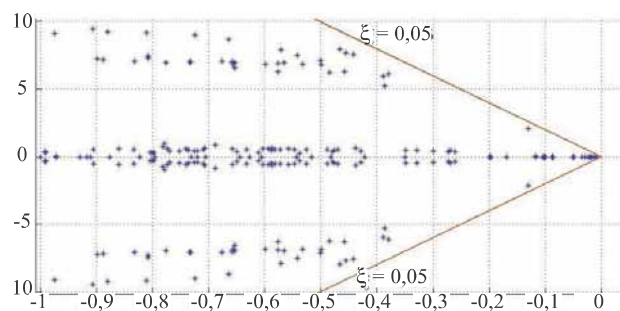
U ovom poglavlju, za podešavanje tri postavljena PSS, primenjen je metod fazne kompenzacije (opisan u poglavlju 5). Zamenom odgovarajućih vrednosti [učestanosti kritičnih modova (ω_K) i potrebne fazne kompenzacije (φ)] u jednačine (16)–(18) dobijeni su optimalni parametri podešavanja PSS, koji su dati u tabeli 8.

Tabela 8.

Optimalni parametri postavljenih stabilizatora elektroenergetskih sistema (dobijeni metodom fazne kompenzacije)

Parametri	Đerdap 1 (G5)	Đerdap 2 (G7 i G8)
K_{PSS}	50,000	50,000
T_W (s)	10,000	10,000
T_1 (s)	0,356	0,333
T_2 (s)	0,076	0,113
T_3 (s)	0,356	0,333
T_4 (s)	0,076	0,113

Sa slike 8, koja prikazuje detalj kompleksne ravni od interesa, jasno se vidi da se sa novim (optimalnim) podešenjem parametara PSS postiglo kvalitetno originalno prigušenje (bez postavljenih PSS) slabo prigušenih modova oscilacija. Mod koji je u ovoj konfiguraciji najslabije prigušen ima relativni faktor prigušenja koji iznosi 0,058 4, što znači da je zadovoljen kriterijum dobrog prigušenja oscilacija u elektroenergetskom sistemu. Pored toga, mod koji je u ovom slučaju ostao najslabije prigušen je lokalnog karaktera i nije vezan za lokaciju postavljanja novih PSS („Đerdap 1” i „Đerdap 2”) i elektrodinamičke pojave.



Slika 8. Detalj prikaza sopstvenih vrednosti (polova sistema) u kompleksnoj ravni elektroenergetskog sistema Srbije za slučaj optimalnih vrednosti parametara postavljenih stabilizatora elektroenergetskih sistema

7. ZAKLJUČAK

Rad ukazuje na značaj analize stabilnosti elektroenergetskih sistema pri malim poremećajima. Poznato je da je u praksi čest slučaj da elektroenergetski sistem preživi veliki poremećaj (tranzijentno stabilan), ali da i pored toga posle određenog vremena (nekoliko minuta, ili desetina minuta) ipak dođe do njegovog raspada. Najčešći razlog za to je upravo postojanje slaboprigušenih elektromehaničkih oscilacija, što znači da se njihovoj analizi mora posvetiti posebna pažnja.

Analizom dobijenih rezultata na elektroenergetskom sistemu Srbije može se zaključiti da je on stabilan u smislu malih poremećaja (koeficijenti prigušenja svih polova matrice sistema su negativni), ali da u njemu postoje potencijalno nedovoljno prigušeni polovi (za analiziranu topologiju i radno stanje), koje je neophodno bolje prigušiti primenom stabilizatora elektroenergetskih sistema, koji se postavljaju u povratnu spregu sistema pobude. Prikazani rezultati za različite testove ukazuju na značaj podešavanja parametara stabilizatora elektroenergetskih sistema, pošto je sa tipičnim parametrima (slobodno izabranim iz tipičnih opsega datih u literaturi) sistem još uvek sa nedovoljnim prigušenjem oscilacija.

Jedan od važnih zaključaka rada jeste i da je u elektroenergetskim sistemima vrlo korisno (može se čak reći i neophodno) prvo sprovesti analizu stabilnosti pri malim poremećajima, kako bi se imale adekvatne performanse dinamičkog modela u tim uslovima. Tek posle toga može se pristupiti analizama tranzijentne stabilnosti (pri velikim poremećajima, tipa kratkih spojeva, ispada elemenata i sl.). Na taj način izbegava se nestabilnost dinamičkog modela elektroenergetskog sistema pri malim perturbacijama promenljivih stanja.

8. LITERATURA

- [1] P. Kundur, POWER SYSTEM STABILITY AND CONTROL, McGraw-Hill, 1994.
- [2] P. Sauer and M. Pai, POWER SYSTEM DYNAMICS AND STABILITY, Prentice Hall, 1998.
- [3] M. S. Čalović, REGULACIJA ELEKTROENERGETSKIH SISTEMA; TOM 2: REGULACIJA NAPONA I REAKTIVNIH SNAGA, Elektrotehnički fakultet, Beograd, 1997.
- [4] P. Kundur et al., DEFINITION AND CLASSIFICATION OF POWER SYSTEM STABILITY, IEEE Trans. on Power Systems, Vol. 19, No. 2, pp. 1387–1401, May 2004.
- [5] E. W. Palmer and G. Ledwich, OPTIMAL PLACEMENT OF ANGLE TRANSDUCERS IN POWER SYSTEMS, IEEE Trans. on Power Systems, Vol. 11, No. 2, pp. 788–793, May 1996.
- [6] M. E. Aboul-Ela, A. A. Salam, J. D. McCalley, and A. A. Fouad, DAMPING CONTROLLER DESIGN FOR POWER SYSTEM OSCILLATIONS USING GLOBAL SIGNALS, IEEE Trans. on Power Systems, Vol. 11, No. 2, pp. 767–773, May 1996.
- [7] M. R. Stojić, KONTINUALNI SISTEMI AUTOMATSKOG UPRAVLJANJA, Naučna knjiga, 1985.
- [8] P. Kundur, G. J. Rogers, D. Y. Wong, L. Wang and M.G. Lauby, A COMPREHENSIVE COMPUTER PROGRAM FOR SMALL SIGNAL STABILITY ANALYSIS OF POWER SYSTEMS, IEEE Trans. on Power Systems, Vol. 5, No. 4, pp. 1706–1083, November 1990.
- [9] M. Ilić and J. Zaborszky, DYNAMICS AND CONTROL OF LARGE ELECTRIC POWER SYSTEMS, John Wiley & Sons, 2000.
- [10] N. Martins, EFFICIENT EIGENVALUE AND FREQUENCY RESPONSE METHODS APPLIED TO POWER SYSTEM SMALL SIGNAL STABILITY STUDIES, IEEE Trans. on Power Systems, Vol. 1, No. 1, pp. 217–226, February 1986.
- [11] A. M. Almutairi and J. V. Milanović, COMPARISON OF DIFFERENT METHODS FOR INPUT/OUTPUT SIGNAL SELECTION FOR WIDE

- AREA POWER SYSTEM CONTROL, Power & Energy Society General Meeting, July 2009.
- [12] D. P. Popović, DINAMIČKA SIGURNOST ELEKTROENERGETSKIH INTERKONEKCIJA, Elektrotehnički institut „Nikola Tesla”, Beograd, 2008.
- [13] * * *, USER'S MANUAL FOR PSS/E, Version 30, Shaw Power Technologies, Inc., August 2004.
- [14] * * *, IEEE GUIDE FOR SYNCHRONOUS GENERATOR MODELING PRACTICES AND APPLICATION IN POWER SYSTEM STABILITY ANALYSIS, IEEE Std 1110-2002, IEEE, 2002.
- [15] * * *, IEEE RECOMMENDED PRACTICE FOR EXCITATION SYSTEM MODELS FOR POWER SYSTEM STABILITY STUDIES, IEEE Std 421.5-2005, IEEE, 2005.
- [16] H. Ni, T. Heydt and L. Mili, POWER SYSTEM STABILITY AGENTS USING ROBUST WIDE AREA CONTROL, IEEE Trans. on Power. Systems, Vol. 17, No. 4, pp. 1123–1131, November 2002.
- [17] P. Hoang and K. Tomsovic, DESIGN AND ANALYSIS OF AN ADAPTIVE FUZZY POWER SYSTEM STABILIZER, IEEE Trans. on Energy Conversions, Vol. 11, No. 2, pp. 455–461, June 1996.
- [18] Y. Zhang, O. P. Malik and G. P. Chen, ARTIFICIAL NEURAL NETWORK POWER SYSTEM STABILIZERS IN MULTI-MACHINE POWER SYSTEM ENVIRONMENT, IEEE Trans. on Energy Conversion, Vol. 10, No. 1, pp. 147–155, March 1995.
- [19] R. T. Byerly, R. J. Benon and D. E. Sherman, EIGENVALUE ANALYSIS OF SYNCHRONIZING POWER FLOW OSCILLATION IN LARGE ELECTRIC POWER SYSTEM, IEEE Trans. on Power Apparatus and Systems, Vol. 101, No. 1, pp. 235–243, January 1982.
- [20] S. K. Yee and J. V. Milanović, NONLINEAR TIME-RESPONSE OPTIMIZATION METHOD FOR TUNING POWER SYSTEM STABILIZERS, IEE Proc. – Generation, Transmission and Distribution, Vol. 153, No. 3, pp. 269–275, May 2006.

Rad je primljen u uredništvo 09. 06. 2010. godine
Rad odobrilo uredništvo 22. 09. 2010. godine



Vedran S. Perić, rođen je 1984. godine u Tuzli, Bosna i Hercegovina. Srednju elektrotehničku školu završio je u Brčkom 2003. godine. Školske 2003/04. godine upisao je Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu. Diplomirao je 2008. godine na Smeru elektroenergetika. Školske 2008/2009. godine upisuje se na doktorske studije na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu. Na istom fakultetu 2008. godine izabran je u zvanje saradnik u nastavi, a 2009. i u zvanje asistenta. Autor je i nekoliko radova u domaćim časopisima i na konferencijama.



Andrija T. Sarić (1962) diplomirao je 1988, magistrirao 1992. i doktorirao 1997. godine na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu iz oblasti primene klasičnih i metoda veštačke inteligencije u elektroenergetskim sistemima. Trenutno je redovni profesor na Katedri za elektroenergetiku Tehničkog fakulteta u Čačku i vanredni profesor na Departmanu za elektroniku, energetiku i telekomunikacije Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu, za predmete iz oblasti elektroenergetskih sistema.

Koautor je više od 30 naučnih i stručnih radova u vodećim međunarodnim časopisima i konferencijama. Koautor je sedam knjiga iz oblasti analize, planiranja i eksploatacije elektroenergetskih sistema. Više puta je bio na posledoktorskom usavršavanju na Northeastern University, Boston, SAD u ukupnom trajanju od dve godine. Učestvovao je na više projekata koje je finansiralo Ministarstvo nauke i zaštite životne sredine Republike Srbije.

OSNOVNI POSTUPCI U PROJEKTOVANJA LAN MREŽE**LAN DESIGN PRINCIPLES**Bojan Stante, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U ovom radu predstavljeno je projektovanje LAN (Local Area Network) mreže. Objasnjeni su najčešće korišćeni standardi računarskih mreža, aktivni i pasivni elementi mreže, ali i ciljevi i problemi koji se susreću prilikom projektovanja. Kao praktični deo rada konfigurisana je jedna lokalna mreža, koja bi najbolje reprezentovala jedno preduzeće srednje veličine.

Abstract – This project represent design of the LAN (Local Area Network) network. It is explained local network elements, objectives and problems in designing LAN network, and also active and passive equipment. As practical part is configured one local area network, that best represents a medium-size company.

Ključne reči: LAN (Local Area Network) mreža, mrežna oprema, projektovanje mreže, VLAN (Virtual Local Area Network), NAT (Network Address Translation)

1. UVOD

Lokalna mreža (LAN) je skup računara ili mrežnih uređaja koji su povezani u jednu računarsku mrežu, na relativno malom prostoru, sa ciljem da brzo i bezbedno razmenjuju podatke i informacije. Glavna karakteristika mreže je da prenosi podatke velikom brzinama (od 10 do 1000 MB/s) na malim udaljenostima. Najčešće korišćen način povezivanja računara u mrežu jesu kablovi (Ethernet) ili bežičnim putem [1, 2].

LAN mreža treba da osigura komunikaciju koja je pouzdana i brza, automatski otklanja greške i duplirane podatke, brine o redosledu slanja podataka, kao i da pronalazi najbolje puteve od predajnika do prijemnika. Najveće prednosti LAN-a su ograničeno najveće vreme kašnjenja, brzina prenosa od 10/100/1000MBs, velika pouzdanost itd.

2. CILJEVI PRI PROJEKTOVANJU I MERE ZA OCENU PERFORMANSI LAN MREŽE

Osnovni ciljevi pri projektovanju LAN mreže su:

- velika brzina prenosa i širina propusnog opsega
- pouzdanost mrežne opreme, kako bi otkazivanja u mreži zbog kvara bila retka, a otkaz u jednom delu mreže ne utiče na kompletnu mrežu
- kompatibilnost delova mrežne opreme kako bi se ona mogla nabavljati od različitih proizvođača, a da se pri tome ne gubi na kvalitetu mreže
- omogućiti fleksibilnost proširenja kako bi se u slučaju potrebe novi uređaji mogli jednostavno dodati u mrežu.

NAPOMENA:

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

Za ocenu performansi lokalne mreže kotiste se:

- informaciona propusnost koja definiše ukupan broj prenetih informacionih bita u jedinici vremena,
- iskorišćenost kanala koja nam govori koliko je vremena potrebno za prenos informacionih bita u odnosu na ukupno vreme prenosa koje čini vreme za informacioni bite i vreme za režijske bite koje sam sistem razmenjuje u toku prenosa,
- kašnjenje koje opisuje srednje prosečno vreme prenosa podataka.

3. TOPOLOGIJA LAN MREŽE

Raspored i međusobno povezivanje čvorova lokalne mreže, fizičkim (realnim) i logičkim (virtuelnim) putem se naziva topologija mreže. Topologija mreže takođe predstavlja i geometrijsko raspoređivanje uređaja u mreži. Osnovne topologije mreže su (slika 1):



Slika 1: Vrste topologija mreže: magistrala, zvezda i prsten

- Magistrala (bus) - prva topologija koja se koristila u razvoju mreže; realizuje se tako što se svi računari u mreži povezuju na jedan zajednički vod
- Zvezda (star) - topologija kod koje je svaki deo mreže direktno povezan za centralni uređaj mreže
- Prsten (ring) - način organizacije mreže kada svaki element ima tačno dva susedna elementa
- Mešovita (hybrid) - topologija koja se najčešće sreće u praksi i predstavlja kombinaciju svih prethodnih.

4. STANDARDI LAN MREŽA

Standard jeste dokument za opštu i višekratnu upotrebu, donesen konsenzusom i odobren od strane priznate ustanove, koja sadrži pravila, uputstva ili obeležja delatnosti.

Kako bi se postigla saglasnost među proizvođačima uređaja za računarske mreže, međunarodna organizacija za standarde (Internacional Standard Organization – ISO) donela je standard za međusobno povezivanje otvorenih sistema (Open Systems Interconnection - OSI). Na ovaj način je omogućeno da uređaji proizvedeni od strane različitih proizvođača mogu međusobno da komuniciraju. Jedna od najvećih i najpoznatijih organizacija za standardizaciju LAN mreža jeste IEEE (The Institute of

Electrical and Electronics Engineers). Ova organizacija je razvila nekoliko standarda na osnovu OSI modela.

4.1 IEEE 802 standard

IEEE802 je odbor unutar organizacije IEEE koji se bavi standardizacijom lokalnih i gradskih mreža (LAN i MAN). Najviše korišćeni standardi su 802.3 (Ethernet), 802.5 (Token Ring), 802.11 (bežični LAN) i 802.15 (Bluetooth), a svaki od njih ima još nekoliko podstandarda.

4.2 IEEE 802.3 standard (Ethernet)

IEEE 802.3 je najviše korišćen standard u oblasti računarskih mreža. U toku njegovog razvoja došlo je do nekoliko modifikacija ali ono što ga je tolike godine održalo je njegova fleksibilnost, relativna jednostavnost instalacije kao i dobra ravnoteža između ostvarive brzine i cene koštanja. Svi uređaji u ovoj mreži su spojeni kablom, a svaki uređaj je nezavistan od drugih uređaja priključenih na mrežu.

Razmena podataka ostvaruje se primenom CSMA/CD (Carrier Sence Multiple Access with Collision Detection) protokola. Komunikacija se odvija tako što svi uređaji osluškiju da li kanal za slanje slobodan, ako jeste otpočinju sa slanjem paketa, a ako nije, čekaju proizvoljan interval vremena.

Nakon tog vremena opet proveravaju zauzetost kanala. Ako se desi da dva ili više računara istovremeno otpočnu slanje, detektovane se kolizije i svi uređaji će prekinuti slanje svojih paketa, sačekati proizvoljan vremenski period i opet pokušati slanje. Ovaj protokol omogućava ravnopravno učestvovanje u korišćenju deljenog medijuma. Postoji nekoliko tipova Etherneta, a njihove međusobne razlike su brzini prenosa podataka, tipu kabla koji se koristi i maksimalna dužina segmenta.

4.3 IEEE 802.5 (Token ring)

Ovaj standard je proistekao iz IBM-ove želje da poveže svoje računare preko jednostavne strukture korišćenjem upredenih parica. Ovo je topologija tipa prsten, a komunikacija između uređaja u mreži se odvija posebnom metodom uz pomoć posebno generisanog paketa (formacije bitova) koji se naziva *token*.

4.4 IEEE 802.11 (bežični LAN)

Standard poznatiji kao WLAN ili WirelessLAN je najjednostavniji način umrežavanja uređaja u računarsku mrežu. Kao prenosni medijum u ovom slučaju se koristi vazduh, što znači da je mobilnost uređaja u ovoj mreži najveća prednost, ali samo na udaljenosti do 30m dokle je pokretnost ovog tipa mreže. Osim ograničene pokrivenosti ovog tipa mreže i sigurnost prenosa podataka je jedna mana ove mreže. Postoji 4 tipa ove mreže, a međusobno se razlikuju u frekvenciji koju koriste za komunikaciju, kao i brzini prenosa podataka koju ostvaruju.

4.5 IEEE 802.15 (Bluetooth)

Ovo je još jedan standard bežičnog načina prenosa podataka koji je prvenstveno kreiran za komunikaciju između mobilnih telefona. Poznatiji je pod imenom Bluetooth i koristi se za personalnu razmenu podataka. Domet ove komunikacije je 10m, a frekvencija koju koristi je 2.4GHz. Uređaji koji koriste ovaj standard je

uvek u jednom od dva stanja: uspostavljanja konekcije ili u stanju pripravnosti.

5. AKTIVNI MREŽNI UREĐAJI

Uređaji za čiji je rad potrebna električna energija, a vrše obradu potataka koji do njih dolaze nazivaju se aktivnim mrežnim uređajima. Neki od mrežnih uređaja su:

a) Ripiter (repeater) je uređaj koji ima funkciju da regeneriše signal (obnovi amplitudu, oblik i vremenske reference signala) i na taj način povećava maksimalno rastojanje između dva aktivna uređaja u mreži.

b) Hab (hub) ima istu ulogu da regeneriše signal kao i ripiter, samo što ovaj uređaj ima više priključaka pa obezbeđuje povećanje maksimalnog rastojanja za više uređaja istovremeno.

c) Svič (switch) je aktivni mrežni uređaj koji vrši razmenu podataka između mrežnih uređaja na osnovu njihove fizičke adrese (MAC); može da ima i nekoliko desetina priključaka (portova), a poseduje svoju memoriju, i svoj procesor

d) Ruter (router) je mrežni uređaj koji se često naziva vrata mreže jer povezuje LAN sa drugim većim mrežama. Razmenu paketa vrši na osnovu izvorišne i odredišne adrese i ima mogućnost filtriranja paketa koji kroz njega prolaze čime povećava sigurnost u mreži

e) Pristupna tačka (Access point) je aktivni mrežni uređaj koji vrši povezivanje bežičnih uređaja sa ostatkom LAN mreže

f) Mrežna kartica (NIC) ima funkciju da povezuje krajnje mrežne uređaje na lokalnu mrežu.

6. PASIVNA MREŽNA OPREMA

Za razliku od aktivne opreme, pasivna mrežna oprema ne vrši nikakvu obradu paketa koje prenose i predstavljaju najjednostavnije komponente računarske mreže.

6.1 Kablovi

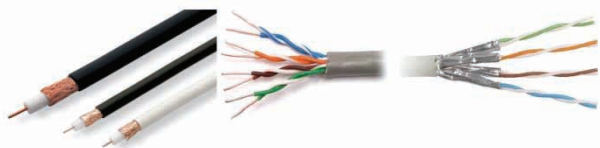
a) Koaksijalni kabl je često korišćen tip medijuma za prenos signala. Postoji nekoliko stotina različitih tipova, a koji će se koristiti u konkretnoj mreži zavisi od tipa mreže, željene brzine prenosa, spoljašnjih okolnosti i drugih faktora. (slika 2)

Koaksijalni kabl je često korišćen zbog svoje relativno niske cene, fleksibilnosti i jednostavnosti postavljanja. Sastoji se od spoljašnjeg omotača, zaštitnog omotača (velik broj isprepletenih bakarnih provodnika-širm) i bakarnog provodnika najčešće punog poprečnog preseka za prenos signala. Postoje dva osnovna tipa koaksijalnog kabla: tanki (thinnet) i debeli (thicknet).

b) Kablovi sa upredenim paricama (twisted pair) su kablovi koji se sastoje od četiri para upletenih bakarnih provodnika, pri čemu svaki provodnik ima svoj zaštitni omotač. Pored omotača koji služi za zaštitu od fizičkog oštećenja, postoji i omotač koji ih štiti od elektromagnetnog zračenja (slika 2).

Imamo nekoliko kategorija ovih kablova, a međusobno se razlikuju po brzinama za prenos signala. Osnovna podela je na UTP (unshielded twisted pair) koji poseduju manji nivo zaštite od elektromagnetnog zračenja ali su lako savitljivi, STP (shielded twisted pair) koji imaju pojačanu zaštitu i od fizičkog oštećenja i od elektromagnetnog

zračenja, ali su samim tim i manje fleksibilni, i treća grupa je FTP (foil screened twisted pair) kablovi koji imaju još i aluminijsku zaštitu, a predviđeni su za korišćenje u fabričkom okruženju.



Slika 2. Kablovi: koaksijalni, UTP, STP

c) Optički kablovi su najsavremeniji provodnici i oni se za prenos signala oslanjaju na svetlost, a ne na električni impuls. Mogu da ostvaruju velike brzine prenosa. Jezgro kroz koje se prenosi signal je sačinjeno od stakla, silicijuma ili polietilena. Mogu biti SMF single-mode fiber i MMF multi-mode fiber. Prva grupa vlakana služi za prenošenje jednog signala za prenos, a drugu grupu čine vlakna koje omogućavaju istovremeni prenos više svetlosnih signala.

6.2 Konektori

Imaju namenu za krajnje povezivanje kablova i samog uređaja. Različiti tipovi kablova imaju i različite tipove konektora. Vrlo su osetljivi i moraju se postavljati stručno jer predstavljaju najčešće mesto gde nastaju fizički prekidi prenosa signala. Najčešće korišćen tip konektora u računarskim mrežama je RJ-45.

Paneli za prespajanje (patch paneli) i komunikacioni orman (rack) spadaju u pasivnu mrežnu opremu a oni

predstavljaju čvorišta delova računarske mreže. U njih se smešta na primer svič, a onda su preko panela za prespajanje spojeni svi drugi krajnji uređaji u tom delu mreže.

6.3 Strukturirano kabliranje

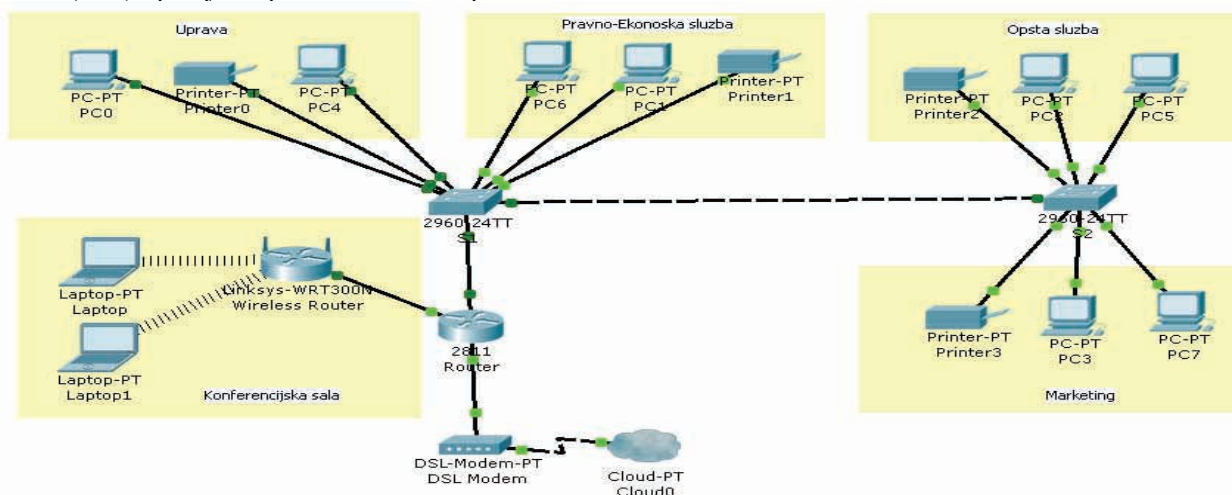
Ovo je koncept za postavljanja pasivne mrežne opreme tako da se objednine mnoge vrste prenosa signala (audio-video signal, upravljački signali, prenos podataka) samo preko jednog kablova, a da se ujedno postavljena instalacija ne menja u slučaju da se mreža prekonfiguriše na drugačiji način u zavisnosti od potreba korisnika. Postoje tri nivo ovog načina kabliranja: horizontalno (odnosi se na kabliranje u okviru jednog sprata nekog objekta i spaja spratni razdelnik sa zidnim utičnicama), vertikalno (deo kablovskog sistema koji povezuje spratne razdelnike sa razdelnikom objekta) i kabliranje kampusa (odnosi se na kabliranje između razdelnika zgrada i kampusa).

7. PROJEKTOVANJE LAN MREŽE

Za projektovanje LAN mreže potrebno je obezbediti niz tehničkih preduslova.

Prvo je potrebno snimiti lokaciju gde će lokalna mreža biti postavljena, pripremiti tehničku dokumentaciju postavljanja pasivne mrežne opreme, postaviti instalaciju, konfigurisati i postaviti aktivnu mrežnu opremu i na kraju testirati sistem.

U ovom radu će biti projektovana jedna mreža srednje veličine, do četrdeset računara (slika 3).



Slika 3. Prikaz projektovane mreže

7.1 IP protokol

Internet protokol koji se koristi za prenos podataka u i između mreža. Osnovna svrha ovog protokola je da obezbedi jedinstveno adresiranje svih aktivnih mrežnih uređaja. Postoje dve verzije ovog protokola IPv4 i novija verzija IPv6.

a) IPv4 je protokol koji koristi 32-bitne adrese za adresiranje uređaja. Adresa predstavlja skup od četiri grupe binarno zapisanog broja, koji se zbog jednostavnosti predstavlja decimalno (primer: 212.045.222.062 je decimalni zapis, a binarni zapis ove IP adrese je 11010100.00101101.11011110.00111110). Broj od preko 4 milijarde ovih adresa je podeljen u klase, kako bi se

mogla praviti razlika između mrežnog dela adrese (grupe uređaja) i adrese samih uređaja. Maska podmreže nam služi da napravi razliku koji deo IP adrese odgovara mreži, a koji deo adrese nam govori koji je to tačno uređaj u mreži [3].

b) IPv6 je novi verzija internet protokola koji je nastao iz razloga što je opseg adresa koji je bio pokriven sa prethodnom verzijom bio premali. Kod ovog protokola je adresa podeljena na 8 segmenata adrese, gde svaki segment predstavlja kombinaciju 4 heksadecimalna broja (primer 7485:569F:A58B:0000:32C5:0ABB:1BDF:7FFF). Ovaj način adresiranja je već počeo da se primenjuje pri projektovanju novijih računarskih mreža, ali njegovu

potpunu implementaciju u globalni adresni sistem nije moguće obaviti brzo, već će trajati godinama.

7.2 Liste kontrolisanog pristupa (ACL)

Ovo su delovi koda koji se konfigurišu na ruteru i imaju ulogu da dozvole ili onemoguće pristup određenim delovima mreže. Liste kontrolisanog pristupa (Access Controlled Lists-ACL) u osnovi imaju bezbednosnu ulogu, ali mogu da se koriste kako bi se u lokalnoj mreži napravila hijerarhija pristupa određenim resursima mreže.

7.3 Preslikavanje mrežne adrese (NAT)

Povećavanjem zahteva za pristup globalnoj mreži, a ograničenim adresnim kapacitetima dodele jedinstvenih adresa svim uređajima nastao je problem dupliranja dodeljenih IP adresa. Korišćenjem preslikavanja mrežnih adresa, omogućeno je da računari koji pripadaju lokalnim mrežama (imaju IP adrese iz određenog opsega privatnih adresa), pristupaju globalnoj mreži preko dodeljene javne IP adrese. Na ovaj način i nekoliko desetina uređaja u lokalnoj mreži mogu da pristupaju globalnoj mreži preko samo jedne IP adrese.

7.4 Projektna dokumentacija

Kao praktični deo ovog rada je konfigurisana jedna lokalna mreža srednje veličine. Vođenje detaljne projektne dokumentacije je jako važno kako bi se izbegla konfuzija kako prilikom projektovanja, tako i u slučaju kasnijih izmena u samoj mreži. Ova mreža podeljena je u 5 virtuelnih segmenata mreže. To je ostvareno korišćenjem virtuelnih LAN mreža (VLAN). Na ovaj način se jedna mreža može podeliti na nekoliko logički razdvojenih celina, a sve je to regulisano standardom 802.1q. Članovi jedne VLAN mogu međusobno da komuniciraju, ali se komunikacija između grupa odvija preko rutera. Postoje dva tipa veze: trunk veza (veza kojom se spajaju svič sa ruterom i svič sa drugim svičem, a ovom vezom se prenose paketi sa oznakom kojom VLAN-u pripada) i access veza (veza kojoj su povezani članovi jednog VLAN).

<pre>show running-config: hostname Switch1 interface FastEthernet0/1 switchport trunk native vlan 99 switchport mode trunk ***some text missing*** interface FastEthernet0/5 switchport access vlan 10 switchport mode access ***some text missing*** interface FastEthernet0/13 switchport access vlan 20 switchport mode access ***some text missing*** interface FastEthernet0/23 ***some text missing*** interface Vlan99 ip address 10.0.99.11 255.255.255.0 ip default-gateway 10.0.99.1 end</pre>	<pre>show running-config: hostname Switch2 interface FastEthernet0/1 switchport trunk native vlan 99 switchport mode trunk ***some text missing*** interface FastEthernet0/5 switchport access vlan 30 switchport mode access ***some text missing*** interface FastEthernet0/13 switchport access vlan 40 switchport mode access ***some text missing*** interface Vlan99 ip address 10.0.99.12 255.255.255.0 ip default-gateway 10.0.99.1 end</pre>
---	--

Slika 4. Prikaz dela konfiguracije na sviču 1 i sviču 2

Svi korisnici ove mreže su podeljeni u 4 VLAN-a, u skladu sa delom firme u kome rade. Svič1 ima VLAN 10, VLAN 20 i VLAN99 (administrativni VLAN) i njima odgovarajuće adrese mreže. Svič 2 ima konfigurisane VLAN 30, VLAN 40 i VLAN 99 i svakom VLAN odgovarajuća adresa mreže (Slika 4).

Kako bi ova konfiguracija sa VLAN-ovima mogla da funkcioniše na ruteru, on je konfigurisan da radi na principu „router on a stick“, odnosno da se preko jednog kabla prenose paketi svih VLAN-ova koji su na različiti IP adrese mreža (Slika 5). Bežični ruter je u ovu mrežu postavljen kako bi omogućio korisnicima koji nisu radnici ove firme da imaju bežični pristup Internetu, ali ne i drugim delovima LAN mreže.

show ip interface brief:					
Interface Protocol	IP-Address	OK?	Method	Status	
FastEthernet0/0	unassigned	YES	unset	up	up
FastEthernet0/0.1	10.0.1.1	YES	manual	up	up
FastEthernet0/0.10	10.0.10.1	YES	manual	up	up
FastEthernet0/0.20	10.0.20.1	YES	manual	up	up
FastEthernet0/0.30	10.0.30.1	YES	manual	up	up
FastEthernet0/0.40	10.0.40.1	YES	manual	up	up
FastEthernet0/0.99	10.0.99.1	YES	manual	up	up
FastEthernet0/1	69.67.66.2	YES	manual	up	up
Ethernet1/0	10.0.50.1	YES	manual	up	up

Slika 5. Prikaz konfiguracije interfejsa na ruteru

8. ZAKLJUČAK

Projektovanje mrežnih sistema predstavlja jednu od osnovnih i najvažnijih radnji, bilo da je reč o izgradnji kompletnog mrežnog sistema od početka ili o nadogradnji postojećeg, uvođenjem novih usluga i servisa za korisnike.

Ekonomičnost u korišćenju mrežnih resursa svakako je prednost za šta je potrebno imati lokalnu mrežu. Ispravno konfigurisana lokalna računarska mreža, pruža mnoge mogućnosti i pogodnosti kako zbog korišćenja zajedničkih mrežnih uređaja, bržeg prenosa podataka, tako i mogućnost hijerarhijske podele korisnika.

9. LITERATURA

- [1] A. S. Tanenbaum „Računarske mreže“ prevod 4 izdanja, Mikro knjiga, Beograd 2005.
- [2] M. Veinović, A. Jevremović, „Uvod u računarske mreže“ Univerzitet Singidunum, Beograd 2005.
- [3] Cisco Learning Academy – CCNA Course Material.

Kratka biografija:



Bojan Stante rođen je u Novom Sadu 1981. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Telekomunikacioni signali i sistemi odbranio je 2011.god.

DIZAJN INTERPOLACIONOG MODULA NA FPGA

INTERPOLATION MODULE DESIGN ON FPGA

Miloš Bošković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*, Milan Ivković, *Elsys Eastern Europe, Beograd*, Rastislav Struharik, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – Rad opisuje dizajn, funkcionalnu verifikaciju i implementaciju u postojeći sistem VHDL modela modula za interpolaciju sa promenljivim faktorom interpolacije.

Abstract – This paper describes design, functional verification and implementation into the existing system of VHDL model for the interpolation module with variable interpolation factor.

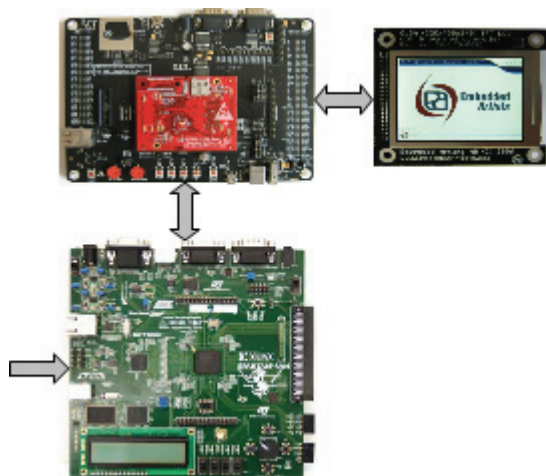
Ključne reči: Interpolacija, Filtar, FPGA

1. UVOD

U sistemima za digitalnu obradu signala često se ukazuje potreba za promenom učestanosti odabiranja. Principski najjednostavniji način za promenu brzine odabiranja, D/A konverzija praćena A/D konverzijom sa željenom učestanosti odabiranja, unosi velika izobličenja, pa se više koriste metode u kojima se sve operacije obavljaju sa diskretnim signalima. Interpolacija sa faktorom I je proces sa kojim se postiže efekat koji odgovara povećanju originalne učestanosti odabiranja I puta.

2. OPIS ZADATKA

Modul koji je tema ovog rada je deo podsistema za akviziciju podataka u sistemu koji predstavlja prototip digitalnog *touchscreen* osciloskopa (DTSO) (engl. *touchscreen* – ekran osetljiv na dodir). Uprošćen izgled prototipa DTSO prikazan je na slici 1.



Slika 1. Prototip DTSO

NAPOMENA:

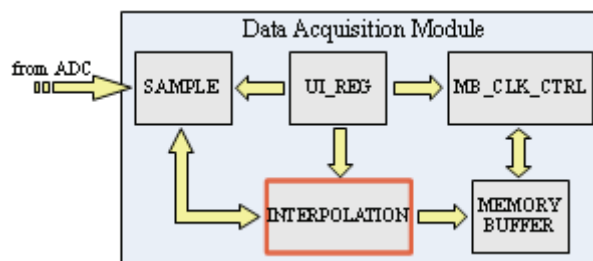
Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Rastislav Struharik, docent.

Prototip DTSO čine:

- *Spartan-3A FPGA Starter Kit Development Board*,
- *LPC2468 OEM Board* sa ARM7 procesorom,
- LCD sa *touchscreen*-om.

Analogni signal se dovodi na jedan od kanala dvokanalnog A/D konvertora koji se sastavni deo FPGA razvojne ploče (FPGA – engl. Field Programmable Gate Array). Dozvoljeni opseg frekvencije ulaznog signala je od 0 Hz do 100 kHz, a opseg amplitude od 0.4 V do 2.9 V. Učestanost odabiranja A/D konvertora je 1 MHz, što znači da se dobija novi odbirak svakih 1 μ s. Digitalni signal, odnosno kodovani kvantizovani odbirci ulaznog analognog signala, se prosleđuju do FPGA kola gde se obavlja računanje parametara signala (frekvencija signala, minimalna, maksimalna, srednja i efektivna vrednost signala), smeštanje određenog broja odbiraka (2000 odbiraka) u pakete koji se pomoću SPI kontrolera, implementiranog takođe na FPGA, šalju ka ARM razvojnoj ploči (SPI – engl. Serial Peripheral Interface). ARM kontroler prihvata odbirke i na osnovu njih na LCD-u iscrta oblik ulaznog analognog signala i ispisuje ranije pomenute parametre signala (LCD – engl. Liquid Crystal Display). Jedan paket od 2000 odbiraka potreban je za iscrtaivanje jednog frejma slike na LCD-u. Frekvencija osvežavanja slike je 10 Hz. Izbor standardnih opcija osciloskopa (odabir vremenske baze i vrednosti amplitude po podeoku, izbor triger, izbor kanala koji se prikazuje,...) vrši se preko *touchscreen* menija.

Na slici 2 prikazana je blok šema modula za akviziciju podataka, čiji je deo i interpolacioni modul. Modul za akviziciju podataka (*Data Acquisition Module*) pripada delu DTSO realizovanom na FPGA razvojnoj ploči.



Slika 2. Okruženje interpolacionog modula

Moguće vrednosti vremenske baze po podeoku su: 5 μ s, 10 μ s, 20 μ s, 50 μ s, 100 μ s, 200 μ s, 500 μ s, 1 ms, 2 ms, 5 ms. S obzirom na to da je za iscrtaivanje slike potrebno tačno 2000 odbiraka i da se novi odbirak dobija svakih 1 μ s, za vrednosti vremenske baze manje od 200 μ s po podeoku (ekran je izdvojen na 10 podeoka) ne može se dobiti potreban broj odbiraka. Zato se radi interpolacija. Interpolacioni faktor I , koji je za jedan veći od broja

odbiraka koje interpolacijom treba umetnuti između svaka dva uzastopna originalna odbirka, jednak je količniku potrebnog broja odbiraka i broja originalnih odbiraka, za svaku od vrednosti vremenske baze (tabela 1).

Tabela 1. Faktori interpolacije

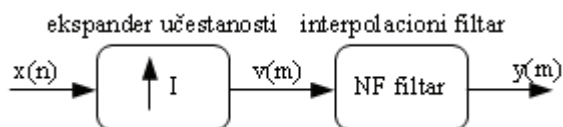
Vremenska baza	Faktor interpolacije (I)
5 μ s	40
10 μ s	20
20 μ s	10
50 μ s	4
100 μ s	2

Dakle, potrebno je dizajnirati, verifikovati i implementirati u DTSS sistem interpolacioni modul za faktore interpolacije 40, 20, 10, 4 i 2. Interpolator, glavni deo ovog modula, treba da bude realizovan pomoću polifaznih FIR filtara (FIR – engl. Finite Impulse Response).

3. TEORIJSKA ANALIZA I DIZAJN

3.1. Interpolacija

Razmatranjem procesa interpolacije u vremenskom i frekvencijskom domenu koje je dato u [1], dolazi se do zaključka da se ovaj proces može realizovati u dva koraka (slika 3). Prvi korak je dodavanje $I-1$ nula između svaka dva sukcesivna odbirka koji čine originalni signal $x(n)$, a drugi korak je propuštanje tako dobijenog signala $v(m)$ kroz NF filter odgovarajućih karakteristika.



Slika 3. Blok šema interpolatora

Na osnovu istog razmatranja iz [1] i u skladu sa dozvoljenim opsegom frekvencija ulaznog signala DTSS i vrednostima interpolacionih faktora, potrebno je projektovati interpolacione NF FIR filtre čija je granična učestanost 100 kHz i učestanosti odabiranja 40 MHz, 20 MHz, 10 MHz, 4 MHz, 2 MHz za faktore interpolacije 40, 20, 10, 4, 2, respektivno. Svaki filter treba da ima pojačanje koje je jednako faktoru interpolacije za koji je namenjen.

3.2. FIR filteri

Funkcionalnost FIR filtra opisana je relacijom:

$$r(n) = \sum_{i=0}^K b_i \cdot s(n-i) \quad (1)$$

gde $s(n)$ predstavlja diskretni signal na ulazu filtra, $r(n)$ je rezultat filtriranja, a sa b_i su označeni koeficijenti FIR filtra reda K .

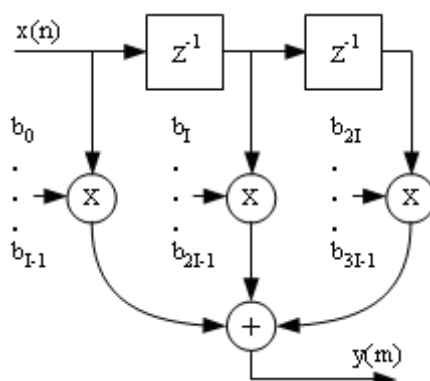
Impulsni odziv FIR filtra jednak je njegovim koeficijentima. FIR filter će imati linearnu faznu karakteristiku, a kao posledicu toga konstantno grupno kašnjenje, ako je impulsni odziv filtra simetričan ili antisimetričan.

3.3. Realizacija interpolatora pomoću polifaznih FIR filtara

Pošto se na ulaz interpolacionog filtra dovodi signal $v(m)$ koji je dobijen umetanjem $I-1$ nula između svake dve

sukcesivne vrednosti originalnog signala $x(n)$, u direktnoj realizaciji interpolacionog filtra na osnovu relacije (1), u svakom trenutku bi samo jedno od I množenja bilo množenje sa vrednošću različitom od nule. Realizacija interpolatora pomoću polifaznih FIR filtara predstavlja zapravo podelu interpolacionog FIR filtra na podfiltre I puta manje dužine koristeći prethodno pomenutu činjenicu u vezi sa direktnom realizacijom [1].

Da bi se interpolator mogao realizovati pomoću polifaznih FIR filtara, dužina interpolacionog FIR filtra (broj koeficijenata, $K+1$) mora biti jednaka celobrojnom umnošku interpolacionog faktora I . Odlučeno je da dužina filtra bude 3 puta veća od interpolacionog faktora za koji se filter projektuje, tako da generalna struktura interpolatora, optimizovana u smislu korišćenih resursa, izgleda kao što je prikazano na slici 4. Blokovi označeni sa z^{-1} predstavljaju kola za kašnjenje, sa x su označeni množači, a sa $+$ je označen sabirač.



Slika 4. Optimizovana realizacija interpolatora pomoću polifaznih FIR filtara reda 2

Vrednosti na izlazu interpolatora sa prethodne slike su:

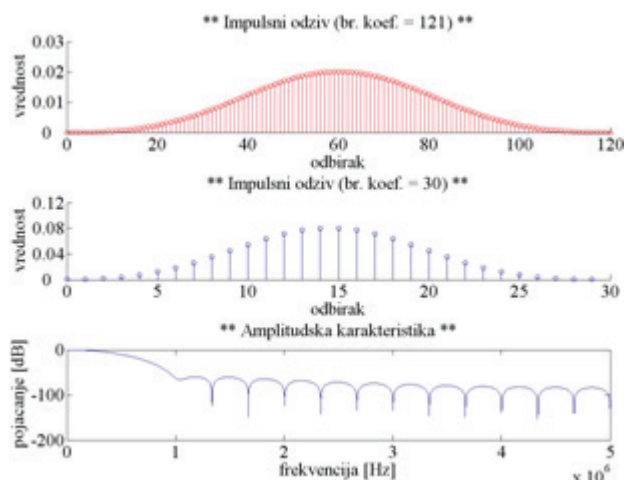
$$\begin{aligned} y(0) &= x(2) \cdot b_0 + x(1) \cdot b_I + x(0) \cdot b_{2I} \\ y(1) &= x(2) \cdot b_1 + x(1) \cdot b_{I+1} + x(0) \cdot b_{2I+1} \\ &\dots \\ y(I-1) &= x(2) \cdot b_{I-1} + x(1) \cdot b_{2I-1} + x(0) \cdot b_{3I-1} \\ y(I) &= x(3) \cdot b_0 + x(2) \cdot b_I + x(1) \cdot b_{2I} \\ &\dots \end{aligned} \quad (2)$$

3.4. Dizajn interpolacionih NF FIR filtara reda 3-I-1

Cilj dizajna digitalnog FIR filtra je izračunavanje njegovih koeficijenata b_i .

Može se dizajnirati poseban filter za svaki faktor interpolacije i na taj način dobiti nezavisni koeficijenti za svaki od filtara, ili se može dizajnirati samo jedan filter, filter za interpolaciju sa najvećim faktorom interpolacije (140 filter), a onda se decimacijom koeficijenata tog filtra sa odgovarajućim faktorima decimacije i množenjem koeficijenata sa tim faktorima mogu dobiti impulsni odzivi filtara za interpolacije sa preostalim faktorima. I40 filter je filter reda 119 i ima 120 koeficijenata. S obzirom na to da je broj koeficijenata paran, decimacijom koeficijenata se ne može dobiti simetričan impulsni odziv za ostale filtre, a time ni konstantno grupno kašnjenje. Zato je dizajniran filter 120. reda, a zatim je izostavljanjem centralnog koeficijenta dobijen impulsni odziv I40 filtra, a decimacijom koeficijenata dizajniranog

filtra simetrično u odnosu na centralni koeficijent sa faktorima decimacije 2, 4, 10, 20 i množenjem koeficijenata sa istim faktorima dobijeni su impulsi odzivi filtera I20, I10, I4, I2, respektivno. Impulsi odziv dizajniranog filtera reda 120 i impulsi odziv i amplitudska karakteristika I10 filtera prikazani su na slici 5.



Slika 5. Impulsi odziv i amplitudska karakteristika I10 filtera (plavo)

Svaki interpolacioni filter treba da ima pojačanje koje je jednako interpolacionom faktoru, tako da koeficijente I40 filtera treba pomnožiti sa 40, koeficijente I20 filtera treba pomnožiti sa 20, itd. Pošto su koeficijenti npr. I20 filtera dobijeni decimacijom originalnih koeficijenata sa faktorom decimacije 2 i množenjem sa 2, a zatim pomnoženi sa 20 da bi se dobilo potrebno pojačanje, a slično važi i za ostale filtre, to znači da su u I20 koeficijenata I40 filtera pomnoženih sa 40 sadržani koeficijenti svih potrebnih interpolacionih filtera. S obzirom na to da su koeficijenti simetrični ($b_0=b_{119}$, $b_1=b_{118}, \dots$), potrebno je samo 60 memorijskih lokacija za smeštanje koeficijenata svih filtera.

Množenjem koeficijenata sa 2^{12} izvršena je njihova normalizacija. Normalizovane vrednosti su predstavljene u sistemu sa fiksnom tačkom kao 12-bitne neoznačene vrednosti, gde se svi biti koriste za predstavljanje celobrojnog dela broja, a zaokruživanje se vrši ka najbližoj celobrojnoj vrednosti.

4. IMPLEMENTACIJA

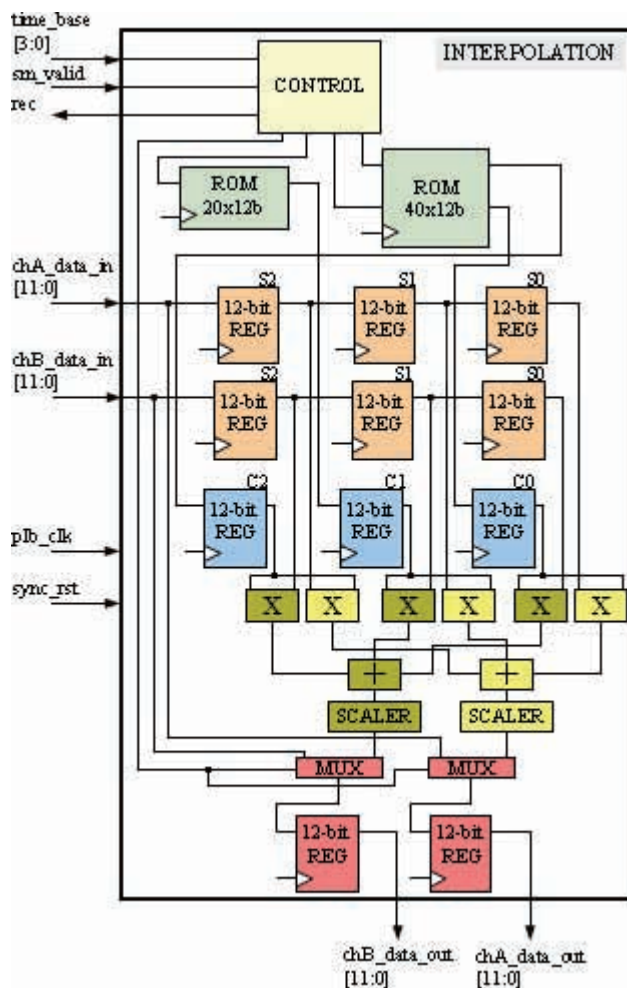
Slika 6 prikazuje blok dijagram interpolacionog modula.

Interpolacioni modul (*INTERPOLATION*) obavlja funkcije prihvatanja odbiraka od *SAMPLE* modula (slika 2), procesiranja odbiraka (ako je potrebno) i prosleđivanja odbiraka ka *MEMORY BUFFER* modulu (slika 2). Ako je potrebna interpolacija, odnosno ako je vremenska baza manja od 200 μ s po podeoku (tabela 1), za jedan ulazni odbirak koji dođe od *SAMPLE* modula, ovaj modul računa I izlaznih odbiraka. Sa druge strane, ako interpolacija nije potrebna, odnosno ako je vremenska baza veća ili jednaka 200 μ s po podeoku, ovaj modul samo prosleđuje odbirke koji dolaze od *SAMPLE* modula ka *MEMORY BUFFER* modulu.

Kada su odbirci sa A/D konvertora spremni, *SAMPLE* modul obaveštava *INTERPOLATION* modul da se odbirci

sa kanala A i kanala B nalaze na njegovim ulazima *chA_data_in* i *chB_data_in*, respektivno, postavljanjem signala *sm_valid* na visok logički nivo u trajanju od jednog perioda takt signala.

Učestanost *sm_valid* signala je 1 MHz, odnosno jednaka je učestanosti odabiranja A/D konvertora. Kao potvrdu prijema odbiraka, *INTERPOLATION* modul postavlja svoj izlazni signal *rec* na visok logički nivo u trajanju od jednog perioda takt signala. Da bi se znalo da li je potrebno vršiti interpolaciju nad odbircima koji pristižu, i ako jeste, interpolacija sa kojim faktorom je neophodna, odnosno koji koeficijenti se koriste, *INTERPOLATION* modul mora u svakom trenutku imati informaciju o vremenskoj bazi. Informaciju o vrednosti vremenske baze ovaj modul dobija od *UI_REG* modula (slika 2) preko signala *time_base*. *INTERPOLATION* modul prosleđuje odbirke do *MEMORY BUFFER* modula preko izlaza *chA_data_out* i *chB_data_out*. Signal *plb_clk* je takt signal učestanosti 62.5 MHz, a signal *sync_rst* je sinhroni reset aktivan na visok logički nivo.



Slika 6. Blok dijagram interpolacionog modula

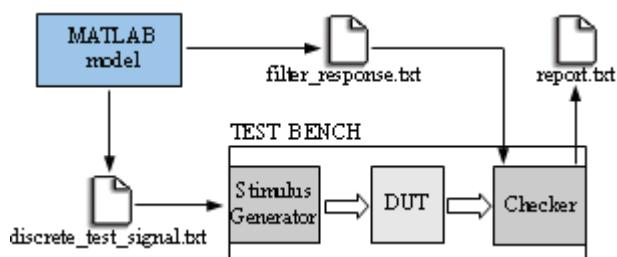
Strukturno, interpolacioni modul se može podeliti na 6 podmodula:

- memorijski blok,
- kontrolni blok,
- blok za prihvatanje odbiraka,
- blok za prihvatanje koeficijenata,
- blok za obradu,
- izlazni blok.

Memorijski blok služi za skladištenje koeficijenata interpolacionih filtara. U skladu sa načinom računanja odbiraka na izlazu interpolatora datim u relacijama (2), a kako bi sva tri koeficijenta neophodna za računanje izlaznog odbirka u datom trenutku mogla biti pročitana iz memorije u jednom ciklusu takt signala, koeficijenti od b_0 do b_{39} su smešteni u *dual port* ROM, a koeficijenti od b_{40} do b_{59} su smešteni u *single port* ROM (ROM – engl. Read-Only Memory). Kontrolni blok (*CONTROL*) je mašina sa konačnim brojem stanja koja služi za generisanje kontrolnih signala i adresa za adresiranje memorija. Blok za prihvatanje odbiraka čine dva pomeračka registra sa serijskim ulazima i paralelnim izlazima. Svaki pomerački registar je sastavljen od tri 12-bitna registra, S_2 , S_1 i S_0 . Blok za prihvatanje koeficijenata je sačinjen od tri 12-bitna registra, C_2 , C_1 i C_0 . Blok za obradu obavlja množenje odgovarajućih odbiraka i koeficijenata (X), sabira rezultate množenja (+) i deli dobijenu sumu sa 2^{12} (*SCALER*). Deljenje sa 2^{12} je neophodno jer su koeficijenti prilikom normalizacije pomnoženi sa tim brojem. Izlazni blok na izlaz interpolacionog modula prosleđuje originalne vrednosti odbiraka sa ulaza interpolacionog modula u slučaju da se interpolacija ne vrši, odnosno prosleđuje procesirane vrednosti koje dolaze od bloka za obradu ako se interpolacija vrši.

5. VERIFIKACIJA I TESTIRANJE

Blok dijagram verifikacionog okruženja interpolacionog modula prikazan je na slici 7.

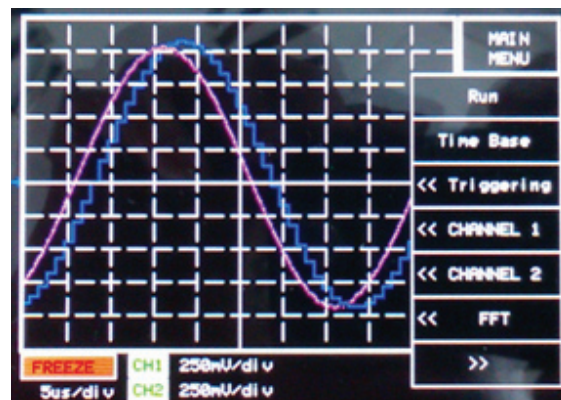


Slika 7. Blok dijagram verifikacionog okruženja interpolacionog modula

MATLAB model kreira dva fajla, *discrete_test_signal.txt* i *filter_response.txt*. U fajl *discrete_test_signal.txt* smeštaju se vrednosti odbiraka kontinualnog test signala trajanja dve periode dobijenih odabiranjem tog signala kada je učestanost odabiranja 1 MHz. Ove vrednosti se predstavljaju u sistemu sa fiksnom tačkom kao 12-bitne označene vrednosti, gde se svi biti koriste za predstavljanje celobrojnog dela broja (1 bit se koristi za znak i 11 bita za vrednost), a zaokruživanje se vrši ka negativnoj beskonačnosti. *MATLAB* model dozvoljava zadavanje vrednosti interpolacionog faktora I (40, 20, 10, 4, 2), oblika kontinualnog test signala (sinusni, trougaoni, pravougaoni) i frekvencije kontinualnog test signala (0 Hz – 100 kHz). Odbirci iz fajla *discrete_test_signal.txt* se dovode na ulaz instance interpolacionog modula označene kao *DUT* preko *Stimulus Generator*-a (*DUT* – engl. Device Under Test). Signal dobijen umetanjem $I-1$ nula između svaka dva uzastopna ova odbirka se dovodi na ulaz modela interpolacionog filtra u *MATLAB* model-u, na čijem izlazu se dobija očekivani odziv. Vrednosti očekivanog odziva se predstavljaju na isti način kao i

vrednosti na ulazu, a zatim se upisuju u fajl *filter_reponse.txt*. *Checker* poredi vrednosti odbiraka iz fajla *filter_response.txt* i odbiraka na izlazu *DUT*-a i kreira izveštaj u vidu fajla *report.txt*.

Fotografija ekrana DTSO kada se na oba kanala dovede sinusni signal amplitude 1 i frekvencije 25 kHz i kada je vremenska baza podešena na 5 μ s po podeoku, pri čemu se na jednom kanalu vrši interpolacija ($I=40$) pomoću projektovanog interpolacionog modula (ljubičasta boja), a na drugom kanalu interpolacija polinomom nultog reda (plava boja), prikazana je na slici 8.



Slika 8. Testiranje interpolacionog modula

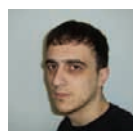
6. ZAKLJUČAK

U ovom radu prikazan je jedan način realizacije interpolacionog modula u FPGA tehnologiji. Rezultati verifikacije projektovanog modula i rezultati koji se mogu videti na ekranu prototipa DTSO nakon implementacije projektovanog modula u isti, su pokazali da je željena funkcionalnost u velikoj meri ostvarena. Relativno velika greška koju interpolacioni modul unosi (srednja vrednost greške je oko 2%) je pre svega posledica loših karakteristika projektovanih interpolacionih NF filtara, koje su dalje posledica relativno niskog reda tih filtara.

7. LITERATURA

- [1] Richard G. Lyons, "Understanding Digital Signal Processing", Prentice Hall PTR, 2004.
- [2] R. Struharik, "Diskretni sistemi – laboratorijske vežbe", skripta, FTN Novi Sad, 2007.
- [3] -, "Touchscreen Oscilloscope Detailed Design", Elsys Eastern Europe, Beograd, 2010.

Kratka biografija:



Miloš Bošković rođen je u Kninu 1987. godine. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Mikroračunarska elektronika odbranio je 2011. godine.



Milan Ivković je magistrirao na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu. Radi u kompaniji Elsys Eastern Europe u Beogradu.



Rastislav Struharik rođen je u Novom Sadu 1974. godine. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 2009. godine, a od 2010. godine je u zvanju docenta.

DETEKCIJA SLOMLJENE ŠIPKE I EKSCENTRICITETA KOD ELEKTRIČNIH MAŠINA DETECTION OF BROKEN BAR AND ECCENTRICITY OF ELECTRICAL MACHINES

Igor Vukosavljević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U okviru ovog rada predstavljene su metode detekcije otkaza kod asinhronih motora, primenom Bajesovog klasifikatora i metoda veštačke inteligencije. Otkazi koji su predmet razmatranja su slomljena šipka rotora i pojava statičkog i dinamičkog ekscentriciteta. Dat je uporedni prikaz rezultata dobijenih korišćenjem Bajesovog kvadratnog klasifikatora i neuronskih mreža. Smanjenje dimenzija prostora obeležja vršeno je analizom glavnih komponenti.

Abstract – This paper presents induction motor fault detection techniques including Bayesian classification and artificial intelligence methods. The Two induction motor faults are detected: broken rotor bar and eccentricity. A Comparative view is presented using Bayesian square classification and neural network. Dimension reduction of features is done with principal component analysis.

Ključne reči: asinhroni motor, slomljena šipka, PCA, ekscentricitet, Bajesov klasifikator, neuronska mreža.

Keywords: induction motor, broken bar, PCA, eccentricity, Bayesian classification, neural network.

1. UVOD

Električni pogoni kao pretvarači energije, koji električnu energiju pretvaraju u mehaničku, imaju veoma bitnu ulogu u širokom opsegu primena, kao npr. kod alata u proizvodnoj industriji, fotokopir aparata, različitih kućnih aparata, medicinskih uređaja itd. Najznačajniji element električnog pogona je naravno električni motor, [1].

Problem detekcije i identifikacije otkaza je od velike strateške važnosti zbog svojih brojnih posledica, npr., izbegavanje velikih kvarova i katastrofa, bezbednosnih problema, brze i odgovarajuće reakcije na vanredne situacije, kao i održavanje pogona. Zbog toga, detekcija, identifikacija otkaza mašina i sistema postao je veoma važan zadatak, [2].

Metode za detekciju otkaza zasnovane na veštačkim neuronskim mrežama (VNM) privukle su veliku pažnju tokom poslednjih nekoliko godina. Ali pristup detekciji otkaza ovom metodom zahteva određenu količinu kvalitetno izabranih podataka da bi se kreirala mreža koja će moći da se primenjuje u realnom vremenu, [3].

NAPOMENA:

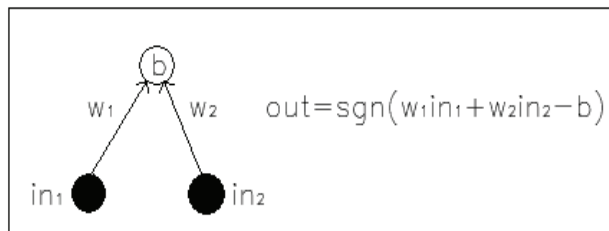
Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Filip Kulić, van.prof.

2. VEŠTAČKE NEURONSKE MREŽE (VNM)

Veštačke neuronske mreže (VNM) su grubi elektronski modeli bazirani na neuronskoj strukturi ljudskog mozga. Veliki potencijal VNM se nalazi u mogućnosti paralelne obrade podataka. VNM su sistemi sastavljeni od više jednostavnih elemenata (neurona) koji obrađuju podatke paralelno, [4].

2.1. Jednoslojni perceptron

Na slici 1 je prikazan jednoslojni perceptron. Jednoslojni perceptron je najjednostavnija VNM. Perceptron je linearni klasifikator čiji ulazi kada "prođu" kroz mrežu na izlazu daju vrednost 0 ili 1, gde je $w \cdot in$ je skalarni proizvod težina i ulaza u mrežu a, b je konstanta koja ne zavisi od ulaza i naziva se bijas.



Slika 1. Jednoslojni perceptron sa dva ulaza i jednačina koja opisuje izlaz

3. BAJESOV KLASIFIKATOR

Opšti izraz (1) za Gausovu raspodelu koristeći Bajesovo pravilo i eliminišući konstante nakon logaritmovanja je kvadratna diskriminantna funkcija, gde μ_i predstavlja srednju vrednost uzoraka i -te klase a Σ_i je kovarijansna matrica i -te klase.

$$g_i(x) = -\frac{1}{2}(x - \mu_i)^T \Sigma_i^{-1}(x - \mu_i) - \frac{1}{2} \log(|\Sigma_i|) + \log(P(\omega_i)) \quad (1)$$

U zavisnosti od "izgleda" kovarijansnih matrica klasa (Σ_i) razlikujemo pet različitih slučajeva. U ovom radu je upotrebljen peti slučaj zato što su kovarijansne matrice klase "ispravan" i "neispravan" različite, [5].

4. SMANJENJE DIMENZIONALNOSTI

Cilj PCA jeste da smanji dimenzionalnost prostora, pri tome čuvajući rasutost (varijansu) podataka u više dimenzionom prostoru, [6].

PCA vrši samo rotaciju koordinatnog prostora tako što poravnava ose rotiranog prostora sa pravcima maksimalne varijanse. Ne postoji garancija da će pravci u uzoračkom

prostoru sa maksimalnom varijansom biti dobri za diskriminaciju, [7].

5. OTKAZI U ASINHRONOM MOTORU

5.1. Slomljena šipka rotora

Prisustvo slomljene šipke može se detektovati analizom spektra struje motora pod određenim uslovima (MCSA). Karakteristične frekvencije na kojima se javljaju izobličenja usled slomljene šipke rotora date su sa:

$$f_{brb} = (1 \pm 2ks)f_0, \quad k = 1, 2, 3, \dots, \quad (2)$$

gde je f_0 frekvencija napajanja a s klizanje motora, [7, 8, 9]. Kada postoji slomljena šipka na rotoru motora, na amplitudskom spektru struje statora, oko frekvencije napajanja, javljaju se izobličenja. Izobličenja prvog reda ($k=1$) su od najvećeg interesa za detekciju slomljene šipke rotora. Levo izobličenje $(1-2s)f_0$ se javlja usled električne ili magnetne nesimetrije nastale zbog slomljene šipke, dok se desno izobličenje $(1+2s)f_0$ javlja usled promene brzine.

5.2. Ekscentricitet

Prisustvo statičkog i dinamičkog ekcentriciteta može se detektovati analizom spektra struje motora pod određenim uslovima (MCSA). Ekcentricitet se javlja kad rotor nije centriran sa statorom, stvarajući neuniformno rastojanje između statora i rotora. Jednačina koja opisuje pojavu izobličenja na spektru usled ekcentriciteta data je sa:

$$f_{ecc} = f \left[(kR \pm n_d) \frac{1-s}{p} \pm v \right], \quad (3)$$

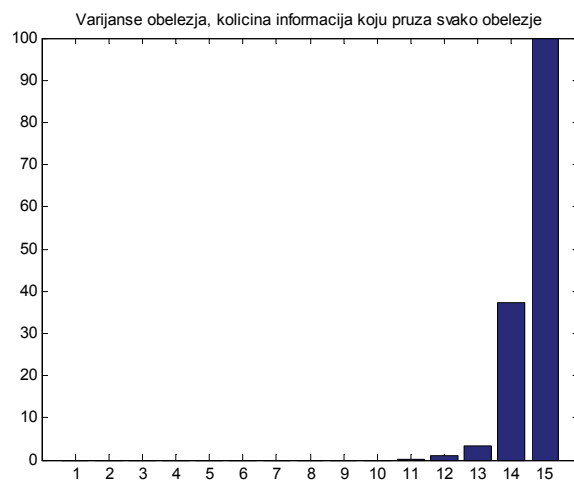
gde je $n_d=1, 2, 3, \dots$ u slučaju dinamičkog ekcentriciteta a $n_d=0$ u slučaju statičkog ekcentriciteta, f frekvencija napajanja, R broj šipki rotora, s klizanje, p broj pari polova, k bilo koji ceo broj, a v je red statorskog vremenskog harmonika koji je prisutan u izvoru napajanja motora ($v=\pm 1, \pm 3, \pm 5$, itd.), [7, 10, 11].

6. EKSPERIMENTALNI REZULTATI

Testiranje za tip kvara slomljena šipka i ekscentricitet obavljena su sa signalima dobijenim snimanjem struje u jednoj fazi u stacionarnom stanju. Za tipkvara slomljena šipka i statički ekscentricitet motori su direktno povezan na napajanje - tri različite brzine 1410, 1450 i 1500 obrtaja po minuti. Testiranje za dinamički ekscentricitet je obavljeno sa istim signalom dobijenim samo za jednu brzinu (1410 obr/min). Svi signali su snimljeni u laboratorijskim i industrijskim uslovima.

Za detekciju slomljene šipke i dinamički ekscentricitet izdvojeno je po 15 obeležja za svaki uzorak a za statički ekscentricitet 9 obeležja po uzorku. Obeležja su izdvojena na osnovu (2) i (3). Zbog velike dimenzionalnosti na ova obeležja je primenjen PCA algoritam za smanjenje dimenzionalnosti. Nakon primene PCA algoritma dobijaju se uzorci sa po 5 obeležja (5D prostor) za svaki tip kvara (slika 2). Na ovim (5D uzorcima) vršeni su eksperimenti i dizajn klasifikatora. Nad uzorcima koji su korišćeni za

dizajn klasifikatora nisu vršeni eksperimenti. Vršeni su eksperimenti i na 2D uzorcima koji su dobijeni računanjem srednje vrednosti i varijanse 5D uzoraka. Ovo je urađeno da bih se ispitao kvalitet klasifikacije nad prostorom obeležja sa manjim brojem dimenzija i zbog vizualizacije. Svi eksperimenti su vršeni u programskom jeziku Matlab. Pet obeležja iz vremenskog domena su isti za svaki tip kvara, slomljena šipka, statički ekscentricitet i dinamički ekscentricitet. Obeležja iz vremenskog domena su srednja vrednost signala, srednja kvadratna vrednost – RMS, srednja korenska vrednost – SMR, skevnes indeks i kurtosis indeks, [12].

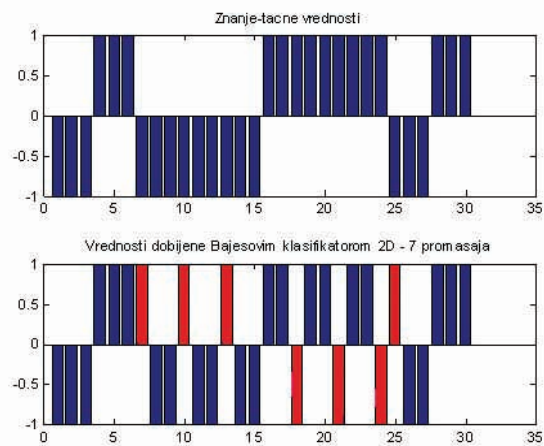


Slika 2. Distribucija obeležja, slomljena šipka

6.1. Slomljena šipka rotora

Obeležje iz frekventnog domena su: okolina 50 Hz (dva obeležja), okolina 150 Hz, okolina 250 Hz i okolina 350 Hz, [13]. Drugih pet obeležja su magnitude u prethodno navedenim frekvencijama.

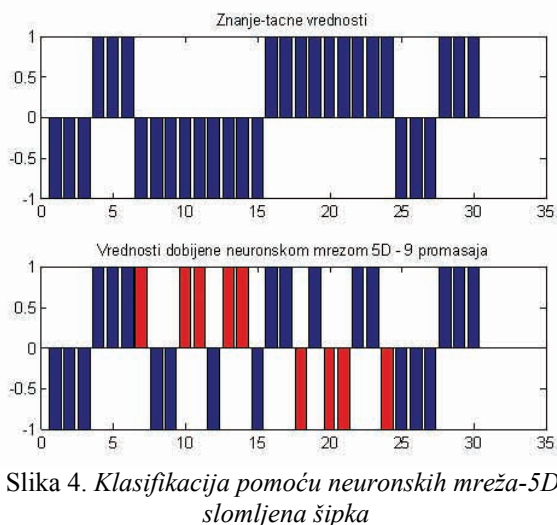
Klasifikacija je izvršena pomoću Bajesovog klasifikatora i veštačkih neuronskih mreža za oba slučaja (2D i 5D). Testiranje je izvršeno na skupu od 30 elemenata. Rezultat testiranja Bajesovog klasifikatora prikazani su na slici 3. Sa crvenom bojom su predstavljeni pogrešno klasifikovani uzorci.



Slika 3. Klasifikacija pomoću Bajesovog klasifikatora-2D, slomljena šipka

U nastavku je prikazan rezultat dobijen obučavanjem neuronske mreže tipa linearni perceptron. Korišćeno je pet veštačkih neuronskih mreža ovog tipa koje

istovremeno i pojedinačno donese odluku o klasifikaciji istog uzorka a zatim se sabiraju odluke svih pet mreža i donosi konačna odluka. Rezultat testiranja VNM je prikazan na slici 4. Crvenom bojom su predstavljeni pogrešno klasifikovani uzorci. Ostali rezultati su prikazani u Tabeli 1.

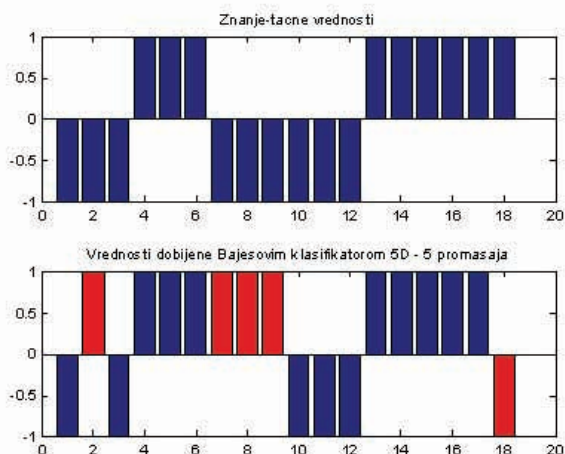


Slika 4. Klasifikacija pomoću neuronskih mreža-5D, slomljena šipka

6.2. Dinamički ekscentricitet

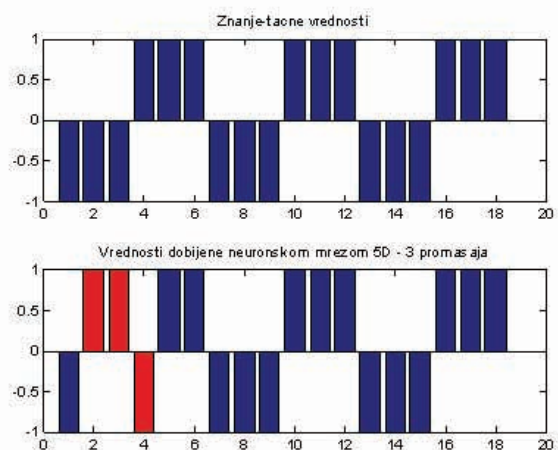
Obeležje iz frekventnog domena su – okolina 41 Hz, okolina 59 Hz, okolina 74 Hz, okolina 104 Hz i okolina 150 Hz, [13]. Drugih pet obeležja su magnitude u prethodno navedenim frekvencijama.

Klasifikacija je izvršena pomoću Bajesovog klasifikatora i veštačkih neuronskih mreža za oba slučaja (2D i 5D). Testiranje je izvršeno na skupu od 18 elemenata. Rezultat testiranja Bajesovog klasifikatora prikazani su na slici 5. Sa crvenom bojom su predstavljeni pogrešno klasifikovani uzorci.



Slika 5. Klasifikacija pomoću Bajesovog klasifikatora-5D, dimanički ekscentricitet

U nastavku je prikazan rezultat dobijeni obučavanjem neuronske mreže tipa linearni perceptron. Korišćeno je tri veštačke neuronske mreže ovog tipa koje istovremeno i pojedinačno donese odluku o klasifikaciji istog uzorka a zatim se sabiraju odluke svih pet mreža i donosi konačna odluka. Rezultati testiranja VNM su prikazani na slici 6. Crvenom bojom su predstavljeni pogrešno klasifikovani uzorci. Ostali rezultati su prikazani u Tabeli 1.

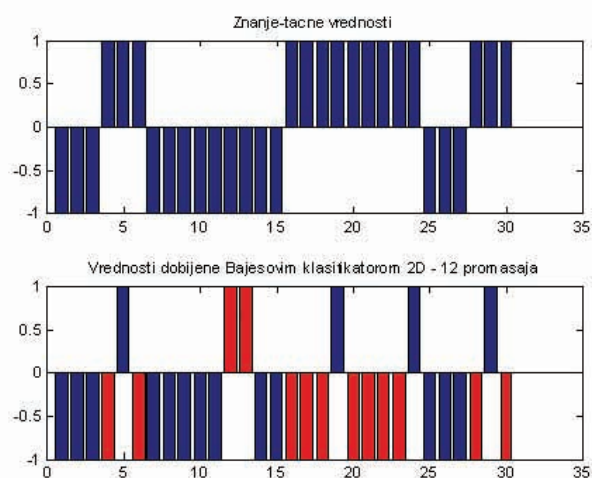


Slika 6. Klasifikacija pomoću neuronskih mreža-5D, dinamički ekscentricitet

6.3. Statički ekscentricitet

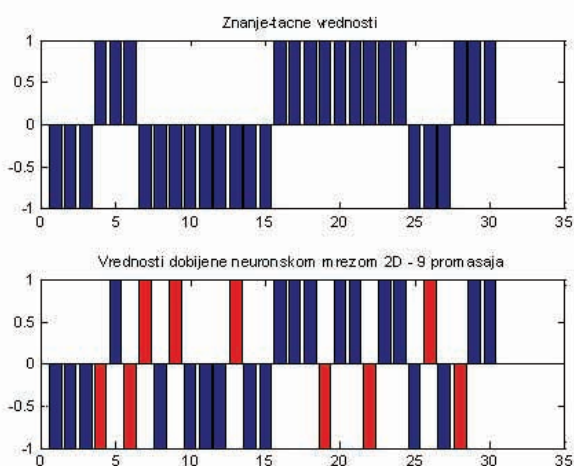
Kod ovog tipa otkaza korišćen je manji broj obeležja iz frekventnog domena. Obeležje iz frekventnog domena su – okolina 921 Hz i okolina 1021 Hz, [13]. Druga dva obeležja su magnitude u prethodno navedenim frekvencijama.

Klasifikacija je izvršena pomoću Bajesovog klasifikatora i veštačkih neuronskih mreža za oba slučaja (2D i 5D). Testiranje je izvršeno na skupu od 30 elemenata. Rezultati testiranja Bajesovog klasifikatora prikazani na slici 7. Sa crvenom bojom su predstavljeni pogrešno klasifikovani uzorci.



Slika 7. Klasifikacija pomoću Bajesovog klasifikatora-2D, statički ekscentricitet

U nastavku su prikazani rezultati dobijeni obučavanjem neuronskih mreža tipa linearni perceptron. Način klasifikacije je kao u prethodnim slučajevima. Rezultati testiranja VNM su prikazani na slici 8. Najbolji rezultati klasifikacije dobijeni su za ovaj tip otkaza. Uzrok tome je najverovatnije manji broj obeležja (devet) u odnosu na prethodna dva tipa otkaza koji imaju po petnaest obeležja i kod kojih su postignuti bolji rezultati klasifikacije. Crvenom bojom su predstavljeni pogrešno klasifikovani uzorci. Ostali rezultati su prikazani u Tabeli 1.



Slika 8. Klasifikacija pomoću neuronskih mreža-2D, statički ekscentricitet

Tabela 1. Eksperimentalni rezultati

	Bajesov klasifikator	Veštačke neuronske mreže
	Ispravno klasifikovani (%)	Ispravno klasifikovani (%)
Slom. šipka – 2D	76.67	76.67
Slom. šipka – 5D	63.33	70
Din. eksc. – 2D	61.11	83.33
Din. eksc. – 5D	72.22	61.11
Stat. eksc. – 2D	60	63.33
Stat. eksc. – 5D	66.67	70

7. ZAKLJUČAK

Izvršena je detekcija otkaza na trofaznim asinhronim motorima klasifikatorima koji su dizajnirani pomoću veštačkih neuronskih mreža i Bajesovog kvadratnog klasifikatora. Iz rezultata ova dva tipa klasifikatora može se zaključiti da su oba tipa pokazali solidne rezultate, i da se oba tipa mogu uspešno koristiti za detekciju otkaza kod asinhronih elektromotora.

Analizi statorske struje motora (MCSA) je neinvazivna tehnika za praćenje stanja mašine, za koju se veruje da je najosetljivija na otkaze komponenti motora. Pouzdanost asinhronih motora zavisi od kvaliteta izrade, ugrađenih materijala i mašinskih elemenata i usklađenosti sa njime pogonjenom mašinom.

Na kraju, treba prihvatiti činjenicu da tako jednostavne i visokopouzdanost mašine kao što su asinhroni motori mogu biti uzrok zastoja mašine ili čitavog postrojenja. Redovnom kontrolom samih motora može se uštedeti vreme i novac u procesu održavanja odnosno proizvodnje. Ekonomski je isplativija primena klasifikatora nego preventivno servisiranje.

8. LITERATURA

- [1] V. Vučković, *Električni pogoni*. Beograd: Elektrotehnički Fakultet, Beograd, 1997, ISBN 86-7225-019-2.
- [2] M.E.H. Benbouzid and G.B. Kliman, "What stator current processing-based techniques to use for

induction motor rotor faults diagnosis?," *IEEE Trans. On Energy Conversion*, vol. 18, no.2, 2003

- [3] S. Rajakarunakaran, P. Venkumar, D. Devaraj, and K. Surya Prakasa Rao, "Artificial neural network approach for fault detection in rotary system," in , Krishnankoil, India, 2007, pp. 740-748.
- [4] Anderson, D., McNeil, G.. Artificial Neural Network Technology. Data & Analysis Center for Software, Rome, , 1992, 83pp.
- [5] O.Duda, E.Hart, G.Stork, "Pattern Classification," San Jose, California, USA, 2003, ISBN: 8126511168
- [6] I.T. Jolliffe, "Principal component analysis," University of Aberdeen, 2002, ISBN: 0-387-95442-2
- [7] M. L. Sin, W. L. Song, and N. Ertugrul, "Induction machine on-line condition monitoring and fault diagnosis - a survey," Australasian Universities power engineering conference, Christchurch, New Zealand, 2003.
- [8] D. F. Pires, V. F. Pires, J. F. Martins, and A. J. Pires, "Rotor cage fault diagnosis in three-phase induction motors based on a current and virtual flux approach," in *Energy conversion and management*, 2009, pp. 1026-1032.
- [9] W. Li and C. K. Mechefske, "Induction motor fault detection using vibration and stator current methods," in *Insight Vol 46 No 8*, 2004, pp. 473-478.
- [10] H. Guldemir, "Detection of airgap eccentricity using line current spectrum of induction motors," in *Electric power systems research*, 2003, pp. 109-117
- [11] J. Faiz and M. Ojaghi, "Different indexes for eccentricity fault diagnosis in three-phase squirrel-cage induction motors: A review," in *Mechatronics*, 2009, pp. 2-13.
- [12] Pavle Stepanic & Ilija V. Latinovic & Zeljko Djurovic, "A new approach to detection of defects in rolling element bearings based on statistical pattern recognition," Springer-Verlag London Limited, 2009
- [13] G. Joksimočić, "Analiza kvarova kaveznog indukcionog motora," Zadužbina Andrejević, Beograd, 2001.

Kratka biografija:



Igor Vukosavljević rođen je u Loznici 1986. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Automatika i upravljanje sistemima odbranio je 2011.god.

Filip Kulić rođen je u Somboru 1968. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 2003. god., i od tada ima zvanje docenta. Oblast interesovanja su elektromotorni pogoni.

PRIMENA MAJKROSOFTOVIH SMERNICA ZA RAZVOJ MULTIMEDIJALNIH APLIKACIJA**APPLYING "MICROSOFT WEB CLIENT DEVELOPER GUIDANCE" TO MULTIMEDIA APPLICATION DEVELOPMENT**

Oliver Šipoš, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu proučene su Majkrosoftove smernice za razvoj klijentskih aplikacija u web okruženju u svetlu razvoja aplikacija koje manipulišu multimedijalnim sadržajima, kako diskretnog, tako i kontinualnog tipa. Smernice su posmatrane ravnopravno po prostornoj i vremenskoj sinhronizaciji. Stečena znanja su praktično primenjena pri razvoju i implementaciji aplikacije dashboard tipa. Ova aplikacija inkapsulira diskretne i kontinualne vizuelne elemente koji su prostorono i vremenski sinhronizovani. Razvijena je aplikacija dashboard tipa kao primer primene smernica.

Abstract – This study examines Microsoft Web Client Developer Guidance, focusing on applications that manipulate multimedia content, as discrete and continuous. The guidelines are observed equally by the spatial and temporal synchronization. The knowledge is practically applied in the development and implementation of the dashboard applications. This application encapsulates elements that are synchronized in time and layout. As an example of usage, dashboard type application has been developed.

Ključne reči: *Multimedija, web, dashboard, modularni pristup, video, sinhronizacija.*

1. UVOD

U ovom radu se istražuju moguće primene *Microsoft Web Client Developer Guidance (WCDG)* [1]. Konkretno, razvijena je TelventDMS dashboard web aplikacija koristeći *Microsoft WCDG* za razvoj aplikacija uz fokus na multimedijalne sadržaje i sinhronizaciju. Ova tema je odabrana da bi se istražili načini za razvoj svih nivoa (aspekata) jedne web aplikacije. Kako web aplikacije postaju sve kompleksnije, a korisnici sve zahtevniji, neophodno je pronaći pravi način kako zadovoljiti sve, ili barem većinu zahteva. Zbog svega navedenog, razvijene su smernice i tehnike koje pomažu da se razviju aplikacije po meri korisnika i zadatka uz minimalni napor razvojnog tima.

U prethodnom periodu istraživanja su i alternativna rešenja ovog problema. Međutim, nije pronađen optimalan način razvoja web aplikacija, jer nije ustanovljeno adekvatno okruženje koje bi moglo da zadovolji sve zahteve.

NAPOMENA:

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

Sa druge strane, *WCDG* nudi rešenja na te probleme. Ove smernice govore o tehnologijama koje su međusobno kompatibilne, a pri tom su dovoljne za razvoj web aplikacija dashboard tipa.

U ovom radu je razvijena aplikacija dashboard tipa pod nazivom *DMSDashboard*. Ovakav tip aplikacije je pogodan za razvoj u okviru ovog rada jer poseduje stepen kompleksnosti koji dovodi do potrebe za prostornom i vremenskom sinhronizacijom [2].

2. MAJKROSOFTOVE SMERNICE

Microsoft Web Client Developer Guidance (WCDG) predstavlja skup smernica koji je osmišljen da bi pomogao razvojnim timovima da izgrade web aplikacije koje omogućuju korisnicima brže brže obavljanje zadataka. Takođe, povećava produktivnost razvojnog tima. Ovaj skup smernica u sebi sadrži niz tehnika, kako novih tako i starih, kojima se poboljšava odzivnost web stranica, modularnost, testabilnost, kompozicija korisničkog interfejsa itd.

Ključne odluke prilikom razvoja web aplikacija su:

– **Odabrati serversku tehnologiju** - Serverske tehnologije koje su predstavljene u smernicama su *ASP.NET MVC* i *ASP.NET Web Forms*. I jedna i druga tehnologija poseduju prednosti u određenim aspektima. Postoji i mogućnost korišćenja obe tehnologije istovremeno, odnosno u istoj aplikaciji. Za potrebe ovog rada korišćena je *ASP.NET MVC 2* tehnologija, iz razloga što omogućava razvoj brzih i održivijih aplikacija, na uštrb potrebnog vremena za razvoj.

– **Odabrati autentikacioni i autorizacioni mehanizam** – Ova odluka je izuzetno bitna za pravilno funkcionisanje bilo koje komercijalne web aplikacije. U *WCDG*-u je opisan pregršt mehanizama za autentikaciju, čuvanje korisničkih podataka (data store) i autorizaciju.

– **Odrediti potrebe web aplikacije u cilju poboljšanja performansi i odgovora** – Performanse su ključne za razvoj kvalitetnih web aplikacija. Uzimajući u obzir da je u ovom radu fokus na multimedijalnim aplikacijama, veličina odgovora može biti veća nego kod prosečnih web aplikacija, i može doći do značajnog smanjenja performansi. Zbog toga treba pažljivo odabrati tehnike i tehnologije za implementiranje komunikacije između klijenta i servera, ali i resursa na klijentskoj strani koji su potrebni za manipulisanje multimedijalnim sadržajem.

– **Odabrati biblioteku klijentskih skripti** – Bez obzira na serversku tehnologiju, postoje različiti načini dopremanja *JavaScript*-a do web pregledača. Može se koristiti serverski generisana skripta ili *JavaScript* biblioteke koje pomažu pri generisanju koda. Preporučeno je korišćenje *jQuery*-a i *Ajax Controll Toolkita*-a.

– **Težiti ka pojednostavljavanju kreiranja objekata za održavanje zavisnosti unutar aplikacije** – Korišćenje kontejnera injekcije zavisnosti može biti od velike pomoći za pisanje koda koji je labavo povezan. U tom slučaju, moduli mogu lakše da se razvijaju i testiraju nezavisno. Korišćenje ovog kontejnera olakšava održavanje, proširivanje, testiranje i zamenu klasa.

– **Težiti ka razvoju modularnog rešenja** – Ako postoji potreba za što lakšim razvijanje, testiranjem, deploymet-om i održavanjem, *WCDG* pruža mnoštvo načina za modularni razvoj aplikacija. Kreiranjem modularne aplikacije, ona se razbija u logičke podsisteme koji se nezavisno razvijaju.

– **Odlučiti se za tip organizacije rešenja** – Prvi korak pri organizovanju modularnog rešenja treba biti definisanje granica svakog modula. Modularnost se može fokusirati na olakšavanje razvoja aplikacije, na olakšavanje *deployment*-a, kao i na kasnije proširivanje u vidu plug-in-a.

– **Odrediti način sastavljanja korisničkog interfejsa** – Za multimedijalne aplikacije, izuzetno je bitno postići određeni stepen prostorne i vremenske sinhronizacije. Prostorna sinhronizacija znači da treba logički bliske elemente postavljati u fizički bliske regione. Vremenska sinhronizacija označava da elementi koji su u temporalnoj korelaciji moraju zadržati tu korelaciju i u samom interfejsu.

– **Validirati unos korisnika** – Validacija unosa korisnika se uvek treba vršiti na više nivoa. Na klijentskom nivou se vrši validacija zbog performansi aplikacija, jer u slučaju pogrešnog unosa, aplikacija ne mora da šalje podatke serveru i da čeka odgovor, već može odmah da prijavi grešku korisniku. Na serverskoj strani, validacija služi za proveravanje podataka koji se ne mogu proveriti samo na klijentskoj strani, ali i zbog zaštite od zloupotrebe.

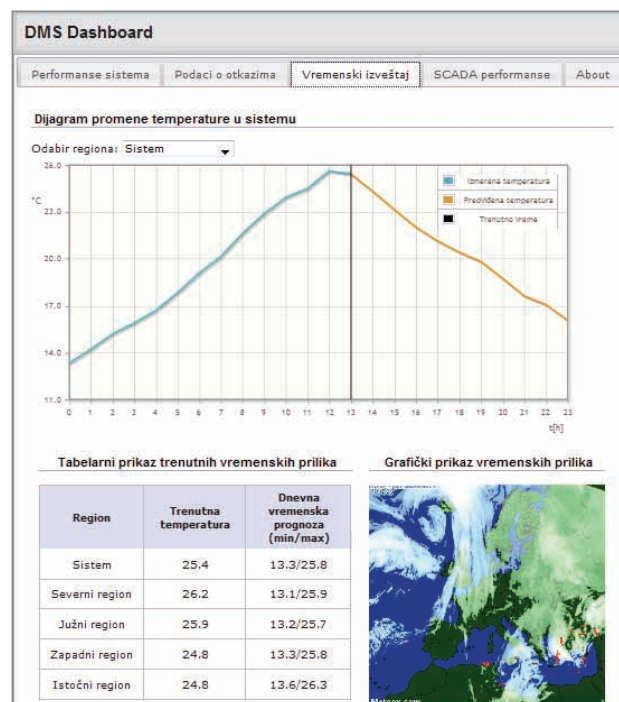
– **Obezbediti aplikaciju protiv napada** – Treba obezbediti sve tačke dodira između serverskog i klijentskog nivoa aplikacije. U slučaju *AJAX* aplikacija, tih tačaka je mnogo više, tako da je u tom slučaju potrebno preduzeti posebne mere bezbednosti.

– **Odrediti način izolacije domenskog modela od prezentacionog sloja** – Potrebno je uočiti razliku između domenskog modela i prezentacije, odnosno samog interfejsa koji korisnik vidi. Da bi aplikacija bila kvalitetnija, treba se definisati čvrsta granica između ova dva sloja.

3. DASHBOARD APLIKACIJA

Kako bi se u potpunosti mogao proceniti kvalitet *WCDG*-a, bilo je potrebno razviti multimedijalnu web aplikaciju po tim smernicama. Kao pogodna vrsta aplikacije odabrana

je *dashboard* aplikacija. *Dashboard* aplikacije služe za prezentovanje različitih informacija pomoću vizuelno privlačnih elemenata koji su po prirodi statički (dijagrami, tabele, mirne slike), ali i kontinualni (zvučnik, video, animacija i sl.). Ona po svojoj prirodi može sadržati i multimedijalni sadržaj, i može zahtevati asinhrono učitavanje delova stranice kao i automatsko osvežavanje sadržaja. Konkretno, *DMSDashboard* aplikacija se koristi za posmatranje stanja distributivnog sistema (performance, otkazi, vremenski uslovi i SCADA performance). Izgled aplikacije prilikom zahteva za podacima o vremenskom izveštaju se mogu videti na slici 1.



Slika 1. Prikaz izgleda aplikacije

3.1. Opis korišćenih tehnologija i alata

Tehnologije i alati korišćeni za rešenje problema u ovom radu su uslovljeni korišćenjem *Microsoft WCDG*-a, koji je zbog svoje kompleksnosti opisan u posebnom poglavlju.

Osnovni programski jezik serverske strane ovog rešenja je *C# (C sharp)*. Modeli i kontroleri aplikacije su napisani u ovom jeziku. Razvojno okruženje je *Microsoft Visual Studio 2010 (VS2010)*. Ono u sebi enkapsulira dovoljno alata za razvoj osnovnih web aplikacija. Za simulaciju servera je korišćen *ASP.NET Development Server*, koji je integrisan u *VS2010*. Ovaj razvojni server je sasvim dovoljan za razvoj većine web aplikacija, i vrlo je jednostavan za korišćenje. Za čuvanje podataka se koristi *Microsoft SQL Server Express*. Bazi se pristupa uz pomoć *ADO.NET Entity Model*-a, dok je za upite korišćen *LINQ*. *LINQ (Language Ingetrate Query)* je komponenta *.NET framework*-a koja pruža mogućnosti nativnih upita *.NET* programskim jezicima. *LINQ* definiše skup metoda, kao i upitnih izraza [3]. Sa klijentske strane nalaze se *ASP.NET MVC* stranice. Za poboljšanje kvaliteta stranice (izgleda i funkcionalnosti) korišćena je *JavaScript* biblioteka *jQuery*. Za iscrtavanje grafikona korišćena je *JavaScript* biblioteka *jQPlot*, koja je zasnovana na *jQuery* biblioteci. Ova biblioteka značajno

olakšava crtanje grafikona, i pritom je vrlo konfigurabilna.

3.2. Struktura aplikacije

DMSDashboard je modularna aplikacija, koja je poseduje nezavisne module na više nivoa. Razvijena je po uzoru na *Music Store Reference Implementation*. Na najvišem nivou, aplikacija se sastoji od tri projekta:

- **DMSDashboard.Domain** – Ovaj projekat u sebi sadrži kod koji opisuje model podataka, kao i funkcije koje služe za baratanje podacima.

- **DMSDashboard.Web** – Sadrži najveći deo aplikacije, odnosno najviše je vremena i truda uloženo za razvoj ovog projekta. Unutar ovog projekta se nalaze:

- *Kontroleri* – Kontroleri služe kao spona između stranica i modela, prihvatajući zahteve i šaljući odgovore.

- *Stranice* – Stranice (*view*) predstavljaju grafički prikaz interfejsa. U osnovnom delu aplikacije (ne posmatrajući module), postoji samo jedna stranica, jer se u ovoj aplikaciji upotrebljava jednostranični šablon koji omogućava parcijalno osvežavanje stranice uz pomoć *AJAX*-a.

- *Modeli stranica (view models)* – Ovi modeli nisu pravi modeli podataka koji se nalaze u bazi podataka, već predstavljaju skupove podataka koji će se prikazivati na korisničkom interfejsu.

- *Validacija* – U ovom odeljku se nalaze klase potrebne za osnovne načine validacije.

- *Inicijalizacione klase* – Vrlo bitna inicijalizaciona klasa je *Application Bootstrapper*. Koristi se za povezivanje modula sa glavnom aplikacijom.

- *Konfiguracioni fajlovi* – Postoji više konfiguracionih fajlova u ovom rešenju. *Web.config* je glavni konfiguracioni fajl za *ASP.NET web* aplikacije [5]. *Global.asax* je opcioni fajl koji sadrži kod za odziv na događaj na aplikacionom nivou koji se desio od strane *ASP.NET* ili *HTTP* modula [4].

- *Moduli* – Moduli unutar *DMSDashboard* aplikacije su unutar *Areas* direktorijuma. Ovi moduli imaju strukturu slučnu onoj u glavnoj aplikaciji. Postoje 4 modula u ovoj aplikaciji: *Perf Index*, *Weather Report*, *Outage Data* i *SCADA Performance*. Ovi moduli će biti detaljnije opisani u sledećem poglavlju.

- *Pomoćne klase (Helper)* – Najbitnija pomoćna klasa je *MenuHelper*, koja se koristi za kreiranje *HTML* kontrola. Konkretno, ova pomoćna klasa služi za definisanje tabularnog prikaza prilikom *run-time*-a.

- **DMSDashboard.Web.Infrastructure** – Ovaj projekat sadrži funkcionalnost koje se mogu koristiti u potpunosti nezavisno u više projekata. Poseduje klase za potrebne za osnovnu funkcionalnost autentikacije, s tim što se u ovom projektu nalaze samo modeli i servisi vezani za autentikaciju. Takođe, sadrži klase potrebne za rutiranje pri korišćenju *WebForms* elemenata.

3.3. Opis modula aplikacije

Moduli unutar *DMSDashboard* aplikacije su unutar *Areas* direktorijuma. Svaki poddirektorijum predstavlja jedan

modul ili region. Kao što je već specificovano, razvijena su četiri modula:

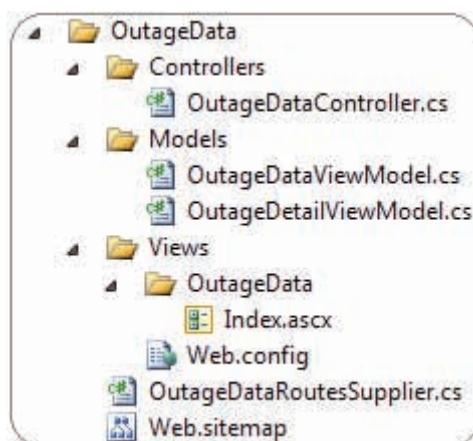
- **Indeksi performansi (*PerfIndex*)** – Svrha ovog modula (*widget*-a) je prikazivanje opterećenja u sistemu. Konkretno, prikazuju se vrednosti aktivne i reaktivne snage potrošnje sistema, faktor snage distributivnog sistema i gubitke.

- **Izveštaj o otkazima (*OutageData*)** – Prikazuje informacije o otkazima u sistemu. Informacije se prikazuju u formi sumarne tabele trenutnih vrednosti podeljenih po regionima.

- **Vremenski izveštaj (*WeatherReport*)** – Prikazuje informacije o vremenskim prilikama. Podaci su prikazani u vidu tabele koja prikazuje trenutnu temperaturu i minimalnu/maksimalnu temperaturu, zatim su prikazani u vidu grafika dnevnih promena i u vidu animacionog prikaza vremenskih uslova.

- **SCADA performanse (*ScadaPerf*)** – Ovaj *widget* pruža informacije o opremi sa kojom postoji problem u komunikaciji. Oprema je podeljena na prekidače, regulatore napona, srednjenaponske merne uređaje i niskonaponske merne uređaje.

Biće opisan samo modul koji se tiče izveštaja o otkazima. Razlog za to je to što je taj modul najkompleksniji, i sadrži maltene sve aspekte ostalih modula, u manje ili više izmenjenoj formi. Struktura modula se može videti na slici 2.



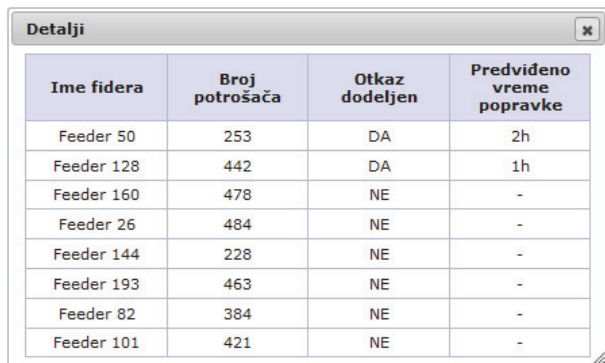
Slika 2. Struktura modula *OutageData*

Svaki modul u svom korenu poseduje jedan *Web.sitemap* fajl poput onog u korenu glavne aplikacije. Takođe, poseduje klasu *OutageDataRoutesSupplier* koja pruža informacije o rutama unutar modula. Unutar direktorijuma *Models* se ne nalaze pravi modeli, već *viewmodel*-i, odnosno modeli stranica. Postoje dva modula stranica: *OutageDataViewModel* i *OutageDetailViewModel*.

OutageDataViewModel predstavlja skup podataka bitnih za iscrtavanje jedne tačke dijagrama koji prikazuje promene u toku dana (slika 2). Bitni podaci za pravilno iscrtavanje dijagrama su: broj otkaza, broj korisnika pogođenih otkazom, broj otkaza na kojima se radi, region na koji se podatak odnosi i sat u kojem je dobijen podatak. U gornjem levom uglu se nalazi combobox za biranje regiona za koji se želi videti dijagram. *OutageDetailViewModel* – Ovaj model se koristi prilikom zahteva za pregledom detalja otkaza. Ovi detalji se prikazuju u formi modalnog dijaloga (slika 3).

Bitni podaci za ovaj dijalog su: broj korisnika pogođenih otkazom, da li je otkaz dodeljen, estimirano vreme popravke i naziv elementa koji je u otkazu.

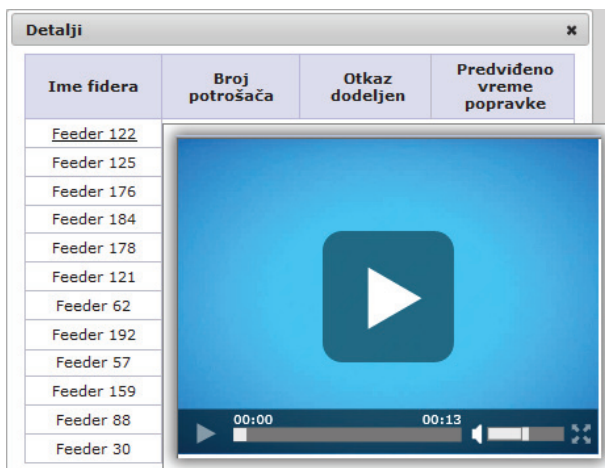
Jedini kontroler u ovom modulu je *OutageDataController*. U njemu je implementirana veza između tabele baze koja se zove *OutageData* i stranice modula. Koristi objekat klase *OutageDataRepository*.



Ime fidera	Broj potrošača	Otkaz dodeljen	Predviđeno vreme popravke
Feeder 50	253	DA	2h
Feeder 128	442	DA	1h
Feeder 160	478	NE	-
Feeder 26	484	NE	-
Feeder 144	228	NE	-
Feeder 193	463	NE	-
Feeder 82	384	NE	-
Feeder 101	421	NE	-

Slika 3. Prikaz modalnog dijaloga o detaljima otkaza

Poslednja funkcionalnost modula *OutageData* je prikaz video zapisa vezanog za konkretan feeder koji je u kvaru. Do tog video zapisa se može doći nakon što se prikažu detalji o otkazima određenog regiona. Tada se kliktajem na određeni feeder pojavljuje novi modalni dijalog unutar kojeg se prikazuje video zapis o detaljima konkretnog otkaza (slika 4).



Slika 4. Video prikaz o otkazu

4. ZAKLJUČAK

U ovom radu su se istraživale razne mogućnosti upotrebe Majkrosotovih smernica (*WCDG*), sa fokusom na razvoj *web* multimedijalnih aplikacija. Korišćen je modularni pristup razvoja. Taj osnovni deo razvoja je relativno lako razvijan jer je to detaljno objašnjeno u *WCDG*-u. Moduli su relativno jasno razdvojeni i lako je dodavati nove module uz minimalnu modifikaciju konfiguracionih fajlova. *WCGD* govori i o razvoju modela i baze podataka u posebnom projektu, što stvara još jedan nivo modularnosti. Upotreba *ADO.NET* modela podataka čini kreiranje modela vrlo jednostavnim, kao i modifikaciju istog. Takođe, infrastrukturni aspekti aplikacije, odnosno aspekti koji su generički i mogu se koristiti u više projekata su postavljeni u poseban projekat. Dobra praksa

o kreiranju *web* stranica je detaljno opisana. Kombinacija i minifikacija *JS* i *CSS* fajlova su takođe delimično opisane u ovim smernicama. Pokušana je upotreba ovih metoda i u *DMSDashboard* aplikaciji, ali je taj pokušaj bio bezuspešan. Problem je bio u tome što i u samim smernicama taj aspekt nije dovoljno detaljno opisan, što je možda i razumljivo, s obzirom da je to nova tehnologija, i još uvek je u razvojnoj (beta) fazi.

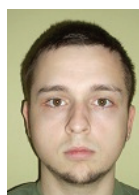
Međutim, problem parcijalnog osvežavanja je vrlo šturo objašnjen. Nisu postojali nikakvi primeri takvog korišćenja, iako je u smernicama spomenuto takvo korišćenje kao sasvim validno. Korišćenje multimedijalnog sadržaja unutar *web* aplikacija je takođe površno opisan. Spomenuto je korišćenje *Silverlight*-a, ali nisu dati nikakvi primeri, tako da je bilo potrebno tražiti druge izvore informacija o korišćenju *Microsoft Silverlight*-a.

Dalji tok istraživanja će se odnositi na poboljšanje smernica koje se tiču performansi aplikacija, primene multimedijalnog sadržaja. Performanse će znatno biti poboljšane kada se bude implementirala tehnika minifikacija i kombinacija *JS* i *CSS* fajlova. Takođe, optimizacijom *JS* i *CSS* fajlova će se pomoći u postizanju prostorne i vremenske sinhronizacije, dok će *AJAX* služiti za efikasnije manipulisanje kontinualnim medijima.

5. LITERATURA

- [1] Microsoft Patterns & Practices Client Team, *Developing Web Apps: Building Responsive, Modular Web Applications*, Microsoft Corp., 2010, pp. 5-10.
- [2] D. Ivetić, *Multimedijalni sistemi*, skripta, Novi Sad: Fakultet tehničkih nauka, 2008, pp. 112-119.
- [3] S. Sanderson, *Pro ASP.NET MVC 2 Framework*, 2nd ed., Apress, 2010, pp. 33.
- [4] Microsoft Corp., „Global.asax File“, 08.03.2011., [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/1xaas8a2\(v=vs.71\).aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/1xaas8a2(v=vs.71).aspx).
- [5] Microsoft Corp., „SiteMap Class“, 08.03.2011., <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/system.web.sitemap.aspx>.

Kratka biografija:



Oliver Šipoš rođen je u Zrenjaninu 1986. god. Završio je gimnaziju u Zrenjaninu 2005. godine. Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu je upisao 2005. godine, dok je master studije upisao 2009. godine. Ispunio je sve obaveze i položio je sve ispite predviđene studijskim programom sa prosečnom ocenom 8.90.

**JEDNO REŠENJE CORBA ADAPTERA ZA RAZMENU DINAMIČKIH PODATAKA
IZMEĐU SISTEMA DMS I SCADA U ZAŠTIĆENOM OKRUŽENJU****ONE SOLUTION OF CORBA ADAPTER FOR DYNAMIC DATA EXCHANGE
BETWEEN DMS AND SCADA IN FIREWALL PROTECTED ENVIRONMENT**

Petar Milošević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – Rad obuhvata realizaciju adaptera za razmenu dinamičkih podataka između sistema DMS i SCADA u zaštićenom okruženju pomoću CORBA arhitekture, rezultate ispitivanja načina uspostave veza u CORBA okruženju, testiranje realizovanog rešenja za čije potrebe je realizovan simulator SCADA sistema.

Abstract – *This paper describes a solution of implementation of CORBA adapter for dynamic data exchange between DMS and SCADA in firewall protected environment, results of connection establishing in CORBA environment researching and implemented solution testing with SCADA simulator application.*

Ključne reči: SCADA, DMS, CORBA adapter, zaštitni zid, konfiguracija, komunikacija, konekcija.

1. UVOD

Tehnologije distribuiranog računarstva u poslednjih nekoliko decenija su u neizmernom razvoju, zahvaljujući sve dostupnijim mikroracunarima i unapređenju tehnologija distribuirane programske podrške. Arhitektura distribuiranog sistema se u osnovi sastoji od slojevite klijent - poslužilac arhitekture, u kojima se usluge koje se pružaju klijentima obavljaju putem saradnje više računara koji se mogu razlikovati po fizičkim ili programskim karakteristikama.

Iz ideje da se različite računarske platforme uspešno integrišu, razvijeno je mnoštvo tehnologija distribuiranog računarstva, a jedna od njih je CORBA (*Common Object Request Broker Architecture*). CORBA predstavlja arhitekturu i tehnologiju distribuiranih objekata koja je zamišljena da bude nezavisna od korišćenog programskog jezika. Koncept distribuiranih objekata polazi od ideje da nezavisno razvijane programske komponente, pokrenute na različitim računarima, mogu da rade zajedno, kao jedna aplikacija ili skup usluga. CORBA aplikacija se sastoji od poslužioca koji klijentima pružaju usluge, pri čemu poslužiocu mogu ujedno biti i klijenti. Usluge su realizovane u vidu CORBA objekata. Za specifikaciju sprege koja objekte predstavlja spoljnom svetu CORBA koristi IDL jezik (*Interface Definition Language*). Istovremeno, CORBA obezbeđuje jezičko preslikavanje IDL-a na konkretan jezik realizacije.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je dr Branislav Atlagić, red. prof.

Identitet objekta je enkapsuliran u objektu referencu (IOR). Poslužilački objekat se naziva servant koji može biti izabran statički ili dinamički. Klijent i servant ne komuniciraju direktno već pomoću ORB (*Object Request Broker*) posrednika, programskog modula namenjenog za mrežnu komunikaciju. ORB-ovi između sebe komuniciraju po GIOP (*General Inter-ORB Protocol*) odnosno IIOP (*Internet Inter-ORB Protocol*) protokolu koji predstavlja TCP/IP implementaciju GIOP-a. Dvosmerni GIOP koristi postojeću vezu za iniciranje operacija na objektima povratnog poziva (klijentskih CORBA objekata). Upravljanje nekim sistemom projektuje se sa ciljem da se ostvari željeno ponašanje. Otuda je i praćenje ponašanja staro koliko i samo upravljanje. Dovođenjem signala koji učestvuju u procesu na panele sa instrumentima formirani su prvi sistemi za nadzor i praćenje procesa koji su nazvani telemetrijski sistemi. Početkom sedamdesetih godina, razvojem procesne industrije i mikroracunara uvodi se pojam SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*) sistema za nadzor, praćenje, kontrolu i upravljanje fizičkim procesima. Danas je SCADA deo skoro svakog industrijskog postrojenja, a stanje nekog procesa može se pratiti sa bilo koje tačke zemljine kugle. Ovi sistemi obuhvataju širok spektar opreme, podsistema i tehničkih rešenja koji omogućavaju prikupljanje i obradu podataka o procesima i reagovanje na adekvatan način.

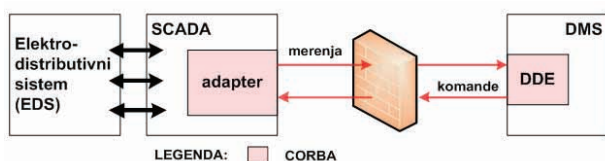
DMS je nastao kao rezultat razvoja programske podrške za usavršavanje i poboljšanje distribucije električne energije. DMS programski paket predstavlja tehničko-informacioni sistem koji omogućava analizu rada elektrodistributivne mreže, primenu ekspertskih metoda za unapređenje rada sistema kao i upravljanje i planiranje u elektrodistributivnom sistemu. Dva najvažnija dela DMS-a sa aspekta namene i korišćenja predstavljaju modul za energetske proračune i centralna korisnička aplikacija. DMS vrši obradu nad statičkim i dinamičkim podacima. Dinamički podaci se koriste pri proračunima u funkcijama koje omogućavaju analizu i optimizaciju upravljanja sistemom, odnosno unapređenje cele mreže. Proračuni se odnose na podatke o snazi, struji, gubicima, naponu, raznim analizama i sl. Čitav prateći sistem DMS-a radi da bi se korisniku preko klijentske aplikacije omogućile usluge koje ovaj modul pruža.

Razvoj tehnologije proširio je mogućnost razvoja zlonamerne komunikacije ali i metoda odbrane. Zaštitni zidovi predstavljaju uređaje ili programske pakete koji u sklopu računarske mreže ili računarskog sistema imaju mogućnost da spreče nepropisni ili neželjeni prenos podataka preko mreže, zabranjenih od strane sigurnosne

politike postavljene na mreži. Zaštitni zidovi se dosta razlikuju po filozofiji i metodama rada. Od svog nastanka do danas, zaštitni zidovi su evoluirali usavršavajući metode rada, konfiguracije i uloge u računarskom sistemu, istovremeno šireći nove funkcionalnosti. Najčešće tehnike koje zaštitni zidovi koriste su filtriranje paketa, preslikavanje mrežne adrese i zastupničke usluge. Filteri paketa mogu biti sa i bez pamćenja stanja. Prvi koriste podatak o stanju veze kako bi ubrzali procesiranje paketa, dok su drugi brži za jednostavna filtriranja.

2. ANALIZA PROBLEMA

Konfiguracija akviziciono upravljačkog sistema grafički je predstavljena na slici 1.



Slika 1: Opisani problem

Promene dinamičkih elemenata SCADA prosleđuje DMS sistemu, koji na osnovu dobijenih merenja vrši energetske proračune i šalje odgovarajuće komande. Za komunikaciju se koristi CORBA, a između dva sistema se nalazi zaštitni zid. Adapter treba da omogući mehanizam pretplate na željene dinamičke elemente, a s obzirom da se ne zna unapred vreme nastanka promene, slanje promena se vrši asinhrono. Kako bi uopšte komunikacija bila moguća, potrebno je istražiti na koji način se vrši uspostava veza u CORBA okruženju i na osnovu te analize ispravno konfigurirati zaštitni zid.

Od SCADA programskog paketa se očekuje da radi u okruženju nekog standardnog operativnog sistema kao što je *Windows* ili *Unix*. SCADA programski paket takođe mora biti projektovan da omogući direktnu dinamičku razmenu (*Dynamic Data Exchange*, *DDE*) podataka između SCADA aplikacije i drugih aplikacija, npr. DMS aplikacije. Integracijom se proširuju mogućnosti SCADA-e jer se za prikaz i obradu podataka koristi specijalizovana vrsta programa, posebno prilagođena željenoj vrsti primene. U cilju otpornosti na greške, DMS sistem može biti podeljen na dve nezavisne celine (dva poslužioca), od kojih je jedan aktivan a drugi služi kao vruća rezerva. Tokom dinamičke razmene proverava se status sistema (poslužioca). Shodno postavljenim zahtevima, uočavaju se nekoliko bitnih stavki koje bi adapter za razmenu dinamičkih podataka trebao da ispuni. Imajući u vidu da predstavlja spojnicu između sistema DMS i SCADA, potrebno je definisati sprege prema oba sistema korišćenjem formalne specifikacije nezavisne od programskog jezika i okruženja u kom se radi realizacija. Jezičkim preslikavanjem i korišćenjem odgovarajućeg IDL kompajlera, sprege definisane IDL-om mogu se preslikavati u kod programskog jezika koji će se koristiti u realizaciji. Takođe, potrebno je odabrati odgovarajuću CORBA implementaciju. Kako bi se zaobišli potencijalni problemi u slučaju korišćenja parametara koji su tipa klasa i poznavanja načina predstavljanja dinamičkih elemenata u SCADA-i i obrnuto, sprega prema SCADA-i može biti C sprega, a izložene funkcije mogu imati

standardnu pozivnu konvenciju. Zamisao je da pomenuta sprega nudi metode za kreiranje dinamičkih elemenata na osnovu parametara postojećih tipova. Strukture koje će biti razmenjivane između adaptera za razmenu dinamičkih podataka i SCADA sistema, definišu se na osnovu specifičnosti za svaki dinamički tip. S obzirom da koristi različite sprege prema različitim sistemima, u cilju prosleđivanja dinamičkih elemenata različitim tipova, adapter mora obezbediti proces konverzije za svaki dinamički tip. Pored ostalih zahteva, adapter bi trebao da omogući i mehanizam pretplate na dinamičku razmenu. Kao što se vidi sa slike 1, adapter za razmenu dinamičkih podataka se nalazi na SCADA poslužilačkoj mašini, a poslužiocu moraju biti transparentni klijentima. U CORBA okruženju, IOR predstavlja jedino sredstvo putem kojeg klijent komunicira sa poslužiocem, a poslužilac mora na neki način da objavi svoj IOR. Za objavljivanje IOR-a CORBA aplikacije koriste imeničku uslugu. Što se tiče mehanizma pretplate, adapter treba da obezbedi poslovnu logiku, u smislu distribucije promena dinamičkih elemenata pretplatnicima, ali je obustavljanje ili ukidanje pretplate na dinamičku razmenu isključivo odluka pretplatnika. Dakle sprega koja će se realizovati prema DMS-u treba da ponudi mogućnost indirektnog rukovanja pretplatom u formi slanja zahteva za ukidanjem, obustavljanjem, aktivacijom i slično. Mehanizam održanja veze predstavlja još jedan bitan zahtev. Problemi koji bi se ispoljavali prilikom konstantnog uspostavljanja veze u slučaju kada nema promena na SCADA sistemu su mnogobrojni, i pre svega se odnose na trošenje sistemskih resursa. Ovo je verovatno bio i glavni razlog za podršku mehanizma održanja veze. Pre predloga koncepta rešenja potrebno je upoznati način realizacije CORBA klijenta i CORBA poslužioca, kao i način uspostavljanja i osnovne elemente TCP/IP veze.

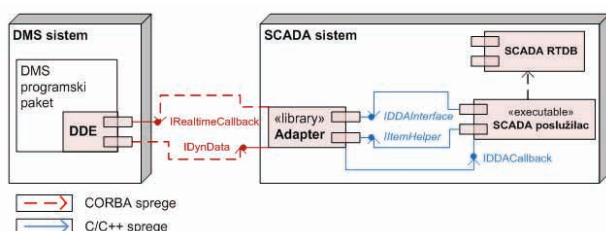
3. KONCEPT REŠENJA

Imajući u vidu da nije posebno naglašeno koju verziju CORBA-e treba koristiti, izbor je pao na *omniORB* implementaciju. *OmniORB* je jedan od najčešće korišćenih u praksi, podržava jezička preslikavanja za C++ i python programske jezike, rad sa više niti, dizajniran je za *Windows* i *Unix* platforme. Uključuje imeničku uslugu *omniNames* kao i kompajler *omniIDL*, a podržava i dvosmerni GIOP. Na osnovu obrađene literature o različitim tipovima podataka koji mogu postojati u SCADA sistemima primenjenim u elektrodistribuciji, zaključuje se model struktura koje se razmenjuju između adaptera za razmenu dinamičkih podataka i SCADA-e. Svi dinamički tipovi imaju određen broj zajedničkih karakteristika, što predstavlja bitnu činjenicu prilikom formiranja modela strukture. Korišćenjem pogodnosti CORBA tipova, u komunikaciji između DMS sistema i adaptera, može se razmenjivati jedna struktura. Ovo implicira postojanje posebnog modula namenjenog isključivo realizaciji ove funkcionalnosti. Asinhrono slanje promena DMS-u je bitna činjenica koja utiče na razvoj sprege. Pored pomenutih zahteva, pominju se još provera statusa SCADA sistema i verzija podataka. Dalje, prilikom dinamičke pretplate, adapter mora da proveri postojanje dinamičkih elemenata za koje pretplatnik želi promene. Svi pomenuti problemi ukazuju na postojanje dodatnih funkcija koje bi se koristile u komunikaciji

između adaptera i SCADA sistema, a za čiju realizaciju je odgovoran SCADA sistem. Pošto bi adapter indirektno omogućavao pretplatnicima rukovanje pretplatom, logično bi bilo očekivati da signalizira početak i kraj slanja promena dinamičkih elemenata. Da bi komunikacija uopšte bila moguća između DMS-a i SCADA-e, tačnije između DMS-a i adaptera, potrebno je ispravno konfigurisati zaštitni zid. U cilju konfigurisanja potrebno je istražiti način uspostave veza u CORBA okruženju, dakle realizovati jednostavne primere CORBA klijenta i CORBA poslužioca, snimiti mrežni saobraćaj i na osnovu analize dati predlog konfiguracije. Jedan od primera svakako treba biti asinhrono pozivanje operacija na objektima povratnog poziva. Analiza treba da obuhvati i mogućnost korišćenja dvosmernog GIOP-a. Konačno, da bi se testirale realizovane funkcionalnosti, najčešće i tokom realizacije, neophodno je realizovati aplikaciju koja će simulirati SCADA programski paket. Aplikacija će biti ograničena u skladu sa zahtevima koji se postavljaju pa tako neće biti kompleksna kao pravi SCADA programski paket već naprotiv, vrlo jednostavna.

4. REALIZACIJA

Adapter za razmenu dinamičkih podataka je realizovan u formi biblioteke u programskom jeziku C++ i predstavlja komunikacijsku „sponu“ između DMS i SCADA sistema. Kako bi se omogućila upotreba komponente na različitim platformama podržan je rad sa *unicode* i *nonunicode* karakteristikama.



Slika 2: Pozicija adaptera u odnosu na integrisani sistem. Interakcija između adaptera za razmenu dinamičkih podataka i DMS-a se obavlja preko CORBA sprege koju realizuje adapter i koja ispunjava sledeći skup zahteva:

- mehanizam pretplate
- razmenu verzija podataka
- proveru statusa SCADA sistema
- mehanizam održanja veze

DMS sistem realizuje CORBA sprege povratnog poziva čiju referencu prosleđuje adapteru za razmenu dinamičkih podataka prilikom slanja zahteva za pretplatu na dinamičku razmenu. U interakciji između sistema DMS i SCADA se koristi CORBA tehnologija pa su tako sturkture koje se razmenjuju nazvane CORBA tehnološki objekti, a u CORBA modelu podataka su modelovane kao *STOItem* (tabela 1).

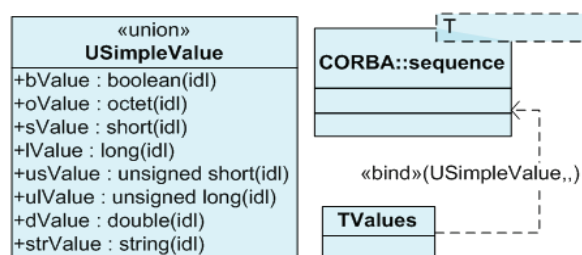
Komunikacija između adaptera za razmenu dinamičkih podataka i SCADA sistema se odvija kroz C/C++ sprege koje treba da zadovolje sledeći skup zahteva:

- upravljanje podržanim dinamičkim elementima
- prijem promena sa SCADA-e
- uinicijalizaciju/deinicijalizaciju adaptera za razmenu dinamičkih podataka
- signalizaciju distribucije promena pretplatnicima

SCADA sistem realizuje sprege povratnog poziva, a reference njegovih funkcija adapteru prosleđuje prilikom inicijalizacije. Strukture koje se razmenjuju između SCADA-e i adaptera su C sturkture, a funkcije povratnog poziva treba da zadovolje sledeći skup zahteva:

- prosleđivanje statusa
- prosleđivanje verzije podataka
- proveru postojanosti dinamičkih elemenata za koje pretplatnik želi promene
- signalizacija startovanja dinamičke razmene
- signalizacija zaustavljanja dinamičke razmene.

Dinamička razmena je proces koji se može podeliti u nekoliko faza: primanje promena sa SCADA-e, konverzija u CORBA tehnološke objekte, distribucija ka pretplatnicima. DMS se pretplaćuje na određen broj elemenata i nakon uspešne pretplate šalje zahtev za aktivacijom pri čemu adapteru prosleđuje referencu na objekat povratnog poziva preko kojeg prima promene. Adapter za razmenu dinamičkih podataka DMS-u šalje sekvencu *STOItem* sturktura koje modeluju neki deo opreme u elektrodistributivnoj mreži. SCADA sistemi mogu imati mnoštvo različite opreme - tipova elemenata. Najčešće se grupišu prema nekom kriterijumu - pripadaju istom uređaju na terenu, istoj podstanici ili prema tome kako su grupisani u DMS-u. Adapter za razmenu dinamičkih podataka podržava kreiranje, konverziju i razmenu za sledeće dinamičke tipove: rasklopne uređaje, merenja, teretne menjače primarnog i sekundarnog trafoa, spoljne generičke elemente, udaljene telemetrisane jedinice, napojne vodove, kompleksne elemente. Svi dinamički tipovi su modelovani posebnom C stukturom. Konverziju C sturktura u CORBA tehnološke objekte obavljaju konverteri, kojih ima koliko i dinamičkih elemenata. Problem različitog broja atributa koji mogu biti različitih tipova različitih dinamičkih elemenata i želje da se u komunikaciji sa DMS-om koristi samo jedna sturktura, rešen je korišćenjem sekvence kao tipa (broj elemenata sekvence može da varira), a broj različitih tipova korišćenjem unije kao elemenata sekvence (unija može predstavljati različite tipove). Tip elemenata sekvence – *USimpleValue* unija i *TValues* CORBA sekvenca prikazane su na slici 3.



Slika 3: *TValues* CORBA sekvenca *USimpleValue* elemenata

Konačno sturktura koja predstavlja CORBA tehnološki objekat prikazana je tabelom 1.

STOItem tehnološki objekat	
Naziv polja	Tip
ItemID	unsigned long
Values	TValues
Timestamp	STime

Tabela 1: Izgled *STOItem* objekta

Jedinstveni identifikator (*ItemID*) i vremenski trenutak nastanka promene (*Timestmap*) se iz C struktura u STOItem tehnološki objekat preslikavaju „jedan na jedan“, dok se *Values* polje popunjava svim ostalim poljima.

4.1 Moduli i funkcionalnosti

Funkcionalnosti koje adapter za razmenu dinamičkih podataka realizuje svrstane su u nekoliko modula:

- modul za konverziju - sadrži konvertere i upravlja procesom konverzije
- CORBA komunikacioni modul - realizuje CORBA sprege prema DMS-u
- modul za podršku mehanizma pretplate - realizuje pretplatničke niti u upravlja procesom distribucije promena
- glavni modul, rukovalac pretplatama - upravlja poslovnom logikom
- modul ulaznog bafera - realizuje prijem promena
- konfiguracioni modul - sadrži konfiguracione parametre

Ponašanje adaptera za razmenu dinamičkih podataka je opisano sekvencijalnim UML dijagramima koji iz praktičnih razloga nisu prikazani.

U cilju uspostavljanje veza u CORBA okruženju, realizovani su jednostavni primeri CORBA klijenta i CORBA poslužioca, pokretani sa različitim parametrima. Mrežni saobraćaj iz praktičnih razloga nije prikazan, a predlog konfiguracije zaštitnog zida dat je u zaključku.

5. TESTIRANJE

Testiranje je vršeno na *Windows* i *Unix* platformama i imajući u vidu da je u zadatku postavljeno više zahteva, testirani su: rad adaptera dinamičkih podataka, komunikacija između sistema DMS i SCADA kada se između njih nalazi zaštitni zid i performanse.

5.1 Testiranje rada adaptera dinamičkih podataka

Provera rada adaptera dinamičkih podataka obuhvata nekoliko podgrupa testova među kojima se izdvajaju: testiranje konfiguracije, testiranje kreiranja dinamičkih elemenata na osnovu parametara prosleđenih sa SCADA-e, testiranje procesa konverzije i testiranje mehanizma održanja veze. Izvršeno je testiranje svih izloženih funkcija i s obzirom da su rezultati svih testova pozitivni može se zaključiti da adapter za razmenu dinamičkih podataka u potpunosti pokriva predviđenu funkcionalnost.

5.2 Testiranje komunikacije između sistema SCADA i DMS u zaštićenom okruženju

Testiranje komunikacije između sistema SCADA i DMS u zaštićenom okruženju izvedeno je u slučajevima korišćenja fiksnih portova - zaštitni zid je konfigurisan da propušta saobraćaj na fiksnim portovima i u slučajevima korišćenja dvosmernog GIOP-a. Testiranjem je utvrđeno da je komunikacija kroz zaštitni zid moguća kada se isti konfiguriše da propušta saobraćaj na određenim portovima ili kada se prilikom realizacije CORBA klijenta i CORBA poslužioca koristi dvosmerni GIOP.

Testovi performansi potvrđuju da adapter za razmenu dinamičkih podataka može obraditi oko 30000 elemenata u sekundi.

6. ZAKLJUČAK

6.1 CORBA komunikacija u zaštitnom okruženju

Na osnovu analize uspostavljanja veza utvrđeno je da postoje dva načina postizanja CORBA komunikacije između klijenta i poslužioca u situaciji kada se između njih nalazi zaštitni zid:

- konfigurisanjem CORBA poslužioca da osluškuje klijentske zahteve na predefinisanoj – fiksnom portu
- realizacijom CORBA poslužioca i CORBA klijenta da koriste dvosmerni GIOP

Na osnovu prethodnog istraživanja i testova zaključuje se da je prvo rešenje jednostavnije jer ne zahteva nikakve promene u kodu CORBA poslužioca i CORBA klijenta, već se samo mora promeniti konfiguracija *omniORB*-a. Dvosmerni GIOP takođe zahteva fiksne portove koji moraju biti otvoreni na zaštitnom zidu, tako da je konfiguracija zaštitnog zida u oba slučaja ista, s tim što se zahtevaju dodatne promene u realizaciji CORBA poslužioca i CORBA klijenta. U oba slučaja zaštitni zid mora podržavati pamćenje stanja veze. Prethodnoj analizi i postavljenim zahtevima do kojih se došlo prilikom analize, čini se da najviše odgovara filter paketa sa pamćenjem stanja veze.

6.2 Dalji razvoj i unapređenja

Dalje unapređenje realizovanog rešenja bi se moglo odnositi na proširenje skupa podržanih dinamičkih tipova, s obzirom da rešenje ne podržava sve moguće dinamičke tipove koji mogu biti deo elektrodistributivnog SCADA sistema. Dodatna unapređenja bi se mogla tražiti u načinu distribucije promena dinamičkih elemenata pretplatnicima (DMS-u), u smislu češćeg slanja manjih CORBA sekvenci. Prethodni zaključak je uslovljen pretpostavkom da su performanse procesiranja DMS-a u tom slučaju bolje, za razliku od prijema velikog broja podataka (promena dinamičkih elemenata) odjednom. Unapređenje konfigurisanja zaštitnog zida bi se moglo tražiti u ograničenju zahteva za uspostavljanje veze (broju SYN paketa).

7. LITERATURA

- [1]. M.Mirković, DMS Software Architecture Overview, DMS Group, Novi Sad, 2009
- [2]. http://en.wikipedia.org/wiki/Firewall_%28computing%29
- [3]. dr. Branislav Atlagic, Generalizovani Akviziciono Upravljački Sistem – GAUS, Novi Sad, 2005
- [4]. Srbijanka Turajlić, „Programabilni logički kontroleri“, Beograd 2008
- [5]. Michi Henning, Steve Vinoski, „Advanced CORBA® Programming with C++“, 1999

Kratka biografija:



Petar Milošević je rođen u Požarevcu 1984. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva - Računarske tehnike i računarske komunikacije odbranio je 2011. godine.

SPEKTAR OSETLJIVOSTI – NOVI PARAMETAR PROCENE BAROREFLEKSA
SENSITIVITY SPECTRUM - A NEW PARAMETER OF BAROREFLEX ESTIMATIONIvona Martinov, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U ovom radu opisan je postupak određivanja barorefleksne osetljivosti (BRS). Barorefleksna osetljivost predstavlja jednu od efikasnih prognostičkih metoda u kardiologiji. Važna funkcija kardiovaskularnog sistema je održanje vrednosti krvnog pritiska u granicama normale u cilju da se spreči narušavanje funkcionisanja organa i organizma kao celine. Brzina kojom će organizam reagovati na promenu krvnog pritiska predstavlja barorefleksnu osetljivost. Za određivanje ovog parametra potrebno je analizirati signale krvnog pritiska i srčane frekvencije. Ovi signali prikupljeni su sa granično hipertenzivnih i Wistar pacova.

Abstract – This paper presents a method for baroreflex sensitivity (BRS) estimation. Baroreflex sensitivity is one of the most efficient prognostic method in cardiology. An important function of the cardiovascular system is to maintain blood pressure within the normal limits, in order to prevent disturbance of the organ functions. The speed at which body reacts to changes in blood pressure is known as baroreflex sensitivity. For the determination of this parameter is necessary to analyze the signals of blood pressure and heart rate. These signals are collected from borderline hypertensive and Wistar rats.

Ključne reči: Barorefleksna osetljivost, signal krvnog pritiska, signal srčane frekvencije, tehnika sekvenci

1. UVOD

Barorefleks predstavlja jedan od osnovnih mehanizama za kratkoročnu kontrolu krvnog pritiska u čovekovom organizmu [1]. Ovaj mehanizam funkcioniše po principu negativne povratne sprege u kojoj povišen krvni pritisak izaziva refleksnu reakciju baroreceptora koji ovu informaciju prenose ka centrima u autonomnom nervnom sistemu (ANS) koji regulišu srčani rad. Na osnovu dobijenih informacija ANS smanjuje srčanu frekvenciju i posledično krvni pritisak. Na sličan način se regulise i smanjenje krvnog pritiska, koje za posledicu ima porast srčane frekvencije. Normalan krvni pritisak garantuje da će različiti organi imati dovoljan protok krvi za održavanje normalnog rada tih organa, jer, ako je vrednost krvnog pritiska previsoka ili isuviše niska, neki organi mogu biti oštećeni [2]. Održanje stabilnog krvnog pritiska predstavlja osnovni faktor svakodnevnog zdravlja. Sistem krvnog pritiska može se posmatrati kao zatvorena petlja sistema regulacije, koja se sastoji od senzora

(baroreceptora) koji mere pritisak i sistema za pumpanje koji je odgovoran za održavanje pritiska. Sistem za pumpanje se sastoji od krvnih sudova i srca. Baroreceptori su specijalizovane nervne ćelije, koje indirektno mere krvni pritisak mereći istežanje krvnih sudova. Baroreceptori se mogu naći u regionu aorte i u većim venama. Održavanje prosečne vrednosti krvnog pritiska vrši se na osnovu promene srčane frekvencije, koja se menja na osnovu merenja baroreceptora [3]. Ovaj sistem zatvorene petlje u stanju je da u izvesnim granicama kompenzuje promene nastale zbog različitih aktivnosti ljudskog tela. U praksi situacija je mnogo složenija jer se simpatički i parasimpatički delovi centralnog nervnog sistema moraju prilagoditi celokupnom sistemu na mnogo različitih načina.

BRS predstavlja meru sposobnosti tela da promeni srčanu frekvenciju u zavisnosti od promene krvnog pritiska. BRS je obično nenegativna veličina koja se izražava u $ms/mmHg$. [4] Povišene vrednosti BRS-a ukazuju na to da sistem reaguje na promene pritiska brže, odnosno da je sistem osetljiviji. Ideja koja stoji iza BRS-a jeste da se pokuša opisati kvalitet ukupnog prilagođavanja sistema na promene, jednom numeričkom vrednošću. U praksi, BRS je korisna mera koja se koristi i u dijagnostičke svrhe [5]. Za određivanje barorefleksne osetljivosti postoje brojne tehnike kao što su: tehnika nagiba, napredna tehnika nagiba, tehnika sekvenci, spektralna tehnika, tehnika kompleksne demodulacije, ARMA analiza, kao i mnoge druge [6]. U ovom radu opisana je metoda određivanja barorefleksne osetljivosti korišćenjem tehnike sekvenci. Barorefleksne osetljivosti izračunate su u okviru ovog rada za originalne signale sistolnog krvnog pritiska (SBP) i srčane frekvencije (HR), dobijene od takozvanih Wistar i granično hipertenzivnih pacova pre, u toku i nakon izlaganja stresu usled radikalnih promena stanišnih uslova.

2. MATERIJALI I METODE**2.1. Eksperimentalni protokol**

Signali sistolnog krvnog pritiska i srčane frekvencije prikupljeni su na Wistar i granično hipertenzivnim pacovima.

U svrhu eksperimenta korišćeni su pacovi muškog pola, težine 330 ± 20 grama. Pacovi su pojedinačno odgajani u pleksiglas kavezima sa potrebnom hranom i vodom, u kontrolisanim laboratorijskim uslovima. Broj životinja za jednu eksperimentalnu grupu je šest.

Deset dana pre eksperimenta stresiranja, pacovi su bili izloženi operacijama u okviru kojih im je ugrađivana sonda u abdominalne aorte, kombinujući sa ketalin i kolazin anestezijama, zajedno sa gentamicinom i metamolom radi ublažavanja bolova.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji je mentor bila dr Dragana Bajić, red.prof.

Signali su prikupljeni sa dve vrste pacova:

- BHR
- NORM

Životinje su bile izložene dvema vrstama stresa:

- Shaker
- Restraint

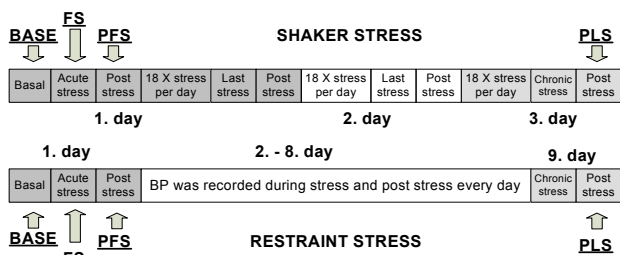
Pošto su životinje bile izložene dvema vrstama stresa prikupljeno je pet kategorija ovih signala:

- pre stresa-BASELINE
- u toku prvog stresa-FS (First stress)
- nakon prvog stresa-PFS (Post first stress)
- u toku drugog stresa-LS (Last stress)
- nakon drugog stresa-PLS (Post last stress)

Zahvaljujući dvema vrstama pacova i dvema vrstama eksperimenata dobili smo četiri eksperimentalna uslova:

- BHR_RESTRAINT
- BHR_SHAKER
- NORM_RESTRAINT
- NORM_SHAKER

Slika 1 ilustruje hronologiju izlaganja shaker i restraint stresovima koji su bili isti za obe vrste pacova.



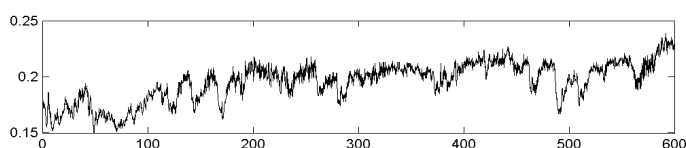
Slika 1 Prikaz hronologije izlaganja pacova shaker i restraint stresovima

2.2. Određivanje barorefleksne osetljivosti

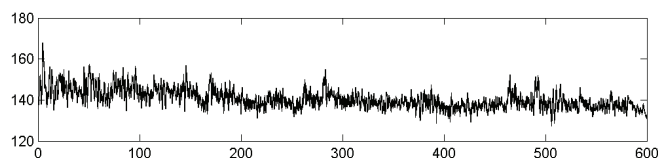
Za izračunavanje barorefleksne osetljivosti korišćena je tehnika sekvenci. Izračunavanje barorefleksne osetljivosti odvijalo se u nekoliko faza:

- 1) snimanje signala nad kojima će se računati barorefleksna osetljivost
- 2) predobrada signala (uklanjanje artefakata)
- 3) obrada signala (kodovanje)
- 4) pronalaženje sekvenci
- 5) izračunavanje spektra barorefleksne osetljivosti

Za izračunavanje barorefleksne osetljivosti korišćeni su signali srčane frekvencije-HR i signali sistolnog krvnog pritiska-SBP. Na slici 2 i 3 prikazani su izgledi IBI i SBP signali.

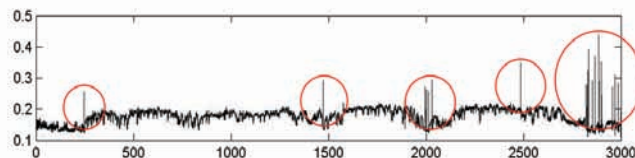


Slika 2 Prikaz izgleda IBI signala



Slika 3 Prikaz izgleda SBP signala

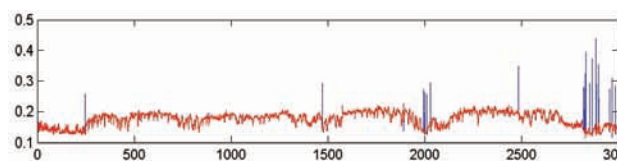
Na samom početku, bilo potrebno izvršiti uklanjanje artefakata iz signala. Artefakti se nisu mogli ukloniti na isti način iz SBP i IBI signala. Slika 4 ilustruje IBI signal sa artefaktima.



Slika 4 Prikaz artefakata u IBI signalu

Za uklanjanje artefakata iz IBI signala korišćen je adaptivni filter [7]. Prednost ovog algoritma je spontana adaptacija koeficijenta filtra usled naglih promena u vremenskim sekvencama. Uklanjanje artefakata iz SBP signala nije moglo biti izvršeno korišćenjem istog adaptivnog filtra kao kod IBI signala, jer filter ne daje dobre rezultate na signalima krvnog pritiska.

Za uklanjanje artefakata iz SBP signala korišćena je informacija o vremenskim trenucima u kojima je menjana vrednost IBI signala. Vremenski trenuci u kojima je menjana vrednost IBI signala zamenjeni su srednjom vrednošću odbiraka koji su sledili pre i nakon izmene. Slika 5 prikazuje IBI signal pre (plavo) i nakon (crveno) uklanjanja artefakata.



Slika 5 Prikaz IBI signal pre i nakon uklanjanja artefakata

Nakon filtriranja IBI i SBP signala prvi korak u izračunavanju barorefleksne osetljivosti jeste kodovanje prethodno navedenih signala. Za kodovanje korišćena je diferencijalna šema kodovanja signala. Na osnovu te šeme dobijeni su signali razlike na osnovu izraza 1:

$$\Delta_i = x_{i+1} - x_i, i = 1, 2, \dots, N-1 \quad (1)$$

gde je x_i amplituda signala (SBP ili IBI), a N je dužina originalne vremenske sekvence. Razlika Δ odgovara jednom srčanom otkucaju. Ona može biti pozitivna, negativna ili jednaka nuli u stanju mirovanja. Nakon dobijanja signala razlike izvršeno je kodovanje na sledeći način:

- ako je i -ti odmerak signala razlike veći od nule onda je i -ti odmerak kodovanog signala jednak jedinici;
- ako je i -ti odmerak signala razlike manji od nule onda je i -ti odmerak kodovanog signala jednak -1;

- u suprotnom je i -ti odmerak kodovanog signala jednak je nuli.

Primer u tabeli 1 pokazuje postupak diferencijalnog kodovanja na šest odmeraka *SBP* signala.

Originalni SAP signal	110,8	107,83	109,98	108,1	106,3	109,1
Signal razlike	-2,945	2,152	-1,923	-1,709	2,777	
Kodovan signal	-1	1	-1	-1	1	

Tabela 1 Prikaz diferencijalnog kodovanja

Nakon dobijanja kodovanog signala sledeći korak u izračunavanju barorefleksne osetljivosti jeste pronalaženje sekvenci. Pronalaženje sekvenci zapravo predstavlja brojanje uzastopno rastućih i opadajućih odmeraka zadatih signala. Signal brojanja sekvenci prikazan je u tabeli 2.

Kodovan signal	1	1	1	1	-1	1	-1	-1	-1
Signal brojanja sekvenci	1	2	3	4	-1	1	-1	-2	-3

Tabela 2 Prikaz signala brojanja sekvenci

Nakon pronalaženja sekvenci i kod *IBI* i kod *SBP* signala može se preći na računanje barorefleksne osetljivosti. Barorefleksna osetljivost se računa korišćenjem tehnike sekvenci. Na samom početku računanja osetljivosti potrebno je pronaći sekvence dužine tri i više odmeraka u *IBI* i *SBP* signalu, s tim da je za kašnjenje *IBI* signala u odnosu na *SBP* uzeta vrednost od četiri otkucaja srca jer je to procena neophodnog vremena od trenutka promene *SBP* do trenutka reakcije na srčanu frekvenciju. Primer u tabeli 3. prikazuje pronalaženje sekvenci u *IBI* i *SBP* signalu:

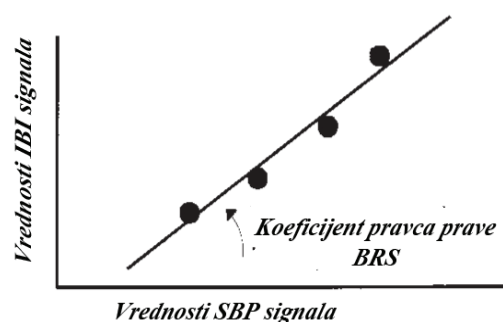
<i>SBP</i>	1	2	3	4	-1	1	-1	-2	-3	-4	-1	-2	1	2
<i>IBI</i>	-1	-2	1	2	1	2	3	-1	1	2	-1	-2	-3	-4

Tabela 3 Prikaz pronalaženja sekvenci u *IBI* i *SBP* signalu

Iz tabele se može videti da su pronađene dve sekvence: jedna dužine tri, a druga dužine četiri. Odgovarajućim bojama prikazani su odmerci u *IBI* to jest *SBP* signalu koji formiraju pronađene sekvence.

Nakon pronalaženja sekvenci potrebno je formirati parove tačaka od vrednosti koje sačinjavaju tu sekvencu. Naime, vrednosti (odmerci) *IBI* signala predstavlja će vrednosti na y -osi, dok će vrednosti *SBP* signala predstavljati vrednosti na x -osi. Na samom kraju potrebno je pronaći koeficijent pravca kroz te parove tačaka, što predstavlja barorefleksnu osetljivost, slika 6.

Spektar barorefleksne osetljivosti predstavlja nagib prave koja se povlači između susednih parova tačaka u *SBP-IBI* ravni koje čine sekvencu.



Slika 6 Prikaz određivanja barorefleksne osetljivosti

		BHR RESTRAINT					BHR SHAKER					NORM RESTRAINT					NORM SHAKER				
		BASELINE	FS	LS	PFS	PLS	BASELINE	FS	LS	PFS	PLS	BASELINE	FS	LS	PFS	PLS	BASELINE	FS	LS	PFS	PLS
Ukupan broj sekvenci		208	707	262	559	449	268	120	83	420	325	211	1116	316	519	400	210	72	69	455	395
Ukupan koeficijent	Srednja vrednost	3,99	2,48	2,88	2,00	2,78	3,56	4,08	2,58	3,93	3,41	3,03	1,26	1,94	1,82	2,81	4,33	3,58	1,80	3,74	2,94
	Standardna devijacija	2,22	3,26	5,39	2,97	4,26	3,88	4,93	3,12	5,68	4,19	5,14	1,45	2,56	2,37	5,47	8,35	4,40	2,48	7,05	4,50
α_{1-2}	Srednja vrednost	11,15	9,00	7,02	5,66	7,06	9,29	13,00	5,17	9,24	11,23	7,79	3,54	6,15	4,81	8,11	11,76	11,11	5,08	7,84	8,96
	Standardna devijacija	34,12	27,99	19,55	20,13	24,07	25,47	44,60	10,34	27,68	55,82	26,70	15,71	18,09	18,69	29,85	38,35	38,06	14,79	21,82	26,60
α_{2-3}	Srednja vrednost	10,31	4,71	7,63	4,81	5,72	8,75	10,97	5,63	9,02	8,42	7,25	3,60	4,41	4,42	6,68	9,69	8,96	4,77	8,07	5,69
	Standardna devijacija	31,90	15,88	25,70	23,68	18,03	28,30	41,93	12,80	32,75	25,26	22,19	13,00	19,12	21,81	27,85	35,37	21,56	11,01	26,15	16,50
α_{3-4}	Srednja vrednost	25,49	6,69	5,30	3,20	9,21	15,00	13,31	5,75	13,71	8,77	4,23	2,81	4,99	3,40	6,01	5,33	11,79	7,64	7,60	4,45
	Standardna devijacija	88,62	24,88	12,89	6,81	23,83	30,55	17,91	11,43	40,65	20,83	7,84	4,20	14,17	7,44	15,70	7,78	19,45	14,39	19,52	6,98
α_{4-5}	Srednja vrednost	7,01	2,96	7,25	4,15	2,23	4,27	17,85	1,85	4,05	6,05	2,74	0,90	4,32	4,76	4,98	1,62	2,44	3,69	4,76	2,86
	Standardna devijacija	7,63	3,70	14,95	7,27	2,80	5,34	2,02	0,23	4,02	7,42	3,89	1,45	8,52	10,23	9,79	1,27	0,73	3,87	9,97	2,68
α_{5-6}	Srednja vrednost	0,57	7,84	2,93	2,77	1,41	1,43	0	0,63	3,17	4,47	1,87	2,15	1,68	2,15	3,99	1,35	0	1,18	1,10	0,09
	Standardna devijacija	0,00	8,09	3,57	2,46	0,00	0,71	0	0	1,42	4,42	2,05	1,06	1,57	1,66	3,36	0,14	0	0	0,74	0
α_{6-7}	Srednja vrednost	9,47	0,80	0,53	1,16	0,05	2,41	0	1,32	6,62	1,42	0,84	6,58	1,79	1,37	1,43	3,10	0	1,13	2,25	0
	Standardna devijacija	0	0,21	0	0,25	0,00	2,16	0	0	2,71	0,70	0	0	1,76	0,81	0	0	0	0	0	0
α_{7-8}	Srednja vrednost	0	0	1,26	1,12	4,63	0	0	1,66	3,45	0,00	2,62	0	0,69	0,62	0	0	0	0,55	3,72	0
	Standardna devijacija	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,05	0	0	0	0	0	0	0
α_{8-9}	Srednja vrednost	0	0	1,94	2,44	0	0	0	0,97	0	0	0	0	0,79	0	0	0	0	0	4	0
	Standardna devijacija	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,003	0	0	0	0	0	0	0
α_{9-10}	Srednja vrednost	0	0	1,05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Standardna devijacija	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
α_{10-11}	Srednja vrednost	0	0	0,24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Standardna devijacija	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
α_{11-12}	Srednja vrednost	0	0	5,70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Standardna devijacija	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabela 4 Prikaz spektra barorefleksne osetljivosti za četiri eksperimenta i pet tačaka na vremenskoj osi

3. REZULTATI

Na samom kraju, iz dobijenih rezultata može se zaključiti sledeće:

- da se najveći broj sekvenci dobija pre faze stresa i u toku prve faze stresa
- da se vrednosti barorefleksne osetljivosti, u većini slučajeva, kreću između 1 i 5 ms/mmHg
- da se najniže vrednostu barorefleksne osetljivosti dobijaju u fazama stresa i fazama nakon stresa
- da je najduža sekvenca dobijena u toku faze poslednjeg stresa

4. ZAKLJUČAK

Procena barorefleksne osetljivosti igra važnu ulogu u učešću kardiovaskularnog sistema u regulisanju krvnog pritiska. Procena osetljivosti dobija sve više na značaju zbog prognostičke prirode same tehnike.

Praktičan zaključak koji se na samom kraju nameće jeste da ne postoji najbolja tehnika za procenu barorefleksne osetljivosti.

Tehniku treba odabrati na osnovu individualnih potreba. Međutim, zbog postignutog sporazuma, kliničkih studija, referentnih vrednosti rezultata, metoda sekvenci predstavlja jednostavnu i pouzdanu metodu za procenu barorefleksne osetljivosti [8].

5. ZAHVALNICA

Signali koji su korišćeni za izračunavanje barorefleksne osetljivosti dobijeni su sa Instituta za Farmakologiju, Kliničku Farmakologiju i Toksikologiju Medicinskog fakulteta zahvaljujući prof. dr Nini Japundžić Žigon.

6. LITERATURA

- [1] <http://en.wikipedia.org/wiki/Baroreflex>
- [2] *Time-domain cross-correlation baroreflex sensitivity: performance on the EUROBAVAR data set* Berend E. Westerhof, Janneke Gisolf, Wim J. Stok, Karel H. Wesseling and John M. Karemaker
- [3] *On the analysis of baroreflex sensitivity* Tom Kuusela

[4] *Advance analysis of spontaneous baroreflex sensitivity, blood preassure and heart rate variability in patients with dilated cardiomyopathy* Hagen Malberg, Niels Wessel, Annett Hasart, Karl-Josef Osterziel and Andreas Voss

[5] *Assessing arterial baroreflex control of heart rate: new perspectives* Gianfranco Parati, J. Philip Saul and Paolo Castiglioni

[6] *Baroreflex sensitivity evaluation by Volterra Wiener Model and the Laguerre expansion technique* TC Wu, CY Chen, T Kao

[7] *Nonlinear methods of cardiovascular physics and their clinical applicability* niels wessel HAGEN MALBERG, ROBERT BAUERNSCHMITT, JURGEN KURTHS August 18, 2006

[8] *Time versus frequency domain techniques for assessing baroreflex sensitivity* Pontus B. Persson, Marco DiRienzo, Paolo Castiglioni, Catherine Cerutti, Massimo Pagani, Natasa Honzikova, Solange Akselrod and Gianfranco Parati

Kratka biografija:



Ivona Martinov rođena je u Zrenjaninu 1986. godine. Diplomski - master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Telekomunikacioni sistemi odbranila je 2011.god.

EEG, EKOg I ANALIZA DUŽINA SEKVENCI ISTORODNIH ISI SIMBOLA**EEG, ECoG AND THE SEQUENCE OF EQUAL ISI SYMBOLS ANALYSIS**

Ljiljana Klisarić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – Tema ovog rada jeste analiza nervnih signala i ISI vremenskih nizova. Opisana je upotreba elektroencefalografije i navedene su osnovne oblasti njene primene, predstavljeni su i opisani načini snimanja EEG i EKOg signala upotrebom različitih vrsta elektroda, odnosno mikroelektroda.

Abstract – The subject of this work is an analysis of nerve signals and ISI intervals. The implementation of electroencephalography is described and main areas of its application are listed. The methods of recording EEG and ECoG signals using various types of electrodes or microelectrodes are presented and described.

Ključne reči: EEG, EKOg, ISI vremenski nizovi, elektrode

1. UVOD

U današnje vreme postoje različite dijagnostičke metode kojima može da se predvidi, a samim tim i spreči razvoj različitih oboljenja nervnog, ali i drugih sistema ljudskog organizma.

Razvoj novih tehnologija i metoda za obradu signala omogućio je upotrebu elektroencefalografskih (EEG) i elektrokortikografskih (EKOg) signala za komunicaciju između ljudi i računara.

Merenjem ljudskog EEG signala za vreme operacije moguće je kontrolisati dubinu anestezije pacijenta, a razvoj elektrokortikografije omogućio je otkrivanje epileptičnih zona u kori velikog mozga (korteks).

2. BIOELEKTRIČNE POJAVE

Bioelektrične pojave označavaju potencijale i struje koje nastaju u ćelijama živih bića. Tipične bioelektrične pojave su membranski potencijal (potencijal ćelijske membrane) i električne struje koje protiču kroz nerve i mišiće, a posledica su takozvanog akcionog potencijala. Akcioni potencijali u nervnim ćelijama nazivaju se još i nervni impulsi.

Postoji mnogo bioelektričnih signala, a u okviru ovog rada proučavani su elektroencefalografski (EEG) i elektrokortikografski (EKOg) signal, koji se koriste za praćenje električne aktivnosti ljudskog mozga.

Aktivnost mozga meri se tako što se prate varijacije nervnih signala koji protiču kroz mozak. EEG signal meri se neinvazivno na koži glave, dok se EKOg signal meri direktno na kori mozga (invazivna procedura).

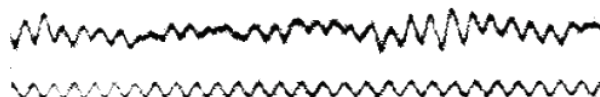
NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bila prof. dr Dragana Bajić.

3. ELEKTROENCEFALOGRAFIJA

Elektroencefalografija jeste neurofiziološka metoda koja predstavlja zapisivanje električne aktivnosti kore velikog mozga. Metoda se obavlja preko elektroda koje se smeštaju na poglavinu ili subduralno (unutar moždanog tkiva) [3].

Rezultujući dijagram jeste elektroencefalogram koji se u prošlosti dobijao iscrtavanjem na papiru, preko posebnih pera osetljivih na promenu napona, a u današnje vreme koristi se digitalni crtež dobijen upotrebom računara. Začetnikom elektroencefalografije smatra se nemački neuropsihijatar Hans Berger koji je, 1924. god., uspeo da izvrši prva EEG snimanja na čoveku, tako što je koristio metalne trake (kao elektrode) zalepljene na glavu njegovih kolega i osetljivi galvanometar. Snimci signala koje je uradio Hans Berger prikazani su na slici 1.



Slika 1. Snimci signala koje je uradio Hans Berger 1924. godine

3.1 Primena elektroencefalografije

EEG snimanja našla su široku primenu u kognitivnoj nauci, kognitivnoj psihologiji i psihofiziološkim istraživanjima. Takođe, mogu se koristiti i radi definisanja faze sna u polisomnografiji, a česta su i istraživanja dejstva lekova na EEG signal.

Kada se govori o kliničkoj primeni elektroencefalografije, EEG snimanje koristi se u sledećim situacijama:

- za razlikovanje epileptičnih napada od drugih oblika oboljenja,
- za razlikovanje tzv. organske encefalopatije i delirijuma od osnovnih psihijatrijskih sindroma poput katatonije,
- za predviđanje daljih dešavanja kod pacijenata koji se nalaze u stanju kome.

4. ELEKTROKORTIKOGRAFIJA

Elektrokortikografija je metoda postavljanja elektroda direktno na površinu mozga radi utvrđivanja aktivnosti moždane kore [4]. Ova metoda može da se izvodi u operacionoj sali (intraoperativni postupak) ili van hirurije (ekstraoperativno).

Kako je pri ovom postupku potrebno vršiti kraniotomiju, radi postavljanja mreže elektroda, to je EKOg invazivna procedura.

Međutim, danas ova metoda predstavlja „zlatni standard” koji se koristi za definisanje epileptičnih zona u kliničkoj praksi.

4.1 Osnove elektrokortikografije

EKoG sastoji se od sinhronizovanih potencijala (lokalno polje potencijala), snimljenih direktno sa izložene površine moždane kore. Prostorna rezolucija EKoG mnogo je veća u odnosu na EEG signal i iznosi oko 1 cm, dok vremenska rezolucija iznosi oko 5 ms. Sa dovoljno visokom stopom smplovanja (frekvencija viša od 10 kHz), dubinskom elektrodama mogu da se mere i akcioni potencijali. U ovom slučaju polje vidljivosti pojedinačnih elektroda aproksimativno je od 0.05 mm do 0.35mm.

5 MERENJE I SNIMANJE EEG i EKoG SIGNALA

Snimanje EEG-a spada u rutinsku kliničku proceduru. Potrebno je da se ispitanik udobno smesti, a u prostoriji u kojoj se vrši merenje neophodno je minimizovati sve spoljašnje uticaje (spoljašnja električna i magnetna polja). Cela procedura traje 25 - 30 minuta, ali je nekada potrebno da se snimanje obavi u stanju dremanja ili spavanja, pa u tom slučaju snimanje traje nešto duže. Ukoliko se pri običnom snimanju ne pronađu nikakve sumnjive promene, epileptiformna aktivnost može se aktivirati fotostimulacijom treperavom svetlošću, hiperventilacijom, raznim medikamentima itd [5].

U zavisnosti od toga da li se vrši digitalizacija analognog signala ili ne, EEG sistemi mogu se podeliti na digitalne i analogne. Ono što je zajedničko za obe vrste ovih sistema jeste postojanje elektroda i kablova koji elektrode povezuju sa ulazima u pojačavački blok, čija je funkcija pojačavanje slabih EEG signala. Za razliku od analognih, digitalni EEG sistemi imaju i blok za digitalizaciju koji se nalazi između pojačavačkog bloka i bloka za zapisivanje. Digitalni EEG sistemi realizuju se u tri celine:

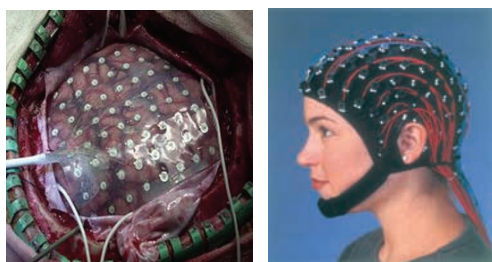
- elektrode,
- integrisano kućište u kome su smešteni blok za pojačanje i analogno filtriranje, kao i blok za digitalizaciju,
- računar i odgovarajući kablovi digitalnog interfejsa.

5.1 Elektrode

U zavisnosti od toga da li se snimanje izvodi pomoću elektroda smeštenih na poglavinu ili direktnim postavljanjem elektroda u moždano tkivo, razlikuju se sledeće vrste elektroda [6]:

- elektrode u vidu specijalnih kapa,
- elektrode u vidu mreža koje se koriste za snimanje EKoG signala.

Obe vrste navedenih elektroda prikazane su na slici 2.



Slika 2. Elektrode za merenje EKoG i EEG signala

5.2 Oblik električnih signala snimljenih EEG – ova

EEG beleži moždane talase koji su prema frekvenciji podeljeni na delta talase (aktivnost do 4 Hz), teta talase (4–7 Hz), alfa talase (8–13 Hz) i beta talase (14–30 Hz), a pri jakim mentalnim naporima opseg beta talasa može i da prelazi 30 Hz).

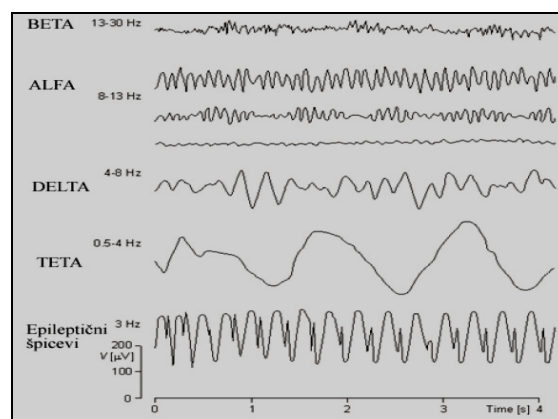
Delta talasi imaju najveću amplitudu, a najmanju frekvenciju. Ovi signali mogu se registrovati kod odraslih osoba u takozvanom "sporotalasnom spavanju", kao i u normalnim stanjima beba. Takođe, delta talasi mogu da se jave kod osoba sa nekim patološkim stanjem kao što je subkortikalna lezija. Najveću izraženost delta talasi imaju u frontalnom delu glave odraslih osoba i u zadnjem delu kod beba.

Teta talasi javljaju se kod dece, i to u perijatalnoj i temporalnoj regiji korteksa (kora velikog mozga), a kod odraslih mogu se zabeležiti u trenucima emocionalnih stresova, naročito u periodima frustracije i razočaranja. U tim slučajevima, teta aktivnost traje oko 20 sekundi. Višak teta talasa kod odraslih obično ukazuje na postojanje neke abnormalne aktivnosti ili određenog poremećaja kao što je, na primer, metabolička encefalopatija.

Alfa talasi javljaju se kod osoba koje su budne, ali se nalaze u stanju mirovanja. Tokom spavanja aktivnost alfa talasa prestaje. Ovi talasi mogu da se registruju u zadnjem delu glave, sa obe strane, pri čemu su amplitude veće na dominantnoj strani posmatranog subjekta.

Beta talasi registruju se najviše u perijatalnoj i frontalnoj oblasti glave. Aktivnost ovih talasa usko je povezana sa motoričkim aktivnostima čoveka i smanjuje se usled određenih motoričkih radnji. Beta talasi podeljeni su na Beta I i Beta II (gama) talase. Beta I imaju dvostruku učestanost u odnosu na alfa talase i javljaju se sa pojačanim mentalnim aktivnostima (npr. u trenucima pojačane koncentracije). Beta II talasi takođe se pojačavaju sa mentalnim aktivnostima ili u stanju napetosti čoveka. U slučajevima kortikalnih oštećenja beta aktivnosti mogu da budu redukovane ili u potpunosti odsutne.

Normalni EEG signali variraju u zavisnosti od starosne dobi i stanja svesti posmatranih subjekata. EEG signali kod dece imaju sporije frekvencije oscilovanja nego EEG signali odraslih osoba. Prikaz različitih ritmova talasa EEG signala u slučaju normalnog funkcionisanja dat je na slici 3.



Slika 3. Prikaz različitih ritmova talasa EEG signala

5.3 Poređenje EEG signala sa ostalim signalima

EEG signal ima najmanje amplitude među bioelektričnim signalima, što dodatno može da komplikuje merenje, jer je teško pojačati signale tako male amplitude, a da se pri tome izbegne superponiranje smetnji, šumova i artefakata. Na slici 4 dato je poređenje različitih biofizioloških signala.

Vrsta	Frekvencija (Hz)	Amplituda
EEG	0 - 100	0.005 – 0.2
EKG	10 – 100	0.015 – 0.3
EMG	10 – 10000	0.1 - 5

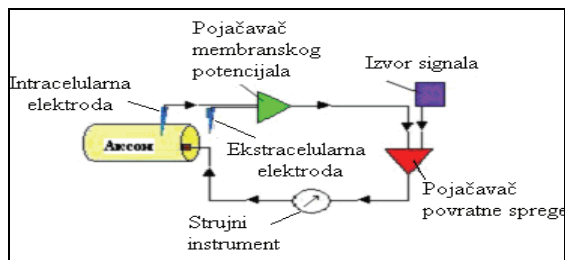
Slika 4. Uporedni prikaz amplituda i frekvencija za neke od biofizioloških signala

6. METODE MERENJA ELEKTRIČNIH IMPULSA

Za merenje električnih impulsa primenjuju se jako fine i oštre mikroelektrode koje se postavljaju unutar ili pored ćelija da bi se omogućilo merenje membranskog potencijala. Mikroelektrode izgrađuju se kao staklene mikropipete u kojima se nalazi rastvor čiji je sastav sličan unutrašnjem sastavu ćelije.

Voltage Clamp metoda

Ova metoda pruža mogućnost održavanja membranskog potencijala na unapred zadatom nivou. S obzirom na to da većina jonskih kanala ćelijske membrane funkcionišu kao naponsko upravljiva vatra, ovom metodom moguće je izmeriti jačinu jonske struje koja prelazi membranu ćelije pri zadatom membranskom potencijalu. Aparaturu sačinjavaju izvor struje i dve elektrode. Šematski prikaz Voltage Clamp metode dat je na slici 5.



Slika 5: Šematski prikaz Voltage Clamp metode

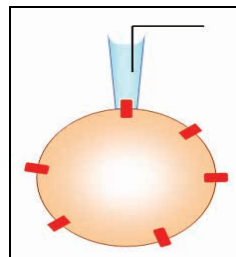
Current Clamp metoda

Current Clamp metoda omogućava praćenje i zapis membranskog potencijala putem same ćelije ili putem nadražaja. Takođe, ovom metodom moguće je ispitivati uticaj protoka jonskih struja kroz membranu ćelije na stvaranje membranskog potencijala. Struktura instrumenta za ispitivanje ista je kao kod prethodno opisane metode, s tim da se upravljanje u ovom slučaju vrši preko strujne elektrode.

Patch Clamp metoda

Patch Clamp metoda sprovodi se tako što se mikropipeta relativno velikog prečnika otvora postavi pored ispitivane ćelije, a zatim se laganim usisavanjem mali deo membrane usisa u otvor mikroelektrode. Prednost ove metode

u odnosu na prethodno opisane jeste ta što omogućava direktno ispitivanje jonskih kanala ćelijske membrane. Ako se primeni jača sila usisavanja membrane, moguće je odstraniti deo membrane ćelije, čime se postiže neposredno ispitivanje unutrašnjih aktivnosti ćelije. Šematski prikaz Patch Clamp metode dat je na slici 6.



Slika 6. Šematski prikaz Patch Clamp metode

6.1 Analiza akcionog potencijala

Eksperimentalna istraživanja analize akcionog potencijala senzornih neurona, koja je izvršio britanski lord Adrian (lord Adrian) zajedno sa svojim kolegama (1926. godina), pokazala su da oblik akcionog potencijala ne zavisi od jačine nadražaja neuronske ćelije. Zapaženo je da je informacija o intenzitetu stimulusa kodovana učestanošću stvaranja akcionog potencijala u toku jedinice vremena. Način ili učestanost pražnjenja ćelije neurona određuje i stanje i tip neurona. Razlog promene oblika pražnjenja neuronskih ćelija i danas se istražuje. Neke ćelije moždane kore pokazuju uvek isti oblik pražnjenja nezavisno od stanja, dok ćelije drugih oblasti menjaju oblik pražnjenja u zavisnosti od stanja ćelije i od stanja subjekta koji se ispituje.

6.2 ISI vremenski nizovi (Inter-spike Interval)

Za utvrđivanje osobina nervnih impulsa koristi se najčešće ISI vremenski interval između dva uzastopna nervna impulsa. Klasifikacija i karakterizacija statističkih osobina nervnih impulsa analizom ISI vremenskih nizova podstaknuta je od strane Softkija i Koha (Softky and Koch). Bitan element njihovog rada ogleda se u tome što su oni analizirali nervne zapise budnih makaki majmuna. Analizirajući statističke osobine ISI vremenskih nizova pokušavali su da uporede empirijske i teoretske oblike različitih modela neurona i nervnih impulsa. Za statističku meru koristili su koeficijent varijacije (coefficient of variation) ISI intervala.

7. REZULTATI MERENJA ISI VREMENSKIH NIZOVA

U okviru projekta bilateralne saradnje sa Republikom Mađarskom dobijene su odgovarajuće .mat datoteke sa nervnim signalima koji su izmereni nad budnim makaki majmunima. Odgovarajućim naredbama u MATLAB programskom paketu izvršeno je učitavanje i izlistavanje promenljivih na osnovu kojih su dobijene vrednosti ISI intervala. Nakon toga, tražena je razlika između tih vrednosti, te je na osnovu nje vršeno kodovanje odgovarajućim simbolima. Razlike koje su jednake nuli (njih je najmanje) kodovane su sa 0, pozitivne su kodovane simbolom 1, a negativne simbolom -1. Zatim su prebrojani nizovi uzastopnih istorodnih simbola iste

dužine, a rezultati su prikazani u odgovarajućim tabelama. U tabeli 1 prikazani su rezultati za 3 subjekta ispitivanja, (vektori *CCHI Temp1 Up* dužine 10091, 213 i 1337 za prvog, drugog i trećeg subjekta), a u tabelama 2 i 3 njihova srednja vrednost i standardna devijacija. Primećeno je da se najčešće javljaju „usamljeni” simboli, odnosno simboli koji se razlikuju od prethodnog i narednog. Učestanost pojavljivanja sekvenci istorodnih simbola rapidno opada sa povećanjem dužine sekvence. Najveća detektovana dužina sekvence je 7 i ona je detektovana ukupno 2 puta. Sekvence dužine 6 detektovane su ukupno 10 puta.

Tabela 1. Statistika za vektore *CCHI Temp1 Up*

Dužina niza	1	2	3	4	5	6
Razlike kodovane sa 0	8	0	0	0	0	0
Razlike kodovane sa 1	2066	898	277	68	13	0
Razlike kodovane sa -1	2067	903	258	76	19	1

Dužina niza	1	2	3	4	5	6	7
Razlike kodovane sa 0	7	0	0	0	0	0	0
Razlike kodovane sa 1	2467	1024	345	76	16	2	1
Razlike kodovane sa -1	2413	1078	327	95	14	3	1

Dužina niza	1	2	3	4	5	6
Razlike kodovane sa 0	3	0	0	0	0	0
Razlike kodovane sa 1	1807	804	255	51	12	1
Razlike kodovane sa -1	1834	771	252	59	11	3

Tabela 2. Prikaz srednjih vrednosti

Dužina niza	1	2	3	4	5	6	7
Razlike kodovane sa 0	6	0	0	0	0	0	0
Razlike kodovane sa 1	2133	909	292	65	14	1	0
Razlike kodovane sa -1	2105	917	279	77	15	2	0

Tabela 3. Prikaz standardnih devijacija

Dužina niza	1	2	3	4	5	6	7
Razlike kodovane sa 0	2	0	0	0	0	0	0
Razlike kodovane sa 1	272	90	38	10	2	1	1
Razlike kodovane sa -1	238	126	34	15	3	1	1

8. ZAKLJUČAK

Kao što je već pomenuto, elektroencefalografija predstavlja zapisivanje električnih aktivnosti kore velikog mozga, a u osnovi ovih električnih aktivnosti nalazi se dinamička pojava bioelektriciteta, koja se na najnižem nivou proučava kod bioloških ćelija (u ovom slučaju, kod nervnih

ćelija). Njena upotreba raširena je i u kliničkim i u istraživačkim primenama i predstavlja dinamičnu razvojnu oblast pred kojom se otvaraju novi horizonti, kao što pokazuje primer savremenih istraživanja njene primene u povezivanju mozga i računara (BCI – *Brain Computer Interface*), što je od velikog značaja za osobe sa invaliditetom. Upotrebom izmerenih EEG signala, BCI omogućava verbalnu komunikaciju paralizovanim pacijentima sa amiotrofičnom lateralnom sklerozom, ali se i dalje čekaju rezultati istraživanja upotrebe brain-computer interfejsa kod pacijenata sa potpunim „locked-in” sindromom. Povratak pokretljivosti nekih delova tela jeste moguć, ali se još uvek čekaju dalja istraživanja u ovoj oblasti.

U jednom od prethodnih poglavlja dato je poređenje EEG signala sa drugim biofiziološkim signalima. Na osnovu tog poređenja može se videti da EEG signal spada u grupu veoma slabih signala, te je zbog toga podložan velikim izobličenjima usled postojanja i uticaja različitih vrsta šuma, naročito ambijentalnog. Primenom različitih metoda i odgovarajućom konstrukcijom pojačavačkog bloka, moguće je vrednost šuma svesti na minimum. Međutim, u nekim posebnim situacijama, kao što je paralelno snimanje pomoću EEG uređaja i MR uređaja (magnetna rezonanca), može se postići izuzetno visok nivo ambijentalnog šuma, što za posledicu ima neadekvatne rezultate merenja. Zbog toga se javlja potreba za modelom EEG uređaja koji će unaprediti tačnost merenja i u ovakvim uslovima merenja.

Detaljna ispitivanja nastanka bioelektričnih pojava (akcionih potencijala), čak i u laboratorijski kontrolisanim uslovima, pokazala su da trenutak nastanka akcionog potencijala predstavlja jedan neregularan proces. Ta neregularnost nastanka nervnih impulsa svodi se na statističku i stohastičku analizu ISI vremenskih intervala dva uzastopna nervna impulsa.

Jedno interesantno zapažanje jeste da analize izvršene nad ISI vremenskim nizovima ne govore ništa o potvrđenim osobinama statističke stacionarnosti. Kao jedan od mogućih razloga navodi se očekivanje visokog stepena varijabilnosti nervnih aktivnosti. S druge strane, većina radova u kojima je izvršena analiza, pretpostavlja nastanak nervnih impulsa prema Poasonovom procesu.

9. LITERATURA

- [1] <http://sr.wikipedia.org/sr/Neuron>
- [2] Dušanka Bošković, *Bioelektrične pojave*, Elektrotehnički fakultet, Istočno Sarajevo
- [3] <http://sr.wikipedia.org/sr-el/Elektroencefalografija>
- [4] <http://en.wikipedia.org/wiki/Electrocorticography>
- [5] G. Stojanović: Elektronski medicinski uređaji, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2007
- [6] <http://www.gtec.at/products/g.BCIsys/bci.htm>

Kratka biografija:



Ljiljana Klisarić rođena je u Tuzli 1986.god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva-Komunikacione tehnologije i obrada signala, odbranila je 2011.god.

JEDNA REALIZACIJA VIŠEKANALNOG AUDIO KODERA U OKVIRU KORISNIČKOG PRIJEMNIKA ZA DIGITALNU TELEVIZIJU ONE IMPLEMENTATION OF MULTICHANNEL AUDIO ENCODER FOR SET-TOP BOX

Dorđe Pešut¹, Jelena Kovačević¹
¹Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu

Sadržaj – U ovom radu je prikazano jedno rešenje realizacije višekanalnog audio kodera, kao sastavnog dela transkodera, na jednoj klasi procesora za digitalnu obradu signala (eng. Digital Signal Processor – DSP), uz korišćenje minimalnih resursa. Opisana je struktura kodera, njegova uloga u transkoderu, kao i realizacija na DSP procesoru firme Zoran. Transkoder se koristi u korisničkom prijemniku za digitalnu televiziju, koji ima zadatak da audio signale sa različitih izvora kombinuje i prilagođava televizoru.

Abstract – This document presents one implementation of multichannel audio encoder, used in transcoder, on digital signal processor with limited resources. It describes encoder's structure, its use in transcoder and implementation on ZDSP5 processor, produced by Zoran inc. Transcoder is part of the set-top box (STB). STB has the job to combine audio signals from various sources and adapt them to TV.

1. UVOD

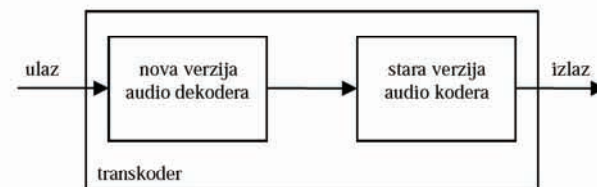
Digitalna televizija (DTV) je nova televizijska usluga koja predstavlja najveći pomak u istoriji televizije još od pedesetih godina prošlog veka i uvođenja televizije u boji. Korisniku su dostupni programi sa daleko oštrijom slikom, boljom definicijom boja, zvukom kvaliteta kao na CD medijima (5.1), prenos HDTV (eng. High Definition TV, rezolucije 1920x1080, aspekta 16x9) i druga unapređenja koje digitalna televizija nosi sa sobom. Osim prijema kvalitetnijeg signala, DTV omogućava i racionalnije iskorišćenje spektra (do četvorostrukog smanjenja širine opsega), otvara dodatni prostor za bežične aplikacije i nudi čitav spektar dodatnih usluga od strane operatera, nalik onima koje danas pružaju satelitski i kablovski operateri (npr. servisi tipa PayTV, Pay-per-view TV, interaktivna televizija i drugi) [1].

Da bi se ove usluge koristile, potreban je korisnički prijemnik za digitalnu televiziju (eng. set-top box, STB). STB je uređaj koji povezuje televizor i neki od spoljnih izvora signala, pretvarajući signal u sadržaje koji se prikazuju na ekranu, pri čemu izvor signala može biti satelitska antena, kablovska TV mreža, telefonska linija, DSL (eng. Digital Subscriber Line) i drugi, sve do običnih VHF (eng. Very High Frequency) i UHF (eng. Ultra High

Frequency) antena. Osim uobičajenog video sadržaja pruža i dodatni ogroman spektar mogućnosti prijema audio signala, internet stranica, interaktivne i komercijalne televizije, video igre i drugog [2].

Korisnički prijemnik za digitalnu televiziju, prilikom povezivanja sa televizorom, dobija informacije o ugrađenim dekoderima, i na osnovu njih određuje u koje formate će kodovati ulazni signal koji nije poznat televizoru. U nekim slučajevima je potrebno i transkodovanje signala u stariju verziju.

Predmet analize ovog rada je korisnički prijemnik (STB) sa ugrađenim transkoderom, koji audio format nove generacije prilagođava starijoj verziji istog standarda. Naime, proširivanjem audio standarda dolazi do nekompatibilnosti starijih verzija sa novijim, pa je potrebno transkodovati signale kako bi se ostvarila kompatibilnost. U okviru ovog rada je realizovan višekanalni audio koder, kao deo transkodera, prikazan na sledećoj slici:



Slika 1. Blok dijagram transkodera

Ulazni signal se dekoduje odgovarajućim dekoderom, a potom se ponovnim kodovanjem prilagođava ciljnom dekoderu u okviru televizora i prosleđuje na izlaz.

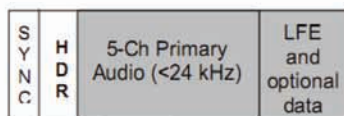
Koder je realizovan u skladu sa sledećim zahtevima:

- izlazni bitski protok ima fiksnu bitsku brzinu od 1.5 Mbps
- 512 odbiraka (eng. sample) po okviru (eng. frame)
- maksimalan broj kanala 6 (5.1 – 5 primarnih audio kanala (frekvencije do 24KHz) i jedan kanal za niske frekvencije)
- frekvencija odabiranja, $F_s = 48\text{KHz}$

NAPOMENA:

- a) Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bila dr Jelena Kovačević.
- b) Rad je prethodno publikovan na konferenciji YU INFO, Kopaonik, mart 2011.

Na osnovu zahteva, ulazni signal u transkoder se može predstaviti sledećom slikom:

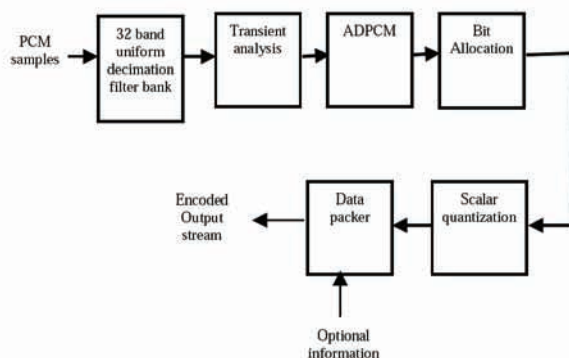


Slika 2. Primer ulaznog signala u transkoder

Procesori za digitalnu obradu signala, koji se koriste u namenskim sistemima, moraju da predstavljaju jeftino rešenje po pitanju veličine procesora, potrošnje energije i cene izrade, tako da njihovi resursi (memorija, broj registara, broj izvršenih instrukcija u sekundi) moraju biti svedeni na minimum.

2. OPIS KODERA

Analizom referentnog C koda izdvojeni su osnovni funkcionalni blokovi koda koji su prikazani na sledećoj slici:

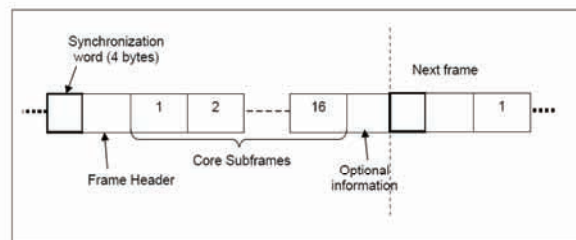


Slika 3. Blok dijagram koda

- Filter banka (sa nesavršenom rekonstrukcijom) – ulazni okvir u filter banku predstavljaju 512 PCM odbiraka svakog od primarnih kanala, koji se deli višefaznom filter bankom na 32 podopsega. Nakon toga se odbirci svakog podopsega grupišu u analizirajuće prozore.
- Analiza trenutnih amplitudnih promena, odnosno brzopromenljivih signala (eng. *Transient analysis*) – ovaj blok vrši otkrivanje i lokalizaciju brzopromenljivih signala u tekućem prozoru odgovarajućeg podopsega (eng. *subband analysis window*).
- ADPCM – u odustvu pojave trenutnih amplitudnih promena u tekućem prozoru (jedan podokvir), odnosno u stacionarnom stanju, odbirci podopsega se koriste za optimizaciju skupa od četiri ADPCM koeficijenta po podopsegu. ADPCM kodovanje se dinamički uključuje kada je moguće predstaviti odbirke u tekućem prozoru sa značajno manjim brojem bita.

- Dodela bita (eng. *bit allocation*) – funkcije za dodelu bita određuju na koji način se puni izlazni bitski tok (eng. *bit stream*) i koliko bita mogu da koriste funkcije za kodiranje.
- Skalarna kvantizacija (eng. *scalar quantization*) – ulazni podaci, to jest, odbirci se kvantizuju korišćenjem skalarne kvantizacije.
- Pakovanje podataka – kodirani signal se pakuje u izlazni okvir [3].

Struktura ulaznog i izlaznog okvira je data na sledećoj slici:



Slika 4. Struktura okvira

- Sinhronizacijska reč – pomaže dekozeru da se sinhronizuje unutar bitskog toka
- Zaglavlje okvira – sadrži informacije o konfiguraciji koda, konstrukciji okvira i slično
- Podokviri – sadrže podatke audio signala. U ovom radu, svaki okvir ima 2 podokvira.

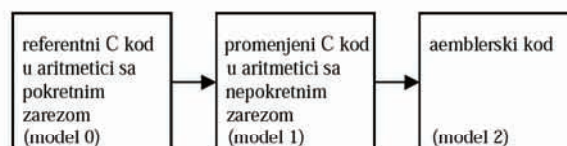
3. OPIS REALIZACIJE

Polazna tačka je bio kod realizovan u programskom jeziku C, u aritmetici sa pokretnim zarezom.

Opisani koder je realizovan i ispitan na 32-bitnom DSP procesoru (ZDSP5, kompanije Zoran) sa jednim jezgrom koji je prvenstveno namenjen obradi audio signala. Ciljni procesor obezbeđuje 102 miliona instrukcija u sekundi (MIPS) i 14K reči memorije [4].

Algoritam je realizovan u nekoliko faza (slika 5), pri čemu svaka faza ima odgovarajući model [5].

- Model 0 predstavlja referentni C kod u aritmetici sa pokretnim zarezom.
- Model 1 je C kod u aritmetici sa nepokretnim zarezom koji daje zanemarljivo lošije rezultate u odnosu na referentni C kod (zbog velikih dinamičkih opsega i nepreciznosti aritmetike sa nepokretnim zarezom [6]).
- Model 2 predstavlja asemblerski kod koji daje identične rezultate kao model 1.



Slika 5. Grafički prikaz faza realizacije

U toku implementacije modela 1, zbog nedovoljne tačnosti, na nekim mestima se moralo koristiti 64 bita za određene promenljive, pa su i operacije sa njima postale komplikovanije (množenje se implementiralo kao skup od 3 instrukcije). Promenjena je i memorijska struktura referentnog modela, kako bi odgovarala ciljnoj platformi. Zbog velikih dinamičkih opsega, model 1 je gubio na preciznosti, u odnosu na model 0, ali je ispitivanjem utvrđeno da je kvalitet zanemarljivo lošiji i da prosečan korisnik nije u stanju da primeti razliku. Kada je model 1 ispitivan, prešlo se na realizaciju modela 2 (asemblerskog koda).

Komplikovanije aritmetičke funkcije su:

- množenje 64 bita sa 32 bita
- korenovanje
- deljenje

Množenje 64 bita sa 32 u assembleru je realizovano na sledeći način:

```

mulsu    d4,d3,d1;
ashi     #-32,d1;
madd     d2,d4,d1;

```

64-bitni broj je u registrima d2 i d3, u d2 su gornja 32 bita, a u d3 su donja 32 bita. U d4 je 32-bitni broj. d1 je akumulator od 72 bita u koji se smešta 64-bitni rezultat množenja. Pošto su u d3 donji biti 64-bitnog množioca, on se mora pomaziti kao neoznačen broj (instrukcijom mulsu). Proizvod donjih 32 bita sa 32-bitnim mnoziocem se smešta u donji deo akumulatora i zato se njihov proizvod pomera za 32 u desno (instrukcijom ashi). Nakon toga se množe gornjih 32 bita i 32-bitni množilac, i njihov proizvod se sabira sa prethodnim rezultatom i time se dobija 64-bitni konačni proizvod u registru d1. Operacija deljenja je implementirana na samom procesoru. Kako bi se izbegla funkcija korenovanja i njeno ručno pisanje, razvojem u Tejlorov red, pribeglo se promeni algoritma. Promenjen je na takav način da se koren u potpunosti izbacio i to bez ikakvog uticaja na kvalitet izlaznog signala (izlazi sa i bez korena su bili bit identični).

Proces kodovanja se odvija u 8 funkcija, tabela 1. Zbog nedostatka C prevodioca, sve funkcije su ručno napisane i nakon toga se dodatno optimizovale one koje su trošile najviše procesorskog vremena. Pre optimizacije funkcija, potrošnja je bila oko 130 MIPS-a. Upotrebjeno je 8K reči memorije. Zbog male unutrašnje memorije, kodna knjiga je morala da ide u spoljnu memoriju i prilikom njenog dobavljanja su se dešavali zastoji u radu procesora, dok se čekalo na završetak prebacivanja memorije iz spoljne u unutrašnju. Zbog toga su ubačeni asinhroni DMA transferi kako bi se podaci dobavljali iz memorije za vreme obrade i time što manje čekalo na završetak prebacivanja. Koristile su se još neke tehnike za optimizaciju [7]:

- izdvajanje provera pojedinih uslova i uslovnih skokova izvan programskih petlji, kao i
- skraćivanje programskih petlji većim korišćenjem paralelnog izvršavanja instrukcija

Nakon optimizacije potrošnja se smanjila na oko 70 MIPS-a, za 6-kanalni (5.1) audio signal čiji su odbirci širine 24 bita.

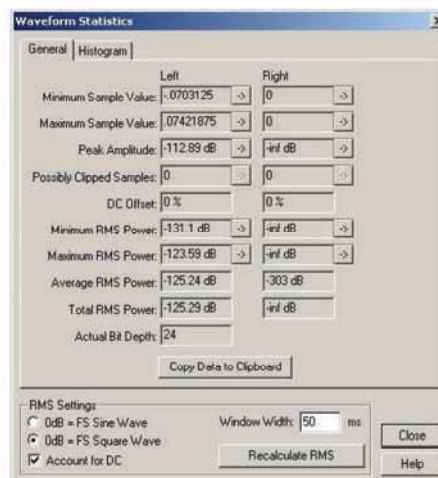
Tabela 1. Potreban broj MIPS-a za svaku od funkcija (posle optimizacije)

Funkcija	Potrošnja MIPS-a
LFE	3.18
Sample quantization	7.34
Frame packing	1.22
Sample prediction with ADPCM	7.86
Filter bank	11.04
Pre-echo prevention and transient	0.62
Scale factors and samples normalization	15.12
Bit allocation	21.46

Ovaj procesor ima ugrađenu funkciju za pakovanje bita u izlazni bitski tok, koja je veoma dobro implementirana, tako da je pakovanje bita zauzelo tek nešto više od jednog MIPS-a (oko 1.22).

4. ISPITIVANJE I VERIFIKACIJA

Realizovani koder je ispitivan u nekoliko faza. Model 1 (C kod u aritmetici sa nepokretnim zarezom) se zbog velikih dinamičkih opsega koji su uticali na napreciznost u aritmetici sa nepokretnim zarezom nije mogao porediti na bit identičnost sa modelom 0. Odstupanja u bitima su velika (u nekim slučajevima čak 15 bita od 24 su se razlikovala za pojedine odbirke), ali su te razlike ispod nivoa šuma pristunog u signalu (u ovom slučaju ispod -90dB). Poređenje je izvršeno tako što se invertovani ispitni signal dodao, sa preklapanjem, na referentni signal (oduzimanje signala) i dobijeni signal se analizirao. Na slici 6 je primer statističkih podataka o signalu.



Slika 6. Statističke informacije razlike signala

Zbog toga je sprovedena i subjektivna metoda merenja kvaliteta audio signala. Jedna od najčešće korišćenih subjektivnih metoda merenja kvaliteta obrađenog audio signala je metoda koja se zasniva na ispitivanju slušanjem, kod koje veći broj slušalaca ocenjuje kvalitet prikazanih ispitnih signala, koristeći ocene na skali od 1 do 5, gde 5 označava odličan kvalitet, dok 1 označava nezadovoljavajući, odnosno loš kvalitet ispitnog signala, tabela 2. Krajnja ocena kvaliteta dobija se računanjem srednje vrednosti ocene svih slušalaca. Ovako dobijena ocena obično se naziva „srednja ocena mišljenja“ (Mean Opinion Score, MOS). Preporuke za sprovođenje MOS ispitivanja definisane su u okviru standarda ITU-R BS 1284-1 [8]. Ispitivanje modela 1 je sprovedeno nad 26 subjekata, i prosečna ocena kvaliteta audio signala je 4.923.

Tabela 2. Subjektivna skala zasnovana na ITU-R BS.1284 standardu u opsegu od 1.0 do 5.0 [8]

subjektivni kvalitet signala	ocena	izobličenje
veoma dobar	5	nečujno
dobar	4	čujno, ali ne smeta
srednji	3	malo smeta
slab	2	smeta
loš	1	veoma smeta

Ispitivanje asemblerskog koda i ispitnog C koda se vršilo poređenjem na bit identičnost, sa dozvoljenim odstupanjem od 1 bita (zbog različitog zaokruživanja i sličnog), jer ljudsko uho ne može da registruje tu razliku. Ispitivanje je vršeno i u toku realizacije asemblerskih funkcija. Sa ispitanim C kodom su se pravili međurezultati koji bi assembleru bili predstavljeni kao ulaz u funkciju. Na taj način se ispitivala određena funkcija napisna u assembleru. Ispitivanje se vršilo kako u simulatoru, tako i u radnom okruženju u kome su se mogla pratiti stanja svih registara i memorije. Kada su sve funkcije bile napisane, ispitivanje se sprovedlo nad 58 različitih audio signala. Rezultati su se poredili sa rezultatima nad modelom 1 i svi su bili bit identični, čime je ustanovljeno da rešenje zadovoljava zadate kriterijume referentnog modela, kao i ograničenja ciljne platforme.

5. ZAKLJUČAK

U okviru ovog rada je prikazana jedna realizacija višekanalnog koda sa gubicima na platformi sa ograničenim resursima (ZDSP5, izraelske kompanije Zoran) u sastavu transkodera koji će biti ugrađivan u korisničke prijemnike digitalne televizije. Kao polazni kod korišćen je C kod u aritmetici sa pokretnim zarezom.

Osnovni cilj je bio da se napravi koder koji će raditi u realnom vremenu na ovom namenskom procesoru (potrošnja izražena u MIPS-ima i količina zauzete memorije da ne budu veći od graničnih vrednosti, za ciljnu platformu) bez narušavanja kvaliteta audio signala.

Ovaj rad je delom finansiran od strane Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije, projekat 44009 od 2011. godine.

Đorđe Pešut, Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, Trg Dositeja obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija (e-mail: djordje.pesut@rt-rk.com)
Jelena Kovačević, Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, Trg Dositeja obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija (e-mail: jelena.kovacevic@rt-rk.com)

6. LITERATURA

- [1] N. Teslić, V. Mihić, G. Miljković, I. Rešetar, V. Kovačević, „Pregled arhitektura za prijem digitalne televizije“, 2005.
- [2] N. Horowitz, „NRDC Study of Set Top Box and Game Console Power Use“, 2007.
- [3] S. Perović, J. Kovačević, „Jedno rešenje radnog okruženja audio kodeka na platformi sa ograničenim resursima“, 2007.
- [4] V. Pinto, E. Hazut, G. Shavit, „ZDSP5, Zoran audio DSP core technical specifications“, 2000.
- [5] M. Đukić, N. Četić, J. Kovačević, M. Popović, „A C Compiler Based Methodology For Implementing Audio DSP Applications on a Class of Embedded Systems“, 2008.
- [6] T. Aamodt, „Floating-Point to Fixed-Point Compilation and Embedded Architectural Support“, 2001.
- [7] D. Mišković, M. Popović, Z. Jovanović, „Jedno rešenje optimizacije koda pomeranjem instrukcija bezuslovnih skokova i arhitekturom podržanih petlji“, 2004.
- [8] ITU-R BS. 1284-1, „General methods for the subjective assessment of sound quality“, 2003.

JEDNA REALIZACIJA PSIHOAKUSTIČKOG MODELA AUDIO KODERA NA NAMENSKOJ DSP ARHITEKTURI ONE IMPLEMENTATION OF PSYCHOACOUSTIC MODEL USED IN AUDIO ENCODERS ON DEDICATED DSP ARCHITECTURE

Goran Čordašić¹, Jelena Kovačević¹

¹ *Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, Katedra za računarsku tehniku i računarske komunikacije*

Sadržaj – U radu je prikazano jedno rešenje realizacije psihoakustičkog modela 1 MPEG audio enkodera na procesoru za digitalnu obradu signala (engl. *Digital Signal Processor – DSP*) sa ograničenim resursima. Psihoakustički model je realizovan na bazi Lame MPEG Layer III enkodera na DSP CS495xx procesoru kompanije Cirrus Logic.

Abstract – This document presents one implementation of psychoacoustic model 1 MPEG audio encoder on digital signal processor with limited resources. Psychoacoustic model is implemented based on Lame MPEG Layer III encoder on DSP CS495xx processor produced by Cirrus Logic.

1. UVOD

Polazna osnova za realizaciju psihoakustičkog modela na namenskoj arhitekturi bio je psihoakustički model realizovan u Lame MPEG Layer3 – MP3 koderu. MP3 format obezbeđuje transparentan kvalitet reprodukovanoг zvuka u odnosu na original sa 128 kb/s po kanalu, što je dovelo do njegovih brojnih i raznovrsnih aplikacija u oblasti prenosa, čuvanja i reprodukcije zvuka visokog kvaliteta [1]. Kao i većina sličnih algoritama koji se koriste za kompresiju zvuka poput *DTS* i *Dolby Digital* višekanalnih kodeka, *MPEG-2 Advanced Audio Coding (AAC)*, *Windows Media Audio (WMA)* i drugih, *MPEG Layer III* koder je veoma složen, implementiran u aritmetici pokretnog zarezā i zahteva značajan broj izračunavanja.

Psihoakustički model je ključna komponenta MPEG audio koderā koja obezbeđuje njegove visoke performanse. Psihoakustički model analizira ulazni zvučni signal i određuje gde u frekvencijskom spektru šum kvantizacije može biti maskiran i do koje mere.

NAPOMENA:

a) Ovaj rad proistekao je iz diplomskog -master rada čiji mentor je bila dr Jelena Milošević.

b) Rad je prethodno publikovan na konferenciji YU INFO, Kopaonik, mart 2011.

Ovaj rad je delom finansiran od Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije, projekat 32031 od 2011. godine. Goran Čordašić, Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija, e-mail: goran.cordasic@rt-rk.com

Jelena Kovačević, Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija, e-mail: jelena.kovacevic@rt-rk.com

Koder koristi ovu informaciju kako bi odlučio kako da najbolje predstavi ulazni zvučni signal sa ograničenim brojem bita. Psihoakustički model, pored toga što uslovljava kvalitet implementacije enkodera, ujedno predstavlja i najzahtevniji deo po pitanju potrebnih resursa i kompleksnosti obrade.

Procesorska snaga potrebna da bi se kompresovao zvuk je veoma važna, pogotovo kod aplikacija za rad u realnom vremenu koje se koriste u prenosnim uređajima. Za implementaciju se koriste se digitalni signalni procesori – DSP koji predstavljaju namenske arhitekture sa specijalizovanim jedinicama poput jedinice za množenje i sabiranje sa akumulacijom (engl. *Multiply And Accumulate – MAC*), specijalizovanih adresnih jedinica, duboke protočne strukture i redukovanoг instrukcijskog seta. I pored navedenih prednosti koje omogućavaju složenu obradu zvučnih signala u realnom vremenu, DSP procesori koji se koriste u prenosivim uređajima moraju da predstavljaju jeftino rešenje po pitanju veličine procesora, potrošnje energije i cene izrade, tako da njihovi resursi (memorija, broj registara, broj izvršenih instrukcija u sekundi) moraju biti svedeni na minimum. Ovo je često ograničavajući faktor pri projektovanju namenske programske podrške i zahteva prilagođenja programske podrške ciljnoj platformi koja uključuju: prilagođenje aritmetike, raspodela resusa, oslanjanje na assembler ciljne platforme i sl. Realizacija psihoakustičkog modela na ciljnoj platformi obuhvatala je analizu *MPEG Layer III* koderā i psihoakustičkog modela, modifikacija originalnog algoritma tako da se koristi aritmetika nepokretnog zarezā i realizaciju assemblerskog koda za ciljni DSP processor.

2. REALIZACIJA

Polazeći od preporuka u MPEG standardu, razvijen je *LAME* MPEG kodek implementiran u ANSI C jeziku s aritmetikom pokretnog zarezā. *LAME* koder je uzet kao referenti kod za implementaciju psihoakustičkog modela u aritmetici nepokretnog zarezā – slika 1.

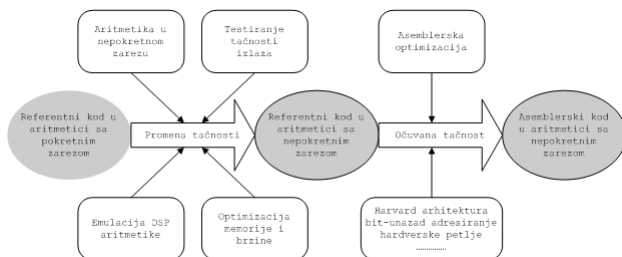


Slika 1: Postupak implementacije psihoakustičkog modela

Osnovni zahtevi koje je bilo potrebno ispuniti prilikom implementacije psihoakustičkog modela su:

- tačnost (engl. *Fidelity*) – dobro poklapanje izlaza u nepokretnom zarezu sa originalnim izlazima
- robusnost (engl. *Robustness*) – zadovoljavajući rezultati obrade za sve očekivane ulaze
- brzina izvršavanja (engl. *Performance*) – implementacija mora biti dovoljno brza kako bi opravdala degradaciju tačnosti izlaza

Kako bi se ispunili svi gore navedeni zahtevi, implementacija se odvijala u nekoliko faza kao što je prikazano na slici 2.



Slika 2: Detaljni prikaz implementacije psihoakustičkog modela [2]

Prvi korak u implementaciji je bio da se aritmetika u referentnom algoritmu zameni aritmetikom podržanom od strane ciljne platforme. U ovom koraku korištene su klase koje emuliraju aritmetiku ciljnog DSP procesora na PC platformi. Emulacija DSP aritmetike predstavlja biblioteku klasa koje modeluju tipove podataka ciljnog DSP procesora i operacije u nepokretnom zarezu. Sam proces konvertovanja aritmetike pokretnog zarea u aritmetiku nepokretnog zarea se može podeliti u dve faze [3]:

a) Određivanje dinamičkog opsega signala (engl. *Dynamic-Range Estimation*)

Prilikom obrade signala potrebno je odrediti maksimalnu $|x_{max}|$ i minimalnu $|x_{min}|$ apsolutnu vrednost promenljivih koje se koriste prilikom izračunavanja što predstavlja opseg vrednosti date promenljive. Takođe je potrebno utvrditi i za koliko se dve susedne vrednosti promenljive moraju razlikovati što predstavlja rezoluciju kojom je potrebno predstaviti dati dinamički opseg x_{res} . Odnos najveće i najmanje moguće vrednosti promenljive predstavlja njen dinamički opseg. Dinamički opseg se može predstaviti kao odnos opsega i rezolucije – formula (1), brojem bita potrebnih za predstavljanje date promenljive – formula (2) ili u decibelima [dB] – formula (3) [4].

$$Dynamic\ Range(Ratio) = \frac{x_{max}}{x_{res}} \quad (1)$$

$$Dynamic\ Range(Bits) = \log_2 \left(\frac{x_{max}}{x_{res}} \right) = N\ Bits \quad (2)$$

$$Dynamic\ Range(dB) = 20 \log_{10} \left(\frac{x_{max}}{x_{res}} \right) = 6.02 * N + 1.76 \quad (3)$$

Dinamički opseg signala se određuje eksperimentalno, obradom ograničenog broja test signala. Ovakav način zavisi od toga da li je odabrani skup signala dovoljno dobar da predvidi sve moguće ulazne signale algoritma koji se implementira. Problem se javlja kada neki neočekivani ulazni signal prouzrokuje da pojedine vrednosti unutar algoritma prekorače zadati opseg.

b) Skaliranje u nepokretnom zarezu (engl. *Fixed-point Scaling*)

Na osnovu predviđenog dinamičkog opsega, u svakoj rutini implementiranog algoritma određuje se koliko ulazni signal može biti skaliran, sa prihvatljivom greškom zaokruživanja (engl. *Rounding Error*). Ponekad se može desiti da akumulirane greške zaokruživanja dovedu do prekoračenja opsega iako se to nije desilo prilikom testiranja originalnog algoritma. Iz tog razloga, vrši se dodatno testiranje kako bi se utvrdio uticaj greške zaokruživanja na dinamički opseg.

Nakon toga, sledilo je iscrpno testiranje modifikovanog algoritma, kako bi se zadovoljila prva dva zahteva: tačnost i robusnost. Tokom testiranja nije se vodilo računa o efikasnosti algoritma. Testiranje je znatno olakšano jer se izvodilo na PC platformi, koja nudi veliki broj aplikacija koje su potrebne tokom prilagođenja aritmetike (alati za obradu zvuka, alati za automatsko određivanje subjektivnog kvaliteta zvuka,...).

Pored zamene aritmetike, referenti algoritam je modifikovan tako da veličina podataka odgovara memorijskim resursima ciljnog DSP procesora.

Posle modifikacija polaznog algoritma i testiranja dobijen je algoritam koji koristi aritmetiku ciljnog procesora i obezbeđuje traženu tačnost. Ovaj algoritam predstavlja polaznu tačku za realizaciju asemblerskog programa. Kako asemblerki program i modifikovani algoritam koriste istu aritmetiku i tipove podataka, svi rezultati i međurezultati se moraju poklapati (engl. *Bit-Exact Implementation*). I najmanje odstupaje je znak greške u implementaciji.

Uz detaljno poznavanje karakteristika ciljnog DSP procesora i optimizacija na nivou asemblerskog programa zadovoljen je i treći zahtev – efikasnost izvršavanja. Realizacija algoritma na procesoru namenjenom prenosivim uređajima zahteva: malu potrošnju, odnosno što manje procesorskog vremena (MIPS-a), i mali utrošak memorije, odnosno što manju cenu krajnjeg uređaja.

Sam psihoakustični model se sastoji od niza funkcija koje su prvobitno, korištenjem C kompajlera razvijenog za ciljnu platformu, trošile **86,4 MIPS-a**, dok je nakon optimizacije koda u assembleru, ručnim kodovanjem, potrošnja spuštена na **38,4 MIPS-a**. Analiza koda je pokazala da su mnoge od ovih funkcija realizovane od kratkih programskih petlji, koje su se ponavljale veliki broj puta (npr. za svaki odbirak svakog od kanala) pa je svako skraćivanje ovih programskih petlji imalo značajan uticaj na vreme izvršavanja. Najveće uštede donelo je korišćenje sledećih optimizacionih tehnika [5]:

- izdvajanje provera pojedinih uslova i uslovnih skokova izvan programskih petlji
- skraćivanje programskih petlji većim korišćenjem paralelnog izvršavanja instrukcija

Iskorišćenost memorije DSP procesora je prikazano u tabeli 1.

Memorija	Zauzeta memorija
X	7.159k
Y	7.166k
P	4.304k

Tabela 1: Iskorišćenost memorije DSP-a

3. REZULTATI ISPITIVANJA

Realizovani psihoakustički model verifikovan je poređenjem sa referentnim psihoakustičkim modelom realizovanim u aritmetici pokretnog zareza. Ocenjivanje predloženog rešenja izvršeno je na osnovu algoritma za perceptualno ocenjivanje audio kvaliteta (engl. *Perceptual Evaluation of Audio Quality – PEAQ*) koji je prihvaćen od strane ITU-R u okviru BS.1387 [6] preporuke 1998. godine. Kao objektivna mera audio kvaliteta korištena je objektivna ocena odstupanja – ODG. Značenje objektivne mere odstupanja dato je u tabeli 2.

Objektivna ocena odstupanja	Izobličenje
0	Nečujno
-1.0	Čujno ali ne smeta
-2.0	Malo smeta
-3.0	Smeta
-4.0	Veoma smeta

Tabela 2: Značenje objektivne ocene odstupanja – ODG

Kod audio algoritama, ispitni slučajevi se uglavnom zasnivaju na ispitivanju odziva sistema na sinusoidalne signale. Ipak, najvažniji ispitni slučajevi su oni koji oponašaju realnu primenu programske podrške, tj. testovi slušanja.

Radi procene kvaliteta predloženog rešenja, izvršeno je upoređivanje objektivne ocene odstupanja za 50 test vektora. Na osnovu ispitivanja objektivne ocene odstupanja – ODG utvrđeno je da predloženo rešenje zadovoljava zadate kriterijume referentnog modela kao i ograničenja ciljne platforme. Prosečna ocena odstupanja referentnog modela je **-1,22387** dok je prosečna ocena modifikovanog algoritma obrade audio signala **-1,22493**. U većini slučajeva, modifikovani algoritam realizovan u aritmetici nepokretnog zareza daje skoro identične rezultate kao i polazni model psihoakustičkog modela realizovanog u aritmetici pokretnog zareza.

4. ZAKLJUČAK

U okviru ovog rada prikazana je jedna realizacija psihoakustičkog modela na platformi sa ograničenim resursima (Cirrus Logic CS495xx). Kao referenca korišten je psihoakustički model implementiran u *Lame MPEG Layer III* enkoderu koji zadovoljava sve funkcionalnosti definisane MPEG standardom.

Kvalitet predloženog rešenja utvrđen je upoređivanjem objektivne ocene odstupanja referentnog i modifikovanog algoritma.

Resursi potrebni za realizaciju uklopili su se u okvire ciljne platforme, tj zahtevi za resursima koje nameće realizovani algoritam su manji od onih koje nudi ciljna platforma, ostavljajući mesta za realizaciju dodatnih komponenti. Ukupno procesorsko vreme obrade je smanjeno na približno 40 MIPS-a što predstavlja 25,60 % iskorišćenosti procesorskog vremena, uz povećanje utroška memorijskih resursa.

Iskorišćenost programske memorije za realizaciju psihoakustičkog modela se kreće u okvirima od oko 4300 lokacija, dok je ukupno zauzeće statički zauzete memorije za podatke oko 14,3 hiljade memorijskih lokacija, od čega se oko 7,2 hiljade lokacija nalazi u X memoriji.

Dalji pravci razvoja i mogućnosti unapređenja se ogledaju u optimizaciji realizovanog rešenja, kako u pogledu MIPS potrošnje, tako i u veličini memorijskog zauzeća i preciznosti. U okviru rada data je realizacija samo jednog od gradivnih blokova *MPEG Layer III* enkodera, pa bi dalji rad podrazumevao implementaciju ostalih modula algoritma, poput kvantizacije, polifazne filter banke, i drugih.

LITERATURA

- [1] J. Kovačević: "Jedno rešenje sistema za bežičnu distribuciju audio signala u lokalnim multimedijalnim mrežama", Doktorska disertacija, Novi Sad, 2010
- [2] M. Gayer, M. Lohwasser, M. Lutzky: "Implementing MPEG Advanced Audio Coding And Layer-3 Encoders On 32-Bit And 16-Bit Fixed-Point Processors", Fraunhofer Institute for Integrated Circuits IIS, Erlangen, Germany
- [3] T. Aamodt: "Floating-Point to Fixed-Point Compilation and Embedded Architectural Support", Applied Science Graduate Department of Electrical and Computer Engineering, University of Toronto, 2001
- [4] R. Sharma: "Floating Point to Fixed Point Conversion", Audio DSP Ksharing, <http://rajeshsharma.co.in/docs/FixedPointConversion.pdf>
- [5] D. Mišković, M. Popović, Z. Jovanović: "Jedno rešenje optimizacije koda pomeranjem instrukcija bezuslovnih skokova i arhitekturom podržanih petlji", XLVIII konferencija ETRAN, Čačak, 2004
- [6] "Method For Objective Measurements Of Perceived Audio Quality", Recommendation ITU-R BS.1387-1, Geneva, Switzerland, 1998-2001

ALGORITAM ZA ODREĐIVANJE MINIMALNOG SKUPA OBJEKATA ZA GRAFIČKO PREDSTAVLJANJE DISTRIBUTIVNE ELEKTROENERGETSKE MREŽE**ALGORITHM FOR DETERMINING THE MINIMAL SET OF OBJECTS FOR GRAPHICAL REPRESENTATION OF ELECTRIC POWER DISTRIBUTION NETWORK**

Sanja Parenta, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu opisana je implementacija algoritma za određivanje minimalnog skupa povezanih objekata, potrebnog radi grafičkog predstavljanja distributivne elektroenergetske mreže. Minimalni skup je generisan na osnovu unapred definisanih značajnih objekata i pravila. Čine ga super sekcije (skup značajnih sekcija) i značajni elementi provodne opreme. Na kraju rada objašnjeno je ažuriranje dobijenog modela nakon promena modela izgrađenosti mreže.

Abstract – This paper describes the implementation of algorithm for determining the minimal connected set of objects, necessary for graphical representation of important elements in electric power distribution network. Minimal set is generated by certain predefined relevant objects and rules, and it consists of super sections (set of important sections) and important elements of conductive equipment. At the end of the paper, explanation of model updating after change in network model topology is given.

Ključne reči: CIM, Model elektrodistributivne mreže, Algoritam minimalnog stabla

1. UVOD

Cilj distributivnog elektroenergetskog sistema je stvoriti i preneti električnu energiju od mesta proizvodnje do mesta potrošača. Distributivni elektroenergetski sistem predstavlja složen skup elemenata povezanih u distributivnu elektroenergetsku mrežu, sa svim fizičkim, elektro-energetskim i funkcionalnim zakonitostima koje važe i deluju tokom rada ovog sistema.

Da bi se na jednom takvom sistemu vršile razne simulacije i energetske proračuni, neophodno je sve elemente sistema ugraditi u model elektroenergetske mreže. Zadaci upravljanja velikim elektroenergetskim sistemima su sve važniji i složeniji.

Zbog toga je saradnja brojnih aplikacija unutar elektrodistributivnog preduzeća neophodna. Da bi se takva saradnja olakšala, definisan je niz standarda koji propisuju načine i formate opisivanja informacija na kojima ona počiva. Jedna od informacija za razmenu u ovoj komunikaciji, jeste i model elektroenergetske mreže. Standard koji propisuje elemente i strukturu takvog modela naziva se CIM (*Common Information Model*). Modeli se koriste kao osnova simulacija i optimizacionih proračuna, ali su bitni i za grafički prikaz izgleda mreže.

NAPOMENA:

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

Postoje različiti grafički prikazi mreže u zavisnosti od zahteva klijenata ili samih kompanija, npr. geografski, šematski, itd. Kod velikih mreža potrebno je nacrtati veoma veliki broj elemenata kada se prikazuje cela mreža (ili kada je uvećanje malo). Stoga je u takvim slučajevima potrebno prikazati samo značajne elemente. U ovom radu prikazana je implementacija algoritma za kreiranje minimalnog povezanog grafa koji će obuhvatiti sve zahtevane objekte jednog fidera (eng. *feeder*).

2. MODEL PODATAKA DISTRIBUTIVNE ELEKTROENERGETSKE MREŽE

Model podataka DMS (*Distributed Management System*) mreže zasniva se na podeli mreže na funkcionalne celine i elemente, kao i na definicije veza između celina i veza između elemenata. Objedinjeni informacioni model, CIM, je apstraktni model [1], u okviru kojeg su predstavljeni svi bitni objekti elektroenergetskog sistema i odnosi među njima. Pružajući standardizovan način za predstavljanje resursa elektroenergetskog sistema pomoću klasa i atributa, kao i međusobnih veza između klasa, CIM olakšava integraciju sistema za upravljanje energijom proizvedenih od strane različitih proizvođača. CIM je definisan tehnikama za objektno-orijentisano modelovanje. Specifikacija CIM-a data je u UML (*Unified Modeling Language*) [2] notaciji. Modelovanje sistema pomoću UML-a je ono što obezbeđuje predstavu objekata jednog elektroenergetskog sistema.

2.1. Model povezivanja elemenata

U CIM-u postoje dve klase za modelovanje izgrađenosti: *Terminal* i *ConnectivityNode*. Ove klase ne modeluju resurse elektroenergetskog sistema, već imaju pomoćnu ulogu u modelu tako što obezbeđuju informacije o fizičkoj povezanosti elemenata.

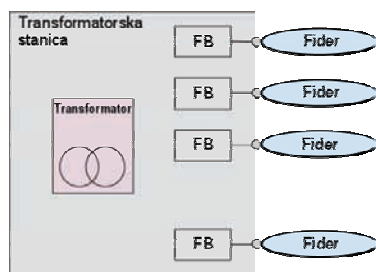
CIM model koristi princip čvor-grana kod modelovanja konektivnosti elemenata. Ovako posmatrano, podaci u CIM-u čine jedan veliki graf [3]. Objekti provodne opreme se posmatraju kao grane grafa. Grane grafa su povezane preko čvorova koji su predstavljeni instancama klase *ConnectivityNode*. Povezivanje čvorova i grana vrši se preko objekata tipa *Terminal*. U ovom radu akcenat je na „ukrupljenom modelu izgrađenosti“, gde je blisko povezana provodna oprema predstavljena čvorom, a granama grafa predstavljeni su objekti tipa *ACLineSegment*, koji se sastoje iz dva *Terminal*-a. Čvorovi fizički predstavljaju transformatorske stanice. „*ACLineSegment*“ predstavlja kabl ili kombinaciju kablova, sa istim električnim karakteristikama i koristi se za prenos naizmeničnih struja između tačaka u elektroenergetskom sistemu [1].“

3. PREDSTAVA NAPAJANOG DELA ELEKTROENERGETSKE MREŽE POMOĆU GRAFA

Elektroenergetska mreža može se modelovati pomoću grafa. Npr. elementi poput transformatora, prekidača itd. mogu predstavljati grane grafa, a mesta njihovog spajanja čvorove grafa. Ono što treba znati je da se predstava elektroenergetske mreže pomoću grafa može menjati u zavisnosti od definisanog problema. To znači da npr. grupa povezanih elemenata može biti tretirana kao čvor, a sekcije koje povezuje grupe elemenata kao grane grafa.

3.1. Pojam fidera i transformatorske stanice

Za ovaj rad od važnosti su dva pojma u okviru elektroenergetskog sistema, neophodna za distribuciju električne energije do samih potrošača. To su pojam transformatorske stanice (eng. *substation*) i pojam napojnih grana (fider) [4]. Transformatorska stanica je deo sistema za prenos i distribuciju električne energije, u kome se vrši transformacija električne energije promenom napona ili struje. Transformatorska stanica se sastoji od transformatora, niskonaponskih i visokonaponskih *busbar*-ova za protok struje, prekidača (eng. *switch*), opreme za merenje, itd. Fider predstavlja dovoljno jake elektroenergetske veze koje omogućuju napajanje delova naselja, gradova (potrošačkih područja) [4]. Fideri se mogu granati i formirati stablo, što omogućuje da se na ekonomičan način pristupi korisnicima i dovede električna energija do njih. Glavna trofazna grana fidera naziva se *trunk*, i ona se dalje grana na manje grane [5]. Fideri se napajaju iz transformatorske stanice iz koje obično potiču od dva do dvanaest fidera.



Slika 1. Povezanost fidera i transformatorske stanice

Fideri su povezani sa transformatorskom stanicom preko polja (eng. *bay*) koji se naziva fider *head*, a na slici 1 označeno je kao FB. Za fider *head* polja se može reći da se ponašaju kao portovi transformatorske stanice. Ukoliko je neki fider spojen sa transformatorskom stanicom preko otvorenog prekidača, taj fider nije napajan, sve dok se prekidač opet ne zatvori kako bi protekla struja.

3.2. Modelovanje fidera pomoću grafa

U ovom radu fider se gleda kao skup fider objekata i sekcija. Fider objekat se sastoji od međusobno povezanih elemenata električne opreme kao što su transformatori i prateća oprema: prekidači, kondenzatori, itd. Za ovaj rad ključno je da elementi iz fider objekta mogu biti značajni za prikaz i oni koji to nisu. Ukoliko je neki element iz fider objekta važan, ceo fider objekat se proglašava važnim za prikaz. Upravo to je razlog zašto u ovom radu fider objekti predstavljaju čvorove grafa. Kako se fider objekti povezuju preko sekcija one će predstavljati grane grafa.

4. IMPLEMENTACIJA I PRIMENA ALGORITMA MINIMALNOG STABLA NA FIDER

Ovaj rad proistekao je iz potrebe da se prilikom grafičkog prikaza velikog dela distributivne elektroenergetske mreže prikažu samo značajni objekti („super“ čvorovi) i glavne grane (fider *trunk*) u okviru napojnih grana distributivne elektroenergetske mreže. U ovom radu algoritam za kreiranje minimalnog stabla primeniće se na jedan fider, predstavljen grafom. Čvorovi grafa su fider objekti, a grane sekcije (*ACLineSegment*).

Minimalno stablo [3] u najopštijem slučaju je stablo koje se izvodi iz nekog inicijalnog grafa, i čini sve čvorove tog grafa, dok se grane biraju tako da suma njihovih težina bude minimalna. U ovom radu razlika je u tome što kreirano minimalno stablo ne treba da sadrži sve čvorove, već samo važne elemente inicijalnog grafa.

Da bi se znalo da li je neki element važan ili ne, u modelu elektroenergetske mreže, svaki element fidera će imati atribut koji označava njegovu važnost. On može biti unapred zadat ili postavljen prilikom primene algoritma.

Na osnovu atributa važnosti objekat može biti:

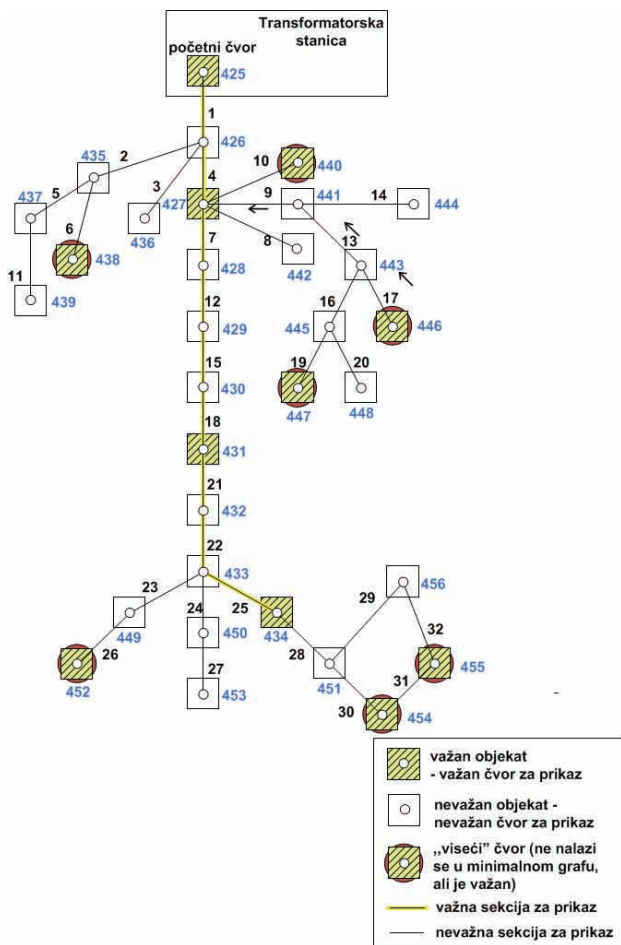
- važan (eng. *important*) – važan za prikaz, korisnički definisan kao značajan.
- nevažan (eng. *unimportant*) – nije važan za prikaz, korisnički definisan kao nevažan.
- izveden (eng. *derived*) – element koji je postao neophodan za prikaz nakon primene algoritma minimalnog stabla.

4.1. Algoritam kreiranja minimalnog stabla

Na samom početku, neophodno je prvo sve značajne elemente označiti sa važnim. Važnost nekog elementa određuju korisnici ili se ona određuje na osnovu unapred definisanih pravila. To mogu biti npr. otvoreni prekidači između dva fidera, trofazna sekcija čija debljina iznosi minimum 80% od glavne grane itd. Algoritam treba da kreira minimalno stablo sačinjeno od svih definisanih važnih elemenata. Na slici 2 dat je graf fidera na koji se primenjuje algoritam. Sekcije iz glavne grane, odnosno one napajane iz transformatorske stanice su grane bitne za prikaz i označene su kao važne. Neki čvorovi (fider objekti) su takođe označeni kao važni. Pored važnih elemenata sa glavne grane, postoje i važni elementi koji nisu direktno povezani sa glavnom granom, ali ih je potrebno pripojiti minimalnom stablu. Takvi elementi su označeni kao „viseći“ (eng. *pending*), jer su važni ali još uvek nisu deo minimalnog stabla.

Potreban je algoritam za pronalaženje optimalne putanje od visećih čvorova do važnih sekcija ili do važnih čvorova iz glavne grane. Ti elementi sa glavne grane su ciljni, jer su oni već deo minimalnog stabla. Da bi se pronašla optimalna putanja neophodno je definisati određeni kriterijum po kom će se algoritam kretati. S obzirom da se radi o minimalnom stablu, kriterijum optimalnosti je takav da putanja od visećih čvorova do bilo kog elementa iz minimalnog stabla bude što kraća. To znači da broj sekcija koje bi povezivale viseće važne čvorove sa elementima glavne grane, bude što manji. Kako je elektroenergetska mreža najčešće radijalna, prirodno se nameće rešenje kreiranja putanje od dole ka gore, odnosno od čvorova koji još nisu u minimalnom stablu pa do bilo kog elementa iz minimalnog stabla.

U narednom tekstu opisani su koraci potrebni za implementiranje algoritma minimalnog stabla (Slika 2).



Slika 2. Kreiranje minimalnog stabla

Algoritam za određivanje minimalnog stabla:

1. Označiti početni (eng. *source*) čvor (čvor preko koga je fider nakačen na transformatorsku stanicu).
2. Težine grana obeležiti rednim brojevima, metodom prvo u širinu [3], tako da će susedne grane izvornog čvora imati najmanju vrednost.
3. Nakon što je svakoj grani dodeljena težina, sledi određivanje ciljnih elemenata i početnih elemenata tj. provera važnosti čvora i njihovih susednih grana. Ukoliko je čvor važan i ima jednu ili više susednih grana da su važne, čvor se smesti u minimalni graf i u mapu važnih čvorova (*importantNodes*), a te važne grane takođe u minimalni graf i u mapu važnih grana (*importantSections*). U slučaju da neki važan čvor nema nijednu susednu važnu granu, takav čvor se dodaje u mapu tzv. visećih čvorova (*pendingNodes*) (Slika 2).
4. Za svaki viseći čvor poziva se metoda za implemenitiranje algoritma minimalnog stabla. Metodom se prolazi kroz graf, gde je smer kretanja grana sa najmanjom težinom. Za dati čvor se pokupe sve susedne grane, provere težine i uzme se grana sa najmanjom težinom. Ta grana se označi da je važna, smesti se u minimalni graf i u mapu *importantSections*.
5. Zatim se uzme drugi čvor te grane i proveri da li se nalazi u minimalnom stablu:
 - o ukoliko je čvor u minimalnom stablu i po važnosti je:
 - važan, algoritam se zaustavlja.

- nevažan, ali ima dve susedne važne grane, taj čvor se proglašava važnim, smešta u mapu *importantNodes* i algoritam se zaustavlja.

- o ukoliko se čvor ne nalazi u minimalnom grafu, onda se taj čvor samo doda u minimalni graf, a metoda za kreiranje minimalnog stabla poziva se rekurzivno, dok se ne ispuni jedan od dva gore pomenuta uslova.

4.2. Kreiranje super sekcija

Treba istaći da je kreirano minimalno stablo – graf kod koga su sve grane na kraju važne. Sledeći korak jeste kreirati super sekcije od minimalnog stabla. Naime, kod prikaza celog fidera, skup sekcija između dva fider objekta može se prikazati kao jedna grana i to je ustvari „super sekcija“. Kod algoritma kreiranja „super sekcija“ vrši se prolazak kroz minimalno stablo od važnog čvora do sledećeg važnog čvora putem važnih sekcija. Algoritam je sledeći:

1. Za svaki važan čvor iz minimalnog grafa poziva se metoda za implementiranje algoritma super sekcija.
2. Za taj čvor traže se sve neposećene susedne grane.
3. Ukoliko takvih grana ima, za svaku granu se traži drugi čvor, kreira jedna super sekcija sa svojim *id*-em (jedinствен identifikator) i algoritam se poziva rekurzivno dok se ne dođe do prvog važnog čvora kada se algoritam zaustavlja.
4. Ako takve grane ne postoje, znači da su susedne grane tog čvora već prethodno pokupljene algoritmom i da su već dodeljene nekoj super sekciji.

4.3. Proširenje postojećeg fidera

U svakodnevnoj upotrebi model mreže se neprekidno menja, i te promene utiču i na ranije formirano minimalno stablo i na super sekcije. Stoga je potrebno nakon izmene modela uskladiti izgled minimalnog stabla. Tipično se promene modela opisuju kao inkrementalne čime se usložnjava algoritam izmene minimalnog stabla. Promena modela može biti:

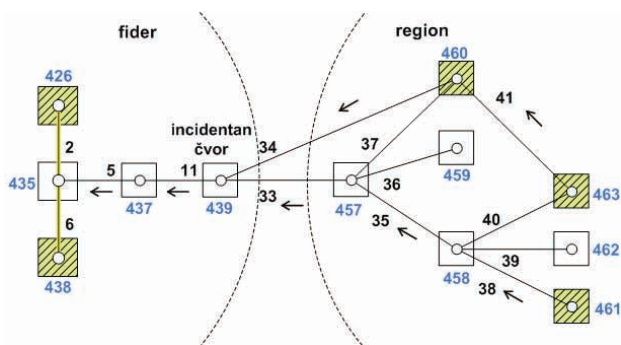
- *insert* – dodavanje elementa (prekidač, sekcija, itd.).
- *delete* – brisanje elemenata iz fidera.
- *update* – podrazumeva prebacivanje dela fidera u drugi fider ukoliko se neki prekidač unutar jednog fidera otvori. Ukoliko prebacivanje dela fidera ili brisanje elementa iz fidera utiče na minimalni graf, to znači da se fider mora ažurirati (*update*).

Kod pripajanja jednog grafa (regiona) drugom grafu (postojećem fideru), koji već postoji u bazi sa svim svojim elementima, potrebno je pronaći minimalne putanje od važnog elementa iz regiona do važnog elementa iz fidera. Postoje dva načina pripajanja regiona fideru:

- Kreira se minimalno stablo od celog fidera i regiona.
- Kreira se minimalno stablo od regiona i dela fidera, potrebnog da se nađe putanja do prvog važnog elementa iz fidera.

Da bi se utvrdilo koji je način bolji, treba obratiti pažnju na nekoliko stvari:

- preko koliko čvorova se region kači na fider (incidentni čvorovi),
- da li je taj čvor važan ili ne,
- da li u regionu postoje važni elementi itd.

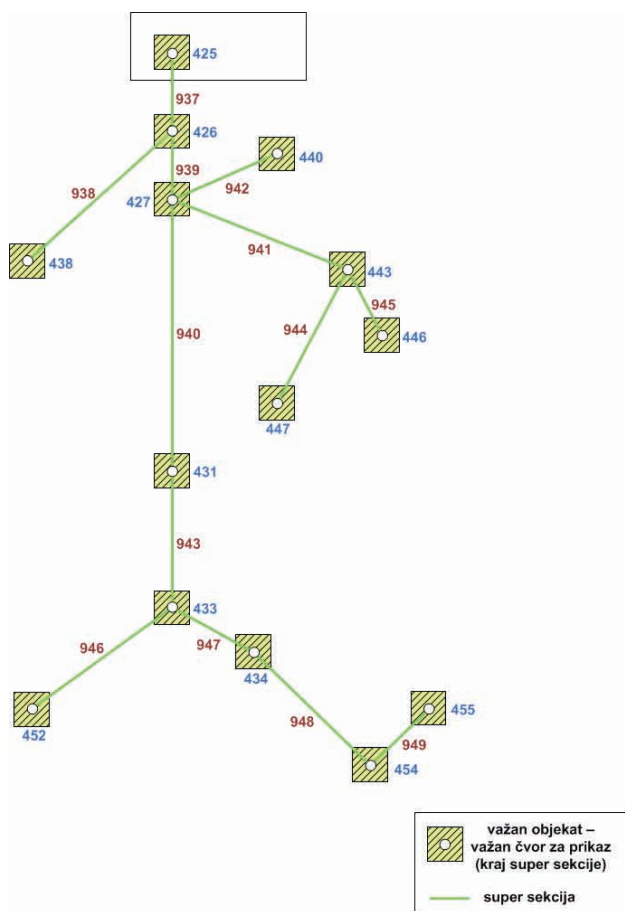


Slika 3. Slučaj pripajanja regiona fideru

Pošto je u ovom radu dat primer pripajanja regiona preko samo jednog čvora (incidentan čvor), drugi način se činio efikasnijim. Postoji nekoliko slučajeva kada se region pripaja fideru, a to su:

- U regionu ne postoje važni elementi.
- U regionu postoje važni elementi i: incidentan čvor je važan, incidentan čvor je nevažan i nijedna susedna sekcije nije važna, incidentan čvor je nevažan ali dve susedne sekcije su važne od kojih su obe iz fidera ili je jedna iz fidera, jedna iz regiona.

Prethodni primer ilustrovan je slikom 3. Nakon kreiranja putanje od čvora 460 preko incidentnog čvora 439 do čvora 435, incidentan čvor 439 će imati dve važne sekcije, jednu iz fidera (grana 11), jednu iz regiona (grana 34). Prilikom pripajanja čvora 461 minimalnom stablu, čvor 439 će postati izveden.



Slika 4. Minimalni graf sa super sekcijama

4.4. Brisanje elementa fidera

U zavisnosti od toga koja sekcija iz fidera se briše, može se menjati minimalno stablo. Ukoliko se briše nevažna sekcija (npr. sekcija 11 sa slike 2) minimalno stablo se ne menja. Ako se briše neka izvedena važna sekcija (npr. sekcija 6) ili važan čvor 438, svi čvorovi ($id = 426$) i sekcije ($id = 2$) koji su postali izvedeni tokom primene algoritma minimalnog stabla za taj fider objekat 438, se opet proglašavaju nevažnim za prikaz mreže. Ako se uklanja važna sekcija ($id = 15$), super sekciju te obrisane sekcije će činiti samo sekcije sa id -em 7 i 12.

4.5. Prikaz dobijenog rezultata

Nakon primene algoritma za kreiranje minimalnog stabla i algoritma za kreiranje super sekcija, zumiranjem grafičkog prikaza fidera dobija se fider sa važnim fider objektima i super sekcijama. Slika 4 predstavlja zoom fidera sa slike 2.

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu opisana je implementacija algoritma za kreiranje minimalnog povezanog stabla značajnih objekata distributivne elektroenergetske mreže, čija je izgrađenost zadata pomoću CIM standarda. Zatim su kreirane super sekcije, kako bi se skup važnih grana predstavile jednom granom minimalnog stabla.

Objašnjeno je ažuriranje dobijenog modela nakon promena modela izgrađenosti mreže (pripajanje regiona fideru, brisanje elementa iz fidera).

Prednosti koje rešenje donosi je da se pri grafičkom prikazu mreže prikažu samo značajni elementi, a ne cela mreža, čime se značajno ubrzava njen prikaz. Ovaj rad bi se mogao razvijati u pravcu primene algoritma na fider objekat, tako da se prikaže baš taj važan element (npr. prekidač), a ne ceo fider objekat u kom se taj element nalazi.

6. LITERATURA

- [1] International Electrotechnical Commission, Draft IEC 61970: *Energy Management System Application Program Interface (EMS-API) – Part 301: Common Information Model (CIM) Base*, 2nd edition. IEC, 2007.
- [2] Unified Modeling Language (UML), version 2.1.2: <http://www.omg.org/technology/documents/formal/ml.htm>
- [3] Thomas H. Cormen, Charles E. Leiserson, Ronald L. Rivest Clifford Stein, *Introduction to Algorithms*, 2nd edition, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts London, England, 2001.
- [4] Vladimir C. Strezoski, "Osnovi elektroenergetike - Sistemi", Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 1996.
- [5] H. Lee Willis, *Power Distribution Planning Reference Book*, 2nd edition, North Carolina, U.S.A., 2004.

Kratka biografija:



Sanja Parenta rođena je u Zagrebu 1986. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Automatika i upravljanje sistemima odbranila je 2011. god.

Jedan pristup prilagođenju Android operativnog sistema digitalnom TV prijemniku

Tomislav Maruna, Stanko Novaković, Svetozar Miućin, Milan Savić,
Nikola Kuzmanović, Goran Rađenović

III. OPIS ANDROID PLATFORME

Sadržaj — U radu su objašnjeni osnovni koraci prilagođavanja Android operativnog sistema za digitalni TV prijemnik. Cilj rada je studija izvodljivosti prenošenja Android platforme na specifični hardver koji se koristi u digitalnim TV prijemnicima visoke definicije.

Ključne reči — Android, Kernel, Linux, MIPS, SoC.

I. UVOD

ANDROID je platforma za mobilne uređaje razvijena od strane kompanije Google. Realizovan je u obliku softverskog steka koji uključuje jezgro operativnog sistema, srednji (middleware) i aplikativni sloj programa. [1] Osnovni razlog velikog interesovanja za Android je dostupnost u izvornom kodu. Samim tim Android je pogodan za dalja poboljšanja i modifikacije u skladu sa potrebama pojedinaca širom sveta. Ceo stek je, iako prvobitno namenjen uređajima zasnovanim na ARM (Advanced RISC machine) arhitekturi, 2009. godine prilagođen i MIPS (Microprocessor without Interlocked Pipeline Stages) arhitekturi procesora što je otvorilo nove mogućnosti za korišćenje u čitavom novom spektru uređaja od televizora, VoIP telefona do digitalnih okvira za slike. Samu MIPS adaptaciju Androida je dalje neophodno prilagoditi određenoj ciljnoj hardverskoj platformi. Razlog je prisutnost različitog perifernog hardvera kao i samih procesora na različitim platformama. Kao početna tačka u procesu prilagođavanja je modifikacija Linux jezgra koja obuhvata dodavanje hardverski zavisnog koda specifičnog za datu platformu kao i svih neophodnih rukovalaca perifernim uređajima.

II. OPIS HARDVERSKJE PLATFORME

Ciljna platforma za prilagođenje Android-a u ovom radu je Micronas VCTH PlatinumD digitalni TV prijemnik.

U osnovi prijemnika se nalazi 32-bitni MIPS74 centralni procesor. SoC(System-on-a-chip) arhitektura povezuje centralni procesor i memoriju sa procesnim jedinicama pomoću sistema magistrala visoke propusnosti.

Centralni procesor kontroliše jedinice za obradu slike preko sistemske kontrolne magistrale, odvojene od magistrale koja povezuje sve procesne elemente sa memorijom. Sjedinjena arhitektura memorije omogućuje deljenje memorijski mapiranih podataka između procesora.

Većina specijalizovanih procesnih jedinica funkcioniše autonomno, što ostavlja centralnom procesoru dovoljno resursa za Linux/Android OS i korisničke aplikacije.

NAPOMENA:

- Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada Svetozara Miućina. mentor je bio dr Nikola Teslić.
- Rad je prethodno publikovan na konferenciji TELFOR, Beograd, novembar 2009.

Na najnižem nivou Android steka se nalazi Linux jezgro. Srednji nivo sadrži opšte Linux biblioteke za rad sa multimedijom, web-om, itd. kao i posebnu-redukovanu verziju standardne C biblioteke (libc) - Bionic, razvijene u cilju smanjenja zahtevnosti za resursima. U srednjem sloju takođe se nalazi osnova za funkcionalnost aplikacija - Dalvik virtualna mašina. Dalvik je derivat Java virtualne mašine, modifikovana da koristi što manje resursa i bude pogodna za izvršavanje na uređajima sa ograničenim resursima. Sprega za programiranje aplikacija za Android Operativni Sistem je zasnovana na standardnom Java API okruženju. Iz okruženja su uklonjene biblioteke za podršku štampanju, AWT (Abstract Window Toolkit) grafičko okruženje, Java Beans, i druge. Dodata je nova grafička sprega i zadržana Java podrška za rukovanje zvukom, slikom, mrežom i ostale biblioteke koje mogu naći primenu u mobilnim uređajima. Na samom vrhu se nalazi aplikativni sloj koji obuhvata Java aplikacije. Iako su prevedene u međukod sličan Java međukodu (Java bytecode), Android aplikacije nisu izvršive u okviru Java virtualne mašine.



Sl. 1. Dijagram Android softverskog steka.

IV. RAZVOJNO OKRUŽENJE

Android stek za MIPS arhitekturu je dostupan u obliku GIT (fast version control system) repozitorijuma.[2] Preporučeni paket alata je mips-4.3 gcc toolchain i Java 1.5 verzija. Linux jezgro koje je sadržano u sklopu ove distribucije Android-a je modifikovano jezgro verzije 2.6.27. Okruženje za prevođenje izvornog koda je organizovano tako da koristi alat make i hijerarhiju konfiguracionih datoteka za sve delove steka. Make

program iz osnovnog direktorijuma Android izvornih kodova pokreće prevođenje celog sistema osim samog Linux jezgra.

Linux kod se prevodi pokretanjem programa make iz osnovnog direktorijuma samog jezgra. Ovo je jedini deo sistema koji zahteva ozbiljnije prilagođenje ciljnoj platformi, jer se ostatak sistema oslanja na jezgro i rukovaoce uređajima unutar njega. Pre samog prevođenja neophodno je definisati sve promenljive u okruženju (ARCH, CC ...), koje koristi make alat kako bi uspešno parametrizovao prevođenje. Za pronalaženje grešaka, prilikom prilagodavanja Linux jezgra, koristi se Loterbah EJTAG debager (Lauterbach EJTAG debugger). Na taj način se postiže lako i brzo učitavanje prevedenog Linux jezgra direktno u RAM memoriju kao i njegovo kontrolisano izvršavanje sa radne stanice.

V. PRILAGOĐENJE LINUX JEZGRA

U ovom slučaju, dostupna verzija Linux jezgra za ciljnu platformu je 2.6.25, te je hardverski zavisna kod kao i rukovaoce, koji su pisani za ovu verziju potrebno modifikovati tako da budu u skladu sa novijom verzijom (2.6.27) neophodnom za ispravan rad Android-a.

Prvi korak je dodavanje hardverski zavisnog koda koji implementira podršku za procesor (ako nije već podržan), rukovanje sistemskim pozivima, brojačima i funkcije za razne inicijalizacije specifične za ciljnu platformu. Posredstvom kernel konfiguracionog alata (make config, make menuconfig...) neophodno je za početak ukloniti iz procesa sve rukovaoce koji nisu neophodni za inicijalnu komunikaciju između platforme i Linux jezgra. Tako je logičan izbor za preostale module specifične za platformu rukovalac UART prolazom. Dalji razvoj uključuje postepeno dodavanje i prilagođavanje rukovalaca perifernim uređajima. Rukovaoci se dodaju jedan po jedan i za svaki se obavljaju neophodna prilagođenja novoj verziji jezgra.

Za pokretanje Linux jezgra na ciljnoj platformi, neophodno je razviti osnovni sistem datoteka (root filesystem). Ovo se postiže korišćenjem initramfs sistema u kome se, posredstvom konfiguracione datoteke, definišu putanje do svih direktorijuma, kao i datoteka unutar njih koji zajedno čine osnovni sistem datoteka. Osnovni sistem datoteka poseduje posebne datoteke bez kojih uspešno podizanje Linux jezgra na ciljnoj platformi ne bi bilo moguće. Tipičan primer posebne datoteke je init skripta. Za Android platformu koristi se osnovni sistem datoteka koji se prethodno generiše prevođenjem celog Android steka.

VI. PRILAGOĐENJE VIŠIH SLOJEVA ANDROID SOFTVERSKOG STEKA

Pošto je jezgro prilagođeno ciljnom hardveru, može se pristupiti postepenom dodavanju ostalih komponenti u osnovni (root) sistem datoteka.

Prvo se u sistem dodaju biblioteke za rukovanje multimedijom, web-om, bazama podataka, itd. Sa svakom dodatom bibliotekom neophodno je uveriti se u njeno ispravno funkcionisanje ukoliko je to moguće, pozivanjem probnih aplikacija. Hijerarhijski redosled biblioteka mora biti ispoštovan, tj. prvo se dodaju biblioteke koje ne zahtevaju druge biblioteke. Zatim se u sistem dodaje Dalvik virtualna mašina i obavlja njeno modifikovanje-prilagođavanje ciljnoj platformi, ukoliko je to neophodno.

Aplikaciono okruženje i konkretne probne aplikacije moraju poslužiti za proveru same virtualne mašine. Na ovom nivou, problemi sa zadovoljavanjem međuzavisnosti, ukoliko se jave, spadaju u gornje nivoe Android steka koji su vrlo dobro dokumentovani i ispitani. Sa pokretanjem nekih univerzalnih probnih aplikacija, specifičnih za konkretan hardver, proces prilagođenja sistema novoj platformi se može završiti.

VII. ZAKLJUČAK

Ovaj rad prikazuje jedan mogući pristup prilagođenju operativnog sistema Android ciljnoj platformi za razvoj televizijskog softvera zasnovanog na MIPS familiji procesora. Sam proces prilagođenja se većinom svodi na prilagođavanje Linux jezgra i rukovalaca uređajima.

Dalji razvoj bi mogao teći u pravcu osposobljavanja Android operativnog sistema za prikaz tokova televizijskog signala, kao i razvoja aplikativnog softvera specifičnog za televizijske uređaje.

LITERATURA

- [1] Wikipedia – Android (Operating System), http://en.wikipedia.org/wiki/Android_%28operating_system%29
- [2] Android on MIPS, <http://www.mipsandroid.com>
- [3] Linux porting guide, <http://www.embedded.com/story/OEG20010221S0092>
- [4] Daniel P. Bovet, Marco Cesati, "Understanding the Linux Kernel"
- [5] Jonathan Corbet, Alessandro Rubini, and Greg Kroah-Hartman, "Linux Device Drivers"

ABSTRACT

This paper analyzes one approach to porting the Android Operating System by Google Inc. to a MIPS based, HDMI capable television board.

A SOLUTION OF PORTING THE ANDROID OPERATING SYSTEM TO A TV PLATFORM

Tomislav Maruna, Stanko Novaković, Svetozar Miučin, Milan Savić, Nikola Kuzmanović, Goran Radenović

DETEKTORI KVARA – VRSTE I PRIMENA FAULT DETECTORS – TYPES AND APPLICATIONS

Arijana Bratić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U okviru ovog rada obrađeni su detektori kvara, njihove vrste i primena u distributivnoj mreži. Opisane su podele po funkcionalnosti (strujni i naponski detektori kvara, kao i njihove dalje podele) i podele prema načinu resetovanja (detektori sa ručnim, visokonaponskim, niskonaponskim i strujnim resetom). Uz to su opisane ove vrste uređaja u elektrodistribucijama širom Evrope, kao i njihova praktična primena u softveru za upravljanje i nadzor elektrodistributivnom mrežom DMS Software.

Abstract – *This paper deals with fault detectors, their types and application. Different classifications are described – regarding functionality (current and voltage fault detectors as well as their further classifications) and regarding way of resetting (detectors with manual, high voltage, low voltage and current reset). In addition, appliance of this type of equipment in power distribution utilities all across Europe is also described, as well as their practical use in distribution networks by distribution management system (DMS) software.*

Ključne reči: detektori kvara (strujni i naponski detektori kvara), kratak spoj, zemljospoj, kompenzovane mreže.

1. UVOD

Detektori kvara su uređaji namenjeni brzom pronalaženju deonice u kvaru na SN (srednjenaponskim) nadzemnim i kablovskim vodovima. Mesta na kojima se mogu instalirati detektori kvara i detektori napona su: TS (transformatorske stanice) SN/NN(niski napon), razvodna postrojenja SN, podzemni ili nadzemni vodovi [1]. Opremanje SN mreže detektorima kvara spada u osnovni nivo automatizacije distributivne mreže, kojim se postiže pouzdanije i brže lociranje mesta kvara. Njihova ugradnja pokazuje veoma dobre rezultate u smislu skraćivanja vremena potrebnog za pronalaženje mesta kvara i male vrednosti investicija. Ukoliko se ovi uređaji dopune sistemom za daljinsko javljanje detektovanog kvara, dobija se podloga za vođenje ovih poslova iz kontrolnog centra, pomoću programa za nadzor i upravljanje u realnom vremenu (Supervisory Control and Data Acquisition – SCADA) i programa za upravljanje distributivnom mrežom (Distribution Management System – DMS), čija je jedna od funkcija i lociranje mesta kvara, izolovanje sekcije u kvaru i restauracija napajanja dela mreže koji nije pogođen kvarom.

NAPOMENA:

Ovaj rad je proistekao iz diplomskog-master rada čiji je mentor dr Duško Bekut, red. prof.

2. DETEKTORI KVARA – DEFINICIJA I ULOGA

Detektori kvara su relativno jeftini uređaji koji su našli široku primenu u distribuciji električne energije. Opšte je poznata činjenica kako je teško locirati kvar na dalekovodu. Teškoća je u pronalaženju mesta kvara koja katkada traje satima, a ekipe koje su angažovane na tome moraju često putovati relativno dugo obzirom na veličinu područja koje takvi vodovi napajaju. Ugradnjom detektora kvara omogućeno je brzo lociranje kvara, smanjenje trajanja prekida i gubitaka nastalih neisporučenom energijom [2].

Prve detektore kvara na tržištu je ponudio Horstmann (Nemačka) 1946. godine. Proizvod je predstavljen u SAD-u 1948. godine. Prvi detektori kvara bili su ručno resetovani uređaji.

Na tržištu danas ima više proizvođača takve opreme. Isto tako, razvijeno je više vrsta detektora. Tako postoji vrsta za ugradnju na vodovima, kablovskoj mreži i blindiranim rasklopnim postrojenjima. Primenom nove tehnologije, razvijeni su detektori koji se mogu uklopiti u rad SCADA sistema, što znači da je omogućeno daljinsko praćenje i delovanje naprava putem radio signala, telefonskih linija ili optičkim kablovima.

Princip rada uređaja je sledeći: Detektor kvara u svom normalnom radu konstantno meri struju ili napon na nadzemnom vodu ili na kablu. U slučaju naglog povećanja struje, uzrokovanog kvarom, uređaj signalizira pojavu kvara. Ovisno o konstrukciji, ta signalizacija može biti lokalna, primenom zastavica, LED (light emitting diode) dioda ili daljinska, upotrebom sistema za daljinski prenos signala.

Mesto ugradnje: Na nadzemnim vodovima, detektor se ugrađuje na prikladnom mestu, koje omogućava podelu voda u sekcije, čime je olakšano pronalaženje kvara označenog delovanjem detektora. Logično je da detektor na vodu “nizvodno” od kvara neće reagovati. To je pokazatelj ekipe za intervenciju, na kojem delu voda treba tražiti kvar. Delovanje detektora kvara koji su ukomponovani u SCADA sistem, vidljivo je u trenutku delovanja i identifikovanje sekcije voda u kvaru je brzo i efikasno. U kablovskoj mreži detektori se ugrađuju na kablovskim izlazima (ulazima) na mestima pogodnim za buduće moguće sekcionisanje mreže prilikom traženja kvara.

Svako očitavanje detektora posle kvara daje informaciju o čitavom delu mreže, bez obzira da li je kvar topološki iznad ili ispod detektora. Osim toga vizuelni nadzori nadzemnih vodova daju dodatnu informaciju o poziciji kvara. Indikacija se aktivira samo u slučaju kada se detektor nalazi između napojne TS i mesta (odnosno deonice) u kvaru.

3. VRSTE DETEKTORA KVARA

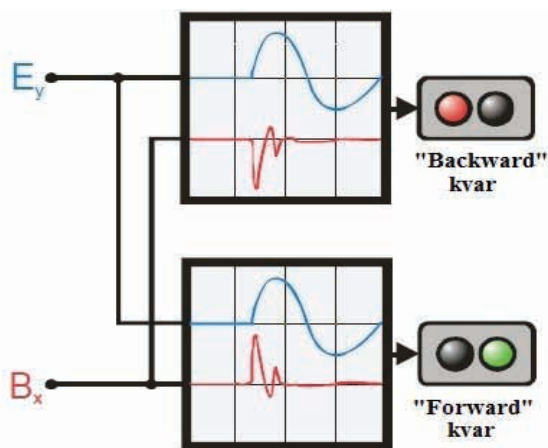
3.1. Strujni detektori kvara

Strujni detektori kvara detektuju i signaliziraju prolaz struje kvara koja je posledica zemljospoja ili kratkog spoja. U većini slučajeva oni dobijaju informaciju o događanju na vodu preko strujnih mernih transformatora koji su vezani u strujni krug visokog napona. Savremeni uređaji za detekciju kvara se baziraju na mikrop procesorskim platformama koje pružaju velike mogućnosti u smislu podešavanja različitih pogonskih parametara kao što su osetljivost detekcije i kašnjenje indikacije. Pored detekcije kvara ovi uređaji se koriste i za merenje struje po fazama. Dobre strane uređaja koji rade na principu merenja struja pomoću strujnih transformatora su pouzdana detekcija kvarova i visoka tačnost merenja struja. Njihova lošija strana je da su strujni transformatori direktno spregnuti sa provodnicima visokog napona. Svaki dodatni element koji je vezan direktno u strujni krug voda podvrgnut je jakim električnim uticajima, npr. jakim strujama i naponima u slučaju atmosferskih pražnjenja. Zbog toga takav element unosi dodatnu mogućnost kvara i kao posledicu ispad voda. Istovremeno je cena kvalitetnih strujnih transformatora visoka, a pored toga oni zbog velike vlastite težine i težine noseće konstrukcije unose značajno dodatno opterećenje stuba voda.

Podela strujnih detektora kvara izvršena je po tipu kvara koji identifikuju. Tako imamo detektore kratkog spoja, detektore zemljospoja i one koji detektuju obe vrste kvara.

Pod kratkim spojem podrazumeva se međusobno direktno povezivanje tačaka različitih faza dok se pod zemljospojem podrazumeva direktno povezivanje tačaka različitih faza sa zemljom (neutralnim provodnikom), odnosno tačkom uzemljenja.

Detektor kratkog spoja aktivira se magnetnim poljem provodnika kroz koji teče struja; indikacija zemljospoja se vrši analizom rezidualne struje i napona, kao i curenjem struje izazvanim oštećenjima u izolaciji, dok se kod kompenzovanih mreža [3] rad detektora kvara zemljospoja zasniva na poređenju polariteta merenog napona (vertikalna komponenta električnog polja E_y) i tranzijentne struje (horizontalna komponenta fluksa B_x). (Slika 1).



Slika 1. Funkcionalni opis postupka usmerene detekcije kvara

Ako su dva tranzijenta u fazi, kvar se smatra *forward* kvarom (nizvodno od detektora), a ukoliko su u suprotnim fazama, radi se o *backward* kvaru (uzvodno od detektora).

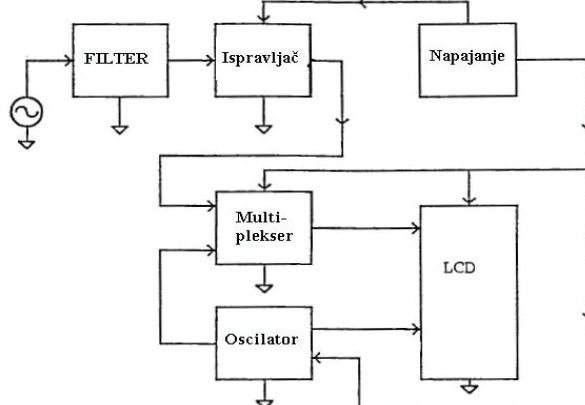
Kod detektora za detekciju obe vrste kvara [4] situacija je sledeća: kod kablova je senzor za kvarove kratkog spoja zasnovan na malom kalemu, dok je senzor za zemljospojeve jednostavni zbir struja strujnog transformatora. Kod nadzemnih uređaja je uređaj za detektovanje kratkog spoja baziran na kalemu koji meri magnetno polje i na anteni koja detektuje električno polje, dok je detekcija uzemljenog kvara zasnovana na merenju magnetnog polja koji prouzrokuje nulta komponenta struje voda.

3.2. Naponski detektori kvara

Naponski detektor je senzor koji se koristi za detektovanje razlike potencijala u provodniku. Detektor se smešta na stubove distributivnog sistema i ima sledeće karakteristike:

- Ukoliko je vod energizovan (linijski napon veći od određene vrednosti), detektor treba poslati odgovarajući signal ukazujući da je vod energizovan (ON).
- Ukoliko vod nije energizovan (linijski napon je manji od određene vrednosti), detektor treba poslati odgovarajući signal ukazujući da vod nije energizovan (OFF).
- Ukoliko uređaj otkáže, uređaj bi trebao razaznati razliku između ovog stanja (stanja kvara uređaja) i OFF stanja i proslediti odgovarajući signal.

Pored toga, uređaj bi trebao biti jeftin i trajan dovoljno da istraje u okruženju i obezbedi godine pouzdanog korišćenja. Takav naponski osetljiv uređaj će pomoći osoblju u određivanju da li je vod energizovan ili ne. Ovo im pomaže da efikasnije odrade svoj posao i uštede novac kompanije u smislu sati provedenih na određenom zadatku. U odeljku 4.2. opisan je način i primer primene naponskog detektora kvara. Blok dijagram sistema naponskog detektora [5] prikazan je na slici 2.



Slika 2. Blok dijagram naponskog detektora kvara voda

4. PRIMENA DETEKTORA KVARA

Kao što je već rečeno detektori kvara su uređaji namenjeni ubrzanju procedure za pronalaženje SN deonice u kvaru. Oni ukazuju na tok struje kvara kroz sekcije fidera na delovima gde su instalirani (strujni detektori kvara) ili na prisustvo/odsustvo napona na

sabirnici (naponski detektori). Na osnovu tih informacija koje mogu biti dobijene od strane ekipe na terenu ili preko SCADA-e, razvijeni su postupci za lociranje i izolovanje deonice sa kvarom.

4.1. Procedura detekcije kvara pomoću strujnih detektora kvara

Algoritam detekcije kvara pomoću strujnih detektora kvara je izuzetno jednostavan: sekcije zahvaćene kvarom locirane su ispod poslednjeg detektora kvara sa statusom *aktivan*; ukoliko nema aktiviranih detektora, kvar je lociran na prvoj sekciji. Ovaj postupak može biti izveden automatski (pomoću softvera za daljinsko upravljanje DMS), polu-automatski (izveden od strane dispečera koristeći daljinski upravljane prekidače) i ručno (izveden od strane ekipe na terenu predvođene dispečerom). U drugom slučaju, DMS pomaže dispečeru jedino prikazom statusa u skladu sa svakim sekcionisanjem fidera. Koristeći daljinski kontrolisane sekcionalajzere fidera, kvar može biti izolovan, a mreža ponovno napajana.

Glavne karakteristike opisanog postupka su:

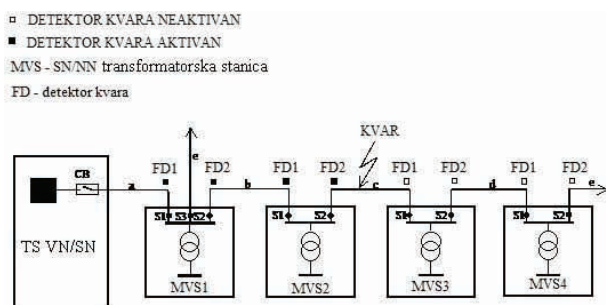
- Kvar je pronađen bez uključivanja prekidača pri uslovima kvara
- Promene u konfiguraciji na fideru ne utiču na postupak
- Vremenske performanse su veoma dobre

Takođe ova procedura podržava i sledeće slučajeve:

- *Detektori kvara nisu instalirani na svakom kraju sekcije fidera.* U ovom slučaju rezultat neće biti redukovana na samo jednu sekciju, nego na više sekcija koje se nalaze između dva detektora različitog stanja. Takav rezultat će biti polazni korak za postupak sekcionisanja.
- *Ne postoji daljinska indikacija stanja detektora kvara.* U ovom slučaju terenska ekipa obilazi TS SN/NN i nadgleda status detektora kvara.

4.1.1. Primer detekcije kvara pomoću strujnih detektora kvara

Razmotrimo fider sa radijalnom konfiguracijom, koji se napaja iz SN/NN transformatorske stanice. Svaki odvod voda u daljinski kontrolisanoj TS SN/NN je opremljen detektorom kvara. Postupak se sastoji iz sledećih koraka (Slika 3):



Slika 3. Postupak sekcionisanja sa detektorima kvara

1. Kada se desi kvar na sekciji fidera 'c' detektori kvara FD1 i FD2 TS MVS1, FD1 i FD2 TS MVS2 promene status na 'ON' (aktivan), zatim

zaštita voda uzrokuje otvaranje prekidača u TS SN/NN, ostavljajući time fider bez napajanja.

2. DMS identifikujući sekciju 'c' kao sekciju sa kvarom, šalje daljinski komandu za otvaranje sekcionalizera S2 TS MVS2 sa ciljem da izoluje sekciju.
3. Po potvrđivanju pozitivnog rezultata daljinske komande, DMS može ponovno zatvoriti prekidač sa ciljem da napaja TS MVS1 i TS MVS2.

4.2. Postupak detekcije kvara pomoću naponskih detektorima

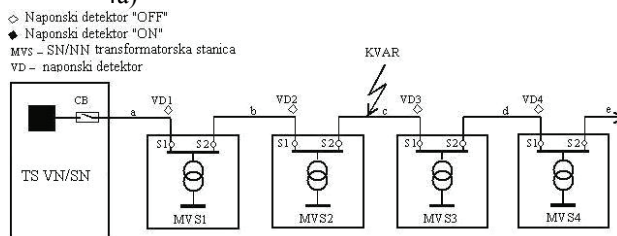
Ovaj postupak sekcionisanja je zasnovan na naponskim detektorima, koji omogućavaju lociranje kvara na osnovu sekvencijalnih ispitivanja reenergizacije sekcija fidera sa kvarom. Ovaj pristup je posebno pogodan za mešovite mreže – nadzemne fidere sa nekim kablovskim sekcijama. U ovom slučaju procedura nije zasnovana na upotrebi detektora kvara (što ne bi bilo pouzdano u potpunosti), nego samo na naponskim detektorima.

Glavne karakteristike pomenutog postupka su:

1. Kvar je pronađen pomoću samo jednog zatvaranja prekidača pod uslovima kvara
2. Vremenske performanse su veoma dobre
3. Postupak odgovara svakom tipu srednjenaponske mreže, nezavisan je od statusa neutrala
4. Promene u konfiguraciji fidera nisu moguće zbog pozicije naponskih detektora; stoga bi postupak trebalo da se koristi na ruralnim mrežama, gde dodatno napajanje nije moguće. Kao alternativa, naponski detektori bi trebali biti instalirani na obe strane rastavljača.

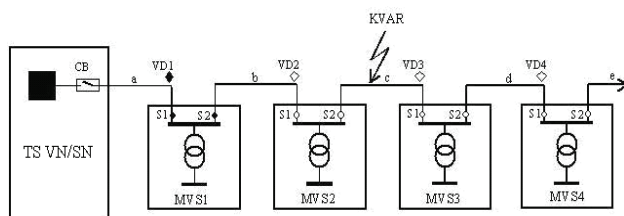
4.2.1. Primer detekcije kvara pomoću naponskih detektora kvara

1. Usled kvara aktivira se prekidač u TS VN/SN, tako da je fider deenergizovan, aktivira se pokretanje funkcije za upravljanje kvarom i šalje se poruka dispečeru.; nakon T1 sekundi od detekcije odsustva napona svaka integrisana kontrolna jedinica (ICU) otvara sve prekidače vodova koji su pod njegovom kontrolom. (Slika 4a)



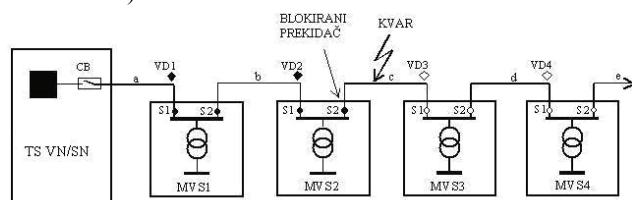
Slika 4a. Postupak sekcionisanja pomoću naponskih detektora

2. Nakon T2 sekundi funkcija pokreće komandu za uključivanje prekidača u TS VN/SN, tako da je sekcija 'a' ponovo napajana; kako sekcija 'a' nije zahvaćena kvarom prekidač ostaje zatvoren
3. ICU1 u TS MVS1 naponskim detektorom na ulaznom vodu detektuje napon, zatvara S1 sa malim kašnjenjem T3, ishod te komande je pozitivan i nakon T3 ICU1 zatvara S2 (Slika 4b)



Slika 4b. Postupak sekcionisanja pomoću naponskih detektora

4. Ishod ove komande je pozitivan i sekcija je reenergizovana; ICU1 u MVS2 detektuje napon na ulaznom vodu i zatvara S1 sa vremenskom odgodom T3 (ukoliko je napon prisutan za vreme T3 ICU2 u TS MVS2 uključuje S2)
5. Zatvaranje na sekciji sa kvarom 'c' izaziva opet aktiviranje SN prekidača na glavnom fideru; mehanizam unutar ICU2 detektujući gubitak napona u kratkom vremenskom okviru po zatvaranju prekidača momentalno identifikuje sekciju 'c' kao sekciju sa kvarom i otvara prekidač, koji je označen kao 'blokirani' (Slika 4c)



Slika 4c. Postupak sekcionisanja pomoću naponskih detektora

5. ZAKLJUČAK

Sistemska primena i instaliranje detektora kvara, u kombinaciji sa obukom grupe za rešavanje problema sistema predstavlja jedno od najefikasnijih i ekonomsko isplativih sredstava kojim se umanjuju troškovi distribucije i potrošača i poboljšava pouzdanost sistema.

Instaliranjem detektora omogućava se brzo determinisanje bilo da se kvar dogodio na nadzemnoj ili kablovskoj sekciji voda. Osim toga, njihovom upotrebom se smanjuje broj i trajanje ponovnih napajanja mesta kvara u postupku lociranja kvara što dovodi do smanjenja trošenja resursa distributivnog sistema i smanjenja rizika kojem se u tom slučaju izlažu ekipe na terenu.

6. LITERATURA

- [1] B. Radmilović: *Pilot projekat sistema za daljinski nadzor upravljanje SN distributivnom mrežom* – EPS – JP “Elektrovojvodina”, Srbija i Crna Gora, 2000.
- [2] F. J. Muench, G. A. Wright: Fault indicators – types and applications, *IEEE Transactions on Power Apparatus And Systems*, Vol. PAS - 103, No. 12, December 1984., pp. 3688 - 3693
- [3] E. Bjerkan, T. Venseth: Locating Earth-Faults in Compensated Distribution Networks by means of Fault Indicators, *International Conference on Power Systems Transients (IPST'05)*, Montreal, June 2005.
- [4] CIRED Working Group WG03: Fault Management in electrical distribution systems, *International Conference on Electricity Distribution*, Dresden, September 2005.
- [5] S. Rowan, J. Staab, R. Shultz, M. Muslu: Design and development of a line voltage detector, *IEEE Edition – Power Symposium, 1990. Proceedings of the Twenty-Second Annual North American*, October 1990., pp. 155 - 161

Kratka biografija:



Arijana Bratić rođena je u Mostaru 1986. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Elektroenergetika odbranila je 2011.god.

IMPLEMENTACIJA PROGRAMSKE PODRŠKE ZA PRENOS REZULTATA OBRADE VIDEO PODATAKA U REALNOM VREMENU KORISTEĆI SNMP PROTOKOL

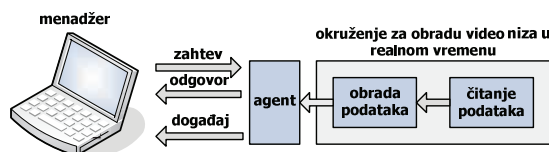
Vladimir Živkov, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, vladimir_zivkov@yahoo.com*
Vukota Peković, *RT-RK Computer Based Systems, Novi Sad, vukota.pekovic@rt-rk.com*
Nemanja Lukić, *RT-RK Computer Based Systems, Novi Sad, nemanja.lukic@rt-rk.com*
Miodrag Temerinac, *RT-RK Computer Based Systems, Novi Sad, miodrag.temerinac@rt-rk.com*

Sadržaj - U radu je prikazano rešenje za upravljanje okruženjem za obradu video podataka u realnom vremenu i prenos rezultata obrade, pomoću SNMP protokola. Rezultati obrade se prenose na udaljeni računar, koristeći mrežno okruženje. Implementaciju programske podrške čini agentska aplikacija koja realizuje komunikaciju i upravljanje sistemom koristeći SNMP protokol. Opisan je način funkcionisanja SNMP protokola, kao i implementacija protokola u cilju realizacije rešenja.

1. UVOD

Predstavljeno rešenje je nastalo kao potreba za upravljanjem okruženjem za obradu video podataka u realnom vremenu, slanjem rezultata obrade i prijemom rezultata obrade na udaljenom računaru, koristeći mrežno okruženje.

Radno okruženje sastoji se od bloka za čitanje podataka (blok sačinjava uređaj za prijem video niza) i bloka za obradu podataka (blok sačinjavaju algoritmi za obradu video niza). Sl.1. predstavlja šematski prikaz sistema. Sistem funkcioniše na sledeći način: blok za čitanje podataka prihvata video niz u realnom vremenu i prosleđuje ga bloku za obradu. Blok za obradu na svom ulazu dobija primljeni video niz, primenjuje algoritam obrade (izabran od strane korisnika) nad njim i rezultate obrade prosleđuje na svoj izlaz. Rezultat obrade je decimalan broj, sa dve cifre iza decimalne tačke i to u opsegu od 0 do 1. Vrednost 0 označava da nema negativnih efekata u slici, dok vrednost 1 označava najveću moguću pojavu datog efekta u slici.



Sl.1. Pogled na sistem

SNMP strana agenta prihvata rezultate od okruženja i predstavlja spregu između okruženja i menadžera.

Slanjem zahteva, menadžer upravlja ili nadzire okruženje za obradu podataka u realnom vremenu (upravlja agentom). Ovim zahtevima može se pokrenuti ili zaustaviti uređaj za prijem video niza, dobiti informacija da li je uređaj trenutno aktivan ili ne ili promeniti tip ulaznog signala.

NAPOMENA:

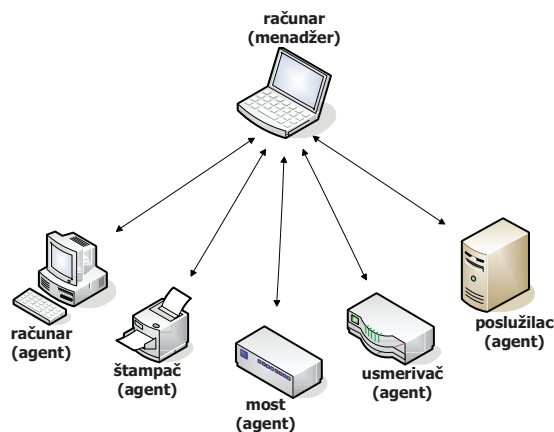
- a) Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada Vladimira Živkova. Mentor je bio dr Nikola Teslić.
- b) Rad je prethodno publikovan na konferenciji ETRAN, Donji Milanovac, jun 2010.

Rezultat obrade se šalje mehanizmom događaja (engl. *Trap*). Putem događaja agentu je omogućeno da šalje poruke ka menadžeru, a da menadžer prethodno ne pošalje bilo kakav zahtev. Radno okruženje prosleđuje rezultate obrade agentu i oni se putem događaja šalju menadžeru u realnom vremenu.

Za implementaciju rešenja, korišćen je WinSNMP API za Windows operativni sistem i SNMPv2c verzija SNMP protokola.

2. SNMP PROTOKOL

SNMP (engl. *Simple Network Management Protocol*) je protokol pomoću koga se može upravljati ili nadzirati drugi računar, poslužilac, usmerivač, itd., preko lokalne mreže ili interneta. SNMP protokol se nalazi u aplikativnom nivou ISO-OSI komunikacionog modela i u transportnom nivou se oslanja na UDP (engl. *User Datagram Protocol*) protokol. Prikaz mogućih načina realizacije protokola dat je na Sl.2.



Sl.2. Mogući načini realizacije protokola

Protokol sačinjavaju dve strane: upravljački uređaj i upravljani uređaj, dok se programske podrške na njima nazivaju menadžer i agent.

Menadžer upravlja agentom, kako bi ga postavio u željeno stanje ili prikupio određene podatke. Takođe, agent može slati podatke ka menadžerskoj strani, bez prethodnog zahteva menadžera.

Da bi menadžer upravljao ili nadzirao agenta, potrebno je da poznaje IP adresu i nivo pristupa agentu (agent može biti dostupan svima ili samo određenim menadžerima).

UDP brojevi porta koje, po definiciji protokola, koriste menadžer i agent su 162 i 161.

Kako bi obe strane protokola imale podatak o promenljivima u sistemu, protokol podrazumeva postojanje posebne *MIB* (engl. *Management Information Base*) datoteke. U *MIB* datoteci opisana je svaka od promenljivih sistema. Za opisivanje promenljivih koristi se *ASN.1* (engl. *Abstract Syntax Notation One*) notacija. Svaka promenljiva je opisana jedinstvenim identifikatorom, imenom, tipom promenljive, pravom pristupa, itd.

3. REALIZACIJA

U okiru sistema mogu se uočiti tri međusobno zavisne celine:

- blok za prijem video niza,
- blok za obradu primljenog video niza,
- blok SNMP agent.

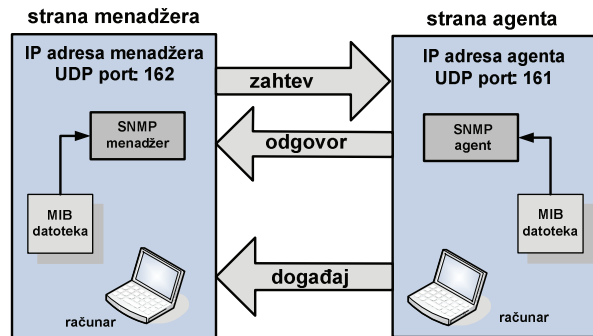
Blok za prijem video niza sastoji se od uređaja za prijem video niza, *DeckLink Studio Intensity Pro*. Uređaj na svom ulazu prima video niz u realnom vremenu, a zatim ga prosleđuje bloku za obradu. Blok za prijem video niza je u stanju da obrađuje analogne i digitalne ulazne podatke. Tipovi analognih signala koje uređaj prihvata su S-Video i CVBS (engl. *Composite Video Baseband Signal*), a tipovi digitalnih signala koje uređaj prihvata su: SDI (engl. *Serial Digital Interface*) i HDMI (engl. *High-Definition Multimedia Interface*). Uređaj može primiti kako SD (engl. *Standard Definition*), tako i HD (engl. *High Definition*) format video niza.

Blok za obradu primljenog video niza kao ulazni podatak prihvata primljeni video niz i nad njim primenjuje jedan od algoritama: *Blocking*, *Blurring*, *Ringing* ili *FrameOffset*. Algoritam koji će biti primenjen odabira korisnik sistema. Izlaz bloka je rezultat obrade, koji je decimalan broj, sa dve cifre iza decimalne tačke i to u opsegu od 0 do 1. Ovaj rezultat se prosleđuje na ulaz narednog bloka, a to je SNMP agent koji ima zadatak da prosleđeni rezultat pošalje preko mrežnog okruženja do konačnog odredišta.

Blok SNMP agent na svom ulazu prihvata prosleđeni mu rezultat i šalje ga ka svim menadžerima koji su se prethodno uvezali u listu menadžera ka kojima se rezultati obrade šalju. Da bi se menadžer uvezao u listu menadžera ka kojima se rezultati šalju, potrebno je da postavi odgovarajuću SNMP promenljivu na agentu. Na ovaj način SNMP agent dodaje u svoju listu menadžera IP adresu trenutno uvezanog menadžera i omogućeno je slanje rezultata ka njemu.

Upravljanjem SNMP agentom, upravlja se promenljivima koje opisuju sistem, izborom signala i uređajem za prijem video niza. Agent može da privhati upravljanje sa više menadžera, ali može i da šalje događaje, odnosno rezultate obrade, na više menadžera.

Sl.3. prikazuje primer SNMP arhitekture i razmenu poruka u sistemu.



Sl.3. Primer SNMP arhitekture i ilustracija razmene poruka u sistemu

Obe strane SNMP protokola koriste identičnu *MIB* datoteku, kako ne bi dolazilo do pojave problema prilikom razmene poruka između dve strane.

Programska podrška agent je zauzela UDP port 161, kako je protokolom i definisano.

Podržane poruke u sistemu su **Get** i **Set**, dok sistem na preostale poruke, upućene ka njemu, ne reaguje. Na pomenute poruke sistem odgovara slanjem odgovarajućeg odgovora. Agent može slati događaje ka menadžeru, kao tip poruke kojoj nije prethodio zahtev od strane menadžera.

Implementacija programske podrške SNMP agent, se sastoji od dve glavne celine:

- deo za obradu zahteva menadžera i
- deo za slanje događaja menadžeru.

A. Obrada zahteva menadžera

Deo za obradu zahteva menadžera predstavlja reakciju na asinhronu zahtevu koje menadžer upućuje agentu. Pojavom nekog od asinhronih događaja, poziva se odgovarajuća funkcija koja obrađuje pristigli zahtev i šalje odgovarajući odgovor na zahtev. Zahtevi koje agent obrađuje su **Get** i **Set**.

Get - zahtevom menadžer zahteva trenutno stanje neke od promenljivih koje opisuju sistem. Može se dobiti trenutno stanje uređaja sa prijem video niza (uređaj je pokrenut ili uređaj nije pokrenut), tip izabranog signala (analogni ili digitalni signal), tip analognog ili digitalnog signala (za analogni to su S-Video i CVBS, a za digitalni HDMI ili SDI) i podatak da li se posmatrani menadžer nalazi u listi menadžera ka kojima se šalju događaji.

Set - zahtevom menadžer može pokrenuti uređaj za prijem video niza, postaviti tip željenog signala, postaviti tip analognog ili digitalnog signala i posmatranog menadžera, uvezati ili izvezati iz liste menadžera kojima se šalju događaji, odnosno rezultati obrade.

B. Slanje događaja menadžeru

Putem događaja agent šalje rezultate obrade ka menadžeru. Svaki od rezultata obrade pakuje se u jedan SNMP paket i kao takav upućuje ka menadžeru. Učestanost slanja rezultata zavisi od učestanosti obrade. Na primer, za obradu

video niza učestanosti 50 Hz, slaće se 50 događaja, odnosno 50 rezultata u jednoj sekundi.

Slanje događaja je omogućeno ka jednom, ali i ka više menadžera u isto vreme. Da bi menadžer mogao da prihvata rezultate obrade, potrebno je da uređaj za prijem video niza bude pokrenut i da se posmatrani menadžer uveže u listu menadžera ka kojima se šalju rezultati. Uvezivanje u listu je moguće postavljanjem vrednosti odgovarajuće SNMP promenljive. Takođe, moguće je izvezivanje menadžera iz liste, postavljanjem vrednosti odgovarajuće promenljive i na taj način se prekida slanje rezultata na upravo izvezani menadžer.

Putem događaja se menadžeru može poslati jedan ili više rezultata obrade istovremeno. Agent integrisan u postojeće okruženje može slati jedan do četiri rezultata istovremeno, zavisno od broja algoritama obrade koji se istovremeno izvršavaju (najviše četiri).

Korišćena verzija SNMP protokla (SNMPv2c), nudi najjednostavniji oblik zaštite podataka pomoću jedne reči, koja se prilikom uspostavljanja veze između menadžera i agenta, unosi na strani menadžera. Ukoliko je uneta reč identična unapred definisanoj reči na strani agenta, korisniku je omogućeno da pristupa podacima na agentu.

4. REZULTATI

Formati primljenih video nizova, kao i učestanosti na kojima je sistem ispitivan, prikazane su u tabeli 1. Tabela 1, takođe prikazuje koji je algoritam primenjivan kao algoritam obrade.

ispitni slučaj	format slike	frekvencija	algoritam	uspešno preneti rezultati
1	720x576 tačaka	50 Hz	- blurring - blocking - ringing - field offset	100 %
2	720x576 tačaka	60 Hz	- blurring - blocking - ringing - field offset	100%
3	1920x540 tačaka	50 Hz	- blurring - blocking - ringing - field offset	92%
4	1920x540 tačaka	60 Hz	- blurring - blocking - ringing - field offset	87%
5	1920x1080 tačaka	50 Hz	- blurring - blocking - ringing - field offset	84 %
6	1920x1080 tačaka	60 Hz	- blurring - blocking - ringing - field offset	79%

Tabela 1. Format slike, učestanosti, primenjivani algoritam i procenat uspešno prenetih rezultata pri ispitivanju sistema

Na osnovu tabele dolazi se do zaključka da se sa povećanjem formata slike procenat uspešno prenetih rezultata smanjuje. Takođe, može se primetiti da je na frekvencijama od 60 Hz broj uspešno prenetih rezultata manji u odnosu na frekvencije od 50 Hz, za sliku istog formata. Uzrok gubitka podataka nije SNMP protokol, već okruženje, jer se može desiti da se neka od pristiglih slika ne obradi u realnom vremenu, što će prouzrokovati gubitak rezultata. Razlozi koji dovode do gubitka rezultata (neuspešne obrade u realnom vremenu) jesu broj procesorskih jezgara i nedovoljni memorijski resursi potrebni za izvršavanje pojedinih algoritama.

5. ZAKLJUČAK

Osnovna ideja SNMP protokola je upravljanje i nadzor drugog računara, poslužioca, usmerivača, itd. preko lokalne mreže ili interneta. Na tom polju protokol se pokazao kao veoma efikasan i posve interesantan.

Rešenje je podrazumevalo da se putem SNMP događaja šalju rezultati video obrade, iako sam koncept događaja nije namenjen za konstantno slanje poruka (pedeset, pa čak i više poslatih događaja u jednoj sekundi). Svrha događaja jeste da agent u slučaju pojave grešaka ili određenih nepredviđenih situacija iste prijavi menadžeru.

Impementacija SNMP agenta u postojeće okruženje za obradu video podataka koja je omogućila slanje rezultata obrade na udaljeni računar, pokazala se kao efikasna. Prednost ovakvog načina upravljanja okruženjem i slanja rezultata obrade je da se koristi standardan protokol koji se nalazi u ISO-OSI komunikacionom modelu, te ne zahetava nikakvu posebno prilagođenu aplikaciju koja bi upravljala okruženjem i prihvatala rezultate. Bilo koja komercijana ili nekomercijana SNMP aplikacija može se koristiti kao SNMP menadžer i sasvim efikasno može upravljati postojećim okruženjem i prihvatati rezultate obrade.

Zbog velike količine informacija, koje pristižu na svakih 20 ms (u slučaju prihvatanja 50 slika u jednoj sekundi), problem može nastati prilikom prikazivanja rezultata korisniku sistema. Aplikacija SNMP menadžera mora da bude prilagođena ovakvom načinu pristizanja podataka i adekvatnom prikazu prispelih podataka korisniku.

Trenutna realizacija SNMP agenta ima nedostatak koji se ogleda u sigurnosti podataka koja je na vrlo niskom nivou. Naime, korišćena verzija protokola (SNMPv2c) poseduje zaštitu samo pomoću jedne reči, što nikako nije dovoljno. Poslednja verzija SNMP protokola (SNMPv3) uvodi MD5 (engl. *Message-Digest algorithm 5*) zaštitu, te bi dalji koraci razvoja rešenja išli upravo u smeru korišćenja pomenute verzije protokola, što će doprineti povećanju sigurnosti podataka u mreži.

Ovaj rad je delimično finansiran od Ministarstva za nauku Republike Srbije, projekat 11005, od 2008. god.

6. LITERATURA

- [1] Microsoft Corporation, <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa454110.aspx>, April 2004
- [2] Microsoft Corporation, <http://technet.microsoft.com/en-us/library/cc783142%28WS.10%29.aspx>, Mart 2003

Abstract - This paper presents implementation for management and monitoring framework for processing video data in real time and sending results of processing using SNMP protocol.

Results are sending to remote computer using network environment. Realized software module is SNMP agent application which realize system communication and management using SNMP protocol. Paper described a way of functioning SNMP protocol and it's implementation of software modules applied to video processing system.

Program support implementation for sending results of video processing in real time using SNMP protocol

Vladimir Živkov Vukota Peković Nemanja Lukić
Miodrag Temerinac

JEDNO REŠENJE PROGRAMSKOG OKRUŽENJA ZA EFIKASAN PRENOS PROGRAMSKE PODRŠKE NAMENSKIH UREĐAJA SA GRAFIČKOM SPREGOM NA IPHONE**A PROGRAMMING FRAMEWORK FOR EFFICIENT EMBEDDED DEVICE SOFTWARE AND GRAPHICAL USER INTERFACE PORTING TO IPHONE**

Bojan Majstorović, Ištvan Pap, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Sadržaj – U ovom radu opisuje se pristup razvoju programske podrške za namenske uređaje koji obezbeđuje njihov jednostavan prenos na iPhone platformu. Izloženi pristup obezbeđuje vernu emulaciju grafičkog izgleda programa i funkcionalnosti. Okruženje za emulaciju se konfiguriše odgovarajućom XML datotekom. Kao primer u radu je emuliran namenski uređaj za kontrolu svetla na iPhone platformi.

Abstract - This paper describes the approach to the development of software for embedded devices which provides their easy porting to iPhone platform. The presented approach provides a complete emulation of graphic design and functionality. Emulation environment is configured in the appropriate XML file. As an example in this paper is presented emulated embedded device for controlling the lights on iPhone platform.

Cljučne reči: iPhone, kontrola svetla, namenski uređaj, prenos programske podrške

1. UVOD I IDENTIFIKACIJA PROBLEMA

Tehnologija se iz dana u dan razvija i savremeno društvo postaje zavisno od tehnologije. Razvojem tehnologije pojavljuju se novi uređaji čiji je cilj da olakšaju život savremenom čoveku. Neka se uzme za primer kuća, u njoj se nalaze uređaji kao što su: televizor, DVD plejer, muzička linija, klima uređaj, računar. Svaki od tih uređaja poseduje daljinski upravljač, a to je ukupno pet različitih daljinskih upravljača. Razvojem tehnologije nastaju univerzalni daljinski upravljači tako da se svi ti daljinski upravljači sadrže u jednom uređaju. Sada se može upravljati sa svim uređajima u kući pomoću jednog upravljača. Međutim tu nije kraj, razvojem koncepta pametne kuće proširuje se skup uređaja nad kojima može da se vrši daljinska kontrola. Samim tim se i univerzalni daljinski upravljači poboljšavaju, u smislu da sada sadrže i mali ekran na kome se korisniku prikazuju trenutne informacije o kontrolisanom uređaju. Poenta pametne kuće je da se može u svakom momentu videti stanje svakog uređaja u kući i da se njihovo stanje može menjati u skladu sa zahtevima. Problem se javlja kada se korisnik nalazi van kuće, on tada neće moći da vidi i da kontroliše nijedan od uređaja u kući. Predlog rešenja ovog problema je da se univerzalni upravljač implementira na iPhone uređaju.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je dr Ištvan Pap, docent.

Tako bi bilo moguće upravljati uređajima u kući čak i kada je korisnik van kuće. Postavlja se pitanje kako najlakše izvršiti prenos postojeće programske podrške namenskog uređaja na iPhone uređaj. Ovaj problem je moguće efikasno rešiti korišćenjem koncepta opisanog u ovom radu.

2. ANALIZA PROBLEMA

Koncept rešenja predstavlja realizaciju programskog okruženja koje obezbeđuje jednostavan prenos programske podrške namenskog uređaja na iPhone platformu, uz vernu emulaciju grafičkog izgleda programa i funkcionalnosti. Uz upotrebu predloženog rešenja tokom razvoja programske podrške namenskog uređaja ono se kasnije veoma lako prenosi na iPhone, uz tačno preslikavanje svih funkcija i grafičke korisničke sprege. Programsko okruženje obezbeđuje i odgovarajući nivo apstrakcije fizičke arhitekture, prvenstveno tastera. Predlog rešenja se sastoji iz tri modula:

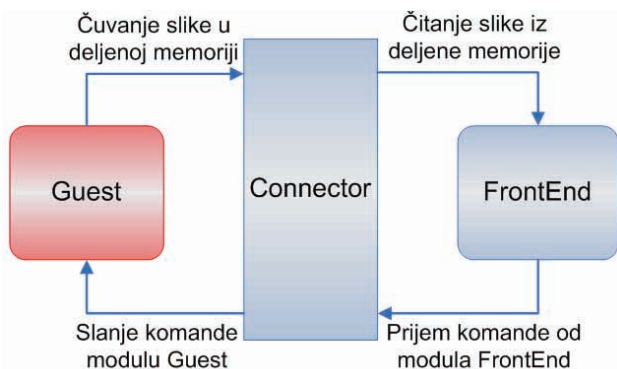
- ❖ FrontEnd – modul koji obezbeđuje integraciju grafičke sprege namenskog uređaja u prenosivi uređaj
- ❖ Guest – modul koji predstavlja programsku podršku namenskog uređaja
- ❖ Connector – modul koji služi za komunikaciju FrontEnd i Guest modula.

FrontEnd modul služi za slanje događaja (npr. pritisak na neki od tastera, dodir ekrana) Guest modulu preko Connector modula, za čitanje izgleda grafičke sprege iz deljene memorije i za prikaz istog na ekranu prenosivog uređaja. Connector modul služi za razmenu informacija između FrontEnd modula i Guest modula. Guest modul se može posmatrati kao komponenta koja se pobuđuje komandama i događajima, a na koje reaguje izmenom internog stanja i odgovarajućom promenom prikazanog grafičkog sadržaja.

Guest modul predstavlja programsku podršku namenskog uređaja realizovanu u skladu sa izloženim konceptom.

Prenos Guest modula na iPhone se svodi samo na prevođenje izvornog koda na iPhone platformi. Guest modul prima komandu preko utičnice.

Stvaranjem odvojenih modula FrontEnd i Guest omogućen je jednostavan prenos programske podrške na iPhone uređaj. To se ogleda u činjenici da će se, u slučaju implementacije nekog drugog namenskog uređaja, menjati samo Guest modul, dok se ostali moduli mogu iskoristiti bez izmena.



Slika 1. Koncept rešenja

Parametri emulacije fizičke arhitekture uređaja koji će biti prikazan na ekranu će se učitavati iz ulazne XML datoteke.

Ulazna XML datoteka treba da sadrži izgled fizičke arhitekture namenskog uređaja, izgled dugmadi koje namenski uređaj sadrži, izgled upravljačkog točka i veličinu ekrana namenskog uređaja. Svaki od ovih elemenata treba da sadrži svoje dimenzije i koordinate na kojima se iscrtava na ekranu iPhone uređaja.

Kao potvrda predloženog koncepta odabran je razvoj programske podrške namenskog uređaja za kontrolu svetla, i preneti je na iPhone platformu uz upotrebu realizovanog programskog okruženja. Pri tome je obezbeđena verodostojna emulacija grafičkog izgleda i funkcionalnosti.

U [1], [2] i [3] su navedene kompanije Control4, Crestron ili Savant systems koje nude svoja rešenja na iPhone uređajima, ali sa bitnom razlikom. Njihova rešenja su realizovana na iPhone platformi konverzijom celokupne programske podrške namenskog uređaja. U ovom rešenju izvršen jednostavan prenos programske podrške zahvaljujući realizovanom programskom okruženju, uz izmenu samo Guest modula.

3. RAZVOJNO OKRUŽENJE

Aplikacija je namenjena da se izvršava na iPhone OS operativnom sistemu. iPhone je izabran kao veoma popularan uređaj, široko rasprostranjen, a takođe sa mogućnošću plasiranja date aplikacije širokom krugu korisnika preko AppStore internet prodavnice.

Aplikacija je razvijana je na MAC OS X operativnom sistemu u aplikativnoj programskoj sprezi Cocoa sa ugrađenom podrškom za Objective-C programski jezik i programskim alatima: Xcode i Interface Builder. Alati su navedeni u [4], [5] i [6], za pokretanje aplikacije je korišten iPhone simulator verzije 4.0, a kasnije i iPhone 3GS verzije 4.0.

Za obezbeđivanje prenosivosti programske podrške potrebno je odabrati odgovarajuću programsku biblioteku koja obezbeđuje neophodne funkcije. Analizirane su biblioteke kao što su SDL, SFML, PLIB, OpenGL, FLTK, ClanLib, ALLEGRO, GTK+, Qt. Međutim većina tih biblioteka nije podržana na operativnom sistemu iPhone OS.

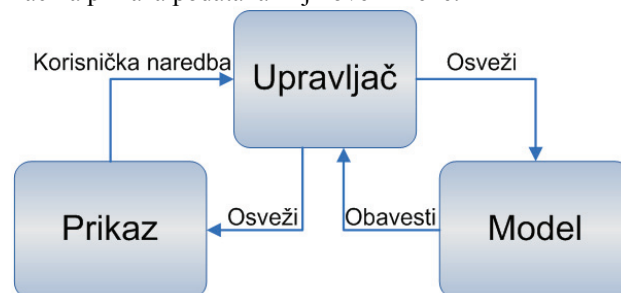
Zbog toga, ali i zbog pogodnih uslova licenciranja, usvojena je SDL biblioteka kao osnova za realizaciju grafičke korisničke sprege.

3.1 Model-Prikaz-Upravljač arhitektura

Model-Prikaz-Upravljač(MPU) je arhitektura koja je preuzeta iz Smalltalk jezika, i u ovom radu se koristi za formiranje grafičkog korisničkog okruženja. MPU se sastoji iz tri vrste objekata koji komuniciraju međusobno. Pre MPU-a dizajn korisničke sprege je formiran zajedno u jednom objektu. Korišćenjem MPU-a tj. razdvajanjem objekata povećava se fleksibilnost i lakše je ponovno korišćenje.

- ❖ Model – čuva podatke i definiše način pristupa podacima. Korisnik ne može da pristupi direktno podacima u modelu. Model ima mogućnost višestruke upotrebe, distribuiran je, moguće ga je prenositi na različite platforme.
- ❖ Prikaz – predstavlja prikaz podataka u korisničkom grafičkom okruženju. Prikaz nema uvid u to gde se nalaze podaci koje prikazuje.
- ❖ Upravljač – definiše način na koji korisnička spreaga reaguje na korisničke zahteve. Upravljač posreduje u interakciji između Modela i Prikaza.

Ako su objekti Prikaz i Upravljač kombinovani kao rezultat se dobija Model/Prikaz arhitektura. Ovaj princip razdvaja način na koji se podaci čuvaju i način na koji se predstavljaju korisniku, ali omogućuje jednostavnije okruženje bazirano na istim principima kao MPU. Ovo razdvajanje omogućuje prikaz istih podataka u različitim prikazima i implementaciju novih tipova prikaza bez potrebe za izmenom podataka koji se prikazuju. Da bi se obezbedilo fleksibilnije rukovanje korisničkim zahtevima uvodi se koncept delegata (engl. Delegate). Delegacija predstavlja jednostavan princip prosleđivanja zadatka na obradu u nekom drugom delu programa. Delegacija je jednostavan obrazac u kojem jedan objekat u programu deluje u ime nekog drugog objekta ili u koordinaciji sa još jednim objektom. Delegirajući objekat čuva referencu na drugi objekat(delegat) i u odgovarajuće vreme šalje mu poruku. Poruka obaveštava delegat o događaju koji je delegirajući objekat izvršio ili tek treba da ga izvrši. Delegat može da odgovori na poruku ažuriranjem svog izgleda ili stanja, a takođe može da menja stanja drugih objekata u programu. U nekim slučajevima može da vrati vrednost koja utiče na rukovanje predstojećim događajima u programu. Osnovna vrednost delegacije je u tome što omogućava da prilagodi ponašanje više objekata u jednom centralnom objektu. Prednost korišćenja delegata u ovom okruženju je to što omogućuje promenu načina prikaza podataka i njihove izmene.



Slika 2. Model-Prikaz-Upravljač arhitektura

3.2 SDL biblioteka

SDL biblioteka je višepatformska multimedijalna datoteka. Biblioteka je prikazana u [7]. Dizajnirana je da pruži pristup niskog nivoa sledećim celinama:

- ❖ Zvučnom podsystemu
- ❖ Tastaturi
- ❖ Mišu
- ❖ Džojstiku
- ❖ Trodimenzionalnoj grafičkoj fizičkoj arhitekturi pomoću OpenGL biblioteke
- ❖ Dvodimenzionalnoj prihvatnoj memoriji slike (engl. frame buffer).

Jezik u kojem je pisana SDL biblioteka je programski jezik C, ali biblioteka može da se koristi sa drugim programskim jezicima. SDL biblioteka podržava većinu popularnih operativnih sistema, na računarima i na mobilnim uređajima.

SDL biblioteka pored podrške pristupu niskom nivou sadrži i dodatne biblioteke koje proširuju funkcionalnost SDL biblioteke. Dodatne biblioteke su:

- SDL_image – podrška za različite formate slika
- SDL_mixer – podrška za kompleksne audio funkcije
- SDL_net – podrška za mrežnu komunikaciju
- SDL_ttf – podrška za prikaz fontova
- SDL_rtf – podrška za iscertavanje formatiranog teksta

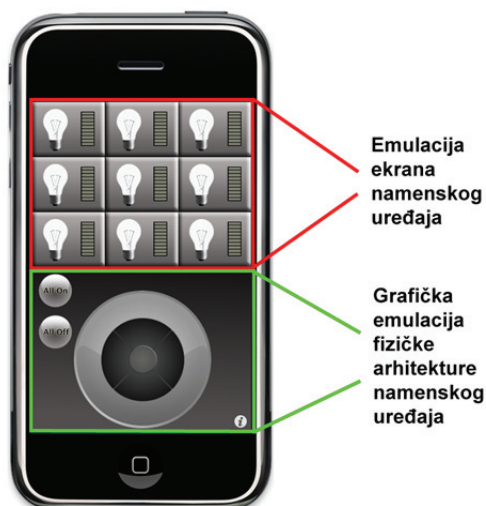
4. OPIS REŠENJA

U ovom poglavlju detaljnije je opisano rešenje, odnosno implementirani moduli, tipovi komandi koje su realizovane izgled rešenja. Implementirano rešenje se sastoji iz tri modula, a to su:

- ❖ FrontEnd
- ❖ Connector
- ❖ Guest.

U daljem tekstu će detaljnije biti opisan svaki modul ponaosob.

4.1 Izgled emuliranog uređaja



Slika 3. Izgled rešenja

Izgled emuliranog uređaja je prikazan na narednoj slici. Gornji deo ekrana je rezervisan za ekran namenskog uređaja, dok donji deo ekrana prikazuje fizičku arhitekturu namenskog uređaja.

4.2 FrontEnd modul

FrontEnd modul obezbeđuje integraciju grafičke sprege namenskog uređaja i prikaz sadržaja deljene grafičke memorije u koju upisuje Guest modul. Ovaj modul služi za slanje događaja Guest modulu preko Connector modula, za čitanje izgleda grafičke sprege iz deljene memorije i za prikaz istog na ekranu prenosivog uređaja. FrontEnd modul obuhvata četiri podmodula: XMLParser, ScrollWheel, ScreenView i SettingsView.

4.2.1 XMLParser modul

XMLParser modul parsira ulaznu XML datoteku. Ulazna XML datoteka sadrži opis emulirane fizičke arhitekture uređaja. Elementi u datoteci su:

- ❖ background – izgled fizičke arhitekture namenskog uređaja
- ❖ button – izgled dugmadi namenskog uređaja
- ❖ scrollWheel – izgled upravljačkog točkića
- ❖ display – ekran namenskog uređaja

Element *background* zadaje putanju do datoteke sa slikom koja predstavlja izgled fizičke arhitekture namenskog uređaja. Element *button* zadaje putanju do datoteke sa slikom dugmeta, slikom dugmeta kada je pritisnuto, jedinstvenim kodom dugmeta, koordinatama dugmeta na ekranu i veličini dugmeta.

Element *scrollWheel* zadaje putanju do datoteke sa slikom upravljačkog točkića, koordinatama točkića na ekranu i prečnikom točkića. Element *display* zadaje putanju do datoteke sa koordinatama na kojima se nalazi ekran namenskog uređaja koji se prikazuje na ekranu iPhone uređaja i veličina ekrana.

4.2.2 ScrollWheel modul

ScrollWheel modul predstavlja emulaciju upravljačkog točkića kod koga je prilikom prevlačenja točkića u levo ili desno moguće upravljanje nekim sadržajem. Npr. moguće je pomeranje teksta, slika. U ovom radu se koristi za kontrolu nad osvetljenjem, odnosno kao potencijometar. Pomeranjem točkića u smeru kazaljke na satu se povećava izlazna snaga sijalice, dok se pomeranjem u suprotnom smeru smanjuje izlazna snaga sijalice.

4.2.3 ScreenView modul

ScreenView modul služi za prikaz slike na ekranu uređaja. Slika se čita iz deljene memorije i prikazuje se na ekranu namenskog uređaja.

4.2.4 SettingsView modul

SettingsView modul služi za prikaz novog prozora na iPhone uređaju koji omogućava prikaz dodatnih opcija u programu. Prozor, koji je formiran u SettingsView modulu, sadrži Register dugme i About dugme.

4.3 Connector modul

Connector modul služi za komunikaciju FrontEnd i Guest modula. Connector modul obuhvata dva podmodula: SharedMemory i ClientConnect. SharedMemory modul predstavlja deljenu memoriju. ClientConnect modul omogućava uspostavljanje veze sa poslužiocem. Veza se stvara preko utičnica (engl. socket).

4.4 Guest modul

Guest modul predstavlja programsku podršku namenskog uređaja. Guest modul se može posmatrati kao komponenta koja se pobuđuje komandama i događajima, a na koje reaguje izmenom internog stanja i odgovarajućom promenom prikazanog grafičkog sadržaja. Guest modul obuhvata tri podmodula: AsyncSocket, SharedMemory i SDL Library.

SDL biblioteka je uvezana statički, kao što je to zahtevano od strane proizvođača iPhone - Apple. Guest modul po prijemu komande pokreće novu nit koja poziva metodu `createImage`. Metoda `createImage` na osnovu date komande iscrta sliku koja će biti sačuvana u deljenoj memoriji. Kada se slika sačuva u deljenoj memoriji nit se završava.

AsyncSocket modul omogućava asinhronu komunikaciju sa utičnicom. U ovom radu AsyncSocket modul je korišćen za prijem komandi preko utičnice od Connector modula.

5. TESTIRANJE I REZULTATI

Koncept je testiran prenosom programske podrške namenskog uređaja za kontrolu svetla na iPhone. Prvo testiranje aplikacije je obavljeno na emulatoru gde su testirani moduli aplikacije, zatim je testirana i funkcionalnost aplikacije.

Sledeće testiranje je obavljeno na iPhone uređaju gde je utvrđeno da su postignute željene performanse u aplikaciji. Testiranje funkcionalnosti izvršeno je zadavanjem skupa testnih slučajeva. Na sledećoj slici prikazan je izgled namenskog uređaja i izgled emuliranog namenskog uređaja na iPhone uređaju.



Slika 4. Izgled dva uređaja

6. ZAKLJUČAK

U ovom radu je uspešno realizovano programsko okruženje koje obezbeđuje jednostavan prenos programske podrške namenskog uređaja na iPhone platformu uz izmenu samo Guest modula. Postignute su željene performanse, funkcionalnost, brzina odziva i izgled namenskog uređaja.

Za razliku od prenosa cele aplikacije na iPhone ovo rešenje se zahvaljujući realizovanoj programskoj podršci odlikuje značajno kraćim periodom vremena za prenos na iPhone. Pravac daljeg razvoja može da ide u smeru proširenja podrške za uvođenje novih klasa kontrole. Mogao bi da se implementira odabir između više namenskih uređaja, a odabrani uređaj bi se prikazao na ekranu i bila bi omogućena emulacija njegove funkcionalnosti. Dalji razvoj može da ide i u smeru proširenja broja uređaja na kojima se emulira namenski uređaj. Prvi korak može biti podrška za iPad uređaje. Zatim je moguće proširenje na uređaje na Android platformi, kao i druge prenosne uređaje.

7. LITERATURA

- [1] Control4, proizvođač sistema za automatizaciju kuća, www.control4.com
- [2] Crestron, proizvođač sistema za automatizaciju kuća, www.crestron.com
- [3] Savant, proizvođač sistema za automatizaciju kuća, www.savantav.com
- [4] Bill Dudney, Chris Adamson: *iPhone SDK Development - Building iPhone Applications*, The Pragmatic Programmers, Decembar 2009
- [5] Jonathan Zdziarski, *iPhone SDK Application Development, 1st Edition*, O'Reilly Media, Januar 2009
- [6] Erica Sadun: *The iPhone Developer's Cookbook Building Applications with the iPhone SDK*, Addison-Wesley Professional, Oktobar 2008
- [7] SDL biblioteka, www.libsdl.org

Kratka biografija:

Bojan Majstorović rođen je u Karlovcu 1985. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Računarska tehnika i računarske komunikacije odbranio je 2011. god.

Ištvan Pap rođen je u Novom Sadu 1974. godine. Doktorsku tezu je odbranio 2009. godine iz oblasti Računarske tehnike i računarskih komunikacija. Zaposlen je na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu kao docent.

PULSNI OKSIMETAR ZASNOVAN NA MIKROKONTROLERU AT89S8253 IZ KLASKE 8051

PULSE OXIMETER BASED ON MICROCONTROLLER AT89S8253 OF CLASS 8051

Vladimir Mičić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast –ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U radu su prikazane osnove pulsne oksimetrije, opis hardvera zasnovanog na mikrokontroleru AT89S8253 iz klase 8051 koji je korišćen u realizaciji projekta, kao i projektovani firmver. Funkcionalnost je testirana korišćenjem pretvarača.

Abstract – The paper presents the basics of pulse oximetry, a description of hardware-based microcontroller AT89S8253 of class 8051, which was used in the project and the designed firmware. The functionality was tested using the converter.

Ključne reči: Mikrokontroler, mikroC PRO for 8051, Easy8051B, pulsna oksimetrija, merni sistem.

1. UVOD

Završno poglavlje studentskog, istraživačko-eksperimentalnog projekta, vezanog za primenu mikroprocesorskih (mikrokontrolerskih) sistema u medicinskoj industriji predstavlja rad na temu Digitalni merni sistem pulsno oksimetra zasnovan na mikrokontroleru AT89S8253 iz klase 8051. Kroz nekoliko narednih poglavlja ovog rada biće prikazana sama ideja projekta (projektni zadatak), kao i detaljan pregled materijala, opreme, metoda i postupaka zaslužnih za uspešnu realizaciju projektnog zadatka. U prvom delu biće posvećeno dosta pažnje pulsnoj oksimetriji, kao metodi merenja zasićenosti krvi kiseonikom (oksigenisanost krvi). Kratak istorijski pregled pružiće osvrt na prve korake u ovoj oblasti, zatim biće reči i o fizičkim principima na kojima počiva čitava metoda. Preostala poglavlja obuhvataju opis korišćenog hardvera, realizovani softver tj. firmver, kao i postignute rezultate.

2. PULSNA OKSIMetrija

Po pitanju ljudske fiziologije, kiseonik se može predstaviti kao ekvivalent života. Funkcionisanje svake ćelije u ljudskom organizmu zavisi od ovog vitalnog gasa. Prema tome, nivo kiseonika u krvi je značajan pokazatelj zdravlja osobe. I to je u suštini ono što pulsna oksimetrija nastoji da kvantifikuje.

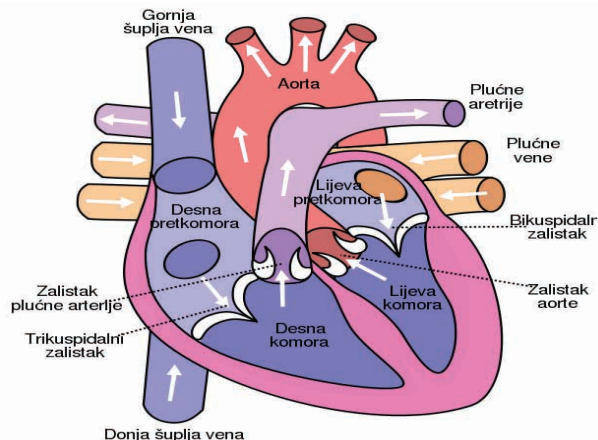
2.1. Fiziologija cirkulacije kiseonika

Ljudsko srce je u suštini pumpa koja uspostavlja gradijente pritiska, kako bi protok krvi kroz krvne sudove bio moguć.

NAPOMENA:

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

Na slici 1, lako se može uočiti da se srce može posmatrati preko dve polovine (podeljene intraventrikularnim septumom) koje su izdvojene na četiri komore. Gornje komore (atrium) prihvataju krv koja ulazi u srce i prenose je u niže komore (ventrikul). Desna polovina srca prihvata i pumpa dezoksigenisanu krv, dok leva polovina prihvata i pumpa oksigenisanu krv.



Slika 1. Prikaz anatomije ljudskog srca s obzirom na protok krvi

2.2. Istorijski pregled

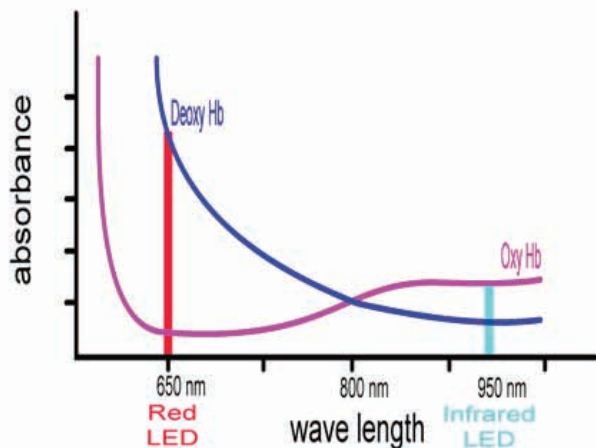
Oksimetrijska merenja datiraju još od ranih 1930-tih, kada su nemački istraživači koristili spektrofotometre (instrumenti koji mere razliku u talasnim dužinama i intenzitetu svetlosti) prilikom istraživanja na polju transmisije svetlosti kroz ljudsku kožu. 1934, jedan istraživač je objavio rad vezan za merenje zasićenosti krvi kiseonikom u zatvorenim krvnim sudovima životinja. Od godine 1939-te, kada su nemački istraživači objavili rad o korišćenju "ušnog merila kiseonika", pa sve do Drugog svetskog rata vladalo je zatišje na polju oksimetrije, kada se javlja potreba za evaluacijom oksigenisanosti kod pilota koji su leteli na velikim visinama. Primena u avijaciji, dovela je do ekspanzije pulsne oksimetrije, a najveću ulogu u njenom razvoju imali su britanski istraživači. U drugoj polovini dvadesetog veka Japan i SAD preuzimaju vodeću ulogu na polju pulsne oksimetrije. Tokom kasnih 1990-ih i kroz narednu dekadu, predstavljeni su pulsni oksimetri "nove generacije" koji su podigli tačnost očitavanja pulsni oksimetara na znatno viši nivo.

2.3. Principi tehnologije pulsne oksimetrije

Osnovni princip pulsne oksimetrije zasniva se na karakteristikama oksigenisanog i dezoksigenisanog hemoglobina, da apsorbuje svetlost crvenog ili infracrvenog dela spektra. Oksigenisani hemoglobin

apsorbiraju više infracrvene svetlosti, dok crvenu u većoj meri propušta. Dezoksigenisani (ili redukovani) hemoglobin apsorbiraju više crvene svetlosti, a infracrvenu propušta (slika 2).

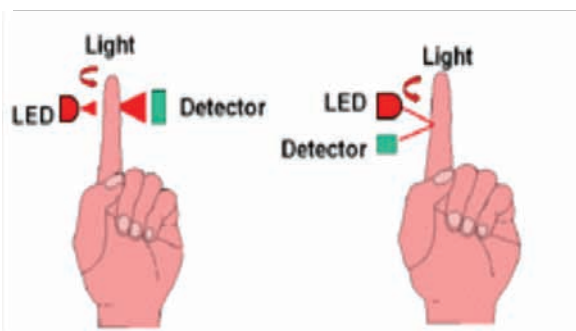
Crvena svetlost se nalazi u opsegu talasnih dužina od 600 nm do 750 nm, a infracrvena zauzima deo spektra sa talasnim dužinama između 850 nm i 1000 nm.



Slika 2 Različiti koeficijenti apsorpcije crvene i infracrvene svetlosti za Hb i HbO₂

Postoje dva načina slanja svetlosti kroz merno mesto: transmisija (prosvetljavanje) i refleksija. Prilikom transmisije metode, kao što je prikazano na slici 3, izvor svetlosti i fotodetektor su nasuprot jedan drugom, a između njih nalazi se merno mesto.

Na ovaj način svetlost prolazi kroz merno mesto. Kod refleksione metode, izvor svetlosti i fotodetektor nalaze se jedan do drugog pri vrhu mernog mesta.



Slika 3 Transmisija vs refleksija

Pošto emitovani crveni (R) i infracrveni (IR) signali prođu kroz merno mesto i budu primljeni od strane fotodetektora, odnos R/IR se računa. Odnos R/IR se poredi sa "look-up" tabelom (sačinjenom od empirijskih formula) koja pretvara ovaj odnos u SpO₂ vrednost.

Tipično R/IR odnos od 0.5 odgovara približno 100 % SpO₂, odnos od 1.0 odgovara približno 82 %, dok odnos od 2.0 odgovara 0 % SpO₂.

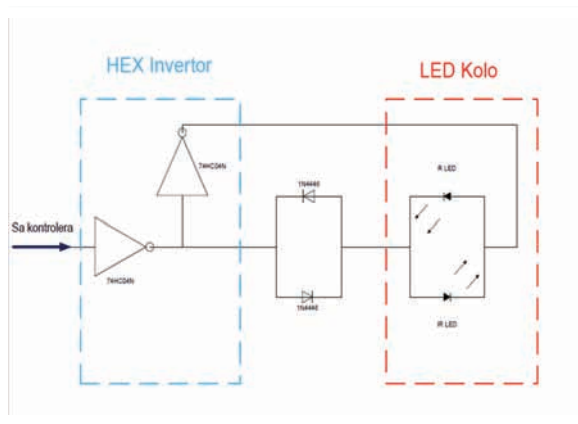
3. HARDVER

Hardver, koji ulazi u sastav merila (pulsnog oksimetra), sastoji se iz dve osnovne celine:

- Senzorsko-pojačavački deo;
- Deo za upravljanje i obradu podataka.

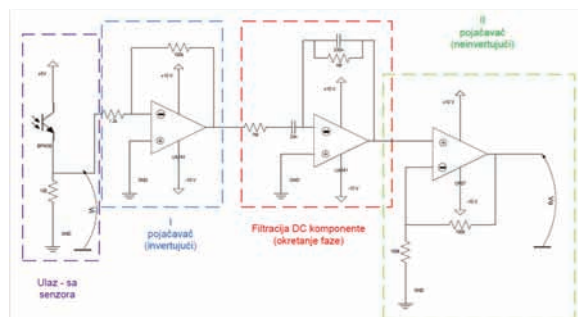
3.1. Senzorsko-pojačavački deo

Ovaj deo sastoji se iz (uslovno rečeno) dva dela: dela zaduženog za pobudu i dela koji je zadužen za prijem i pojačanje svetlosnog signala. Kolo za pobudu (Slika 4) sastoji se od dve LED diode (infracrvene i crvene), koje su različito polarisane, i hex invertora koji omogućuje kontrolu rada LED-ovki pomoću jednog signala sa mikrokontrolera.



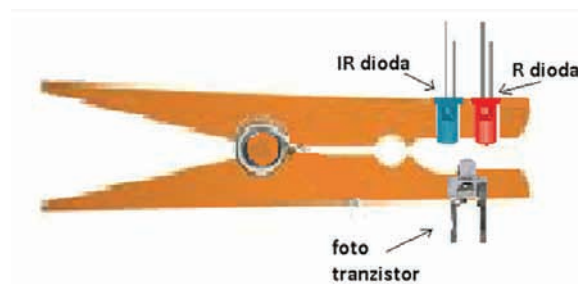
Slika 4 Kolo za pobudu

Za prijem koristi se fototranzistor, koji pristiglu svetlost pretvara u naponski signal. Celokupan signal (AC+DC komponenta) se pojačava pomoću invertujućeg pojačavača (čip UA741) a zatim propušta kroz aktivni filter propusnik učestanosti čime se eliminiše sva jednosmerna komponenta kao i smetnje na višim učestanostima (od neonskih svetiljki i sl.).



Slika 5 Detektorski (pojačavački) deo

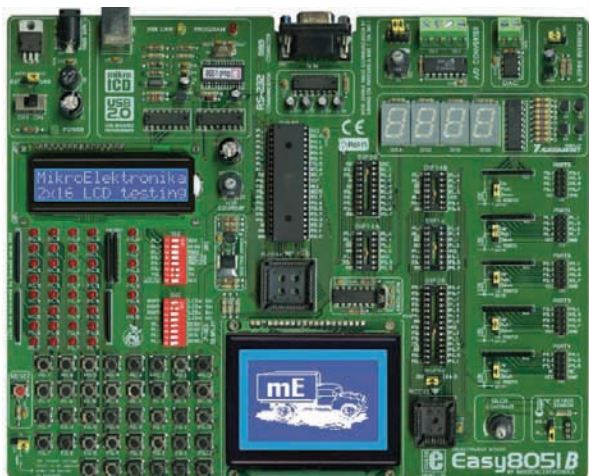
Još jedan deo hardvera od vitalnog je značaja za merni sistem, jeste merna sonda. Merna sonda, namenjena oksimetrijskom merenju na prstu pacijenta, u osnovi je obična štipaljka od plastike, kojoj je uklonjena metalna opruga (za obezbeđenje veće sile pritiska).



Slika 6 Skica ugrađenih komponenti u štipaljku

Uloga „štipaljke“ jeste da obezbedi dobro prijanjanje senzorskih elemenata prstu pacijenta, a takođe i obezbeđenje neke vrste zaštite od spoljašnjih svetlosnih uticaja. Senzorski elementi (LED diode i foto-tranzistor) su činioci koji običnu štipaljku pretvaraju u mernu sondu.

3.2. Razvojni sistem Easy8051B



Slika 7 Razvojni sistem Easy8051B

Razvojni sistem Easy8051 predstavlja veoma dobar alat za programiranje gotovo svih Atmel 8051 mikrokontrolera. Pruža velike mogućnosti kako studentima tako i inženjerima, da s lakoćom isprobaju i istraže mogućnosti 8051 mikrokontrolera. Kao dodatna opcija, omogućeno je povezivanje 8051 mikrokontrolera sa eksternim kolima i perifernim uređajima. Korisnik se može u najvećoj meri posvetiti razvoju softvera. Na slici 7 prikazan je razvojni sistem Easy8051B. Kao što se sa slike može i videti, pored svake komponente na ploči postoje identifikacione oznake, kako sa gornje tako i sa donje strane. Ove oznake daju opis načina povezivanja sa mikrokontrolerom, radnih modova i takođe pružaju dodatne korisne informacije. Pošto se sve relevantne informacije mogu naći na samoj ploči, gotovo da ne postoji potreba za dodatnim šemama. Prilikom realizacije projektnog zadatka, korišćeni su sledeći moduli razvojnog sistema:

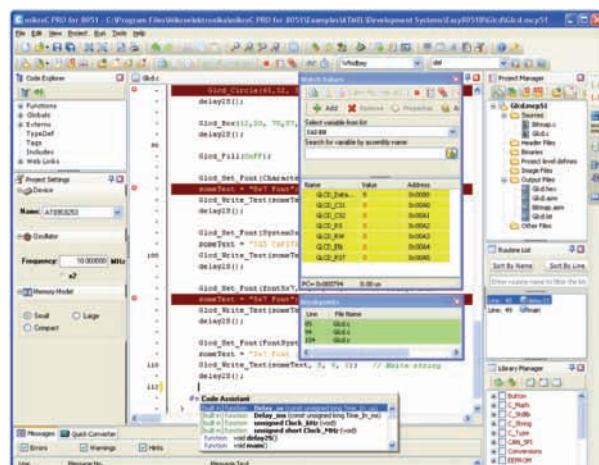
- 1) MCU (AT89S8253)
- 2) AD konvertor
- 3) GLCD modul
- 4) LCD modul

4. FIRMVER

U ovom poglavlju biće reči o razvojnog okruženju u kom je firmver pisan, dosta pažnje biće posvećeno planiranju i pisanju firmvera, kao i problemima prilikom njegove realizacije.

4.1. mikroC PRO for 8051

Razvojno okruženje “mikroC PRO for 8051” je moćan, opcijama bogat razvojni alat za 8051 mikrokontrolere. Dizajniran je tako da omogući programeru najlakši mogući put ka razvoju aplikacija za ugrađene (embedded) sisteme, bez pravljenja kompromisa na štetu performansi ili kontrole nad sistemom. Slika 8 daje prikaz razvojnog okruženja, sa nekim od brojnih opcija.



Slika 8 mikroC PRO editor

8051 i C su savršena kombinacija: 8051 je najpopularniji 8-bitni čip u svetu, svoju primenu našao je u brojnim rešenjima, a C, kojem se odaje priznanje zbog svoje efikasnosti, logičan je izbor za razvoj ugrađenih (embedded) sistema. Razvojno okruženje “mikroC PRO for 8051” obezbeđuje uspesno slaganje visoko naprednih IDE (integrated development environment), ANSI kompatibilan kompajler, širok skup hardverskih biblioteka, sveobuhvatnu dokumentaciju, kao i mnoštvo već gotovih primera.

4.2. Razvoj firmvera

Da bi se bolje razumela sama ideja po kojoj je firmver realizovan potrebno je, na kratko, osvrnuti se na projektni zadatak. U osnovni zahtevi projekta su sledeći:

1. Sistem treba da meri nivo SpO2 (zasićenost kiseonikom) i PR (puls).
2. Prikaz rezultata na GLCD-u u dve forme:
 - a. Tekstualni prikaz SpO2 i PR;
 - b. Grafički prikaz (talasni oblik).

S obzirom na projektne zahteve, pisanje firmvera odvijalo se u više koraka (etapa). Zbog same funkcionalnosti mernog sistema bilo je potrebno napisati delove koda koji će upravljati radom određenih hardverskih modula (GLCD i A/D konvertor). U skladu s tim, prvi korak podrazumevao je pisanje zasebnih softverskih modula za rad sa svakim ponasob od pomenutih delova hardvera. Veliko olakšanje u radu predstavljaju brojni primeri, kao i protipi pojedinih funkcija, dati u sklopu razvojnog okruženja. Posle izrade zasebnih softverskih modula, za svaki navedeni deo hardvera, bilo je je potrebno spojiti ih u jednu funkcionalnu celinu. Na taj način, sjedinio sam kod koji upravlja radom GLCD-a sa kodom koji vrši A/D konverziju.

Do ovog dela sve je teklo po planu. Pošto se u zahtevima projekta tražilo da sistem radi više stvari, tj. da meri SpO2 i puls, ispisuje njihove vrednosti kao i da grafički prikaže talasni oblik u realnom vremenu, kod je postao suviše veliki u odnosu na mogućnosti korišćenog mikrokontrolera. Javio se ozbiljan problem sa nedostatkom RAM memorije koji je zahtevao smanjenje pisanog programa. Pošto je ovaj problem bio suviše ozbiljan, morao sam odstupiti od prvobitnog projektnog zadatka i ceo program da podelim u tri potpuno nezavisna programa, kako bih izbegao problem sa nedostatkom

RAM memorije. Program za merenje i ispis pulsa kao i program za grafički prikaz talasnog oblika funkcionisali su besprekorno.

Međutim, prilikom pisanja zasebnog koda za merenje i ispis SpO2 na GLCD-u ponovo se javio problem sa nedostatkom RAM memorije. Pri rešavanju ovog problema opet sam bio prinuđen da odstupim od projektnog zadatka tako što sam rezultate umesto na GLCD-u prikazivao na LCD-u. Ovi problemi se mogu prevazići korišćenjem mikrokontrolera sa većom RAM memorijom.

5. ZAKLJUČAK

Radeći na polju pulsne oksimetrije, spoznao sam potpuno novu oblast primene mikroprocesorskih mernih sistema. Od samog početka projekta, tema mi se činila krajnje interesantnom i u neku ruku izazovnom, prvenstveno jer se bavi primenom elektrotehnike u oblasti medicine, konkretno medicinskom instrumentacijom. Rad na ovom projektu doveo me je do zaključka, da oblast pulsne oksimetrije predstavlja plodno tlo za dalji, kako tehnički razvoj, tako i naučno-istraživački rad.

6. ZAHVALNOST

Na posletku bih se zahvalio svima, onima koji su, na bilo koji način pomogli realizaciju ovog projekta. Najveću zahvalnost dugujem predmetnom asistentu Platonu Sovilju, za nesebičnu pomoć, upute i smernice, te mu se ovom prilikom, i u to ime zahvaljujem.

7. LITERATURA

- [1] Oximetry.org ,
<http://www.oximetry.org/pulseox/history.htm>
- [2] John W. Severinghaus, MD, and Yoshiyuki Honda, MD: *HISTORY OF BLOOD GAS ANALYSIS. VII. PULSE OXIMETRY* "[History of Pulse Oximetry](#)"
- [3] Contec Medical Systems,
<http://www.contecmed.com/>
- [4] Mikroelektronika, *Easy8051B User's Manual*,
<http://www.mikroe.com/>
- [5] Mikroelektronika, *8051Flash User Manual*,
<http://www.mikroe.com/>

Kratka biografija:



Vladimir Mičić rođen je u Loznici 1986. Srednju tehničku školu u Loznici završio je 2005. Od školske 2005/06 student je Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu.

IMPLEMENTACIJA SISTEMA ZA PRIJAVU RADNIKA NA POSAO PRIMENOM JAVA SMART CARD TEHNOLOGIJE**THE IMPLEMENTATION OF THE SYSTEM FOR CHECKING IN EMPLOYEES USING JAVA SMART CARD TECHNOLOGY**

Dario Bandić, Milan Vidaković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U radu su date teorijske osnove vezane za smart kartice i Java Card tehnologiju. Pored toga prikazana je i specifikacija sistema koji implementira prijavu radnika, a koji je realizovan spomenutom tehnologijom. U okviru ovog sistema implementirane su tri aplikacije: administratorska aplikacija, terminalska aplikacija i aplikacija koja se izvršava na kartici. Implementacija sistema je izvršena u programskom jeziku java.

Abstract – This paper provides theoretical background of smart cards and Java Card technology. Also, the specification of a system for worker check in, that implements this technology, is given. There are three applications implemented within this system: administrative application, terminal application and application which is running on the card. System is implemented in Java programming language.

Ključne reči: Smart kartica, Java Card, APDU komanda, host, applet, PIN, digitalni potpis

1. UVOD

Plastične kartice su postale sastavni deo načina života u većini industrijski razvijenih zemalja. Koristimo ih za identifikaciju, kada putujemo negde, da bi dobili dozvolu za ulazak u neku zgradu, za podizanje gotovine iz banke, u kupovini itd. Razvojem tehnologije povećavaju se i zahtevi koje plastične kartice treba da ispune. Količina podataka koje mogu da čuvaju do sada najčešće korišćene magnetne kartice nije više dovoljna. Pored toga sigurnost podataka nije na dovoljnom nivou. Međutim najveća mana magnetnih kartica je to što one nemaju mogućnost bilo kakve obrade podataka, već se koriste samo za skladištenje podataka. Ove nedostatke magnetnih kartica prevazilaze kartice sa ugrađenim čipom tzv. smart kartice.

1.1. Smart kartice

Smart kartice [2] su istih dimenzija kao kreditne kartice. Čuvaju i procesiraju podatke putem električnih kola (čip) koja su ugrađena u plastično telo kartice.

Smart kartice se, prema mogućnosti procesiranja podataka, mogu svrstati u dve grupe:

- memorijske
- kartice sa mikroprocesorom

Pored ove podele, smart kartice se mogu podeliti, prema načinu pristupa kartici, i na:

- kontaktne
- beskontaktne

Smart kartice komuniciraju sa drugim računarima korišćenjem posebnih paketa podataka koji se nazivaju APDU (*Application Protocol Data Units*) paketi. APDU sadrži ili komandu koja se šalje kartici ili odgovor koji ona vraća. Kod smart kartica se primenjuje tzv. master-slave (gospodar-sluga) model, gde kartica uvek ima pasivnu ulogu tj. ulogu slugu. Ona čeka da joj host pošalje neku komandu (*Command APDU*). Nakon što kartica primi komandu, izvršava instrukciju opisanu primljenom komandom i vraća odgovor host aplikaciji (*Response APDU*).

Većina operativnih sistema smart kartica podržava jednostavan sistem datoteka. APDU komande uglavnom pristupaju sistemu datoteka, kao što su komande za selekciju i pristup datoteci. U ovom slučaju, korisnička aplikacija je datoteka. Semantika i instrukcije za pristup datoteci aplikacije su implementirani od strane operativnog sistema. Zbog toga, razlike između operativnog sistema i aplikacija nisu dobro definisane. Smart kartice mogu da poseduju hijerarhijsku strukturu sistema datoteka. ISO 7816-4 sistem datoteka podržava tri tipa datoteka: master datoteke (MF), dedicated datoteke (DF) i elementary datoteke (EF). Svaka datoteka je jednoznačno određena dvobajtnim identifikatorom ili simboličkim imenom do 16 bajta dužine.

1.2. Java Card tehnologija

Java Card tehnologija [1] omogućava programima pisanim u Java programskom jeziku da se izvršavaju na smart kartici i ostalim uređajima sa ograničenim resursima.

Smart kartice predstavljaju jednu od najmanjih računarskih platformi koje se danas koriste. Najveći izazov pri dizajniranju Java Card tehnologije bio je da se smesti Java sistemski softver na karticu i da se pri tome sačuva dovoljno slobodnog memorijskog prostora za aplikacije. Rešenje je da se podrži samo deo osobina Java programskog jezika i da se pri implementaciji virtuelna mašina [4] podeli na dva dela: jedan radi na kartici, a drugi van nje.

NAPOMENA:

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

Deo virtuelne mašine koji radi na kartici sadrži komponentu koja zna da interpretira bajtni kod (*interpreter*). Java Card *converter* (konvertor u bajt kod) se nalazi na stonom računaru i on predstavlja deo Java Card virtuelne mašine koji se nalazi van kartice. Zajedno ove dve komponente implementiraju celokupnu funkcionalnost Java Card virtuelne mašine: učitavanje Java klase i njihovo izvršavanje. *Converter* učitava i preprocesira *class* datoteke (dobijene kompajliranjem Java klase) iz jednog Java paketa i na osnovu toga generiše CAP (*Converted Applet*) datoteku. CAP datoteka sadrži izvršivu bajt reprezentaciju klase iz jednog Java paketa. CAP datoteka, dobijena konverzijom Java paketa, se zatim učitava na Java *smart* karticu. Java Card *interpreter* pruža podršku Java jezičkom modelu i tako obezbeđuje nezavisnost od hardverske platforme. Bajtni kod koji sadrži CAP datotku interpretira se uz pomoć *interpreter*-a.

Java Card izvršno okruženje (JCRE – *Java Card Runtime Environment*) [3], se sastoji od Java Card sistemskih komponenti koje se izvršavaju na *smart* kartici. JCRE je zadužen za upravljanje resursima, mrežnu komunikaciju, izvršavanje aplikacija (nazivaju se apleti), sistemsku sigurnost i sigurnost aplikacija. Zbog toga on služi kao operativni sistem *smart* kartica. JCRE povezuje hardver *smart* kartice i njen nativni sistem (osnovni sistem *smart* kartice koji nije implementiran u Java programskom jeziku) sa apletima tj. aplikacijama koje su instalirane na kartici.

Java Card API [5] se sastoji od skupa klasa prilagođenih za programiranje aplikacija za *smart* kartice prema ISO 7816 modelu. API sadrži tri osnovna paketa i jedan dodatni. Osnovni paketi su: *java.lang*, *javacard.framework* i *javacard.security*. Dodatni paket je *javacardx.crypto*.

Aplikacije koje se izvršavaju na kartici se nazivaju apleti. Java Card aplet je Java program koji poštuje određena ograničenja da bi se mogao izvršavati na Java *smart* kartici. Razlog zbog kog se Java Card aplikacije nazivaju apleti je taj što se mogu učitati u Java Card izvršno okruženje nakon procesa proizvodnje i izdavanja kartice. To znači da, za razliku od nekih ugrađenih sistema, apleti se ne moraju kreirati u ROM memoriji kartice za vreme njihove proizvodnje. Korisnička aplet klasa mora da nasledi klasu *javacard.framework.Applet*. Osnovna aplet klasa je roditelj svih apleta koji se nalaze na kartici. Aplet klasa definiše promenljive i metode apleta. Aplet koji se izvršava na kartici je instanca aplet klase – objekat aplet klase. Kao što važi za sve druge trajne (perzistentne) objekte, kad se jednom kreira aplet živi na kartici zauvek. Korisnička aplet klasa mora da redefiniše dve metode osnovne klase. To su *install* i *process* metoda. *Install* metoda instalira aplet, tako što poziva konstruktor apleta kreirajući njegovu instancu i tu instancu registruje kod JCRE pozivom metode *register*, dok *process* metoda obrađuje primljene APDU komande. Ostale metode su opcione, mogu se redefinisati, ali ne moraju. Pre nego što se pošalje bilo kakva komanda apletu, aplet se mora selektovati. Za to se koristi metoda *select*. Ta metoda se poziva kada se primi komanda od strane *host* aplikacije za selekciju apleta. To je jedina komanda koja je

standardizovana na Java Card platformi. Na Java Card platformi svaki aplet je jedinstveno identifikovan i selektovan od strane identifikatora aplikacije (AID). Svakom paketu se takođe dodeljuje AID. Kada se učita na karticu paket se povezuje sa drugim paketima na kartici preko njihovih AID-ova.

2. SPECIFIKACIJA SISTEMA

Sistem se sastoji od tri aplikacije: administratorske aplikacije, terminalske aplikacije i aplikacije koja se nalazi na kartici. Administratorska aplikacija upravlja naložima radnika, terminalska aplikacija komunicira sa aplikacijom na kartici, a aplikacija na kartici digitalno potpisuje informaciju o dolasku na posao.

Administratorska aplikacija, pored navedenog, generiše sertifikate za radnike i inicijalizuje kartice.

Terminalska aplikacija se sastoji iz dve programske niti: jedna nit služi za osvežavanje prikaza na ekranu (trenutno vreme i datum), dok druga proverava da li je kartica ubačena u čitač, i ako jeste onda pokreće prijavu radnika.

Aplikacija koja se izvršava na kartici se sastoji od samo jedne klase, koja nasleđuje klasu *javacard.framework.Applet*. Ova klasa se nalazi u paketu *applet*. Ona prima APDU komande od administratorske aplikacije ili terminalske aplikacije, izvršava ih i vraća odgovor.

Prijava radnika se svodi na sledeće korake:

1. radnik ubaci karticu u čitač
2. terminalska aplikacija dobavlja sertifikat sa kartice
3. terminalska aplikacija šalje pseudo-slučajan broj kartici na potpis
4. kartica digitalno potpisuje broj i vraća potpis
5. terminalska aplikacija proverava potpis (na osnovu javnog ključa iz kartice) i beleži dolazak radnika na posao

Podaci o radnicima i njihovim prijavama na posao se smeštaju u bazu podataka. Ovi podaci se smeštaju u dve tabele: *Users* tabela sadrži podatke o radnicima (običnim radnicima i administratorima). Prijave radnika na posao se smeštaju u tabelu *CheckInList*. Svaka prijava sadrži i *UID* (*User ID*) radnika iz tabele radnika koji se prijavio na posao kao strani ključ, kao i vreme prijave.

Pored standardizovane APDU komande za selekciju apleta za potrebe sistema za prijavljivanje definisano je još sedam APDU komandi. To su: komanda za dobavljanje modulusa javnog ključa sa kartice (GET PUBLIC MODULUS), komanda za dobavljanje eksponenta javnog ključa sa kartice (GET PUBLIC EXPONENT), komanda za dobavljanje sertifikata sa kartice (GET CERTIFICATE), komanda za smeštanje sertifikata na karticu (SET CERTIFICATE), komanda za potpisivanje slučajno generisanih podataka na kartici (SIGN DATA), komanda za smeštanje administratorskog

PIN-a na karticu (SET PIN) i komanda za verifikaciju korisnikovog PIN-a (VERIFY PIN).

3. IMPLEMENTACIJA

Kao što smo već rekli, ovaj sistem za prijavu radnika na posao se sastoji od tri aplikacije. Sve tri su implementirane na Java platformi. Zbog ograničenja koje uvodi alat za kreiranje CAP datoteke, mora se koristiti starija verzija Java *compiler*-a za prevođenje apleta u *class* datoteku. U ovu svrhu se koristi verzija Jave 1.3.1. Za implementaciju administratorske aplikacije i terminalske aplikacije korišćena je verzija Jave 1.6. Kao skladište podataka se koristi MySQL 5.0 baza podataka.

Administratorska i terminalska aplikacija su GUI aplikacije za administraciju radnika i njihovu prijavu na posao. Za izradu GUI interfejsa korišćena je *swing* Java biblioteka. Svi dijalozi koji se koriste u aplikaciji nasleđuju *JDialog* klasu, dok glavna forma nasleđuje klasu *JFrame*.

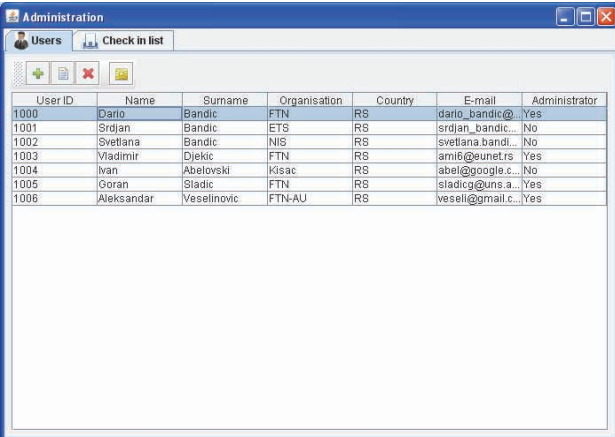
Administrator se prijavljuje na administratorsku aplikaciju pomoću svog PIN-a i kartice koja ima inicijalizovan PIN. Ova prijava se svodi na slanje APDU komande VERIFY PIN kartici, koja vrši proveru ispravnosti PIN-a i vraća rezultat.

Nakon prijave prikazuje se osnovna forma administratorske aplikacije. U okviru glavne forme nalaze se dva jezička *Users* i *Check in list*. U okviru *Users* jezička (slika 1.) se prikazuje tabelarni spisak radnika sa podacima o svakom od njih. Iznad ove tabele smeštena je paleta alati.

Na paleti alati mogu da se izaberu sledeće akcije: dodavanje novog radnika, izmena podataka o postojećem radniku, brisanje radnika i inicijalizacija kartice za radnika. Drugi jezičak *Check in list* (slika 2.) prikazuje listu prijava radnika na posao sortiranu od najnovije prijave ka starijima.

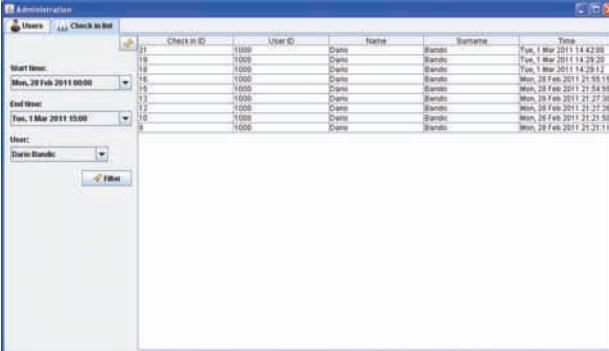
Omogućeno je filtriranje spiska prijave po vremenskom intervalu u kom je prijava izvršena gde je početak intervala *Start time*, a kraj *End time*.

Pored toga lista prijava se može filtrirati i po radniku, tj. da vidimo samo prijave na posao određenog radnika.



User ID	Name	Surname	Organisation	Country	E-mail	Administrator
1000	Dario	Bandic	FTN	RS	dario_bandic@	Yes
1001	Srdjan	Bandic	ETS	RS	srdjan_bandic@	No
1002	Svetlana	Bandic	NIS	RS	svetlana.bandic@	No
1003	Vladimir	Djelic	FTN	RS	amib@eunet.rs	Yes
1004	Ivan	Abelovski	Kisac	RS	abel@google.c.	No
1005	Goran	Sladic	FTN	RS	sladic@uns.a.	Yes
1006	Aleksandar	Veselinovic	FTN-AU	RS	veseli@gmail.c.	Yes

Slika 1. Osnovna forma administratorske aplikacije – jezičak *Users*



Check in ID	User ID	Name	Surname	Start time	Time
21	1000	Dario	Bandic	Tue, 1 Mar 2011 14:42:00	
19	1000	Dario	Bandic	Tue, 1 Mar 2011 14:28:00	
18	1000	Dario	Bandic	Tue, 1 Mar 2011 14:28:12	
16	1000	Dario	Bandic	Mon, 28 Feb 2011 21:55:15	
15	1000	Dario	Bandic	Mon, 28 Feb 2011 21:54:45	
13	1000	Dario	Bandic	Mon, 28 Feb 2011 21:27:20	

Slika 2. Osnovna forma administratorske aplikacije – jezičak *Check in list*

Podaci o radnicima i njihovim prijavama na posao se nalaze u bazi podataka. Da bi se ostvarila konekcija sa bazom koristi se JDBC drajver za ovu bazu. Konekcija sa bazom se otvara inicijalizacijom objekta klase *java.sql.Connection*.

Nakon uspostavljanja konekcije sa bazom podataka mogu se izvršavati SQL naredbe. Za kreiranje SQL naredbe koristi se objekat tipa *java.sql.PreparedStatement*.

Uspostavljanje veze sa karticom obezbeđuje Java paket *javax.smartcardio*. Prvo se instancira određena fabrika za pronalaženje svih terminala na datoj mašini. Nakon toga se uzima terminal iz liste terminala koji se nalazi na određenoj poziciji u listi. U našem slučaju je samo jedan terminal prisutan, tako da uzimamo terminal sa nulte pozicije u listi. Pre ostvarivanja konekcije sa karticom može se proveriti da li je kartica ubačena u čitač. Ovu proveru obezbeđuje metoda *isCardPresent()* klase *CardTerminal*. Konekcija sa karticom se obavlja preko metode *connect* klase *CardTerminal*. Parametar ove metode je protokol komunikacije na prenosnom sloju (T=0 ili T=1) i može se proslediti vrednost „*” koja indicira da se koristi bilo koji dostupan protokol. Sledeći korak je uspostavljanje kanala komunikacije pozivom metode *getBasicChannel* klase *Card* koja vraća objekat interfejsa *CardChannel*. Nakon što je uspostavljen komunikacioni kanal sa *smart* karticom preko njega se odvija komunikacija između *host* aplikacije i same kartice. Komunikacija se svodi na slanje *command* APDU komandi kartici, koja vraća kao odgovor *response* APDU komande. Konekcija sa karticom se prekida pozivom metode *disconnect()* klase *Card*.

CommandAPDU klasa omogućava kreiranje APDU komande koja se šalje kartici. Za slanje ovako kreirane komande se koristi *transmit()* metoda klase *CardChannel*. Rezultat poziva ove metode je odgovor koji vraća kartica, i predstavlja instancu klase *ResponseAPDU*.

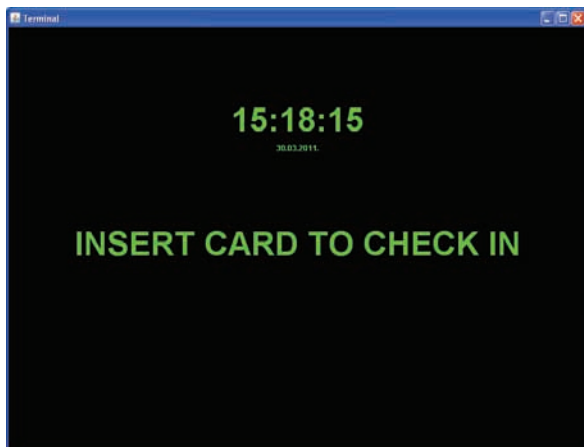
U okviru postupka inicijalizacije kartice se pored uspostavljanja komunikacionog kanala i selekcije apleta, šalju apletu komande za dobavljanja modulusa i eksponenta javnog ključa koji se zajedno sa privatnim ključem generiše prilikom instalacije apleta.

Na osnovu modulusa i eksponenta se kreira objekat tipa *java.security.PublicKey* koji reprezentuje javni ključ. Na osnovu podataka o radniku i dobavljenog ključa se generiše sertifikat za selektovanog radnika. Sledeći korak je smeštanje ovog sertifikata na karticu. Ovaj postupak se odvija u više iteracija jer je bajtna reprezentacija

sertifikata duža od 255. U svakoj iteraciji se šalje po 240 bajtova sertifikata u DATA delu APDU komande. Ako se inicijalizuje kartica za običnog radnika ovde se proces završava. Međutim, ako je reč o administratoru, onda se mora inicijalizovati i PIN broj. PIN je pseudo-slučajna vrednost između 1000 i 999999, koja se dobija pomoću *java.util.Random* klase. Ovako generisan PIN se šalje kartici pomoću APDU komande.

Terminalska aplikacija izgleda kao na slici 3. Nakon što se detektuje kartica u čitaču, selektuje se aplet na kartici. Sledeći korak je dobavljanje sertifikata sa kartice. Kada se dobavi ceo sertifikat sa kartice u bajt obliku, od niza bajtova se kreira objekat tipa *X509Certificate* koji reprezentuje dati sertifikat. Sledeći korak u autentikaciji korisnika je slanje proizvoljnog niza bajtova kartici da bi te podatke kartica potpisala.

Za generisanje slučajnog niza bajtova se koristi *java.security.SecureRandom* klasa. Kartica vraća digitalni potpis i ako je digitalni potpis ispravan radnik je uspešno autentikovao. Provera potpisa se svodi na kreiranje instance klase *java.security.Signature*, koja se inicijalizuje sa javnim ključem iz sertifikata. Za digitalno potpisivanje se koristi asimetrični *RSA* algoritam i *SHA1* heš funkcija, pa se oni koriste i za proveru potpisa. Nakon toga se korisniku na glavnoj formi ispisuje poruka o uspešnoj prijavi na posao i prijava se snima u bazu podataka u tabelu sa prijavama, koje se mogu pregledati u administratorskoj aplikaciji. U slučaju da je došlo do greške u navedenom procesu ili da potpis nije uspešno proveren radnik se obaveštava o grešci i može da pokuša ponovo sa prijavljivanjem, tako što izvadi pa ponovo ubaci karticu u čitač.



Slika 3. Izgled glavne forme terminalske aplikacije

Za implementaciju aplikacije koja se izvršava na kartici korišćen je Java Card API verzije 2.1. Ova aplikacija se sastoji samo od jedne klase *CardApplet*. Ta klasa nasleđuje klasu *javacard.framework.Applet*.

U konstruktoru se kreira instanca *javacard.security.Signature* klase. Objekat se inicijalizuje prosleđivanjem podataka o vrsti algoritma i heš funkcije koji se koriste za potpisivanje. U ovom slučaju se koriste *RSA* algoritam i *SHA1* heš funkcija. Pored toga generiše se i par *RSA* ključeva dužine 1024 bita pozivom metode *genKeyPair()* klase *javacard.security.KeyPair*. Zatim se kreira i niz tipa *byte* koji će se koristiti za smeštanje sertifikata. Na kraju se kreira instanca klase *javacard.framework.OwnerPIN*

za čuvanje administratorskog PIN-a. Kod običnih korisnika ovaj objekat se ne koristi. Na kraju se poziva metoda *register()* koja registruje ovu instancu apleta kod Java Card izvršnog okruženja. *CardApplet* mora da redefiniše dve metode iz roditeljske klase, to su *install* i *process*. Prilikom instalacije aplikacije na karticu poziva se *install()* metoda iz aplet klase. Sve APDU komande se procesiraju u *process()* metodi. Za svaku instrukciju se poziva metoda u kojoj se vrši njena obrada.

4. ZAKLJUČAK

Smart kartice su sve prisutnije u svakodnevnom životu. Razlog toga je sve niža cena, posedovanje CPU jedinice koja omogućava i obradu podataka na samoj kartici, sigurnost podataka je na visokom nivou, resursi na kartici su sve veći itd. Primenom Java Card tehnologije se omogućava instalacija Java programa na karticu, čime se omogućava personalizacija kartice i nakon njenog izdavanja. Java Card tehnologija na jednostavan i efikasan način omogućava kreiranje aplikacija za *smart* kartice. Ovom tehnologijom prenose se sve pogodnosti koje nudi Java programski jezik na uređaje sa ograničenim resursima. Velika prednost je i mogućnost izvršavanja većeg broja Java aplikacija istovremeno na kartici, koje su nezavisne jedna od druge. U skorijoj budućnosti se očekuje ekspanzija ove tehnologije gde bi samo jedna kartica vlasniku služila i kao lična karta, i kao pasoš, zatim platna kartica, kartica za prijavljivanje na posao itd.

5. LITERATURA

- [1] Z. Chen. Java Card Technology for Smart Cards: Architecture and Programmer's Guide, Prentice Hall, New Jersey, 2000, ISBN 0201703297
- [2] W. Rankl and W. Effing, Smart Card Handbook, John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, 2004, ISBN 0-470-85668-8
- [3] Sun Microsystems, Java Card 2.1.1 Runtime Environment (JCRE) Specification, Version 2.1.1, California, Maj 2000
- [4] Sun Microsystems, Java Card 2.1.1 Virtual Machine Specification, Version 2.1.1, California, Maj 2000
- [5] Sun Microsystems, Java Card™ 2.1.1 Application Programming Interface, Version 2.1.1, California, Maj 2000

Kratka biografija:



Dario Bandić je rođen 1986. godine u Gračacu. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Računarstvo i automatika – Računarske nauke i informatika, odbranio je 2011. godine.



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

**PRIMER RADNOG OKVIRA ZA AUTOMATIZACIJU PROCESA RAZVOJA
KLIJENTSKE STRANE POSLOVNIH APLIKACIJA****AN EXAMPLE OF FRAMEWORK FOR BUSINESS APPLICATIONS CLIENT-SIDE
DEVELOPMENT AUTOMATISATION**Jurica Grubić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U radu je prikazan razvoj generatora web bazirane CRUD (Create, Remove, Update, Delete) aplikacije realizovane primenom ASP .NET MVC tehnologije. Za ulazne podatke generator koristi fizički model šeme baze podataka modelovane u PowerDesigner-u. Objektna reprezentacija parsiranih podataka prosleđuje se obrađivaču šablona, koji koristeći se prethodno definisanim šablonima generiše krajnji proizvod.

Abstract – In this article there is a brief overview of implementation of template engine tool used for generation of web based ASP .NET MVC CRUD (Create, Remove, Update, Delete) applications. Input data are based on PowerDesigner data base physical model. Object representation of input data are sent to template engine which in collaboration with previously defined templates generates end-user applications.

Ključne reči: *Obrađivači šablona, ASP .NET MVC, FreeMarker, Mosquito, CRUD*

1. UVOD

Cilj ovog rada je razvoj generatora aplikacija. Generator neophodne podatke za generisanje krajnjeg proizvoda prikuplja parsirajući fizički model šeme baze podataka modelovane u PowerDesigner-u. Dobijene podatke, generator preslikava u svoj objektni model i koristeći se mehanizmom *template*-a (šablona) generiše krajnji proizvod. Krajnji proizvod predstavlja web aplikaciju koja počiva na osnovama "standardne forme". Generisana web aplikacija povinuje se ASP .NET MVC tehnologiji i korisniku omogućava osnovno manipulisanje podacima koji se skladište u bazu podataka.

Sledi opis razvoja generatora aplikacije, počevši sa opisom korišćenih tehnologija, a zatim opisa specifikacije i implementacije, kako generatora tako i proizvoda koji nastaje kao rezultat generisanja.

Prilikom razvoja korišćeni su sledeći programski paketi:

- NetBeans (razvojno okruženje bazirano na JAVA programskom jeziku, korišćeno prethodno za razvoj programskih rešenja na JAVA programskom jeziku)
- PowerDesigner (CASE alat za modelovanje softvera)

NAPOMENA:

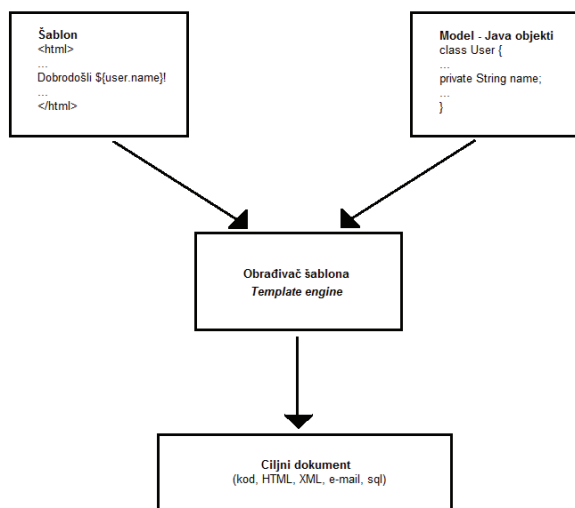
Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je prof. dr Branko Perišić, vanr. prof.

- Mosquito (*open source* PDM - *Power Designer Model* parser koji se koristi za isčitavanje podataka iz fizičkog modela šeme baze podataka)
- FreeMarker (*template engine*; alat za generisanje izlaznih tekstualnih fajlova na osnovu ulaznih šablona)

2. OPIS**2.1. Generatori koda**

Generatori koda predstavljaju alate koji su u stanju da posredstvom odgovarajućih mehanizama generišu delimične ili potpune softverske proizvode. Jedna od važnih osobina generatora je da proces mora biti ponovljiv. U ovom radu razvoju generatora pristupa se oslanjajući se na mehanizam *template engine*-a (obrađivača šablona).

Template engine - mehanizam koji se može primeniti u različitim razvojnim scenarijima gde je cilj generisati izlazni tekst (u ovom slučaju kod) i formatirati ga po odgovarajućim pravilima. Ulazni šabloni se povinuju odgovarajućim pravilima, posredstvom kojih se generišu željeni izlazi. Na slici 1 prikazana je grafička predstava mahanizma obrađivača šablona.

Slika 1. *Mehanizam obrađivača šablona*

Šablon predstavlja statički tekst koji se povinuje sintaksi odgovarajućeg obrađivača šablona. U statičkom tekstu koriste se reference na model, koje predstavljaju promenljive. Te promenljive se prosleđuju obrađivaču šablona koji posredstvom odgovarajućih pravila kreira

ciljne dokumente. U ovom radu kao model koriste se Java objekti.

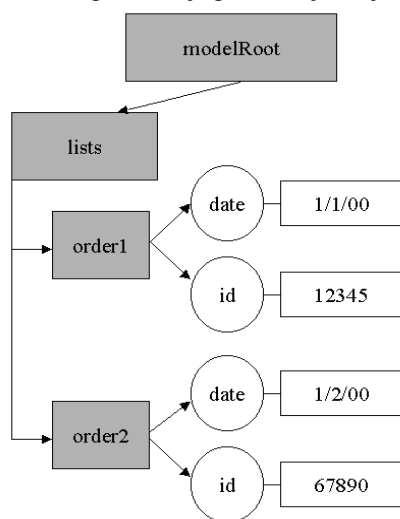
Ciljni dokument može biti na primer: HTML (*HyperText Markup Language*), XML (*Extensible Markup Language*), izvorni kod, *e-mail*, SQL kod (*Structured Query Language*), itd. U ovom radu ciljni dokumenti predstavljaju kod aplikacije koja se povinuje ASP .NET MVC tehnologiji.

Predstavnicima obrađivača šablona u Java tehnologiji su FreeMarker, Velocity, JSP, StringTemplate, itd. U ovom zadatku za *template engine* je izabran FreeMarker kao vodeći obrađivač šablona u Java tehnologiji.

FreeMarker - obrađivač šablona kompatibilan sa Java tehnologijom, ali ne i zavistan od nje. On predstavlja Java biblioteku namenjenu programerima, ne krajnjim korisnicima.

Koncipiran je tako da bude pogodan za generisanje tekstualnih fajlova bilo kog tipa. Ne bazira se na direktnoj refleksiji Java objekata, već su objekti dostupni šablonu oslanjajući se na mehanizme adaptera.

Centralni koncepti FreeMarker-a su šabloni i *ModelRoot*. U FreeMarker terminologiji, šablon predstavlja bilo koji fajl, koji sadrži FreeMarker tagove. Pomenuti tagovi kontrolišu ponašanje obrađivača šablona. *ModelRoot* predstavlja koren model-a na kome se bazira FreeMarker. *ModelRoot* razlikuje više različitih implementacija objekata, na koje se hijerarhijom tipa stablo nadovezuju varijable. Slika 2 predstavlja primer hijerarhije objekata.



Slika 2. Primer hijerarhije objekata

Značajnije osobine FreeMarker-a:

- Može se koristiti za generisanje bilo kakvog tekstualnog sadržaja kao što je HTML, XML, Java kod, SQL ...)
- Ne zavisi od servlet API-ja (*Application Programming Interface*). *Lightweight* - lako se integriše i može se koristiti u bilo kom Java projektu. Jar biblioteka manja od 1MB.
- Šabloni se mogu učitavati sa bilo koje lokacije: sa lokalnog diska, iz jar fajla, iz baze podataka, itd.
- Moćan jezik za šablone
- Podrška za JSP

- Podrška za lokalizaciju.

2.2. ASP .NET MVC

ASP .NET MVC predstavlja deo ASP .NET Web radnog okvira. Povinuje se MVC (*Model View Controller*) šablonu, koga čine tri atributa:

- *Model*
- *View*
- *Controller*

Model sadrži informacije pre svega o podacima aplikacije. Takođe, on se bavi pristupom podacima i pravilima validacije. Uglavnom, stanje modela se čuva u bazama podataka. U tom slučaju, model uglavnom ima ulogu da preuzme podatke iz baze podataka, preslika ih u svoj objekti model, izvrši operacije nad njima i nakon toga, opet ih snimi u bazu podataka.

View predstavlja prezentacioni sloj aplikacije, sa zadatkom prikazivanja korisničkog interfejsa.

Controller je komponenta koja se bavi interakcijom korisnika sa aplikacijom. On je u stalnoj vezi sa modelom i prezentacionom slojem. Odgovoran je za odabir prezentacionog sloja koji vrši prikazivanje korisničkog interfejsa.

Osobine ASP .NET MVC aplikacije:

- Lakši rad sa kompleksnošću, usled razdvajanja aplikacije u logički kompaktne celine
- Posebna podrška za HTML tagove
- Podrška za Ajax (*Asynchronous JavaScript and XML*) i jQuery
- Podrška za testiranje

Osnovna novina ASP .NET MVC radnog okvira pored korišćenja MVC šablona ogleda se u posebnoj podršci za HTML tagove. Podrška propisuje tzv. *HTML helper-e* koji olakšavaju pisanje HTML koda. *HTML helper* predstavlja ugrađenu funkciju radnog okvira koja omogućava renderovanje HTML koda.

Sledi primer korišćenja *HTML helper-a*.

```
<%= Html.TextBox("name", "value") %>
```

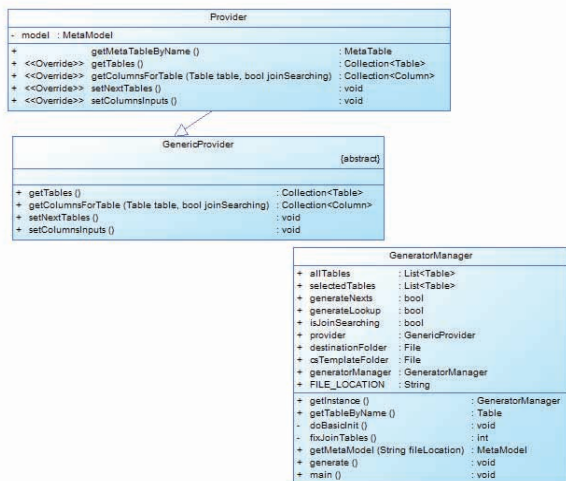
Poziv prikazane funkcije rezultovaće sledećim HTML kodom:

```
<input id="name" name="name" type="text" value="value"/>
```

3. SPECIFIKACIJA

Specifikacija sistema realizovana je korišćenjem UML-a (*The Unified Modeling Language*). Za specifikaciju su korišćeni dijagrami klasa. Slika 3 i 4 prikazuje dijagram klasa generatora.

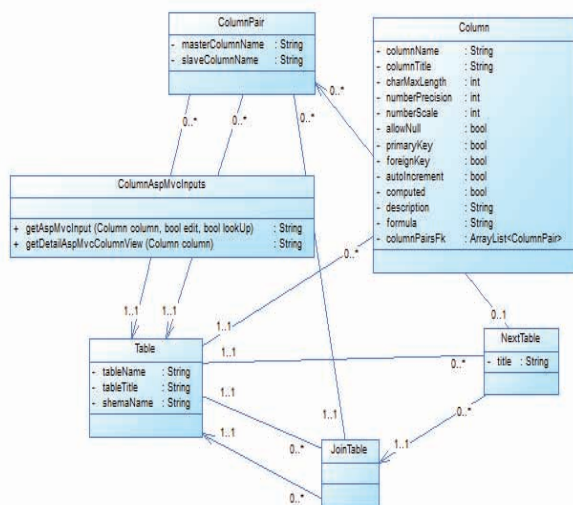
Prikazane klase zadužene su za proces generisanja kao i za prikupljanje informacija neophodnih za generisanje. Sledi kratak opis pomenutih klasa.



Slika 3. Dijagram klasa generatora

GeneratorManager - Predstavlja menadžer procesa generisanja. Vodi računa o redosledu generisanja i poziva klase zadužene za konkretne poslove. Ima izdvojene dve celine: Prikupljanje informacija za proces generisanja i proces generisanja.

Provider - Klasa koja sadrži metode kojima je zadatak prikupljanje informacija neophodnih za proces generisanja.



Slika 4. Dijagram klasa generatora

Slika 4. prikazuje objektni model reprezentacije elemenata fizičkog modela baze podataka.

Osnovu objektno reprezentacije predstavlja klasa *Table*, koja sadrži referencu na kolekciju klase *Column*, *JoinTable* i *NextTable*. *Join* tabele predstavljaju tabele čiji je primarni ključ strani ključ u matičnoj tabeli, dok *next* tabele predstavljaju tabele koje za strani ključ imaju primarni ključ matične tabele.

ColumnPair klasa reprezentuje vezu dve kolone, po kojima su dve tabele u vezi, a *ColumnAspMvcInputs* je klasa specifična za ASP.NET MVC radni okvir. Sadrži metode koje vraćaju tekstualnu reprezentaciju kontrole koje se koriste za unos i prikaz podataka.

4. IMPLEMENTACIJA

4.1. Parsiranje ulaznih podataka

Ulazne podatke generatora predstavlja fizički model šeme baze podataka modelovan u PowerDesigner-u. Za potrebe parsiranja pomenute šeme korišćena je *open source* Java biblioteka pod imenom Mosquito.

Mosquito pruža implementaciju svih neophodnih funkcionalnosti za preslikavanje šeme baze podataka u objektni model.

Pored parsiranja, Mosquito pruža i osnovni objektni model u koji snima parsirane podatke. Sledi listing 1 koji predstavlja kod koji se bavi parsiranjem i preslikavanjem modela u objekat.

```
IMetaLoader metaLoader = new
PDMetaLoader();
Properties properties = new Properties();
properties.put(PDMetaLoader.FILENAME,
"test.pdm");
MetaModel model =
metaLoader.getMetaModel(properties);
```

Listing 1. Učitavanje modela u objekat

4.2. Preslikavanje objektnog modela Mosquito-a u željeni objektni model

Nakon preslikavanja fizičkog modela baze podataka u objekti model Mosquito biblioteke, neophodno je uraditi preslikavanje dobijenog objektnog modela u željeni objektni model koji će odgovarati šablonima za generisanje izlaza. Izlazni model je definisan prethodno prikazanim dijagramima klasa.

4.3. Generisanje koda

Nakon prikupljanja objektnog modela predstave baze podataka, sledi generisanje koda. Generisanje koda se vrši kombinacijom dobijenog objektnog modela i šablona. Listinzi 2, 3 i 4 prikazuju primer procesa generisanja koda.

```
Configuration cfg = new Configuration();
cfg.setDirectoryForTemplateLoading(
new File("/putanja/do/sablona"));
cfg.setObjectWrapper(new
DefaultObjectWrapper());
```

Listing 2. Kreiranje i konfigurisanje FreeMarker-a

```
Map<String, Object> model = new
HashMap<String, Object>();
model.put("table", table);
```

Listing 3. Kreiranje modela podataka

```
Template temp =
cfg.getTemplate("test.ftl");
Writer out = new
OutputStreamWriter(System.out);
temp.process(model, out);
out.flush();
```

Listing 4. Učitavanje i procesiranje šablona

4.4. Šabloni

Šabloni su raspoređeni u logički odvojene celine definisane MVC šablonom. Shodno prethodno rečenim, razlikuju se šabloni koje definišu *Controller*, *Model* i *View* komponentu.

Sledi primer dela šablona *Controller-a* koji je prikazan u listing 5, a potom i listing 6 koji prikazuje kod izgenerisan upotrebom prikazanog šablona.

```
public void Details(String id)
{
    ${table.name} toEdit =
    (${table.name})repository.GetElement(id);
    Response.Clear();
    <#assign attr = "">
    Response.Write(
    <#list table.basicColumns as column>
    toEdit.${column.columnName}
    <#if column_has_next || column.foreignKey> + ";"
    +</#if>
    <#if column.columnPairsFk?size == 1>
    <#list
    column.columnPairsFk?first.joinTable.table.basic
    Columns as col>
    <#if !col.primaryKey && !col.foreignKey>
    toEdit.${column.columnPairsFk?first.joinTable.ta
    ble.name}.${col.columnName}
    <#if column_has_next> + ";" +
    </#if><#break></#if></#list></#if></#list>
    );
    Response.End();
}
```

Listing 5. Funkcija *Details* šablona *Controller-a*

```
public void Details(String id)
{
    DRZAVA toEdit =
    (DRZAVA)repository.GetElement(id);
    Response.Clear();
    Response.Write(
    toEdit.OZNAKA_DRZAVE + ";" +
    toEdit.OZNAKA_REGIONA + ";" +
    toEdit.REGION.NAZIV_REGIONA + ";" +
    toEdit.NAZIV_DRZAVE );
    Response.End();
}
```

Listing 6. Primer koda izgenerisanog šablonom definisanog listingom 5

Model je definisan šablonima koji omogućavaju osnovne manipulacije nad bazom podataka i šablonima koji vode računa o validaciji podataka.

View deo je definisan šablonima na osnovu kojih se procesom generisanja dobijaju *web* stranice definisane ASP .NET MVC sintaksom.

4.5. Arhitektura i implementacija generisanog rešenja

Generisana aplikacija je razvijena u programskom jeziku C#, oslanjajući se na ASP .NET MVC radni okvir. U svom osnovu pomenuti radni okvir se povinuje MVC šablonu. Osnovna osobina MVC arhitekture je odvajanje interfejsa, podataka i biznis logike aplikacije.

Pored osnovnih osobina ASP .NET MVC radnog okvira, generisana aplikacija se služi i drugim tehnologijama i mehanizmima. Tako se u punoj meri koristi Ajax, JavaScript i CSS (*Cascading Style Sheets*).

Ajax predstavlja mehanizam razmene podataka sa serverom uz mogućnost parcijalnog osvežavanja stranice. Shodno tome, u generisanom rešanju Ajax se koristi u situacijama gde je potrebno osvežiti deo stranice u cilju optimizacije i bržeg rada rešenja.

JavaScript se koristi za *client-side* programiranje i podršku Ajax tehnologiji.

GUI (*Graphical User Interface*) je realizovan oslanjajući se na CSS tehnologiju. Ovim pristupom se postiže kako generičnost tako i fleksibilnost rešenja jer se menjanjem CSS-a može menjati celokupan GUI generisane aplikacije.

5. ZAKLJUČAK

U razvoju aplikacije ovog tipa generator se pokazao kao veoma koristan jer omogućava generisanje aplikacije visokih funkcionalnosti oslanjajući se na fizički model šeme baze podataka.

Razvoju generatora prethodila je detaljna analiza i modelovanje željene generisane aplikacije. Dobar model, korišćenje MVC šablona i izdvajanje apstrakcija generisane aplikacije predstavljaju važan preduslov za razvoj generatora ovog tipa. Ovim se omogućava lakša generalizacija koda, što je preduslov za pisanje šablona.

Za pisanje šablona neophodan je moćan alat za koji je u ovom radu izabran FreeMarker. FreeMarker je vodeći obrađivač šablona u Java tehnologiji, koji oslanjajući se na prosleđene objekte i šablone omogućava kreiranje željenih tekstualnih fajlova.

Prednosti ASP .NET MVC radnog okvira su pre svega potpuna podrška MVC šablona, dok *web* tehnologija omogućava generičnost grafičkog interfejsa oslanjajući se na CSS.

6. LITERATURA:

- [1] Steven Sanderson, *Pro ASP.NET MVC Framework*, United States Of America, 2009, ISBN 978-1-4302-1007-8
- [2] Vincent Dibartolo, *FreeMarker: An open alternative to JSP*, <http://www.javaworld.com>
- [3] <http://www.asp.net/mvc>
- [4] <http://freemarker.sourceforge.net/>

Kratka biografija:

Jurica Grubić je rođen 28.05.1986. godine u Novom Sadu. Fakultet tehničkih nauka, Univerziteta u Novom Sadu, odsek za računarstvo i automatiku, upisao je školske 2005/2006. Smer računarske nauke i informatika upisao je školske 2007/2008. Osnovne akademske studije završio je 2009. godine. Diplomске akademske studije upisao je školske 2009/2010.

HARDVERSKA REALIZACIJA UREĐAJA ZA NEINVAZIVNO MERENJE KRVNOG PRITISKA OSILOMETRIJSKOM METODOM

HARDWARE REALISATION OF OSCILLOMETRIC NONINVASIVE BLOOD PRESSURE MEASUREMENT DEVICE

Bojan Dakić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

2. OSILOMETRIJSKA METODA

Kratak sadržaj – U okviru ovog rada predstavljena je realizacija uređaja za neinvazivno merenje krvnog pritiska oscilometrijskom metodom kao i program za obradu i snimanje rezultata merenja. Na primeru je objašnjen algoritam za detektovanje sistolnog, dijastolnog pritiska i broja otkucaja srca.

Abstract – This paper presents hardware realization of oscillometric noninvasive blood pressure measurement device with acquisition software. Algorithm for systolic and diastolic pressure detection with heart rate was explained on typical example.

Ključne reči: krvni pritisak, oscilometrija, neinvazivna metoda, senzor pritiska, FAT fajl sistem, MMD.

1. UVOD

Oscilometrijska metoda prvi put je prikazana tokom 1876. godine na primeru oscilacija pritiska u manžetni kod sfigmomanometra. Ove oscilacije pritiska su izazvane oscilacijama krvi u krvnom sudu. Prvi digitalni uređaj za merenje krvnog pritiska napravila je firma Panasonic 1974. godine.

Oscilacije iz manžetne, tokom ispuštanja vazduha, se koriste za određivanje sistolnog i dijastolnog pritiska kao i za određivanje broja otkucaja srca. Informacije se detektuju na jednom senzoru pritiska. Ova metoda zahteva manje veštine od auskultatorne metode pa je pogodnija za neutrenirane korisnike i za merenja kod kuće. Primenom algoritma, vrednosti sistolnog i dijastolnog pritiska se računaju, ne mere se kao kod auskultatorne metode. Ukoliko pacijent boluje od neke kardiovaskularne bolesti očitavanja ovom metodom mogu biti pogrešna. Dimenzije primenjene manžetne su veoma bitne. Primenom manje manžetne detektuje se viši pritisak od stvarnog dok primenom veće manžetne detektuje se niži pritisak od stvarnog. Oscilometrijska metoda je veoma osetljiva na šum izazvan pomeranjem ruke u toku merenja pošto se pojavljuju oscilacije koje su bliske korisnim oscilacijama.

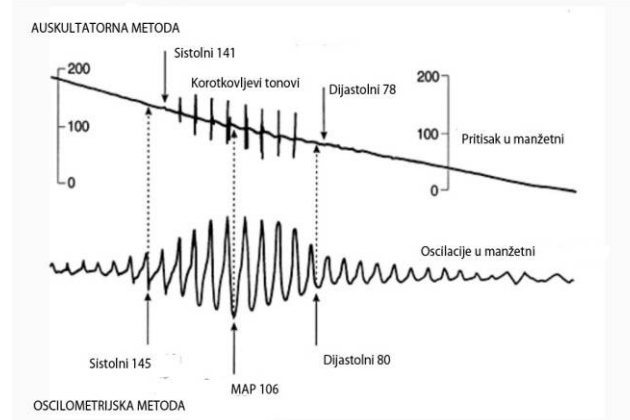
Primenom različitih algoritama dobijaju se različite vrednosti pritiska pa je potrebno uvesti korekcije da bi se dobile vrednosti pritiska što sličnije onim dobijenim prilikom merenja auskultatornom metodom.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Goran Stojanović, van. prof.

Većina automatskih i poluautomatskih merača krvnog pritiska koristi oscilometrijsku metodu. Oscilometrijska metoda podrazumeva merenje oscilacija u arteriji tokom ispuštanja vazduha iz manžetne. Manžetna može biti postavljena na nadlakticu ili članak šake. Prilikom merenja manžetna se pumpa na 20 mm Hg od očekivane vrednosti krvnog pritiska.

Posle dostizanja željene vrednosti vazduh se otpušta iz manžetne i prate se oscilacije arterije senzorom pritiska koji je povezan na mikrokontroler. Za razliku od auskultatorne metode kod koje je praćen zvučni signal prilikom snižavanja pritiska u manžetni, kod oscilometrijske metode prate se slabe oscilacije u arteriji koje su nastale usled vibriranja delimično otvorene arterije u regionu oko sistolnog krvnog pritiska. Na slici 1 prikazani su grafici koji predstavljaju oscilometrijsku i auskultatornu metodu sa krvnim pritisacima dobijenim primenom obe metode.



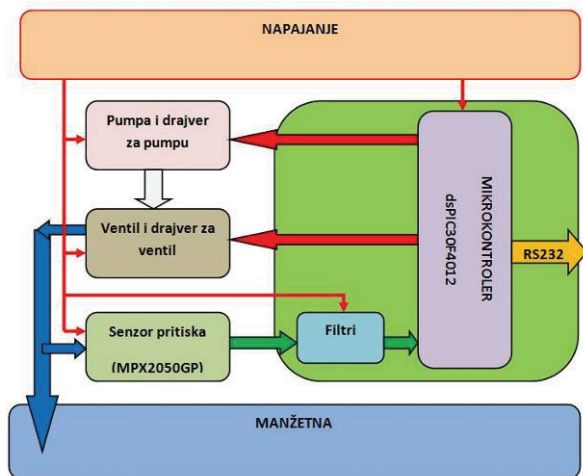
Slika 1. Komparativni prikaz auskultatorne i oscilometrijske metode merenja krvnog pritiska neinvazivnom metodom

Oscilometrijska metoda je dokazana empirijskim putem dok je fiziološka pozadina procesa koji se javljaju predmet rasprave u stručnim krugovima.

3. HARDVERSKA REALIZACIJA

Uređaj čine elektronske i elektromehaničke komponente koje obezbeđuju neophodnu funkcionalnost za detektovanje oscilacija u manžetni. Elektronski deo kola se sastoji od regulatora napona, filterarskog dela, drajverskog dela za elektromehaničke aktuatora, kola za prilagođavanje nivoa za SD/MMC karticu i mikrokontrolera sa RS232 interfejsom prema računaru.

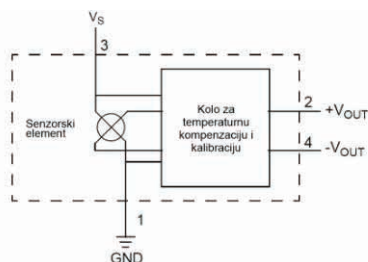
Elektromehaničke komponente su elektromagnetni ventil i pumpa. Ove komponente su međusobno povezane dobro zaptivenim crevima. Na slici 2 prikazan je blok dijagram uređaja za merenje krvnog pritiska oscilometrijskom metodom.



Slika 2. Blok dijagram uređaja za neinvazivno merenje krvnog pritiska oscilometrijskom metodom

Merač krvnog pritiska koristi piezorezistivni diferencijalni senzor pritiska za detektovanje oscilacija u manžetni kao i za određivanje sistolnog i dijastolnog pritiska. Ovaj senzor pretvara pritisak u napon koji se linearno menja u skladu sa razlikom pritiska koji deluje na membrane senzora.

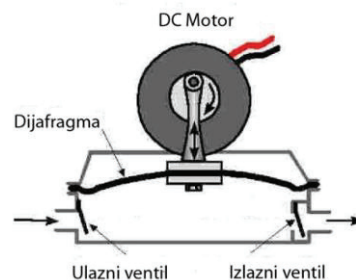
Senzor je laserski podešen i ima temperaturnu kompenzaciju. Temperaturno je kompenzovan od 0°C do 85°C [1]. Primena senzora preporučena od strane proizvođača (*Freescall Semiconductor*) je raznovrsna i pokriva različite oblasti primene kao što su robotika, industrijska elektronika, medicinska elektronika i druge. Izlazni napon senzora je diferencijalan i direktno srazmeran razlici pritisaka koji deluju na senzorski deo. Unutrašnjost senzora se sastoji od senzorskog elementa i kola za korekciju i temperaturnu stabilizaciju. Na slici 3 data je unutrašnja konstrukcija senzora.



Slika 3. Unutrašnja konstrukcija senzora MPX2050GP

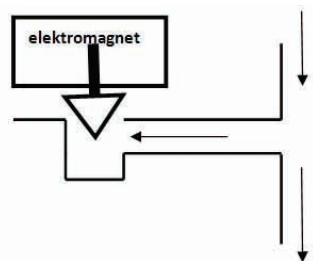
Kao glavni aktuator korišćena je pumpa iz rashodovanog uređaja za merenja krvnog pritiska nepoznatog proizvođača. Tokom pretraživanja podatak o pumpama koje se koriste u aplikacijama za automatsko merenje krvnog pritiska ustanovljeno je da se najčešće radi o pumpi sa dijafragmom. Prikaz tipične pumpe dat je na slici 4.

Kontrola pumpe ostvarena je promenom faktora ispunje PWM signala koji se dovodi na prekidački element.



Slika 4. Prikaz pumpe sa dijafragmom

Elektromagnetni ventil koji je upotrebljen u ovom radu izvađen je iz rashodovanog merača krvnog pritiska kao i pumpa. Ventil služi za sprečavanje otpuštanja vazduha u toku perioda pumpanja manžetne i za kontrolisano snižavanje pritiska u toku ispuštanja vazduha. Blok šema ventila data je na slici 5.



Slika 5. Prikaz elektromagnetnog ventila

Elektromagnetni ventil, u stanju kada se manžetna izlaže delovanju pritiska iz pumpe, nalazi se u zatvorenom stanju. Kada je potrebno otvoriti ventil dovodi se signal na elektromagnet i preko kola za upravljanje ostvaruje se otvaranje. Pošto je potrebno kontrolisano otvaranje ventila na kolo za upravljanje dovodi se povorka impulsa koja je empirijski utvrđena. Ovo povremeno otvaranje i zatvaranje ventila unosi dodatni šum koji se filtrira. Poseban deo uređaja čini manžetna ili poveska koja se plasira oko nadlaktice ruke tako da pritiska brahijalnu arteriju. Manžetna mora biti pravilno postavljena da bi očitavanje pritisaka bilo korektno. Pritisak koji se postiže u manžetni ne sme biti previsok pošto može izazvati povrede u vidu podliva. Ukoliko se prekine dotok krvi u periodu dužem od 20 minuta dolazi do odumiranja tkiva. Na slici 6 su prikazane manžetne standardnih veličina.

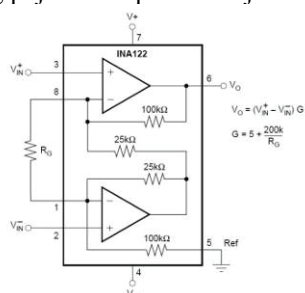


Slika 6. Prikaz manžetni standardnih veličina

U analognom delu kola se koriste naponi +5V i -5V za napajanje operacionih pojačavača. Napon +5V dobijen je stabilizacijom napona linearnim stabilizatorom 7805. Napon od -5V dobijen je stabilizatorom 7905 koji koristi

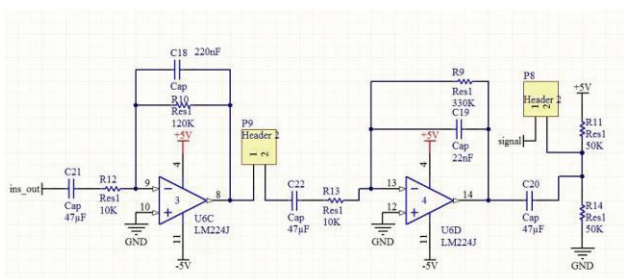
negativan napon generisan od strane MAX232 prilagodnog kola za serijsku komunikaciju.

Analogni deo automatskog merača krvnog pritiska pojačava jednosmernu i naizmeničnu komponentu signala sa senzora koji se filtriraju i vode na A/D konvertor mikrokontrolera. Mikrokontroler obrađuje signale sa A/D konvertora i izračunava, skladišti i prosleđuje na računar korisne informacije. Prvi pojačavački stepen čini diferencijalni pojačavač INA122 na koji se direktno dovodi signal sa senzora MAX2050GP. Raspon napona sa senzora je od 0mV do 40mV [1]. Pošto se manžetna nikada ne pumpa do maksimuma od 40mV odnosno 375mm Hg, potrebno pojačanje da bi se ostvario signal od 4V na izlazu je 200. Posle ovog pojačanja jednosmerne komponente signal se vodi na dva filtra propusnika opsega učestanosti. Pojačavač INA122 odlikuje se preciznošću i tačnošću pošto je fabrički laserski podešen na optimalne vrednosti [2]. Unutrašnja struktura diferencijalnog pojačavača prikazana je na slici 7.



Slika 7. Unutrašnja struktura diferencijalnog pojačavača INA122

Šema filtera propusnika opsega učestanosti data je na slici 8.

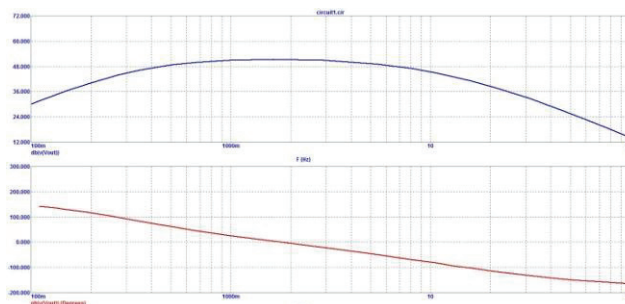


Slika 8. Pojasni filtri za izdvajanje i filtriranje naizmenične komponente

Donja granična frekvencija prvog stepena iznosi $f_{l1}=0,339\text{Hz}$, a gornja granična frekvencija istog stepena iznosi $f_{h1}=6\text{Hz}$. Pojačanje prvog stepena je $A_1=-12$. Donja granična frekvencija drugog stepena iznosi $f_{l2}=0,339\text{Hz}$, a gornja granična frekvencija istog stepena iznosi $f_{h2}=22\text{Hz}$. Pojačanje prvog stepena je $A_1=-33$. Ukupno pojačanje oba stepena je 396, a kombinujući sa stepenom koji pojačava jednosmerni signal iznosi $8,1 \cdot 10^4$. Frekvencijska karakteristika ova dva propusnika opsega učestanosti data je na slici 9. Simulacija kola je urađena u programskom paketu Micro-Cap 9 DEMO.

Nakon prolaska kroz dva propusnika opsega učestanosti signal se vodi preko spreznog kondenzatora i razdelnika napona koji dodatno filtriraju i podižu signal na 2,5V.

Ovo je potrebno pošto A/D konvertor mikrokontrolera vrši konverziju nad naponima od 0V do 5V.

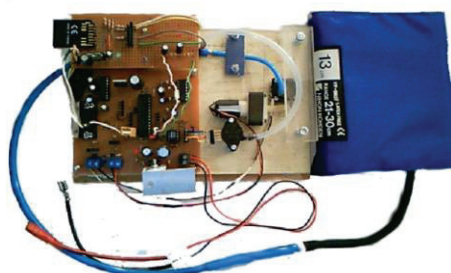


Slika 9. Frekvencijska i fazna karakteristika propusnika opsega učestanosti

Veza sa računarom je ostvarena preko serijskog RS232 modula mikrokontrolera, a prilagođavanje nivoa je ostvareno upotrebom drajverskog kola MAX232. Kolo MAX232 pored funkcije prilagođavanja nivoa ima ulogu izvora negativnog napona od -8V koji se preko linearnog stabilizatora vodi na operacione pojačavače.

Tokom merenja krvnog pritiska podaci sa A/D konvertora se beleže na MMC karticu. Snimanje se vrši preko SPI komunikacije mikrokontrolera koji koristi MDD biblioteku za rad sa fajl FAT sistemom. Ova biblioteka je razvijena od strane Microchip-a i ona predstavlja skup ulazno izlaznih funkcija koje se koriste za realizaciju fajl sistema na Microchip-ovim mikrokontrolerima. MDD je skraćenica od *Memory Disk Drive*. Ova biblioteka je bazirana na ISO/IEC 9293 specifikaciji i podržava FAT16 i FAT 32 standard [3]. Fleksibilnost upisa i organizacije memorije u obliku fajl sistema glavna su prednost u odnosu na druge tipove memorije. Pošto radi sa naponom od 3,3V potrebno je prilagoditi signale koji dolaze sa strane mikrokontrolera. Prilagodno kolo se sastoji od razdelnika napona koji logički visok nivo od 5V spušta na 3,3V.

Sve operacije vezane za upravljanje sistemom elektromehaničkih aktuatora, snimanje i obradu podataka vrši digitalni mikrokontroler dsPIC30F4012. Ovaj digitalni mikrokontroler je 16-bitni i maksimalna brzina rada je 30 MIPS-a. Raspolaze sa 48 KB programske fleš memorije, 2KB RAM memorije, 1 KB eeprom memorije, 30 izvora prekida, pet 16-bitnih tajmera/brojača, 6 PWM izlazi, 10-bitni AD konvertor, podržava SPI komunikaciju, podržava I²C komunikaciju, ima dva UART-a i podržava CAN magistralu [4]. Na slici 10 prikazan je realizovani uređaj.



Slika 10. Prikaz realizovanog uređaja

4. PROGRAM I PROTOKOL

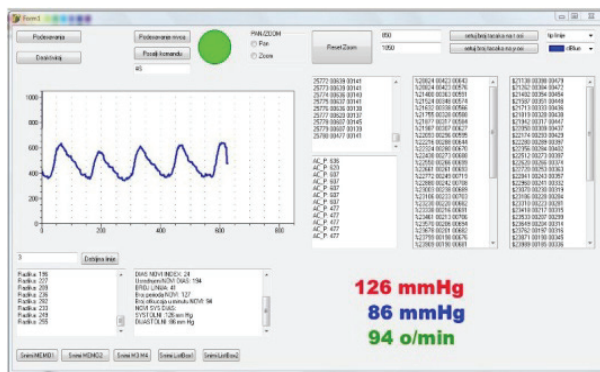
Uređaj i kompjuter komuniciraju putem RS232 komunikacije razmenom seta naredbi. Program kontroliše uređaj u zavisnosti od stanja u kome se nalazi, prima podatke, analizira, prikazuje i snima. Sve komande mogu biti podeljene u komande za setovanje parametara i komande za kontrolu uređaja. Komande su niz bajtova koje uređaj obrađuje i postupa u skladu sa njihovim značenjem. Kao odgovor na komandu uređaj šalje povratnu poruku programu o trenutnom stanju ili promeni trenutnog stanja. Ukoliko se uređaj nađe u nekom stanju kao što su određena preoračjenja, šalje se komanda u obliku stringa.

Kada je započeto merenje krvnog pritiska korisne informacije se šalju na računar i snimaju se na MMC karticu. Na MMC karticu se snimaju informacije red po red. Informacije koje se snimaju su redni broj trenutnog uzorka sa kanala A/D konvertora i vrednosti naizmenične i jednosmerne komponente pritiska očitane sa pojedinih kanala A/D konvertora. Uređaj upravlja pumpom i ventilom tako da omogućuje što bolje očitavanje. Manžetna se puni do vrednosti zadatog nivoa i posle ovog uređaj ulazi u stanje izdvajanja vrednosti pikova signala naizmenične komponente signala sa senzora pritiska.

Prilikom detekovanja maksimalne i minimalne vrednosti uređaj prosleđuje pakete informacija programu u obliku kontrolni karakter + vrednost trenutnog uzorka + jednosmerna komponenta + naizmenična komponenta. Kontrolnim karakterom se definiše da li se radi o minimalnoj ili maksimalnoj vrednosti pika.

Posle detektovanja vrednosti 40 pikova uređaj prekida sa radom i prosleđuje informaciju programu da je merenje završeno. Posle ovoga program na osnovu ovih informacija računa sistolni, dijastolni i broj otkucaja srca u minutu.

Program za rad sa uređajem za merenje krvnog pritiska napisan je u programskom jeziku DELPHI. Kao glavnu komponentu za vezu sa uređajem koristi TComPort komponentu koja obezbeđuje prijem i slanje preko serijske RS232 komunikacije. Ostale komponente su standardne osim TRChart komponente koja služi za prikaz trenutne vrednosti naizmenične komponente sa uređaja. Izgled prozora programa dat je na slici 11.



Slika 11. Prikaz izgleda prozora programa za merenje krvnog pritiska

Program ima mogućnost snimanja sadržaja informacija u obliku tekstualnog fajla svih pristiglih i obrađenih informacija. Ove informacije se dalje mogu upotrebiti za dalje dodatne obrade ili primenu nekog drugog algoritma za izdvajanje sistolnog i dijastolnog pritiska kao i za merenje broja otkucaja srca.

5. ZAKLJUČAK

Poznavanje krvnog pritiska je veoma bitna informacija prilikom dijagnostikovanja raznih bolesti. Visok krvni pritisak je čest uzrok koji dovodi do smrti. Metode merenja krvnog pritiska mogu biti invazivne i neinvazivne. Invazivnu metodu mogu da primenjuju jedino stručna lica u posebnim uslovima tako da je neprihvatljiva za širok krug ljudi. Auskultatorna metoda je dosta tačna ali zahteva više veštine za merenje krvnog pritiska od oscilometrijske.

Prikazani uređaj koristi oscilometrijsku metodu za automatsko merenje krvnog pritiska i broja otkucaja srca. Zajedno sa programom čini funkcionalnu celinu. Uređaj nije ograničen samo na ovu metodu pošto se uz odgovarajuće izmene može primeniti na neki drugi metod npr. PTT. Informacije prikupljene tokom merenja mogu se dodatno obrađivati i koristiti u cilju pronalaska što tačnijeg rezultata.

6. LITERATURA

- [1] www.freescale.com/files/sensors/doc/data_sheet/M_PX2050.pdf
- [2] –, INA122, Burr-Brown, Data Sheet, 1997.
- [3] –, Implementing File I/O Functions Using Microchip's Memory Disk Drive File System Library, Application Note, 2008.
- [4] –, dsPIC30F4011/4012, Microchip Technology, Data Sheet, 2008

Kratka biografija:



Bojan Dakić rođen je u Novom Sadu 1986. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva –Medicinska elektronika odbranio je 2011. god.

**PROJEKAT IZVEDENOG STANJA STAMBENO-POSLOVNE ZGRADE NA UGLU
ULICA NARODNOG FRONTA I BALZAKOVE U NOVOM SADU****FINAL DESIGN OF RESIDENTIAL BUSINESS BUILDING ON THE CORNER
NARODNOG FRONTA AND BALZAKOVA STREETS IN NOVI SAD**

Miroslav Ivanović, Mirjana Malešev, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – Ovaj rad se sastoji iz dva dela. U prvom delu opisani su porodični bazeni. Prikazane su vrste porodičnih bazena u odnosu na oblik, način građenja i materijale od kojih se grade. U drugom delu rada prikazan je projekat izvedenog stanja za stambeno poslovnu zgradu u Novom Sadu. Potreba za izradom projekta izvedenog stanja je nastala zbog velikog broja izmena koje su urađene tokom građenja ove zgrade, među kojima se ističe izvođenje porodičnog bazena u okviru poslednje etaže. Urađena je nova analiza opterećenja na osnovu ugrađenih materijala, izvedenih elemenata noseće konstrukcije i stvarnog korisnog opterećenja. Novim statičkim proračunom i dimenzionisanjem dobijene su potrebne količine armature koje su upoređene sa ugrađenom armaturom. Zaključeno je da u pojedinim elementima konstrukcije nedostaje armatura, pa je dat predlog za njihovo pojačavanje.

Abstract – This paper is divided in two parts. The family swimming pools are described in the first part of this paper. The types of family swimming pool in terms of form, manner of construction and materials used for building are shown. The final design of residential business building in Novi Sad is shown in the second part of the paper. The need for the final design is appeared due to a large number of changes that were made during the construction of this building, among which the construction of family pool was the most important. A new load analysis is done on the bases of the embedded materials, real types of structure elements and the actual useful loads. The new static calculation and dimensioning obtained the required amount of reinforcement, which were compared with built-in reinforcement. It was concluded that in some structural elements some amount of reinforcement is missing and the suggestion for their strengthening is done.

Ključne reči: konstrukcija, proračun, dimenzionisanje, ojačavanje, bazen.

1. UVOD

Ovaj rad se sastoji iz dva dela: teorijskog i stručnog. Tema teorijskog dela su porodični bazeni. Porodični bazeni se sve češće pojavljuju u zahtevima vlasnika pojedinih apartmana u okviru stambenih objekata. Mogu se izvoditi u dvorištu ili u okviru samog objekta.

NAPOMENA: Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji je mentor Dr Mirjana Malešev vanr.prof.

Na našem tržištu nudi se širok asortiman porodičnih bazena koji se među sobom razlikuju po konstrukciji, obliku i dimenzijama, načinu izvođenja, materijalima od kojih se grade ili uređuju, dodatnoj opremi i naravno, ceni. Zbog toga je potrebno poznavati sve prednosti i nedostatke odabranog porodičnog bazena.

Stručni rad je posvećen projektima izvedenog stanja, jer je česta pojava da se u toku građenja objekta odstupa od projektne dokumentacije na zahtev investitora. Izradom projekta izvedenog stanja za jedan stambeno poslovni objekat kod koga se, u toku građenja, odstupilo od projektne dokumentacije, istaknuta je neophodnost ovakvih projekata, jer se jedino tako mogu sagledati sve mere koje se moraju preduzeti da bi se očuvala globalna i lokalna nosivost i stabilnost konstrukcije.

2. PORODIČNI BAZENI

Iako izgradnja porodičnih bazena tokom proteklih godina uzima sve više maha i u stalnom je uzlaznom trendu, dostupna literatura iz ove oblasti kod nas je vrlo oskudna, tj. gotovo da je i nema. Osim toga, relativno je mali broj preduzetnika i firmi koje su se usko specijalizovale u ovoj oblasti iako je izgradnja bazena po mnogim svojim karakteristikama vrlo specifična. Upravo iz ovih razloga cilj ovog teksta je upoznavanje sa problematikom građenja porodičnih bazena (slika 1).



Slika 1. Primer porodičnog bazena

Prilikom donošenja odluke o izgradnji bazena najbolje je konsultovati stručnjake iz ove oblasti. Ono što je prilikom odlučivanja svakako najvažnije jesu želje budućih korisnika bazena ali i obim buduće investicije. Želje i mogućnosti se uz određene kompromise lako mogu usaglasiti ukoliko se upoznaju bitni elementi pre donošenja konačne odluke.

2.1 Dimenzije bazena

Prilikom određivanja dimenzija bazena od značaja su kako namere budućih korisnika, tako i raspoloživi prostor za izgradnju bazena. Bazen koji će služiti isključivo za kupanje zadovoljiće te potrebe već sa 4 - 5 m dužine i 1,20 m dubine. Međutim, oni koji žele i da plivaju u svojim porodičnim bazenima ne bi trebalo da razmišljaju o bazenu kraćem od 6,5 m. Sa druge strane, prilikom odabira dimenzije treba voditi računa da odabrana dimenzija ne narušava sklad između kuće i preostalog dela dvorišta ili enterijera u kome se nalazi.

2.2 Smeštaj bazena

Faktor koji će svakako presudno uticati na karakter bazena je smeštaj. Bazen smešten u dvorištu kao otvoreni bazen ima svoje prednosti ali i nedostatke baš kao i zatvoreni bazen smešten uz ili u samoj kući. Kao i svugde, tako i ovde postoji kompromisno rešenje: zatvoreni bazen sa pomičnim delom krova i zidova koji pruža kombinaciju ove dve mogućnosti.

2.3 Spoljni, otvoreni bazeni

Najveći nedostatak otvorenog bazena jeste njegov sezonski karakter i vezanost njegovog korišćenja za lepo vreme (slika 2). I pored toga, mnoge činjenice idu u prilog otvorenog, baštenskog bazena:

- ugođaj korišćenja bazena po lepom letnjem vremenu je nenadoknadiv,
- prisustvo bazena značajno podiže izgled dvorišta i kuće,
- osvežavajući efekat u vrelim letnjim noćima,
- izgradnja otvorenog bazena je tehnički jednostavniji poduhvat,
- izdaci za grejanje vode se svode samo na dogrevanje i to po potrebi.



Slika 2. Spoljni, otvoreni bazen

2.4 Unutrašnji, zatvoreni bazeni

Izgradnjom zatvorenog bazena, u sklopu kuće, gubi se njegov sezonski karakter i vreme korišćenja se produžava na celu godinu (slika 3).



Slika 3. Unutrašnji, zatvoreni bazen

Održavanje zatvorenih bazena, zbog izostanka spoljnih atmosferskih faktora je jednostavnije.

2.4 Konstruktivni tipovi bazena

Prema konstrukciji, postoji više tipova bazena:

- montažni bazeni od lake betonske konstrukcije sa čeličnom oplatom i PVC folijom - EUROPOOL bazeni,
- monolitni armiranobetonski bazeni i
- bazeni od specijalnih plastičnih masa.

3. PROJEKAT IZVEDENOG STANJA ZA STAMBENO – POSLOVNI OBJEKAT U NOVOM SADU

3.1 Lokacija i položaj

Stambeno-poslovni objekat, za koji je urađen projekat izvedenog stanja, nalazi u Novom Sadu na uglu ulica Narodnog fronta i Balzakove, na parceli br. 3928/40 K.O. Novi Sad II. Svojim prednjom fasadom je okrenut ka ulici Narodnog fronta, a svojim položajem, nastavlja front, koji formiraju objekti u ulici Narodnog fronta i završava ga, čineći kraj niza prema Balzakovoj ulici. Objekat je pravougaone osnove, dimenzija u osnovi 75x37m. Spratnost zgrade je Su+P+2 i Su+P+4 (slika 4).



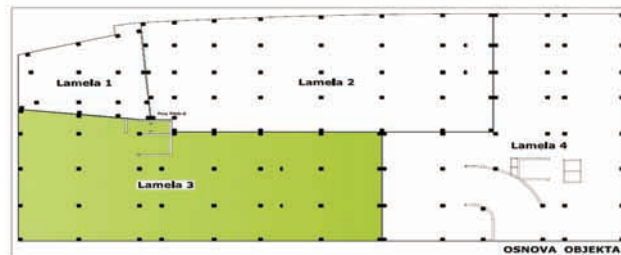
Slika 4. Slika objekta

3.2 Forma

U oblikovnom smislu, objekat u najvećoj mogućoj meri korespondira sa okolnim objektima. Sa jedne strane nastavlja relativno nizak front prema ulici Narodnog fronta, a sa druge strane svojim višim delom čini međustepenik između niskih uličnih delova i visokih stambenih kula u unutrašnjosti bloka.

U smislu arhitektonskog izraza objekat je savremenih linija, boja i estetike koja je potpuno primerena modernističkom ambijentu u kome se nalazi.

Predmet ovog rada je lamela 3 stambeno poslovnog objekta (slika 5).



Slika 5. Osnova poslovno-stambenog objekta (označena lamela je predmet diplomskog-master rada)

3.3 Konstrukcija

Osnovni konstruktivni sistem objekta je AB skelet sa seizmičkim platnima. Konstrukcija se fundira na temeljnoj ploči podrumске etaže. Zgrada je podeljena dilatacijama u četiri lamele. Ulične lamele (L1 i L2, u odnosu na ul.N.Fronta) spratnosti su Su+P+2, dok su L3 i L4 dvorišne lamele i one su spratnosti Su+P+4. Noseću međuspratnu konstrukciju čine „pune“ armiranobetonske ploče debljine d=22cm. Ploče su direktno oslonjene na armiranobetonske stubove. Na mestu oslanjanja u ploči se izvode „skriveni“ kapiteli postavljanjem glatke armature GA 240/360. Stubovi su dimenzija 50x50cm u suterenu i prizemlju a na spratovima su 45x45cm. Ploče i stubovi su izvedeni od betona MB 30. Armirani su rebrastom armaturom RA 400/500. Uzengije su od GA 240/360.

Krovna konstrukcija je puna AB ploča debljine d=22cm. Za prihvatanje seizmičkih uticaja projektovana su seizmička platna. Platna su debljine d=25cm. Armirana su mrežastom armaturom MA 500/560 i rebrastom armaturom na krajevima.

Armiranobetonski stubovi u suternu oslanjaju se na „punu“ AB temeljnu ploču. Kod lamela 1 i 2 debljina temeljne ploče je d= 60cm a kod lamela 3 i 4 temeljna ploča je d= 80cm. Temeljne kontra grede „utopljene“ su u AB ploču. Temeljne ploče su od betona MB 30 a armirane su rebrastom armaturom RA400/500 a uzengije kontra greda su od glatke armature GA240/360.

3.4 Izmene nastale prilikom građenja objekta

Prilikom građenja noseće konstrukcije Lamela 3 predmetnog stambeno-poslovnog objekta, a na zahtev investitora, došlo je do promene namene i izgleda nekih delova objekata, kao i do promene u upotrebljenim materijalima u odnosu na projektovano stanje. Navedene promene prikazane su u tabeli 1.

Tabela 1. Izmene u odnosu na projektovano stanje

IZMENE	PROJEKTOVANO STANJE	IZVEDENO STANJE
Deo fasade prema Balzakovoj ulici	Zakrivljena fasada	Bez zakrivljenja
Povećanje/smanjenje visine etaža	m	m
suteran	3,02	2,96
Prizemlje	4,30	4,75
I sprat	3,30	3,50
II sprat	3,30	3,25
III sprat	2,92	3,01
IV sprat	2,92	3,01
V sprat	3,32÷4,38	3,20
Promena debljine ploče suteran-prizemlje	20cm	28cm
Promena debljine ploča viših etaža	20cm	22cm
Promena nagiba krova	3,00%	0,00%
Promena debljine fasadnih zidova	36cm	30cm
Promena debljine pregradnih zidova	25cm	20cm
Promena debljine pregradnih zidova stanova	12cm	10cm

3.5 Analiza opterećenja

Sledeći slučajevi opterećenja uzeti su u obzir pri analizi:

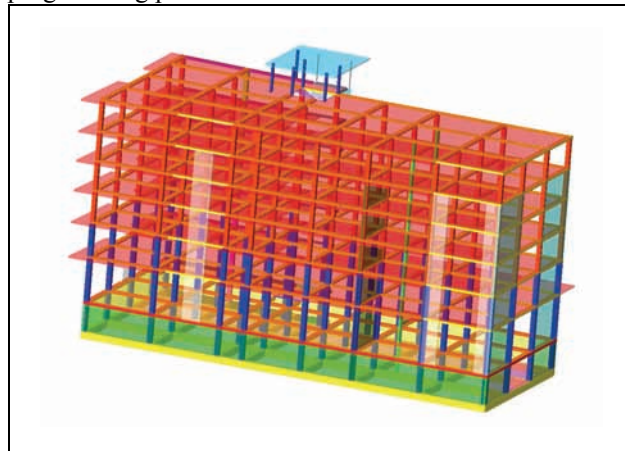
- Stalno opterećenje,

- Korisno opterećenje (SRPS U.C7.121),
- Opterećenje snegom 0,75kN/m²,
- Opterećenje vetrom (SRPS U C7.110, 111, 112) i
- Seizmičko opterećenje.

Sopstvena težina nosećih elemenata konstrukcije (stubovi, pojedine međuspratne konstrukcije, grede, zidna platna, stepenišne ploče, liftovska okna) proračunata je u programskom paketu „Tower 6“ za zapreminsku masu betona od $\gamma_b = 25 \text{ kN/m}^3$.

3.6 Statički proračun i dimenzionisanje

Statički proračun izmenjene noseće konstrukcije objekta sa stvarnim korisnim opterećenjem, sproveden je na računskom modelu koji je izrađen u računarskom programu za proračun građevinskih konstrukcija Tower 6.0 (slika 6). Dimenzionisanje stubova, greda i ploča urađeno prema pravilniku BAB 87 korišćenjem istog programskog paketa .



Slika 6. 3-D model konstrukcije

4. UPOREĐENJE IZVEDENOG STANJA KONSTRUKCIJE SA PROJEKTOVANIM

Rezultati statičkog proračuna i dimenzionisanja noseće konstrukcije Lamela 3 za izvedeno stanje stambeno-poslovnog objekta na uglu ulica Narodnog fronta sa Balzakovom, su upoređeni sa armaturom ugrađenom u objekat. Rezultati ove uporedne analize dati su tabelama 2 i 3.

U tabeli 2 prikazana je uporedna analiza za AB ploče.

Tabela 2. Upoređenje potrebne i ugrađene armature za AB ploče

POS	PROJEKTOVANO STANJE		IZVEDENO STANJE BEZ BAZENA	
	POLJE (cm ² /m)	OSLONAC (cm ² /m)	POLJE (cm ² /m)	OSLONAC (cm ² /m)
TP	30,79	43,75	29,22	38,84
000	11,78	27,96	14,44	29,08
100	15,24	27,96	8,73	32,19
200	15,24	27,96	6,68	24,87
300	15,24	27,96	6,67	24,02
400	15,24	27,96	6,82	22,61
500	15,24	27,96	6,42	23,14
600	7,85	23,25	10,19	24,04

Iz predmetne tabele se zaključuje da je ugrađeno manje od potrebne armature u ploče POS 000 i POS 600 iznad oslonaca i u poljima, a za ploču POS 100 iznad oslonaca.

U tabeli 3 prikazana je uporedna analiza za stubove. Pri tome treba imati u vidu da u objektu postoje tri tipa stubova čiji minimalni procenti armiranja iznose:

$$b/d = 50/50\text{cm} \quad A_{a,\min} = (0,60/100) \times 50 \times 50 = 15,00 \text{ cm}^2$$

$$b/d = 45/45\text{cm} \quad A_{a,\min} = (0,60/100) \times 45 \times 45 = 12,15 \text{ cm}^2$$

$$b/d = 25/50\text{cm} \quad A_{a,\min} = (0,60/100) \times 25 \times 50 = 7,50 \text{ cm}^2$$

Stubovi S 31 su unutrašnji stubovi, S 32 ivični stubovi a S 33 unutrašnji sa dimenzijama 25x50 cm. Dimenzije stubova S 31 i S 32 kroz etaže od suterena (S) do prvog sprata (I) su 50x50 cm a od drugog sprata (II) su redukovani na dimenzije 45x45 cm.

Tabela 3. Upoređenje količine armature ugrađene u stubove (projektovano stanje) sa potrebnom armaturom prema izvedenom stanju bez i sa bazenom

cm ²	PROJEKTOVANO STANJE			IZVEDENO STANJE			IZVEDENO STANJE SA BAZENOM		
Pos	S 31	S 32	S 33	S 31	S 32	S 33	S 31	S 32	S 33
Su	58,90	34,02	12,06	33,17	19,83	7,50	33,20	19,75	7,50
P	58,90	34,02	12,06	15,88	15,00	19,59	20,19	15,00	19,47
I	45,62	24,13	12,06	15,00	15,00	7,50	15,00	15,00	7,50
II	45,62	24,13	12,06	12,15	12,15	7,50	12,15	12,15	7,50
III	34,02	24,13	12,06	12,15	12,15	7,50	12,15	12,15	7,50
IV	34,02	24,13	12,06	12,15	12,15	7,50	12,15	12,15	7,50
V	24,13	24,13	12,06	12,15	24,25	10,26	12,15	24,02	10,26

Na osnovu rezultata prikazanih u tabeli 3 se može zaključiti da stubovima S 31 nedostaje izvesna količina armature u suterenskom delu da bi zadovoljili uslove iz projekta izvedenog stanja, a stubovima S33 u prizelju.

U tabeli 4 prikazane su potrebne količine armature prema izvedenom stanju i ugrađene – projektovane količine armature u seizmičkim platnima. Upoređenje je dato za platna P31, P33 i P34. Na osnovu prikazanih količina armature, zaključeno je da je ugrađena dovoljna količina armature u seizmička platna.

Tabela 4. Upoređenje armature zidova projektovanog i izvedenog stanja

POS	PROJEKTOVANO STANJE (cm ²)	IZVEDENO STANJE (cm ²)
P 31	32,95	30,90
P 33	89,08	65,10
P 34	88,23	65,10

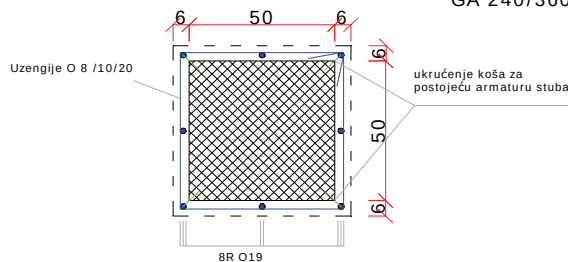
7. PREDLOG SANACIJE STUBOVA

Stub S31, dimenzija 50x50cm, kome nedostaje 75,38-58,90=16,48 cm² glavne armature u suterenskom delu da bi imao potrebnu količinu armature prema projektu izvedenog stanja, potrebno je ojačati dodavanjem nedostajuće armature i povećanjem dimenzija poprečnog preseka. Količina armature, koju je potrebno dodati u poprečni presek stuba S31 iznosi 8 RØ19 (22,68cm²).

Armatura se oko stuba postavlja simetrično, a šipke u uglovima je potrebno povezati distancerima za postojeću armaturu stuba. Da bi se ova operacija izvela potrebno je ukloniti zaštitni sloj betona i delimično "otkriti" ugrađenu armaturu u uglovima. Glavna armatura se mora usidriti u temeljnu ploču i ploču iznad suterena. Nove uzengije se postavljaju na istom rastojanju kao i postojeće. Prilikom postavljanja oplata voditi računa o zaštitnom sloju betona koji treba da iznosi 2 cm. Nove dimenzije stuba S31 u suterenu su 62x62cm. Plan ojačanja dat je na slici 7.

Pojačanje stuba 50x50 cm sa sve četiri strane

MB 30
RA 400/500
GA 240/360

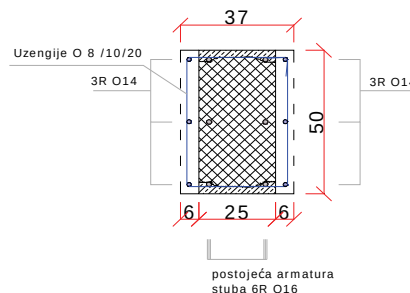


Slika 7. Ojačanje stuba suterena dimenzija 50x50 cm

U slučaju stuba 50x25cm nedostatak armature se javlja u etaži prizemlja i iznosi 7,53 cm² a nastala je usled povećanja visine etaže prilikom izvođenja. Stubu je potrebno dodati 6RØ14 sa dve strane tako da će se kraća strana povećati sa 25 na 37 cm a duža strana ostaje istih dimenzija. Postupak ojačanja prikazan je na slici 8.

Pojačanje stuba 50x25 cm sa dve strane

MB 30
RA 400/500
GA 240/360



Slika 8. Ojačanje stuba prizemlja dimenzija 50x25 cm

7. LITERATURA

- [1] Beton i armirani beton prema BAB87 – Osnove proračuna i konstruisanja, Univerzitetska štampa, Beograd, 2000.
- [2] "TOWER - 3D MODEL BUILDER 6"
- [3] Živorad Radosavljević, Dejan Bajić-Armirani beton 3.
- [4] www.bazeni.rs
- [5] V. Radonjanin, M. Malešev - Materijal sa predavanja iz predmeta "Praćenje, procena stanja i održavanje građevinskih objekata" i "Materijali i tehnike sanacije i zaštite građevinskih objekata", 2005.

Kratka biografija:



Miroslav Ivanović rođen je u Šapcu 1983. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti građevinarstva – Projekat izvedenog stanja stambeno poslovne zgrade na uglu ulica Narodnog fronta i Balzakove u Novom Sadu odbranio je 2011.god.



Mirjana Malešev rođena je u Novom Sadu Doktorirala je u Beogradu 2003 god. i trenutno radi kao vanredni profesor u Novom Sadu. Uže oblasti profesionalnog rada su: procena stanja i sanacija betonskih konstrukcija, materijali u građevinarstvu, tehnologija betona i ispitivanje konstrukcija

PROCES MONTAŽE HALE I POVEZIVANJE MS-PROJECT-a I 3D VIZUELIZACIJE HALL ASSEMBLING PROCESS AND LINKING MS-PROJECT AND 3D VISUALISATION

Zoran Maletić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – Rad obuhvata prikaz planiranja procesa izrade montažne betonske hale sa povezivanjem aktivnosti iz Ms-Project-a sa 3D modelima rađenim u softverskom paketu Rhinoceros.

Abstract – Work includes presentation of planning process of prefabricated concrete hall and linking activities from Ms-Project with 3D models developed in the software package Rhinoceros.

Ključne reči: Montaža hala, 3D vizuelizacija procesa montaže

1. UVOD

Dobra organizacija izgradnje objekta definiše se i planira u projektu tehnologije i organizacije građenja a realizuje upravljanjem projektima i građenjem. Bez planiranja i prethodnog sagledavanja odgovarajućih aktivnosti, svaka ljudska delatnost, pa tako i građevinarstvo bi se odvijala sa smanjenim izgledima za postizanje ciljeva. Iz tog razloga, jako je bitno da planiranje bude realno, odnosno da odgovara proizvodnim mogućnostima, da počiva na konkretnim podacima i da koristi stečena iskustva. Planiranje se u građevinarstvu odnosi na izbor tehnologije, definisanje radnih aktivnosti i njihovih uzajamnih uslovljenosti, procenu njihovog trajanja i određivanje vremenskih termina i resursa za njihovu realizaciju.

U cilju sprečavanja pojave većine nepovoljnih okolnosti potrebno je celishodno planirati i uzeti u obzir sve parametre koji su od važnosti za realizaciju projekta. Pre razrade novog projekta neophodno je misaono predstaviti sve operacije projekta, srediti te operacije prema postupnosti izvršenja, objasniti smisao i značaj svake operacije, kao i to na koji način i pomoću kojih sredstava se data operacija može izvršiti. U skladu sa tim, tokom obrade projekta na računaru, dobro bi bilo da se uz svaku aktivnost koja je usmerena ka postizanju jasnog cilja (izgradnja jednog ili više objekata) omogući i što bolja vizuelna predstava same aktivnosti. U skladu s tim u ovom radu glavni akcenat je stavljen na 3D vizuelizaciju montaže elemenata hale koja će biti predstavljena u Microsoft Project 2007 za karakteristične aktivnosti sa odgovarajućim modelima napravljenim Rhinoceros softveru.

2. OPIS OBJEKTA

Predmet rada jeste organizacija izgradnje magacinske hale dimenzija 39,50 x 60,00m. Ukupna visina hale, od sleme-

na krova do poda je 7,93m. Razmak stubova u podužnom pravcu je 10,00 m a u poprečnom 9,75 i 10,00m.

2.1. Konstrukcija objekta

Noseća konstrukcija magacinske hale sastoji se od poprečnih ramova na rastojanju od 10,00m, povezanih u podužnom pravcu sekundarnim krovim nosačima-rožnjačama i temeljnim trakama.

Ram čine:

- temeljne stope sa čašicom
- stubovi
- armiranobetonski krovni nosači

Konstruktivni sistem magacinske hale sveden je na svega 6 elemenata koji se mogu izraditi u obližnjoj fabrici za prefabrikaciju armiranobetonskih elemenata i to:

- stub S1
- stub S2
- stub S3
- armiranobetonski krovni nosač GN1
- armiranobetonski krovni nosač GN2
- sekundarni krovni nosači - rožnjače

2.2. Povezivanje glavnih nosećih elemenata

Povezivanje montažnih, ranije proizvedenih elemenata u jedinstvenu konstrukciju predstavlja vrlo važan i detaljan projektantski i izvođački zadatak. Od načina povezivanja elemenata kao i preciznosti pri izvođenju zavisi stabilnost celokupne konstrukcije. Trajnost i kvalitet veza mora da odgovara trajnosti i kvalitetu celokupnog objekta.

Sve međusobne veze elemenata rešene su zglobno, izuzev uklještenja stubova u temelje.

3. IZRADA, TRANSPORT I TEHNOLOGIJA MONTAŽE ELEMENATA KONSTRUKCIJE

3.1. Izrada i transport montažnih elemenata

Montažni armiranobetonski elementi proizvode se u posebnim pogonima, van gradilišta, jer je organizacija linije za prefabrikaciju elemenata na samom gradilištu odbačena kao neekonomično rešenje.

Zbog karakteristika montažnih elemenata transport iz pogona za prefabrikaciju do gradilišta vrši se kamionom sa niskonosećom prikolicom. Montaža samohodnom autodizalicom se vrši direktno sa transportnog sredstva pa se pristizanje montažnih elemenata na gradilište mora sprovesti prema utvrđenom planu transporta. To se postiže izradom operativnog plana isporuke gotovih montažnih elemenata koji mora biti u skladu sa usvojenim ciklogramom montaže.

3.2. Tehnologija montaže elemenata konstrukcije

Montaža pojedinih elemenata je sastavljena od niza operacija koje je potrebno izvršiti da bi se postavljanje elemenata u konstrukciju izvršilo brzo, kvalitetno i sigurno.

NAPOMENA:

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

Tehnološki proces montaže obuhvataju sledeće aktivnosti:

- priprema ležišta,
- priprema elementa,
- zahvatanje,
- podizanje,
- spuštanje i privremeno učvršćivanje,
- kontrola položaja,
- spajanje montažnih elemenata.

Montaža hale vrši se kombinovanom metodom pomoću jedne samohodne dizalice tipa Liebherr LTF 1035-3.1 dužine strele 9,2-30.0 m i nosivosti 35t.

Metoda montaže i pristup samoj montaži zavise od položaja elemenata u konstrukciji i od funkcije samog elementa. Elemente u konstrukciji možemo podeliti na horizontalne i vertikalne i oni zahtevaju drugačije izvođenje montaže. Zbog toga potrebno razmotriti metode montaže za sve elemente posebno, što će biti učinjeno u nastavku.

4. DINAMIČKI PLANOVI MONTAŽE

4.1. Plan izgradnje objekta

Izrada dinamičkog plana izgradnje objekta podrazumeva izradu modela procesa izvođenja radova na izgradnji objekta kao i vremensku analizu postavljenih modela. Modeliranje procesa izgradnje objekta predstavljeno je kroz:

- ciklogram montaže konstrukcije hale i
- mrežni plan montaže hale

4.2. Obrada mrežnog plana na računaru

Korišćenjem odgovarajućih računarskih programa u fazi izgradnje objekta olakšano je praćenje dinamike i realizacije planiranih aktivnosti na časovnom, nedeljnom, mesečnom, kvartalnom, godišnjem nivou. Program koji je korišćen za obradu mrežnog plana u ovom radu je Microsoft Project 2007. Pre primene ovog programa potrebno je uraditi sledeće:

- definisati projektne ciljeve,
- razložiti izgradnju objekta na pojedinačne aktivnosti,
- odrediti vremena trajanja aktivnosti,
- definisati prirodu veza između aktivnosti,
- odrediti ograničenja,

- definisati godišnji kalendar, broj radnih časova dnevno, trajanje radne nedelje, mesečni i godišnji broj radnih dana kao i datum početka radova na projektu.

Pogodnost upotrebe ovog računarskog programa jeste blagovremeno prilagođavanje mogućim izmenama nastalim tokom same izgradnje objekta i modifikovanje prethodno izrađenih planova. Navedena pogodnost programa može se iskoristiti u sledećim situacijama:

- neki od resursa trenutno nije na raspolaganju,
- budžet je iznenada ograničen,
- promene u strukturi radne snage,
- mogućnost upotrebe modernije i brže mehanizacije i dr.

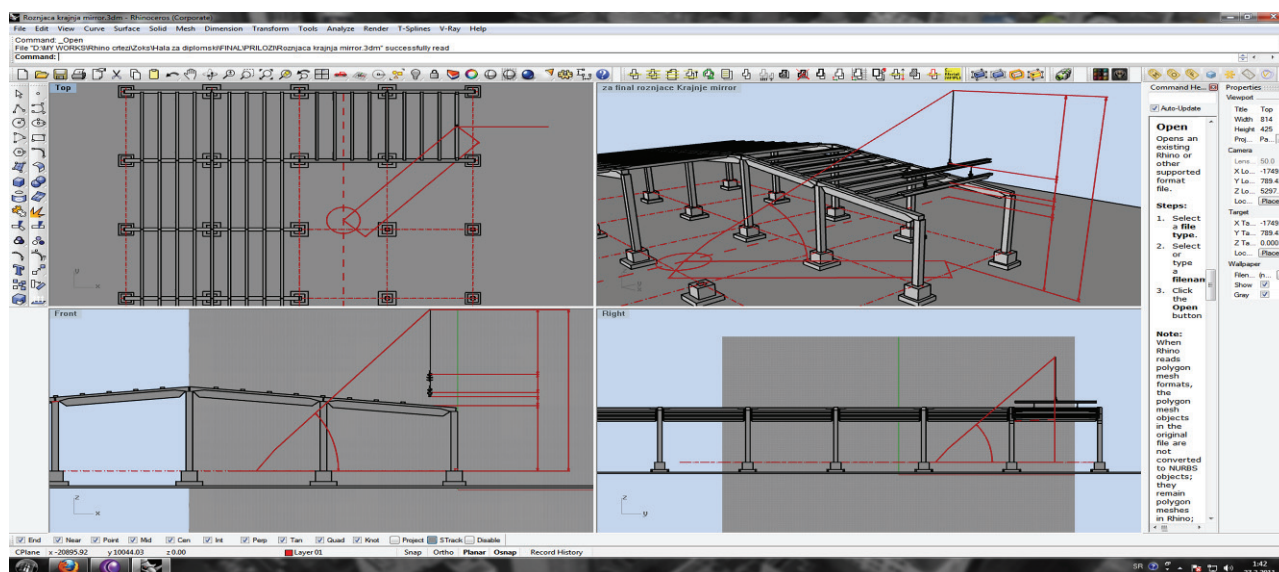
5. 3D VIZUELIZACIJA MONTAŽE ELEMENATA

3D modeli koji se rade u softverskom paketu Rhinoceros odnose se na trenutak montaže za sve tipove elemenata hale, odnosno za karakteristične aktivnosti prikazani su za dva tipa montaže:

- slobodnu montažu i
- montažu preko prepreke

Kao slobodna montaža u ovom slučaju uzima se montaža stubova i glavnih nosača dok se kao montaža preko prepreke uzima montaža rožnjača. Montaža krajnje rožnjače prikazana je na slici 1. Prikazi su rađeni na osnovu postupka za proračun samohodnih dizalica, odnosno na osnovu dobijenih minimalnih potrebnih karakteristika koje treba da ima samohodna dizalica.

3D objekti koji se prave u Rhinoceros-u se generalno nazivaju modelima. Isti termin se koristi i za glinene, plastične ili kartonske prezentacije nekog realnog ili objekta u ravni. Kao i ovi fizički modeli i Rhinoceros-ovi modeli su u potpunosti 3D i relativno ih je lako napraviti i modifikovati. Kako izrada 3D modela zahteva rad na računarima sa što boljim performansama čiji bi konačan proizvod bio i što bolji grafički prikaz samih modela, bilo da se to prikazuje u izometriji, perspektivi ili na neki drugi način, to je ovde izbegnuto prikazivanje dizalice, a umesto toga na crtežima je kosom linijom predstavljena strela dizalice sa odgovarajućim uglom i radijusom zahvatanja elemenata.



Slika 1. Prikaz analiziranog objekta u okviru prozora za modelovanje softvera Rhinoceros

Samim tim, s obzirom da se ti modeli uvoze u Ms Project, omogućena je bolja preglednost neophodnih informacija.

6. POVEZIVANJE MS PROJECT-a I 3D VIZUELIZACIJE MONTAŽE ELEMENATA

Osnovni cilj rada je 3D vizuelizacija montaže elemenata hale. Prethodno se na osnovu glavnog projekta konstrukcije naprave 3D modeli montaže za sve tipove elemenata hale.

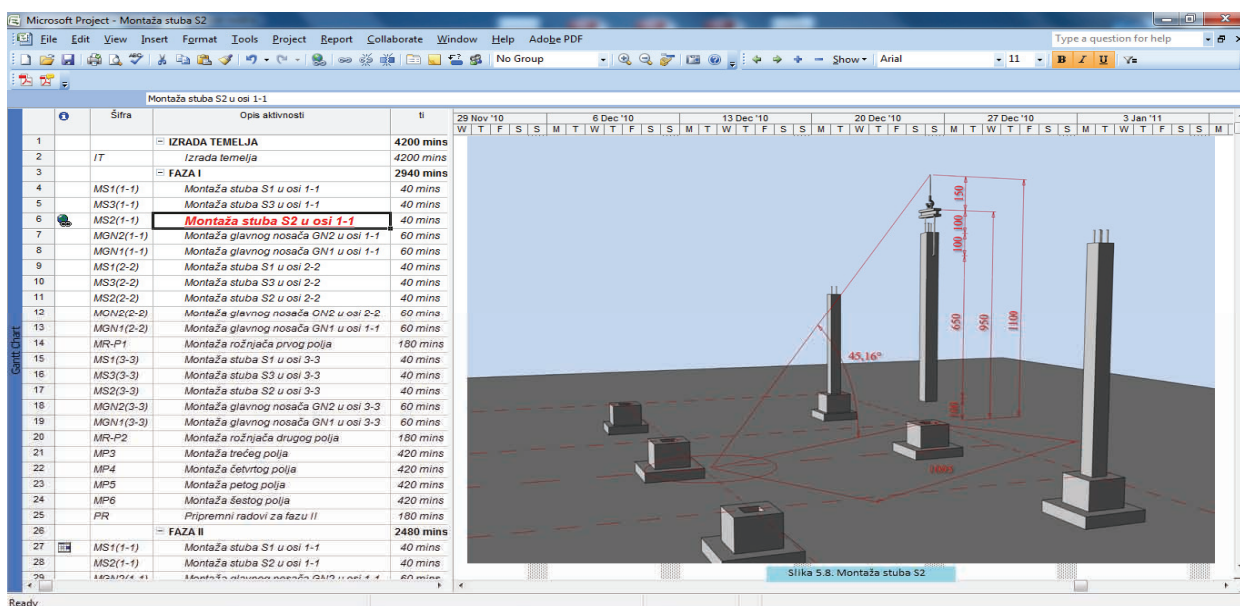
Kako se izvođenje radova na montaži odvija po predviđenom redosledu, koji je utvrđen aktivnostima, svaka aktivnost iz Ms Project-a se povezuje sa odgovarajućim modelom i tako na jedan drugačiji način predstavlja sam proces montaže elemenata, a sve u sklopu obrade projekta organizacije građenja.

U Ms Projectu su u levom delu prikaza predstavljene sve aktivnosti koje se odnose na montažu po redosledu

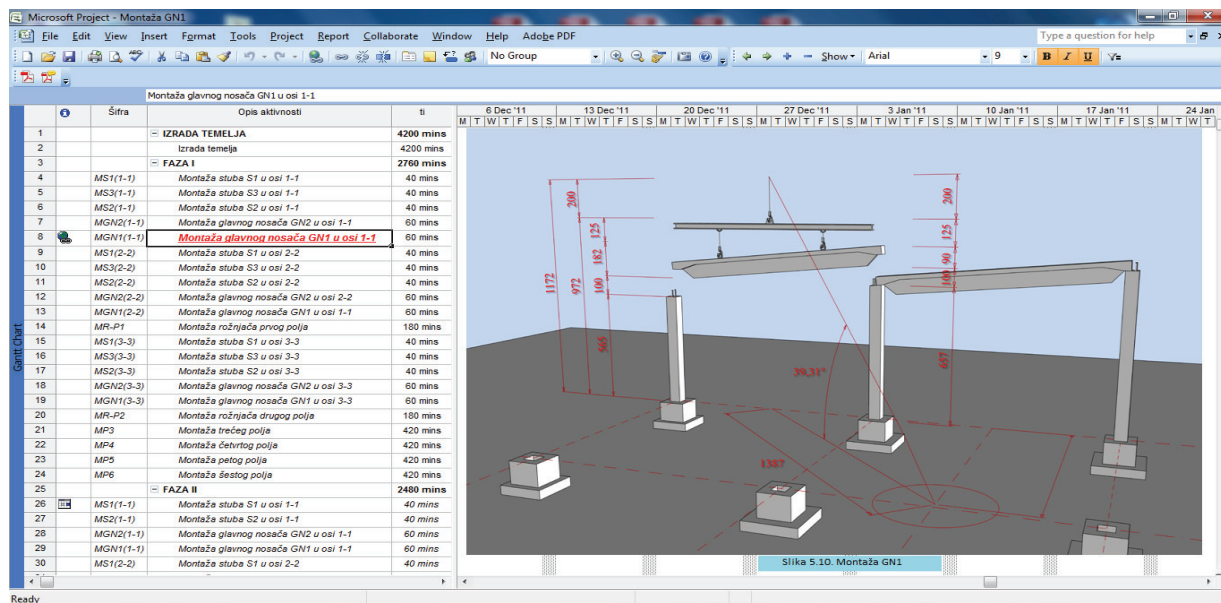
njihovog izvođenja, a u desnom delu prikaza sve te aktivnosti su prikazane odgovarajućim modelima u izometriji.

S obzirom da se ovaj objekat sastoji iz relativno velikog broja elemenata za prikazivanje, razrađeni su modeli samo za one aktivnosti, odnosno one elemente, koji su merodavni za izbor mehanizacije za montažu - dizalice. U skladu s tim, svaki prikaz je upotpunjen računskim podacima o minimalnom radijusu, minimalnoj visini na koju se element mora podići, visini kuke iznad elementa kao i ostalim podacima neophodnim za montažu.

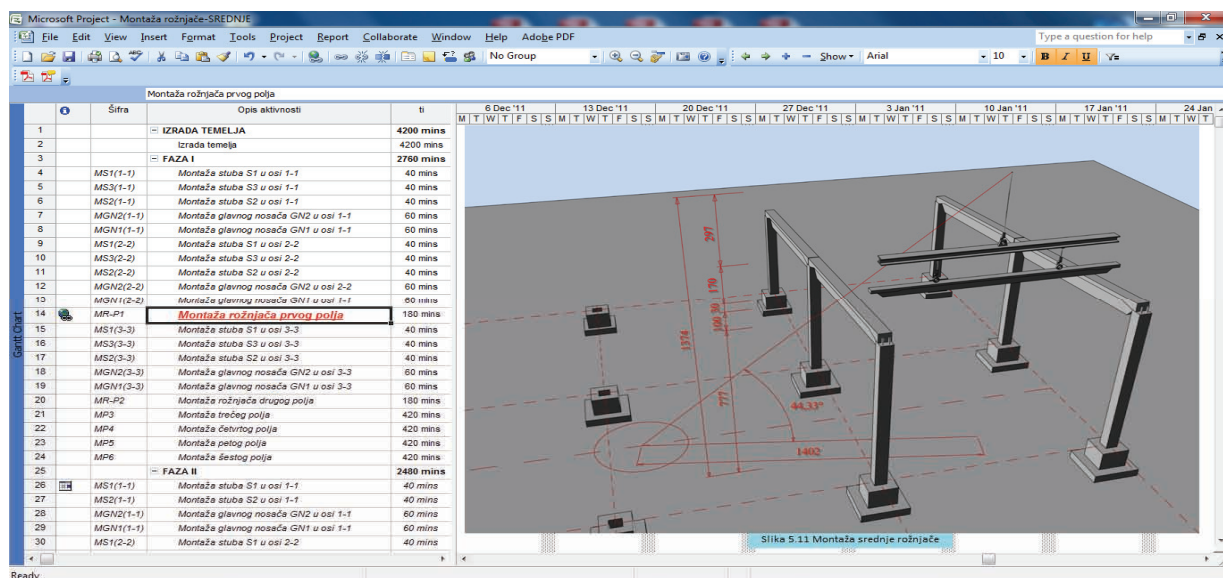
Na slikama 2, 3 i 4 prikazana je 3D vizuelizacija karakterističnih elemenata za posmatrani objekat, stuba, glavnog nosača i rožnjače dok je na slici 5 predstavljena 3D vizualizacija zbirne aktivnosti na mrežnom planu odnosno kompletiranje montažne konstrukcije objekta.



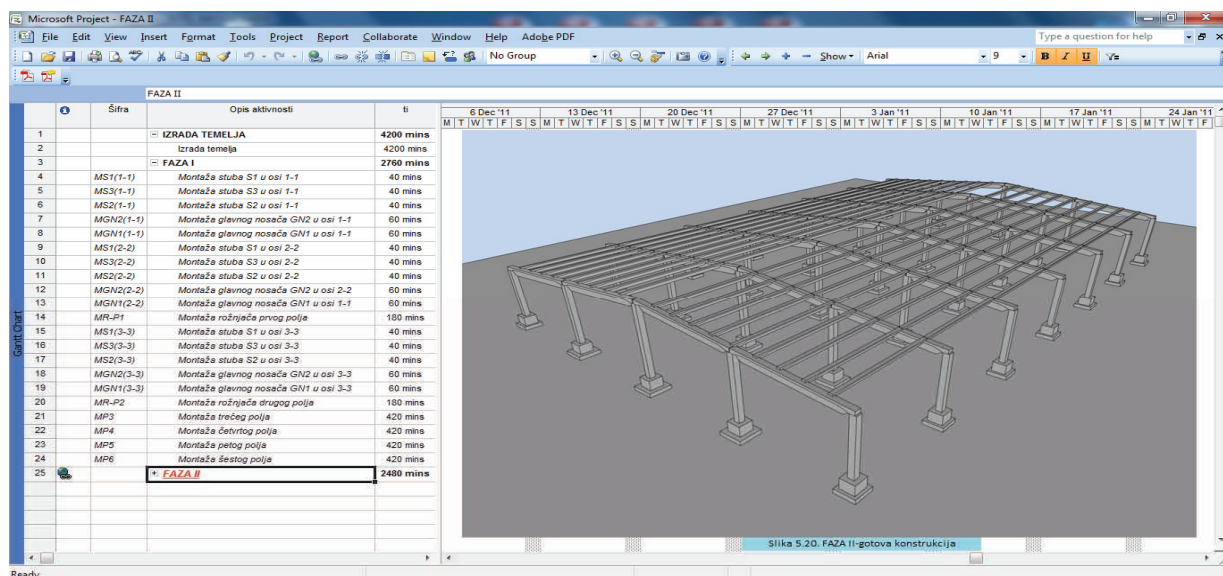
Slika 2. 3D vizuelizacija montaže stuba S2



Slika 3. 3D vizuelizacija montaže GN1



Slika 4. 3D vizuelizacija montaže rožnjače



Slika 5. 3D vizuelizacija montažne konstrukcije hale

7. ZAKLJUČAK

U radu je prikazan način izrade 3D modela montaže karakterističnih elemenata hale, stuba, glavnog nosača i rožnjače. Radom obuhvaćeni modeli, implementirani su u program koji se bavi planiranjem procesa montaže, gde je svaki od modela pridružen odgovarajućoj aktivnosti.

Na ovaj način su dobijeni vizuelni planovi procesa montaže koji, u velikoj meri, omogućavaju efikasnije sagledavanje aktivnosti u procesu planiranja. Posebno je značajno da se ovakvi planovi nađu i na gradilištu, što omogućava lakše sagledavanje i praćenje procesa i izvođaču i nadzoru.

8. LITERATURA

- [1] M.R.Trivunić, "Montaža betonskih konstrukcija zgrada", Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, 2000.godina.

- [2] M.Trivunić, Z.Matijević, "Tehnologija i organizacija građenja-praktikum", br. 126, FTN, Novi Sad, 2006
[3] B.Trbojević, "Organizacija građevinskih radova", Naučna knjiga, Beograd, 1989.

Kratka biografija:



Zoran Maletić rođen je u Šapcu 1985. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstvo–Organizacija i tehnologija građenja, odbranio je 2011.god.

PROJEKAT KONSTRUKCIJE VIŠESRATNE ARMIRANOBETONSKE STAMBENE ZGRADE U NOVOM SADU

DESIGN PROJECT OF STRUCTURE OF MULTISTORY RC RESIDENTIAL BUILDINGS IN NOVI SAD

Milan Milovanović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast– GRAĐEVINARSTVO

Sadržaj– U radu je prikazan projekat konstrukcije višespratne armiranobetonske stambene zgrade S+Pr+4 kao i uporedna analiza odredbi za projektovanje betonskih konstrukcija prema zahtevima trajnosti i upotrebljivosti prema PBAB87 i Evrokodu EC2.

Abstract– The project of multistory reinforced concrete residential building basement + ground floor + 4 stories, and a comparative analysis of regulations for design of concrete constructions according to demands of durability and serviceability limit cracks by PBAB87 i EC2.

Ključne reči: armiranobetonska zgrada, skeletni sistem, trajnost betona, prslina.

1. UVOD

Projektnim zadatkom predviđeno je projektovanje armiranobetonske stambene zgrade spratnosti suteran + prizemlje + četiri sprata, koja je u osnovi Γ- oblika. Definisani su gabariti, rasteri stubova, namena pojedinih površina, lokacija i konstruktivni sistem.

2. OPIS PROJEKTA

2.1. Projektni zadatak i arhitektonsko rešenje

Zgrada je projektovana kao skelet sa zidovima za ukrućenje. Osnova zgrade sa šemom ramova je prikazana na sl. 1. U X- pravcu pružaju se ramovi obeleženi slovima od A do G, a razmaci između ramova su 0,50 m, 1,27 m, 1,83 m, 2,60 m i 3,0 m. Ramovi u Y- pravcu su obeleženi brojevima od 1 do 6 i njihovi međusobni rasteri su 0,72 m, 1,10 m, 1,20 m, 1,22 m, 1,50 m, 1,75 m, 3,90 m, 4,40 m i 5,65 m. U suterenu su predviđene prostorije za vodomernu, toplotnu podstanicu, ostavu i garažni prostor. U prizemlju objekta predviđen je prostor za stanovanje, koji može biti adaptiran i kao poslovni prostor. Na tipskom spratu (od prvog do četvrtog) se takođe predviđa prostor za stanovanje. Spratna visina suterena je 2,65 m, a prizemlja i svih spratova 3,0 m. Za vertikalnu komunikaciju se kositi lift i dvokrako stepenište sa međupodestom.

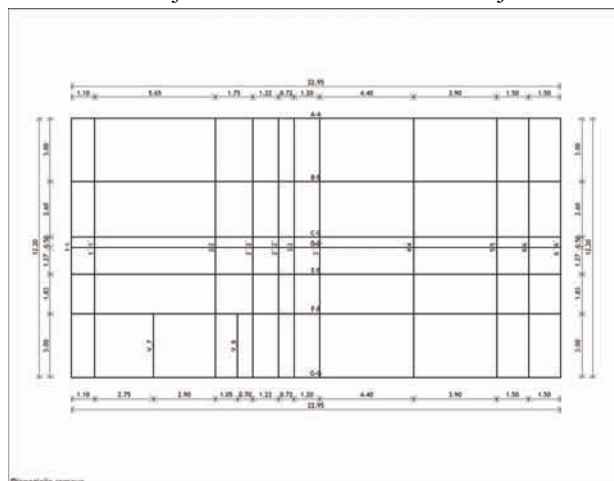
Zidovi (sa unutrašnje strane) i plafoni se malterišu produžnim malterom $d = 1,5$ cm i boje poludisperznom bojom. U sanitarnim prostorijama i kuhinjama zidovi se oblažu keramičkim pločicama.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog- master rada čiji mentor je bio prof. dr Đorđe Ladinović.

Podovi u sobama i hodnicima su od klasičnog parketa $d = 2,2$ cm, a u kupatilu, ostavi i kuhinji od keramičkih pločica. Podovi na terasama su od mrazootpornih pločica $d = 1,0$ cm. U kupatilima i na terasama na konstrukciju treba postaviti hidroizolaciju.

Stepeništa i hodnici obrađuju se keramičkim pločicama. Fasadni zidovi su sendvič zidovi debljine $d = 25$ cm (giterblok + izolacija) i $d = 42$ cm (giterblok + izolacija + opeka) sa obradom u vidu demit fasade $d = 5,0$ cm. Unutrašnji zidovi su od giterbloka debljine $d = 25$ cm, $d = 20$ cm i $d = 12$ cm. Tavanice iznad negrejanih prostorija oblažu se stiroporom $d = 5,0$ cm, a tavanice prema tavanu zaštićuju se tvrdim termoizolacionim slojem debljine $d = 5,0$ cm preko koga se izvodi lako armirana cementna košuljica $d = 3-4$ cm kao završni sloj.



Slika 1. Šema ramova

2.2. Konstruktivni sistem zgrade

Konstruktivni sistem zgrade prema sistemu nosećih elemenata, je ukrućen skelet koji se sastoji od grupe podužnih i poprečnih, ortogonalno postavljenih ramova, ukrućenih zidnim platnima. Konstrukcija je armirano-betonska sa zidanom ispunom

Međuspratna konstrukcija je projektovana kao sistem kontinualnih krstasto armiranih ploča u oba pravca. Međuspratne tavanice su debljine 20 cm i primaju gravitaciono opterećenje jednog sprata, koje prenosi na grede i stubove objekta, kao i zidna platna. Pored toga međuspratna konstrukcija ukružuje sistem u horizontalnom pravcu i prima horizontalne sile, a prenosi ih dalje na vertikalne elemente (stubove i zidove za ukrućenje). Glavno stepenište u objektu sastoji se od dve kose ploče i horizontalnog međupodesta. Stepenište je uklješteno između dve međuspratne tavanice.

Dimenzije greda u podužnom i porečnom pravcu su 20/30 cm, 30/45 cm, 35/40 cm, 20/40 cm.

Dimenzije stubova su u suterenu 35/40 cm, 55/55 cm, a na ostalim etažama 50/45, 35/40 i 40/55 cm. Stubovi su projektovani tako da zadovoljavaju propisane uslove iz pravilnika o tehničkim normativima za izgradnju u seizmički aktivnim područjima. Zidovi za ukrućenje postavljani su u oba ortogonalna pravca i njihova uloga je da prime i prenesu na temelje horizontalna seizmička opterećenja i doprinesu celokupnoj krutosti zgrade. Zidna platna u poprečnom i podužnom pravcu su debljine 25 i 20 cm, a zidovi liftovskog okna su dimenzija $d = 20$ cm i $d = 15$ cm. Zidovi za ukrućenje su projektovani tako da zadovoljavaju propisane uslove iz Pravilnika o tehničkim normativima za izgradnju objekata visokogradnje u seizmičkim područjima. U suterenu su projektovani armiranobetonski zidovi debljine $d = 25$ cm i $d = 20$ cm. Njihova uloga je da prime opterećenje od tla.

Za sve armiranobetonske elemente korišćena je marka betona MB35, a armiranje je izvršeno armaturom RA 400/500, u skladu sa pravilnikom PBAB 87 i Pravilnikom o tehničkim normativima za izgradnju objekata visokogradnje u seizmičkim područjima.

Krovnna konstrukcija je drvena. Pored uticaja od sopstvene težine konstrukcija, proračunata je i na dejstvo vetra i snega. Opterećenje od krovne ravni preuzimaju drveni rogovi maksimalnog osovinskog razmaka $e = 80$ cm i dimenzija 12/14 cm. Opterećenje sa rogova prenosi se na venčanice ($b/d = 14/14$ cm) i rožnjače ($b/d = 14/18$ cm). Opterećenje sa rožnjača se prenosi na stubove dimenzija $b/d = 14/14$ cm. Opterećenje sa venčanica se prenosi na AB konstrukciju. Krov sadrži i konstruktivne elemente: pajante ($b/d = 14/10$ cm), kosnike ($b/d = 14/14$ cm), klešta ($b/d = 2 \times 8/16$ cm) i jastuke ($b/d = 14/14$ cm). Dimenzionisanje rogova je izvršeno metodom dozvoljenih napona. Celokupnu drvenu krovnu konstrukciju treba izvesti od četinaru II klase.

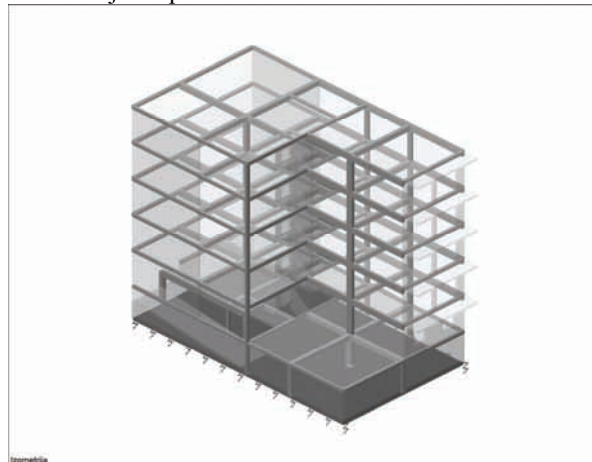
2.3. Analiza opterećenja

Analizirani su sledeći slučajevi opterećenja: stalno opterećenje, prema JUS U.C7.123/1988, čine sopstvena težina konstrukcije (stubovi, grede, zidna platna, tavanice) i težine nenosivih elemenata (zidovi ispuhe, podovi, krovne obloge); korisno opterećenje, u funkciji namene prostorija, prema JUS U.C7.121/1988; opterećenje snegom iznosi $0,75 \text{ kN/m}^2$ osnove krova (Sl. list SFRJ 61/48); opterećenje vetrom je analizirano saglasno aktuelnim standardima JUS U.C7.110, 111 i 112; seizmičko opterećenje je analizirano metodom statički ekvivalentnog opterećenja saglasno Pravilniku [1] (II kategorija objekta, II kategorija tla, VIII seizmička zona).

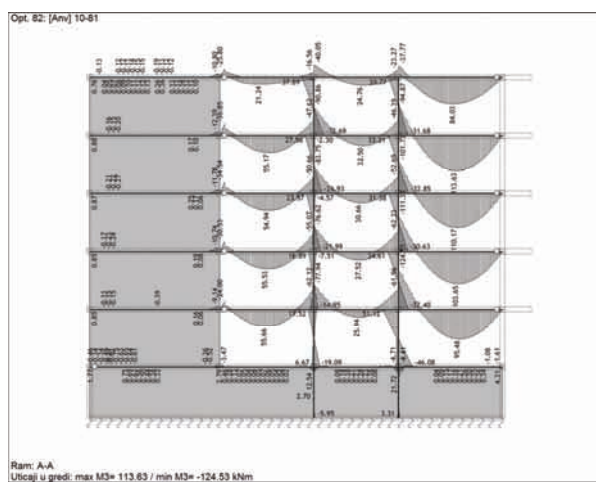
2.4. Statički i dinamički proračun

Konstrukcija je modelirana prostorno u programskom paketu Tower 6.0, korišćenjem linijskih i površinskih konačnih elemenata. Analizirana su dva modela: model krovne konstrukcije i model armiranobetonske konstrukcije. Razlog ovome leži u većem odstupanju rezultata dinamičke analize uniformnog modela (drvena i betonska konstrukcija, modelirani zajedno) od realno očekivanih rezultata. Opterećenja na model su aplicirana kao linijska i površinska, saglasno analizi opterećenja, a posebno za svaki slučaj osnovnog opterećenja. Pri formiranju prora-

čunskog modela korišćena je gusta mreža konačnih elemenata (stranica elementa $0,25 \text{ m}$). Tlo je modelirano pomoću Vinklerovog (Winkler) modela podloge – u vidu elastičnih opruga koje odgovaraju koeficijentu posteljice od 25 MN/m^3 . Analiza dejstva horizontalnih opterećenja, kao i modalna analiza, pretpostavlja nedeformabilnost tavanice konstrukcije u svojoj ravni. Statički i dinamički proračun sproveden je na modelu kod koga su kombinovani linijski i površinski elementi.



Slika 2. 3D izgled konstrukcije



Slika 3. Ram u osi A-A, anvelopa momenata M3

2.5. Dimenzionisanje i armiranje elemenata

Za sve elemente konstrukcije korišćen je kvalitet betona MB35. Pri dimenzionisanju elemenata, i za podužnu i za poprečnu armaturu, usvojena je RA 400/500. Svi elementi su dimenzionisani saglasno važećim propisima [1] i [2], prema uticajima merodavnih graničnih kombinacija opterećenja. Grede su dimenzionisane kao jednostruko ili dvostruko armirane, dok su stubovi dimenzionisani kao koso savijani, obostrano simetrično armirani. Armiranobetonski zidovi su dimenzionisani saglasno Pravilniku [1] i [2]. Dimenzionisanje svih krovniha pozicija je izvršeno metodom dozvoljenih napona. Sprovedena je kontrola aksijalnog naprezanja stubova i zidova, kao i provera ploča na probijanje.

3. UPOREDNA ANALIZA PRORAČUNA GRANIČNOG STANJA PRSLINA PREMA PBAB87 I EC2

3.1 Opšte

U praksi se najčešće konstrukcija ili element prvo dimenzioniše prema graničnim stanjima nosivosti a zatim se analizira da li zadovoljava i granična stanja upotre-

bljivosti. Kriterijumi za granična stanja upotrebljivosti proizilaze iz zahteva funkcionalnosti i iz uslova obezbeđenja trajnosti betonskih konstrukcija i elemenata. I EC2 i PBAB 87 predviđaju da, u domenu graničnih stanja upotrebljivosti, AB konstrukcije i elementi treba da se proračunaju prema graničnim stanjima prslina. Prema PBAB 87 karakteristična i srednja širina prslina se određuje prema:

$$a_k = 1,7a_s, \quad a_s = l_{ps} \cdot (\varepsilon_{a1s,R}), \quad (1)$$

dok je njihovo srednje rastojanje:

$$l_{ps} = 2 \cdot \left(a_0 + \frac{e_\phi}{10} \right) + k_1 k_2 \frac{\phi}{\mu_{1z,ef}}. \quad (2)$$

Za određivanje srednje širine prslina a_s , merodavna je samo relativna srednja dilatacija donje zategnute armature $\varepsilon_{a1s,R}$, u odnosu na zategnuti beton u neposrednoj okolini prslina:

$$\varepsilon_{a1s,R} = \zeta \cdot \frac{\sigma_{a1}^H}{E_a}. \quad (3)$$

Prema EC2, karakteristična širina prslina w_k može se sračunati iz izraza:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}). \quad (4)$$

Razlika dilatacija $\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}$ može se odrediti iz izraza:

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_1 \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} \cdot (1 - \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}. \quad (5)$$

U slučajevima kada je armatura koja prijanja sa betonom raspoređena u zoni zatezanja na dovoljno malom rastojanju ($\leq 5 \cdot (c + \phi/2)$), maksimalno konačno rastojanje prslina može da se sračuna prema sledećem izrazu:

$$s_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \phi / \rho_{p,eff}. \quad (6)$$

3.2. Analiza

Za gredu POS 208 upoređeni su rezultati proračuna graničnog stanja prslina prema PBAB 87 i EC2. Prema PBAB 87 dobija se: $a_k = 0,1071$ mm, $l_{ps} = 8,86$ cm i $\varepsilon_{a1s,R} = 0,707$ ‰. Prema EC2 dobija se: $w_k = 0,0893$ mm, $s_{r,max} = 15,19$ cm i $\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,588$ ‰. Ove razlike se mogu objasniti nakon analize izraza prema kojima se određuju karakteristične vrednosti širina prslina. Uzroci razlikama su mnogobrojni.

U domaćem Pravilniku vrednost karakteristične širine prslina se definiše kao vrednost koja je za 70 % veća od vrednosti srednje širine prslina, a srednja širina prslina se određuje kao proizvod srednjeg rastojanja prslina i srednje dilatacije donje zategnute armature. Prema EC2, vrednost karakteristične širine prslina se dobija kao proizvod maksimalnog rastojanja prslina i razlike srednjih vrednosti dilatacija u armaturi i betonu.

Srednje rastojanje prslina se, prema PBAB 87, određuje kao zbir dva člana. Prvi član figuriše zaštitni sloj betona do armature a_0 i prečnik podužne armature ϕ . Njihov kombinovani zbir se množi koeficijentom 2. Drugi član figuriše koeficijent koji uzima u obzir prionjivost betona i armature k_1 , zatim koeficijent kojim se uzima u obzir dijagram dilatacija k_2 , prečnik podužne armature ϕ i koeficijent armiranja donje zategnute armature $\mu_{1z,ef}$. Koeficijent armiranja donje zategnute zone zavisi od ukupne zategnute armature A_{a1} i efektivne površine zategnutog betona $A_{bz,ef}$. Prema EC2 maksimalna vrednost

se, takođe, računa kao zbir dva člana. U prvom članu figuriše se samo zaštitni sloj betona do armature a_0 , ali se on množi većim koeficijentom (preporučena vrednost je $k_3 = 3,4$). U drugom članu, pored onih koje koristi PBAB 87, dodaje se još i koeficijent k_4 (preporučena vrednost je $k_4 = 0,425$). Razlikuju se i vrednosti koeficijenata k_1 i k_2 . Prema EC2 se vrednosti za koeficijent k_1 propisuju duplo veće nego u PBAB 87. Za koeficijent k_2 vrednosti se razlikuju četiri puta.

Razlike između PBAB 87 i EC2 su i u načinu proračuna efektivne površine zategnutog betona. Prema PBAB 87 se dobija veća visina zategnute zone.

Vrednost maksimalnog rastojanja prslina prema EC2 je veća nego srednje rastojanje prslina prema PBAB 87.

Pri proračunu stanja napona i dilatacija, i prema PBAB 87 i prema EC2, figurišu: modul elastičnosti armature (isti za oba pravilnika), naponi u betonu koji se mogu računati na isti način, koeficijent koji zavisi od trajanja opterećenja (u PBAB 87 su date veće vrednosti), modul elastičnosti betona i čvrstoća betona na zatezanje (u PBAB 87 su date manje vrednosti).

4. UPOREDNA ANALIZA ODREDBI ZA PROJEKTOVANJE BETONSKIH KONSTRUKCIJA PREMA ZAHTEVIMA TRAJNOSTI

4.1. Opšte

U nepovoljnim klimatskim uslovima, životni vek betonske konstrukcije zavisi od trajnosti betona (poroznost, kapilarnost, vodonepropustivost, apsorpcija i čvrstoća). U postizanju kvalitetnog betona važnu ulogu ima adekvatan izbor agregata, cementa i dodataka kao i uslovu ugradnje i negovanja mladog betona.

4.2. Proračun debljine zaštitnog sloja betona do armature prema PBAB 87

Pod zaštitnim slojem betona do armature podrazumeva se najmanje rastojanje od bilo koje armature u elementu do najbliže površine betona.

Parametri koji utiču na usvajanje debljine zaštitnog sloja su: vrsta elementa odnosno konstrukcije, stepen agresivnosti sredine u kojoj se element nalazi, marka betona, prečnik i vrsta armature i način ugrađivanja betona, odnosno izvođenja konstrukcije.

U zaštićenim prostorima, u slabo agresivnim sredinama, minimalni zaštitni sloj za ploče, ljuske i zidove, kao i za rebraste i olakšane međuspratne konstrukcije, iznosi 1,5 cm. Minimalni zaštitni sloj za grede i stubove u slabo agresivnim sredinama je 2,0 cm. Uvedene su i dopunske, preciznije odredbe za korekciju, tj. povećanje minimalnih zaštitnih slojeva, u zavisnosti naročito od agresivnosti sredine, marke betona, uslova izvođenja kao i od dostupnosti kontroli površina betona posle betoniranja. Za betone marke manje od MB25, propisani minimalni zaštitni slojevi betona se moraju povećati za 0,5 cm dok se za montažne elemente i konstrukcije, proizvedene u fabričkim uslovima, dopušta smanjenje od 0,5 cm.

Primeru radi, minimalni zaštitni sloj betona do armature, za gredni AB element od betona marke $\geq$ MB25, betoniran *in situ*, u jako agresivnoj sredini, čija površina posle betoniranja nije dostupna kontroli, iznosi $a_0 = 3,5 + 0,5 = 4,0$ cm.

Pravilnik BAB 87 precizira i da zaštitni sloj betona do armature ne sme biti manji od prečnika te armature.

Jedno od značajnijih pitanja kojima se Pravilnik BAB 87 ne bavi je pitanje dopuštenih odstupanja dimenzija i, uopšte, tolerancije geometrijskih mera pri izvođenju betonskih konstrukcija.

4.3. Proračun debljine zaštitnog sloja betona do armature prema EC2

Nominalni zaštitni sloj definiše se kao minimalni zaštitni sloj, c_{min} , koji se povećava za toleranciju koja se uzima u obzir u proračunu, Δc_{dev} :

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

Minimalni zaštitni sloj c_{min} mora da se predvidi da bi se obezbedili:

- siguran prenos sila prijanjanja betona i armature;
- zaštita armature od korozije (trajnost);
- adekvatna otpornost na dejstvo požara.

Minimalni zaštitni slojevi za armaturu i za kablove za prethodno naprezanje u betonu, s obzirom na klase izloženosti uticajima sredine i klase konstrukcije, dati su vrednostima $c_{min,dur}$. Klasifikacija konstrukcija i vrednosti $c_{min,dur}$ koje se primenjuju u određenoj zemlji, date su u njenom Nacionalnom aneksu. Zaštitni sloj betona može da se poveća za vrednost $\Delta c_{dur,\gamma}$ kojom se obezbeđuje dodatna sigurnost.

Kada se koristi nerđajući čelik ili kada su preduzete druge specijalne mere, minimalni zaštitni sloj može da se smanji za vrednost $\Delta c_{dur,st}$. Za beton sa dodatnom zaštitom (na primer, premazima), minimalni zaštitni sloj može da se smanji za vrednost $\Delta c_{dur,add}$.

Kada se beton ugrađuje na licu mesta, u kontaktu sa drugim betonskim elementima minimalni zaštitni sloj betona od armature do kontaktne površine sa postojećim betonom može da se smanji na vrednost koja odgovara zahtevu za postizanje zadovoljavajućeg prijanjanja betona i armature. Za površine koje nisu ravne (na primer, površine betona sa vidljivom strukturom agregata) minimalni zaštitni sloj treba da se poveća za najmanje 5 mm. Kada se očekuje zamrzavanje/topljenje ili dejstvo hemijske agresije na beton, posebna pažnja treba da se obrati na sastav betona. Zaštini sloj betona je obično u takvim slučajevima dovoljan. U pogledu abrazije betona posebna pažnja treba da se obrati na agregat, prema EN 206-1. Jedna od mogućnosti je da se abrazija betona uzme u obzir povećanjem zaštitnog sloja (žrtvovani sloj). U tom slučaju minimalni zaštitni sloj c_{min} treba da se poveća za k_1 za klasu abrazije XM1, za k_2 za klasu XM2 i za k_3 za klasu XM3.

Vrednosti k_1 , k_2 i k_3 , koje se primenjuju u određenoj zemlji, date su u njenom Nacionalnom aneksu. Preporučene su vrednosti 5, 10 i 15 mm.

Kada se proračunava nominalni zaštitni sloj c_{nom} , mora da se predvidi povećanje minimalnog zaštitnog sloja betona da bi se uzela u obzir odstupanja u izvođenju (Δc_{dev}). Vrednost Δc_{dev} koja se primenjuje u određenoj zemlji, data je u njenom Nacionalnom aneksu. Preporučena vrednost je 10 mm. Smanjenje vrednosti Δc_{dev} u takvim slučajevima, koje se primenjuju u određenoj zemlji, dato je u njenom Nacionalnom aneksu.

5. ZAKLJUČAK

Projektovanje armiranobetonskih konstrukcija nije linearan proces. Ono uvek podrazumeva veći broj iterativnih korekcija na nivou dimenzija elemenata i preseka, ali,

ponekad, i na nivou samog statičkog sistema. Rezultati tih iteracija trebalo bi da daju rešenja koja zadovoljavaju konstruktivne zahteve, a u isto vreme treba da budu i ekonomski prihvatljiva. Uporedna analiza proračuna prslina prema PBAB 87 i EC2 pokazala je da se dobijaju različite vrednosti rezultata. Prema PBAB 87 dobijaju se manje vrednosti srednjih rastojanja prslina nego prema EC2, ali se prema EC2 dobijaju manje dilatacije, pa je konačana vrednost karakteristične širine prslina prema EC2 manja od vrednosti koja se dobija prema PBAB 87. EC2 daje veće gornje granične vrednosti karakteristične širine prslina nego PBAB 87. Razlike u postupku kontrole graničnih stanja prslina prema dva standarda su takvog karaktera da su direktna upoređenja moguća samo na nivou krajnjih rezultata. Proračun debljine zaštitnog sloja betona do armature prema BAB 87 i EC2 pokazuje da prema EC2 dobijamo nešto veću debljinu zaštitnog sloja čime smo na strani sigurnosti. Takođe može se uočiti da pravilnik EC2 toj problematici prilazi znatno temeljnije nego što to čini naš Pravilnik BAB 87.

6. LITERATURA

- [1] PRAVILNICI I STANDARDI ZA GRAĐEVINSKE KONSTRUKCIJE:
Pravilnik o tehničkim normativima za izgradnju objekata visokogradnje u seizmičkim područjima.
SRPS U.C7.123: Stalna opterećenja građevinskih konstrukcija.
SRPS U.C7.121: Korisna opterećenja stambenih i javnih zgrada.
SRPS U.C7.110-112: Opterećenje vetrom.
- [2] Grupa autora: BETON I ARMIRANI BETON prema BAB 87, knjiga 1, Univerzitetska štampa, Beograd, 2000.
- [3] Grupa autora: BETON I ARMIRANI BETON prema BAB 87, knjiga 2, Univerzitetska štampa, Beograd, 2000.
- [4] Ž. Radosavljević, D. Bajić: ARMIRANI BETON 3, Građevinska knjiga, Beograd, 2007.
- [5] D. Najdanović: BETONSKE KONSTRUKCIJE, Orion Art, Beograd, 2004.
- [6] B. Petrović: ODABRANA POGLAVLJA IZ ZEM-LJOTRESNOG GRAĐEVINARSTVA, Građevinska knjiga, Beograd, 1989.
- [7] M. Gojković, B. Stevanović, M. Komnenović, S. Kuzmanović, D. Stojić: DRVENE KONSTRUKCIJE-JUS standardi, Propisi, Evrokod 5, tabele, brojni primeri, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 2007.
- [8] S. Stevanović: FUNDIRANJE I, Naučna knjiga, Beograd, 1989.
- [9] Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings, Management Centre, Brussels, december 2004.

Kratka biografija:



Milan Milovanović rođen je u Sremskoj Mitrovici 1984. godine. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstvo odbranio je 2011. godine.

PUSHOVER ANALIZA ARMIRANOBETONSKOG RAMA

PUSHOVER ANALYSIS OF RC FRAME

Danijel Nježić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu sprovedena je nelinearna statička analiza, ili pushover analiza, armiranobetonskog rama spratosti P+7, dimenzionisanog prema domaćim propisima. Svrha ove analize je da se odredi nelinearan odgovor konstrukcije usled zemljotresnog dejstva. Analiza je izvršena u programskom paketu SAP2000 v14, koristeći tri modela nelinearnog ponašanja elemenata (Plastic Hinge, NL-Link: MLP, Fiber Hinge).

Abstract – In this paper a nonlinear static (pushover) analysis was carried out on an 8-story RC frame which has been designed in accordance with Yugoslavian (Yu81) seismic code. The purpose of this analysis is to determine the nonlinear seismic response of a structure. The analysis was performed by SAP2000 v14, using three models of nonlinear behavior (Plastic Hinge, NL-Link: MLP, Fiber Hinge).

Ključne reči: pushover analiza, nelinearan odgovor

1. UVOD

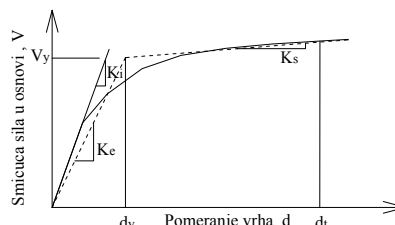
Ponašanje konstrukcije usled seizmičkog dejstva zavisi u velikoj meri od mogućnosti elemenata da se deformišu. Imajući to u vidu, javlja se sve veća potreba za analizama koje težište stavljaju na deformabilnost, za razliku od većine današnjih standarda koje nosivost posmatraju kao najvažniji faktor pri dimenzionisanju konstrukcija. U proteklih nekoliko godina intenzivno se radi na razvoju nelinearne statičke analize, ili pushover analize, koja uzima u obzir nelinearno ponašanje elemenata konstrukcije čime se stiče jasnija slika o odgovoru konstrukcije usled seizmičkog dejstva.

2. PUSHOVER ANALIZA

Pushover analiza predstavlja, približnu, nelinearnu statičku analizu u kojoj objekat biva izložen dejstvu nepromenljive sheme inkrementalno povećavajućeg horizontalnog opterećenja. Povećanjem intenziteta horizontalnog opterećenja preko granice elastičnog odgovora konstrukcije dolazi do pojave plastičnih zglobova i redistribucije unutrašnjih sila, te na taj način otkrivamo slabe tačke i modove otkazivanja konstrukcije. Pored toga, pushover analizom određujemo: ukupnu nosivost konstrukcije, obično izražena preko smičuće sile u osnovi V , granicu tečenja konstrukcije (V_y , d_y), maksimalno očekivano pomeranje (*ciljno pomeranje*), d_t , duktilnost konstrukcije, μ_d , elastičnu krutost, K_i , efektivnu krutost, K_e , i post-elastičnu krutost, K_s .

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio prof. dr Đorđe Ladinović.



Slika 1 : Pushover kriva (puna linija) i bilinearna aproksimacija (isprekidana linija)

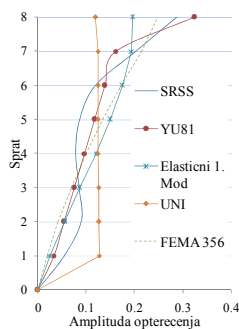
Ove vrednosti se očitavaju sa bilinearne aproksimacije pushover krive, odnosno veze smičuće sile u osnovi-pomeranje vrha konstrukcije (Slika 1.).

2.1. Ciljno pomeranje

Ciljno pomeranje (eng. target displacement) predstavlja maksimalno očekivano pomeranje konstrukcije usled dejstva projektnog zemljotresa. U pushover analizi, ciljno pomeranje sistema sa više stepeni slobode (eng. multi degree of freedom – MDOF) se određuje posredstvom ekvivalentnog sistema sa jednim stepenom slobode (eng. single degree of freedom – SDOF). Ovim se implicira da odgovor konstrukcije zavisi od jednog (prvog) moda vibracije i da je vektor oblika tog moda nepromenljiv tokom dejstva zemljotresa. Iako ova pretpostavka nije tačna, daje zadovoljavajuće rezultate za niske konstrukcije i konstrukcije srednje visine, odnosno konstrukcije u kojima dominira 1. ton oscilovanja. U ovom radu korišteno je pet približnih metoda za određivanje maksimalnog očekivanog pomeranja: Metod Kapaciteta Spektra- ATC 40, Procedura Konstantne Duktilnosti (Chopra&Goel), Metod Koeficijenta Pomeranja- FEMA 356, metod koji koristi Modalna Pushover Analiza (MPA) i N2 metoda [4].

2.2. Sheme horizontalnog opterećenja

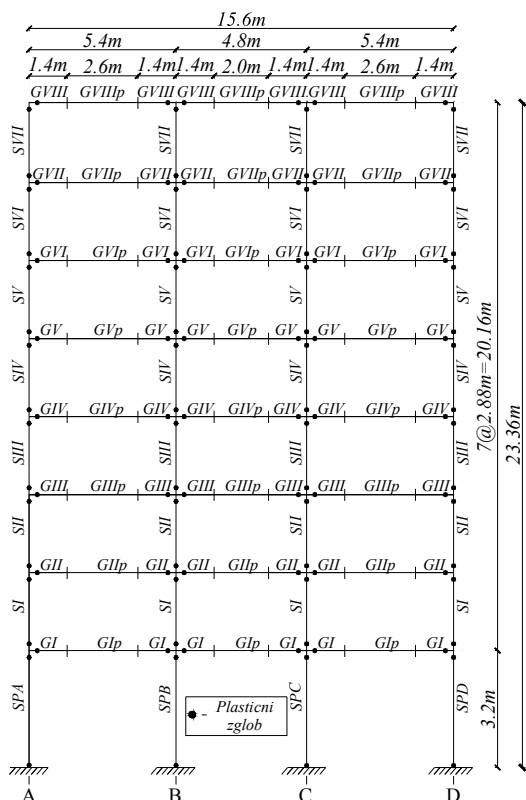
Prvi radovi koji su se bavili pushover analizom predlagali su da se za shemu horizontalnog opterećenja usvoji vektor oblika (eng. shape vector) deformisanog MDOF sistema pri pomeranju koje je jednako ciljnom pomeranju. No međutim, pošto ovaj pristup iziskuje više iteracija, a i nema utemeljenu teoretsku osnovu, pribeglo se jednostavnijem principu u okviru kojeg pretpostavimo više shemi horizontalnog opterećenja (npr. na osnovu preporuka koje nam daje FEMA 356) te odgovor konstrukcije usled dejstva zemljotresa tražimo unutar anvelope rezultata dobijenih koristeći te sheme. U ovom radu korišteno je pet nepromenljivih shemi horizontalnog opterećenja: Uniformna shema, shema koju nalažu domaći propisi Yu81, Elastični prvi mod, SRSS shema (prva 3 tona), FEMA 356.



Slika 2 :Sheme opterećenja

3. OSNOVNE KARAKTERISTIKE MODELA KONSTRIKCIJE

Za pushover analizu je korišten AB ram spratnosti P+7, izdvojen iz objekta koji se nalazi u IX seizmičkoj zoni i koji je dimenzionisan prema domaćim propisima. Rasteri stubova iznose: 4,8m+ 5,4m + 4,8m, visine spratova su 2,88m dok je visina prizemlja 3,20m. Za sve elemente konstrukcije rama korišten je beton MB 35 ($f_b = 23 \text{ MPa}$) i armatura RA 400/500 ($\sigma_v = 400 \text{ MPa}$). Od opterećenja na ram deluju gravitaciono i seizmičko. Gravitaciono opterećenje se sastoji od stalnog (g, G) i $\frac{1}{2}$ korisnog (p, P). Prenosi se sa obližnjih polja na ram preko pripadajućih površina. Za seizmičko opterećenje izabran je I tip elastičnog spektra ubrzanja po EC8 sa klasom tla „B“ i maksimalnim ubrzanjem tla od 0,4g. Za dinamičku analizu korišten je zapis zemljotresa El Centro 1940. Zemljotres je modifikovan, koristeći program SeismoMatch, tako da se spektar ubrzanja zemljotresa podudara sa elastičnim spektrom ubrzanja po EC8. Čvorne zone su modelirane sa “realnom” krutošću, koristeći opciju *end offset* i *rigidity factor* od 0.5 (SAP2000).



Slika 3. Model rama

Tabela 1: Vrednosti gravitacionog opterećenja

$G_{A-B(C-D)}$ $P_{A-B(C-D)}$ (kN/m)	$G_{B-C, P_{B-C}}$ (kN/m)	$(G, P)_A$ (kN)	$(G, P)_B$ (kN)	$(G, P)_C$ (kN)	$(G, P)_D$ (kN)
19.5	24	84.5	115	96	84.5

Tabela 2: Podaci o karakteristikama greda rama

Grede	Dimenzije (m)	Procenat poduzne armature (%)	Zona	Procenat poprečne armature (%)	Efektivna krutost (Priestley 2007)
GI	0.4x0.5	1.3	gornja	0.252	$0.4EI_b$
GII-GIII		0.9	donja		
GIV		1	gornja		$0.35EI_b$
GV		0.8	donja		
GVI		1.08	gornja		$0.33EI_b$
GVII-GVIII		0.6	donja		
GIp		0.9	gornja	0.126	$0.3EI_b$
GII-GIIp		0.5	donja		
GVp		0.8	gornja		$0.25EI_b$
GVIp		0.4	donja		
GVII-GVIIp		0.6	gornja		
		0.5	donja		

Tabela 3: Podaci o karakteristikama stubova rama

Stub	Dimenzije (m)	Procenat poduzne armature (%)	Procenat poprečne armature ² (%)	Efektivna krutost (Priestley 2007)
SP ¹ - SII	0.5x0.6	1.134	0.27	$0.3EI_b$
SIII-SVII	0.5x0.5	1.36		

¹ Stubovi Prizemlja
² Odnosi se na olonačku zonu stuba. P.p.a. u zoni između oslonaka je upola manji.

Tabela 4: Modalne karakteristike rama

	Ton 1	Ton 2	Ton 3
Period (s)	1.49	0.5	0.283
Faktor participacije	1.3	0.467	0.25
$L_i = \Phi_i^T M e$ (t)	431.4	163.72	102.5
Efektivna masa (t)	563.13	78.22	25.86
Količnik efektivne mase	0.8	0.11	0.0367

4. NUMERIČKO MODELIRANJE PROGRAMSKIM PAKETOM SAP2000

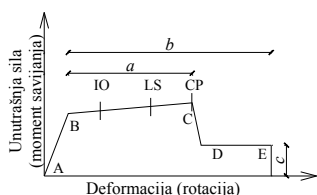
4.1 Definisane poprečne preseke

Pri definisanju poprečnog preseka elemenata korišteni su materijali kojima su definisane karakteristike: utegnuto jezgra preseka, zaštitnog sloja preseka i poduzne armature. Svakom od navedenih materijala dodeljena je zasebna kriva napon-deformacija. Za definisanje veze napon-deformacija utegnuto jezgra i zaštitnog sloja korišten je *Manderov utegnuto i Manderov neutegnuto model*, respektivno, dok je veza napon-deformacija čelika definisana preko *parametarske Simple krive*. Dilatacije zatezanja poduzne armature ograničene su na 5%, a dilatacije usled pritiska na 2%, dok su dilatacije utegnuto betona ograničene otkazivanjem uzengija, pri tom ne prelazeći gornju granicu dilatacija betona od 2%, po preporuci FEMA 356 (Odeljak 6.4.3.1).

4.2 Definisane plastičnih zglobova

U programskom paketu SAP2000 plastično ponašanje linijskih elemenata je modelirano koristeći model koncentrisane plastičnosti, tj. svo nelinearno ponašanje se odvija u diskretnim tačkama (plastični zglobovi) elementa. Za položaj plastičnih zglobova izabrani su krajevi svetle dužine greda i stubova jer se na tim mestima očekuju

najveći uticaji. Za dužinu plastičnog zgloba stubova i greda usvojena je vrednost $L_p=0.5h$ (h -visina u ravni dejstva opterećenja) prema preporukama koje daje ATC-40. Nelinearno ponašanje plastičnog zgloba se definiše preko krive plastičnog ponašanja (Slika 4), kojom su definisane fleksione karakteristike grede ili stuba preko veze moment-rotacija. Parametri a , B i C su određeni preko veze moment-krivina. Za određivanje parametra „ a “ korišten je izraz koji su dali Park & Pauley, a koji glasi $\theta_p=(\varphi_u-\varphi_y)l_p$, pri čemu φ_u i φ_y predstavljaju krivinu na granici nosivosti i granici tečenja preseka, respektivno, dok l_p predstavlja dužinu plastičnog zgloba. Parametri a , b , c su u pred-standardu FEMA 356, standardu ASCE/SEI 41 i dodatku standarda ASCE/SEI 41 definisani numerički.



Slika 4: Dijagram unutrašnja sila- deformacija sa nivoima oštećenja

Moguće je zadati i dodatne parametre koji daju uvid o nivou oštećenja elementa, kao što su: IO, LS, CP (Slika 4). Pri tome su vrednosti parametara IO, LS i CP usvojene kao $0.20a$, $0.75a$ i a , respektivno [1].

4.2.1 Modeli plastičnog zgloba

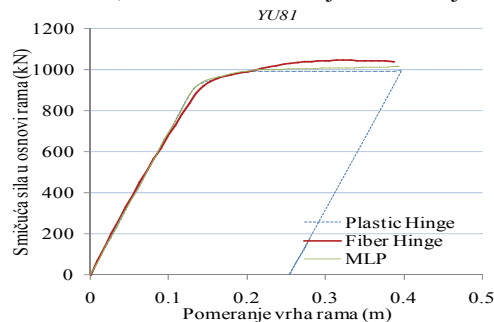
U programskom paketu SAP2000 postoje 3 modela kojima je moguće predstaviti nelinearno ponašanje plastičnog zgloba. To su modeli koncentrisane plastičnosti: Plastic Hinge, NL-Link:MLP i Fiber Hinge. Korištena su dva tipa Plastic Hinge modela, M_3 za grede i interakcioni PM_3 za stubove. Pri definisanju veze moment-rotacija PM_3 i NL-Link:MLP modela nelinearnog ponašanja postavljenih u stubovima, korištena je aksijalna sila koja odgovara granici tečenja preseka, dok je u okviru nelinearne dinamičke analize, pri definisanju modela nelinearnog ponašanja NL-Link:MLP korištena aksijalna sila usled gravitacionog opterećenja. Fiber Hinge je u stanju da samostalno odredi vezu moment-rotacija.

5. REZULTATI

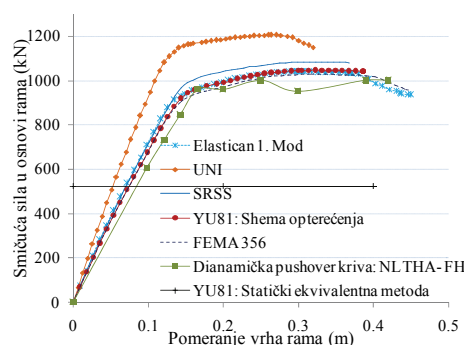
5.1 Pushover krive

Sa Slike 5 možemo da vidimo da pushover kriva rama sa Fiber Hinge modelom, za razliku od preostale dve pushover krive, poseduje određen nivo postelastične krutosti. Osim toga, sve ostale karakteristike krivih sa Slike 5 su gotovo identične. Pad nosivosti konstrukcije, koji se za tzv. trougaone sheme (Elastični 1. mod, FEMA 356, YU81, SRSS) i UNI shemu javlja pri pomeranjima od oko 0.4m i 0.27m, respektivno, je posledica prekoračenja nosivosti stuba SPD (Slika 5 i 6). Slika 6 pokazuje da trougaone sheme najbolje predstavljaju dinamičko ponašanje rama, sudeći prema sličnosti dinamičke pushover krive i pushover krivih koje daju pomenute sheme. Pri tome, vrednosti na dinamičkoj pushover krivoj, predstavljaju rezultate (smičuća sila pri maksimalnim pomeranjima) dinamičke nelinearne analize (NL THA) sprovedene za zapise modifikovanog El

Centro zemljotresa, skalirane tako da imaju različite vrednosti max. zemljinog ubrzanja (PGA). Uniformna shema (UNI), zbog nižeg položaja rezultante opterećenja u odnosu na trougaone sheme, daje pushover krivu sa većom početnom krutošću i većom smičućom silom u osnovi, ali sa manjim max. pomeranjima vrha rama. Treba pomenuti da su P-Delta efekti uzeti u obzir kako u pushover analizi, tako i u nelinearnoj dinamičkoj analizi.



Slika 5: Pushover krive



Slika 6: Pushover krive- Fiber Hinge model

5.2 Ciljna pomeranja

Tabela 5: Rezultati ciljnih pomeranja

Metoda		Rezultati (m)	Razlike u odnosu na NL THA: FH (%)
Nelinearna Dinamička Analiza (NL THA: FH)		0.2	
Metoda Kapaciteta Spektra (ATC-40)	Tip A	0.2	0
	Tip B	0.234	17
	Tip C	0.3	50
Modalna Pushover Analiza (MPA)		0.196	2
Metod Koeficijenta Pomeranja (FEMA 356)		0.295	47.5
Procedura Konstantne Duktinosti (Chopra & Goel)		0.295	47.5
N2 Metod		0.295	47.5
Elastičan odgovor		0.295	47.5

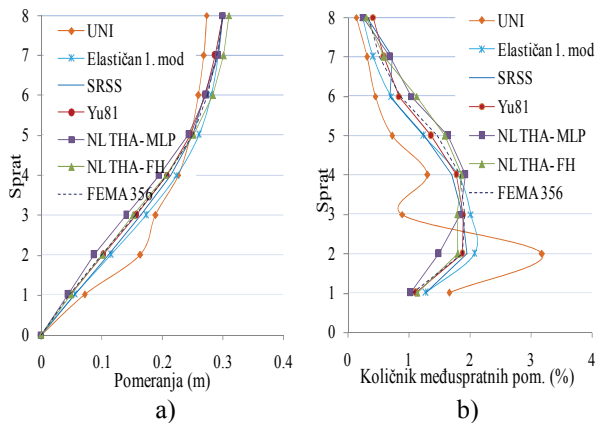
Iz Tabele 5 možemo da vidimo da se rezultati približnih metoda za određivanje ciljnih pomeranja razlikuju u odnosu na rezultate nelinearne dinamičke analize sprovedene sa Fiber Hinge modelom nelinearnog ponašanja (NL THA: FH), od 0-50% . Pri deformacijama koje odgovaraju ciljnom pomeranju od 0.3m elementi konstrukcije izložene trougaonim shemam su u stanju da se deformišu bez prekoračenja granične nosivosti. Uniformna shema, koja daje suviše konzervativne rezultate, izaziva prekoračenja granične nosivosti elementa pri pomeranjima vrha od približno 0.27m.

5.2. Pomeranje spratova i količnik međuspratnih pomeranja

Na Slici 7. prikazana su pomeranja spratova i količnik međuspratnih pomeranja pri deformacijama koje odgovaraju pomeranju vrha rama od 0.3m. Pošto su pomeranja koja daje nelinearna dinamička analiza za zapis modifikovanog El Centro zemljotresa manja od 0.3m, bilo je potrebno skalirati zapis zemljotresa

koeficijentom 1.6. Pomenuta pomeranja i količnik međuspratnih pomeranja su dobijeni:

- pushover analizom konstrukcije rama, izložene shema opterećenja sa Slike 2 koristeći pri tom Plastic Hinge model nelinearnog ponašanja.
- nelinearnom dinamičkom analizom (NL THA), pri čemu je nelinearno ponašanje elemenata modelirano Fiber Hinge i NL-Link: MLP modelima.

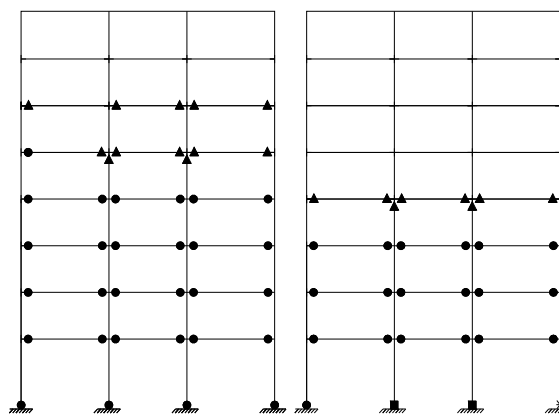
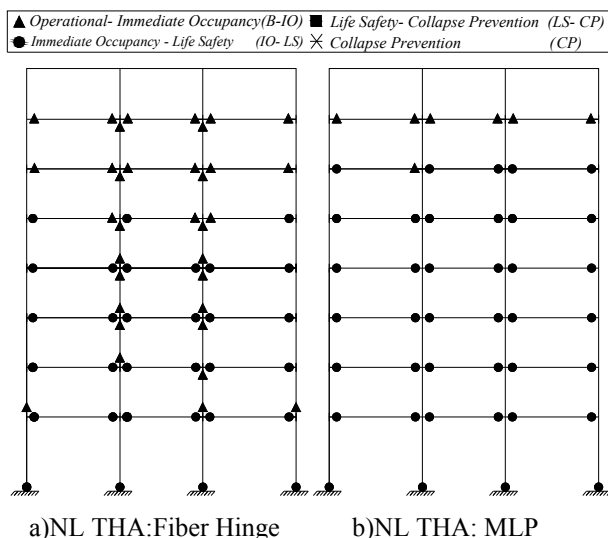


Slika 7: a) Pomeranja spratova, b) Količnik međuspratnih pomeranja

Iz oblika krive pomeranja i količnika međuspratnih pomeranja se može zaključiti da je u konstrukciji dominantno prisustvo prvog tona. Razlog zbog kojeg deformacioni oblik koji daje UNI shema odudara od deformacionih oblika koje daju druge sheme je taj što pri pomenutom nivou deformacije usled dejstva UNI sheme dolazi do prekoračenja nosivosti stuba SPD.

5.3 Distribucija plastičnih zglobova

Na Slici 8 je prikazana distribucija plastičnih zglobova, sa nivoima oštećenja, koja nastaje usled sprovedene pushover analize i nelinearne dinamičke analize (NL THA), pri tom su maksimalne deformacije ograničene na pomeranje vrha rama od 0.3m. U okviru pushover analize korišten je Plastic Hinge model nelinearnog ponašanja i sheme Yu81 i UNI. Yu81 shema je izabrana kao predstavnik trougaonih shema. Može se primetiti sa Slike 8 da Yu81 shema mnogo realnije predviđa distribuciju plastičnih zglobova u odnosu na UNI shemu. Shema distribucije plastičnih zglobova odgovara mehanizmu



c) Shema Yu81 d) Shema UNI

Slika 8: Distribucija plastičnih zglobova

plastifikacije koje imaju konstrukcije sa jakim stubovima i slabim gredama.

6. ZAKLJUČAK

Poredeći rezultate pushover analize za različite sheme horizontalnog opterećenja sa rezultatima nelinearne dinamičke analize, možemo da zaključimo da veliki uticaj na tačnost rezultata pushover analize ima upravo izbor sheme horizontalnog opterećenja. Tako trougaone sheme koje imaju rezultantu bliže gornjim spratovima daju rezultate pushover analize znatno bliže rezultatima nelinearne dinamičke analize od onih koji se dobijaju UNI shemom koja ima položaj rezultante u nivou donjih spratova. Što se tiče približnih metoda, njihova preciznost u velikoj meri zavise od karakteristika objekta, zapisa zemljotresa i teoretskih pretpostavki uvedenih u metode, te se na osnovu rezultata prikazanih u ovom radu ne može izvući generalan stav o njihovoj preciznosti. Da bi se stekla jasnija slika o preciznosti i pouzdanosti ovih metoda, a i pushover analize uopšte, potrebno je primeniti pushover analizu i približne metode na niz konstrukcija različitih karakteristika i te konstrukcije zatim izložiti nizu zemljotresa sa različitim intenzitetom, trajanjem i frekventnim sastavom.

7. LITERATURA

- [1] FEMA-356, 2000, Federal Emergency Management Agency (FEMA), Prestandard and Commentary for the Rehabilitation of Buildings
- [2] ASCE/SEI 41-06, 2007, American Society of Civil Engineers (ASCE), Seismic Rehabilitation of Existing Buildings
- [3] ATC-40, 1996, Applied Technology Council, Seismic evaluation and retrofit of concrete buildings, Volume 1
- [4] Ladinović Đ.: Savremene metode seizmičke analize konstrukcija zgrada. *Materijali i konstrukcije*, vol. 51, br. 2, Beograd, 2008, str. 25-39.

Kratka biografija:



Danijel Nježić rođen je u Prnjavoru (BiH) 1984. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti građevinarstva odbranio je 2011. god.

**IZBOR OPTIMALNOG NAČINA IZRADE MONTAŽNE KONSTRUKCIJE MOSTA
PREKO VODOTOKA JEGRIČKA****SELECTION OF THE OPTIMAL METHOD OF PRODUCING PREFABRICATED
BRIDGE CONSTRUCTION OVER JEGRIČKA WATERCOURSE**

Nataša Matijević, *Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad*

Oblast - GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – U radu je prikazan izbor optimalne tehnologije izrade montažne konstrukcije mosta na levoj traci autoputa E-75 preko vodotoka Jegrička. Pri analizi u obzir je uzeta cena materijala, montaže i transporta za izradu elemenata montažne konstrukcije.

Abstract – In this paper it is shown the selection of optimal method of producing prefabricated bridge structure over Jegrička watercourse. During the analysis, into account were included the cost of materials, assembly and transport, for producing of prefabricated elements.

Ključne reči: Tehnologija izgradnje, Mostovska konstrukcija, Analiza troškova, Dinamički plan.

1. UVOD

Poslednjih godina, osim složenosti izgradnje i vrednosti objekata koji se realizuju poostreni su i rokovi izrade i realizacije. Da bi se određeni projekat uspešno realizovao, potrebno je pažljivo analizirati sve okolnosti koje obuhvata tehnologija i organizacija građenja. Osnovni zadatak je pravilno organizovanje gradilišta, odabir mehanizacije i opreme kao i određivanje optimalnog roka za završetak radova.

Osnovni cilj rada je određivanje optimalnog načina izrade elemenata montažne konstrukcije mosta. Analizom su obuhvaćena dva načina izrade:

- **Varijanta 1**- Izrada montažnih elemenata glavnih nosača na gradilištu i

- **Varijanta 2**- Izrada montažnih elemenata glavnih nosača u fabrici za prefabrikaciju.

Pri analizi, u obzir je uzeta cena materijala, radna snaga potrebna za izradu montažnih elemenata i vreme koje je potrebno za njihovu izradu.

U cilju sprečavanja nepovoljnih okolnosti, neophodno je dobro izanalizirati i organizovati čitav proces u skladu sa dostupnim podacima, a istovremeno poštovati tehničke propise koji se odnose na ovu vrstu radova, kao i druge kriterijume definisane ugovorom poput dinamike radova, kvaliteta radova i optimizacije radova, pre svega optimizacije troškova.

Pažnja ovog rada je usmerena na fazu građenja, u kojoj su predviđeni radovi na izradi svih delova konstrukcije.

Sve operacije koje je potrebno izvršiti u toku realizacije objekta su obrađene po redosledu izvršenja u okviru dinamičkih planova građenja.

2. METODE OBRADJE

Planiranje izgradnje građevinskog objekta je jedno od osnovnih načela organizacije rada. Ono omogućuje sagledavanje budućih događaja, te prema tome i preduzimanje potrebnih mera da se oni savladaju. Glavni ciljevi planiranja izgradnje su:

- minimalno vreme izgradnje,
- minimalni kapaciteti i
- minimalni troškovi.

Planiranje izgradnje građevinskog objekta zahteva korišćenje različitih metoda koje omogućavaju modeliranje posmatranih procesa.

Proces izgradnje objekta sastoji se iz velikog broja operacija, koje se odvijaju prema tehnološkim zahtevima, u određenom redosledu i prostorno na različitim mestima frontovima. Rad na više frontova omogućava paralelizaciju rada.

Metode planiranja primenjene u radu su sledeće:

- Analiza i sinteza,
- Usporedna analiza,
- Tehnika mrežnog planiranja i
- Metoda gantograma (Gantove karte).

Analiza i sinteza, kao tehnika obrade rezultata, na osnovu koje su dobijeni relevantni rezultati, prikazani u tabelama i grafikovima iz kojih se mogu videti komparativne prednosti određenog načina izrade montažne betonske konstrukcije.

Tehnika mrežnog planiranja je grafičko-računska metoda za predstavljanje procesa rada, kao i njegovo planiranje.

Gantogrami predstavljaju linijske dijagrame, koji su najrazumljiviji i najviše korišćeni oblik planiranja u građevinarstvu, za prikazivanje datuma početka i završetka radova, kao i za prikazivanje ukupnog potrebnog vremena za izvođenje konstrukcije u zavisnosti od analiziranog modela.

U analizi izrade glavnih nosača akcenat je stavljen na ekonomski kriterijum kojim je potrebno pokazati ekonomsku opravdanost izrade nosača u fabrici za prefabrikaciju gotovih elemenata.

Pri analizi transporta vodilo se računa da se postigne visok intenzitet korišćenja transportnih sredstava, visok nivo proizvodnosti vozila i da se tako smanje troškovi transporta.

NAPOMENA:

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

3. OPIS TEHNOLOGIJE IZRADE MONTAŽNE KONSTRUKCIJE

3.1. Karakteristike montažnih elemenata

Na 91+912.33 km auto puta E-75, odnosno, mestu ukrštanja leve trake autoputa i kanalisnog vodotoka Jegrička, projektovan je nov most za drumski saobraćaj pored postojećeg objekta.

Na osnovu raspoloživih podataka projektovan je most od armiranog i prethodno napregnutog betona, ukupne dužine 56.29 m i širine kolovoza 14.27 m.

Konstrukcija mosta se sastoji od tri raspona: dva krajnja jednaka raspona $L=16.8\text{m}$ i glavnog raspona preko reke Jegričke $L = 21.70\text{m}$. Statički sistem mosta je ramovska konstrukcija (polumontažni integralni most).

Glavni nosač mosta usvojen je kao montažni nosač T preseka, visine 124 cm, širine rebra 22 cm, širine gornje flanše 155 cm i širine donje flanše 40 cm, koja ujedno čini i oplatu za izradu kolovozne ploče. Predviđeno je 9 glavnih nosača u poprečnom preseku mosta, a međusobna rastojanja između njih su 157 cm. Svi glavni nosači u krajnjim rasponima su armiranobetonski (18 AB nosača), jednakih dužina i istog poprečnog preseka. U srednjem rasponu glavni nosači su od prethodno napregnutog betona (9 PN nosača). Broj i raspored kablova je određen na osnovu statičkog proračuna.

Nakon montiranja glavnih nosača vrši se kontinuiranje grednih nosača betoniranjem kolovozne ploče debljine 20 cm, kao i betoniranjem poprečnih nosača iznad srednjih oslonaca. Negativni momenti, koji se javljaju u fazi eksploatacije konstrukcije iznad srednjih oslonaca, pokrivaju se mekom armaturom. Visina glavnog nosača monolitno vezanog sa pločom iznosi 144 cm.

U podužnom smislu nosači su kruto vezani iznad srednjih stubova poprečnim elementima koji omogućavaju da konstrukcija radi kao celina. Glavni nosači se oslanjaju preko pokretnih neoprenskih ležišta i ležišnih kvadera na krajnju armirano betonsku ležišnu gredu livenu na licu mesta (slika 1.).



Slika 1. Ležišne grede na koje se oslanjaju montažni nosači

Nakon izrade prilaznih nasipa i posle njihove konsolidacije izvodi se kontinuiranje glavnih nosača, odnosno povezivanje sa ležišnim gredama na licu mesta kao i betoniranje kolovozne ploče i pešačkih staza.

Dilatacija konstrukcije obezbeđuje se dilatacionim napravama nad krajnjim stubovima mosta.

3.2 Tehnologija izrade glavnih nosača

Izrada montažnih glavnih nosača na gradilištu

PRIPREMA: Oplata koja se koristi na gradilištu za izradu glavnih nosača je drvena oplata u vidu višeslojne šperploče lepljene vodonepropusnim lepkom i presovana pod pritiskom (blažujka), sa drvenim gredama i letvama od kojih se pravi konstrukcija za ukrućenje oplate.

Drvena oplata pruža relativno nizak kvalitet izrade elementa u pogledu geometrije, površina. Mogućnost ponovne upotrebe za elemente iste pozicije je 4 montiranja i skidanja. Za izradu 18 AB elemenata korišćeno je šest setova oplate, a za 9 PN elemenata 3 seta drvene oplate. Izrada kao i postavljanje odnosno demontaža traju duže, a takođe je potrebno više radne snage i vremena za te aktivnosti u poređenju sa metalnom oplatom.

ARMIRANJE: Armaturni sklopovi koji su pripremljeni i dopremljeni vezuju se u koš, pazeći na poziciju svake šipke.

BETONIRANJE: Za betoniranje elemenata na gradilištu, beton se pomoću automiksera dovozi iz fabrike betona, a prema zahtevanoj recepturi za beton MB40. Sveža betonska masa se istresa u pretovarni silos da bi oslobodili mikser nepotrebnog gubitka vremena. Iz silosa beton uzimamo dizalicom sa korpom od $0,5\text{ m}^3$ i iz nje vršimo betoniranje. Zbog vrlo gustog armaturnog koša, betoniranje i zbijanje betona mora se vršiti krajnje odgovorno. Kada beton dostigne potrebnu čvrstoću možemo skloniti oplatu i pregledati sve ivice elemenata.

Izrada elemenata u fabrici za prefabrikaciju

PRIPREMA: Ova operacija se sastoji od montaže oplate, a zatim od premazivanja unutrašnjosti kalupa.

Oplata koja se koristi u fabrici je GRP (glass reinforced plastic) ili metalna. U ovom slučaju koristi se metalna oplata, jer je dostupnija na našem tržištu, iako je skuplja. Metalna oplata pruža visok kvalitet izrade elementa u pogledu geometrije, površina. Mogućnost ponovne upotrebe za istovetne elemente je 100 montiranja i skidanja. Ova oplata se lakše i brže postavlja, odnosno demontira, te je potrebno manje radne snage i vremena za te aktivnosti.

ARMIRANJE: Armaturni sklopovi koji su pripremljeni i dopremljeni vezuju se u koš, pazeći na poziciju svake šipke.

BETONIRANJE: U krugu fabrike se nalazi fabrika betona isključivo namenjena za proizvodnju prefabrikovanih elemenata. Proizvedeni beton se transportnim sredstvima (automikser, viljuškar s korpom) doprema do hala sa čeličnim kalupima u koje su već postavljeni armaturni sklopovi. Ugradnja betona u kalupe (oplatu) vrši se pomoću oplatnih pneumatskih vibratora. Nega betona se vrši tehnikom zaparivanja, što ubrzava očvršćavanje elemenata.

Na kraju ugradnje betona u kalupe, radi se finalna obrada gornje površine betona. Dvadeset četiri sata nakon ugradnje betona u oplatu, a po postizanju odgovarajuće čvrstoće betona vrši se odkalupljivanje, vađenje, skladištenje i nega AB, odnosno PNP elemenata na deponiji. U fabrici su uslovi za negu betonskih elemenata uvek bolji nego na gradilištu, što rezultuje boljim kvalitetom elemenata kao i kraćim vremenom izrade.

Očvršli montažni elementi se tovore na transportna sredstva, vučno vozilo sa poluprikolicom, te se transportuju do gradilišta gde se vrši montaža. Elementi se transportuju po redosledu montaže.

Prednaprezanje: ako je sve u redu i beton je dostigao potrebnu čvrstoću na pritisak može se izvršiti operacija prednaprezanja, koja se sastoji u zatezanju kablova $\Phi 16$ mm po već postavljenim trasama, njihovom uklinjanju i njihovoj zaštiti smesom za injektiranje.

Operacija prednaprezanja bilo kog betonskog nosača može otpočeti onog momenta kada beton dostigne čvrstoću na pritisak od 30 MPa. Za glavne mostovske nosače koji su od betona MB40 taj momenat se postiže nakon 8 dana odležavanja.

Glavni nosači su numerisani brojevima od 1PN do 9PN prednapregnutih elemenata, i od 1AB do 18AB. Numeracija glavnih nosača je saglasna sa planom montaže i planom organizacije gradilišta. Sa montažom glavnih nosača može se otpočeti nakon što su izrađeni svi nosači jednog mosta. Redosled izrade elemenata diktiran je njihovim rasporedom na dispoziciji, što je uslovio redosled montaže.

Prilikom izrade glavnih nosača moraju se ugraditi ankeri za koje se element prihvata, odiže i montira.

3.3 Transport i montaža glavnih nosača

Transport glavnih nosača na gradilištu predstavlja unutrašnji transport sa placa za prefabrikaciju do mesta montaže/ ugradnje. Zbog ne mogućnosti izrade elemenata neposredno pored mesta ugradnje, plac za prefabrikaciju je izmešten na oko 1000 m od lokacije mosta.

Transport na gradilištu je jednostavniji, kraći a samim tim i jeftiniji od transporta iz fabrike. Redosled transporta gotovih elemenata vrši se u skladu sa planom montaže jednim vučnim vozilom WEIGHTLIFTER nosivosti 40t (slika 2.) sa priključnom poluprikolicom. AB nosači se transportuju po dva, dok se PN nosači transportuju po jedan na vozilu.



Slika 2. Transport montažnog nosača

Montaža elemenata glavnih nosača dopremljenih sa placa za prefabrikaciju na gradilištu do mesta ugradnje, vrši se dizalicom LIEBHERR 1200-5.1 sa transportnog sredstva.

Vreme potrebno da se elementi utovare na vozilo i utegnu je 60 min., dok se vreme transporta na gradilištu može zanemariti. Montaža elemenata vrši se sa vozila i traje 60 min po elementu. Utovar, transport i montaža čine jedan ciklus. To praktično znači da je potrebno vreme za utovar, transport i montažu dva AB nosača 3.0h, dok je za PN

nosač potrebno 1.5h. Ukupno vreme utovara, transporta i montaže za 27 elemenata je 5 dana.

Transport elemenata glavnih nosača iz fabrike do mesta ugradnje vrši se drumskim transportom, vučnim vozilom sa priključnom poluprikolicom – WEIGHTLIFTER nosivosti 40t. Elementi od PNB su dužine 21,7 m i težine 240 KN, ima 9 komada, dok su elementi od AB dužine 16,8m i težine 192 KN, ima 18 komada.

Optimizacijom mehanizacije i procesa toka transporta mogu se značajno smanjiti troškovi izgradnje što je imperativ u današnjem inženjstvu gde se zahtevaju što manji troškovi uz poštovanje striktnih vremenskih rokova. U skladu sa vrstom i dužinom transporta, vrstom tereta kao i karakteristika i brzine kretanja usvojenog transportnog sredstva, te praktičnog učinka mašine, usvojena su dva transportna sredstva.

Jedna od mana transporta gotovih elemenata od fabrike do gradilišta, a koja se javlja u slučaju transporta glavnih nosača predmetnog mosta, jeste ukoliko je prefabrikovani element veći od gabaritnih dimenzija, potrebno je pribaviti potrebne dozvole da bi se transport mogao obaviti. Ovakav transport se vrši uz pratnju saobraćajne policije i vozila sa žutim rotacionim svetlom.

Montaža elemenata glavnih nosača dopremljenih iz fabrike za prefabrikaciju do mesta ugradnje, obavlja se dizalicom LIEBHERR 1200-5.1 direktno sa transportnog sredstva, a u skladu sa planom montaže. Na osnovu usvojenog rešenja montaže mosta, količine elemenata koje treba prevesti, usvojenog transportnog sredstva i mašina koje učestvuju u aktivnosti montaže glavnih nosača mosta, usvojeno je rešenje: Ukupno 2 vučna vozila će za 5 dana transportovati 27 PFB elemenata iz fabrike PFB do mesta izgradnje mosta Jegrička, u ukupnoj dužini od 30 kilometara u jednom smeru. Usvojeno rešenje je optimalno jer se sa racionalnim brojem transportnih sredstava postiže transport u najkraćem vremenskom roku.

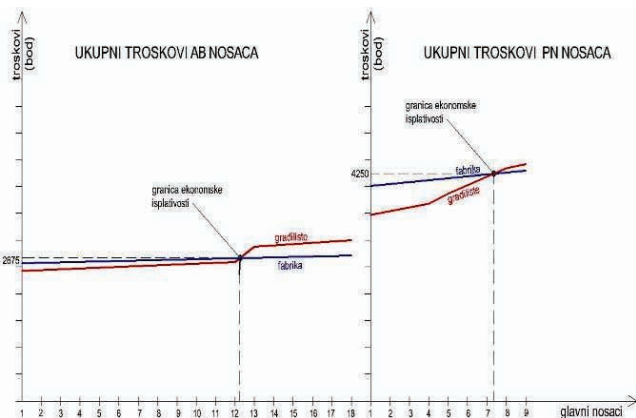
4. ZAKLJUČAK

Na osnovu podataka dobijenih iz analize cena materijala, radne snage i mehanizacije, izvršena je analiza koštanja izrade glavnih nosača, svake od dve opisane metode. Troškovi izrade elemenata glavnih nosača dobijeni su sabiranjem troškova materijala i radne snage potrebnih za izradu glavnih nosača predmetnog mosta. Oni se kumulativno povećavaju sa brojem elemenata. Iako se za potrebu izrade elemenata na gradilištu koristi drvena oplata koja je znatno jeftinija od metalne koja se koristi u fabrici za prefabrikaciju, zbog veoma malog obrta oplata i kupovine novih setova, pokazaće se da je ona ustvari znatno skuplja. U ovoj analizi, i pored malog broja elemenata, pokazalo se da je izrada elemenata u fabrici isplativija već kod 13-og AB nosača, odnosno 5-og PN nosača. Procentualna razlika troškova same izrade elemenata montažne konstrukcije mosta (27 glavnih nosača) na gradilištu i fabrici iznosi 8% u korist fabrike. Za transport glavnih nosača iz fabrike potrebno je 5 dana sa dva vučna vozila, odnosno, 4 dana se transport vrši sa dva, a 5-ti dan sa jednim vučnim vozilom, pa su ukupni troškovi 7200 €. Dok je za transport nosača izrađenih na gradilištu potrebno 5 dana sa jednim vučnim vozilom, pa su troškovi transporta 4000 €.

Montaža elemenata se vrši sa transportnog sredstva te je vezana za transport. Montaža glavnih nosača dopremljenih

iz fabrike traje 5 dana, te su ukupni troškovi montaže 4000 €. Montaža glavnih nosača dopremljenih sa placa na gradilištu traje 5 dana i ukupni troškovi montaže iznose 4000 €.

Sabiranjem troškova materijala, radne snage i mehanizacije dobijaju se ukupni troškovi potrebni za izradu glavnog nosača mosta. Na slici 3. prikazan je kumulativni rast ukupnih troškova po elementu. Vidi se da je granica ekonomske isplativosti za AB nosače između 12 i 13-og elementa, dok je za PN nosače ta granica između 7 i 8-og elementa.

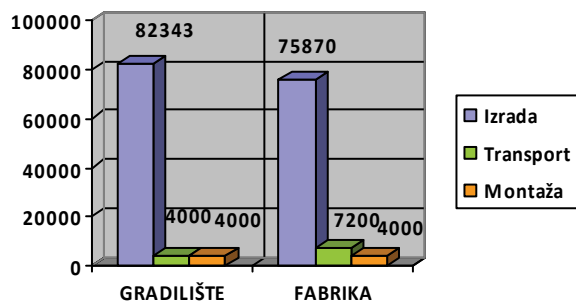


Slika 3. Rast ukupnih troškova po elementu

Iz analize isplativosti proizvodnje glavnih nosača zaključuje se da se sa povećanjem broja elemenata ukupni troškovi izrade, transporta i montaže po elementu, na gradilištu, povećavaju u odnosu na troškove fabrike što je grafički prikazano na slici 4.

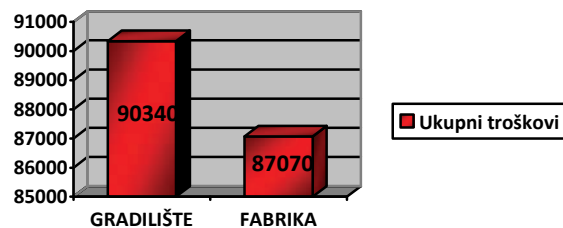
Sa pojedinačnog prikaza troškova vidi se da su troškovi izrade montažnih elemenata dominantni u odnosu na troškove transporta i montaže.

Rezultati analize prikazani su grafički, na grafikonu br. 1.



Grafikon 1. Rezultati analize troškova

Sabiranjem troškova izrade, transporta i montaže dobijeni su ukupni troškovi elemenata glavnih nosača predmetnog mosta izrađenih na gradilištu, odnosno u fabrici za prefabrikaciju gotovih elemenata.



Grafikon 2. Ukupni troškovi elementa glavnih nosača

Kao optimalna metoda usvojena je tehnika izrade konstrukcije u fabrici za prefabrikaciju gotovih elemenata, koja je i u pogledu ukupnih troškova dala bolje rezultate. Razlika ukupnih troškova iznosi 5 %.

I pored malog broja elemenata (27 glavnih nosača) za most preko kanalisiranog vodotoka Jegrička, analizom je pokazana ekonomska opravdanost izrade glavnih nosača predmetnog mosta u fabrici za prefabrikaciju gotovih elemenata. Izrada ovih elemenata u fabrici daje rešenje koje je pre svega kvalitetnije, brže i jeftinije.

5. LITERATURA

- [1] Trivunić, M., Matijević Z.: Tehnologija i organizacija građenja – praktikum, Novi Sad, 2004.
- [2] Arizanović, D.: Tehnologija građevinskih radova, Univerzitet u Beogradu, Beograd, 1997.
- [3] Interni cenovnik materijala i radne snage: Nexa d.o.o, Novi Sad, 2010.
- [4] Interni cenovnik materijala i radne snage: Novotehna d.o.o, Novi Sad, 2010.
- [5] Normativi i standardi rada u građevinarstvu: Građevinska knjiga, Beograd, 2004.
- [6] Trivunić, M.: Montaža betonskih konstrukcija zgrada, FTN Novi Sad 2000
- [7] Trbojević, B.: Organizacija građevinskih radova, Naučna knjiga, Beograd, 1992.

Kratka biografija:



Nataša Matijević rođena je u Novom Sadu 1977. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstvo - Organizacija i tehnologija građenja odbranila je 2011. god.

PROJEKAT BETONA ZA OSNOVNU ŠKOLU "JAŠA TOMIĆ" U VETERNIKU PORED NOVOG SADA**PROJECT OF CONCRETE FOR PRIMARY SCHOOL "JAŠA TOMIĆ" IN VETERNIK NEAR NOVI SAD**

Svetlana Dostanić, Mirjana Malešev, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu prikazan je projekat betona za objekte osnovne škole "Jaša Tomić" u naselju Veternik u Novom Sadu. U prvom delu rada opisana je tehnologija proizvodnje i upotreba termoizolacionih maltera na bazi perlita. Drugi deo rada obuhvata kratak opis konstrukcije objekta, projekat betona za predmetni objekat, projekat betona izvođača radova – izvedeno stanje, komparativnu analizu planiranih i izvedenih radova i zaključake.

Absract - This paper presents the project of concrete for buildings of primary school "Jasa Tomic" in the Veternik near Novi Sad. In the first part of this paper the manufacturing technology and the use of thermal insulation plasters on the basis of perlite are described. The second part of this paper encompassed short description of the structure elements, project of concrete for this building, the contractor's project of concrete - built status, a comparative analysis of planned and executed works and conclusions.

Ključne reči: Projekat beton, vrste betona, klase betona, dinamički plan, partije betona, kontrola kvaliteta, oplate, ušteda energije, termoizolacioni malteri, perlit.

1. TERMOIZOLACIONI MALTERI NA BAZI PERLITA

U okviru teorijsko - istraživačkog rada razmatrani su termoizolacioni malteri, koji se sve više vraćaju u upotrebu, jer predstavljaju jedno od glavnih rešenja u okviru smanjenja potrošnje energije za grejanje objekata. Termoizolacioni malteri se mogu upotrebiti za zidanje i malterisanje fasadnih zidova na objektima koji su u fazi gradnje, a može se sa njima izvršiti i naknadna toplotna zaštita fasadnih zidova na ranije izgrađenim objektima ("toplotna sanacija").

1.1. Termoizolacioni malteri

Pod termoizolacionim malterima podrazumevaju se kompozitni materijali male zapremine mase (ispod 1000 kg/m³). Smanjenje zapremine mase maltera može se postići na sledeće načine:

- korišćenjem "lakog" agregata (punioca) i/ili
- povećanjem poroznosti

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bila dr Mirjana Malešev, vanr.prof.

1.2. Komponentni materijali

Kao vezivo za termoizolacione maltere najčešće se primenjuje portland cement sa dodacima (nižih klasa) i hidratizirani kreč. Pošto se za spravljanje termoizolacionih maltera uglavnom koriste neorganska veziva, obavezna komponenta je i voda.

Perlit, ekspanzirani polistiren, ekspanzirana glina, vermikulit, granulirana mineralna vuna, šljaka i tuf su materijali koji se najčešće koriste kao agregat. U praksi se za spravljanje termoizolacionih maltera za malterisanje fasadnih zidova najčešće koristi ekspanzirani perlit.

Pored navedenih komponenti za spravljanje termoizolacionih maltera mogu se koristiti i dodaci: aditivi – tipa aeranata, hidrofozni i polimerni dodaci.

1.3. Perlit

Sirovi prelit je kamen vulkanskog porekla, nastao hlađenjem tankih površinskih slojeva vulkanske lave zadržavajući u svom sastavu kristalnu vodu od 2-5% (stena riolit). Ovaj kamen se lomi, drobi, melje i razvrstava po granulometriji, pa se tako pripremljena sirovina dalje obrađuje. Obradu sirovog perlita i proizvodnjom termoizolacionih materijala na bazi perlita kod nas bavi se "Termika" iz Zrenjanina.

Kada se sirovi perlit izloži temperaturi od oko 1000°C dolazi prvo do delimičnog vraćanja sirovine u prvobitno stanje, a zatim do otpuštanja kristalne vode, i na taj način se stvara bezbroj mehurića i dolazi do ekspanziranja sirovine i nastaje **ekspanzirani perlit** (slika 1.). Prilikom ekspanziranja zapremina perlita se povećava za 20 – 40 puta i dobija se perlit čije se osobine značajno razlikuju od osobina sirovine, on je: bele boje, zapreminska masa u rastresitom stanju je 140 – 60kg/m³, ima poroznu strukturu, ekološki je materijal, vatrostan (vatrostalnost na 1230°C), pH neutralan je (7 ± 0.5), mikrobiološki sterilan, hemijski inertan i nerastvoran.



Slika 1. Ekspanzirani perlit

1.4. "Permal" i "Supermal"

"Permal" i "Supermal" su termoizolacioni malteri na bazi perlita koji se proizvode u "Termici". Razlika između ova dva proizvoda je u sastavu (tabela 1), "Supermal" u sebi sadrži i dodatak aerant, zbog čega i poseduje bolje termoizolacione karakteristike.

Tabela 1: Sastavi termoizolacionih maltera

Komponente	"Permal"	"Supermal"
Perlit – P1	-	2 m ³
Perlit – P10	2 m ³	-
Hidratisani kreč	80 kg	260 kg
Cement	170 kg	200 kg
Aerant SMD35	-	1,8 kg

1.5. Svojstva termoizolacionih maltera

Osnovna svojstva termoizolacionih maltera su posledice velike poroznosti i male zapreminske mase. Usled toga, termoizolacioni malteri imaju malu toplotnu provodljivost i niske mehaničke karakteristike.

Orjentacione vrednosti osnovnih svojstava termoizolacionih maltera su:

- Zapreminska masa (300 – 1000 kg/m³);
- Koeficijent toplotne provodljivosti (0,08 – 0,15 W/mK);
- Čvrstoća pri pritisku (do 1 MPa) i pri zatezanju (do 0,1 MPa);
- Koeficijent toplotnog izduženja (do 1,5 mm/m/100°C);
- Faktor otpora difuzije vodene pare (4-6).

1.6. Ugradnja termoizolacionih maltera

Površinu na koju se nanosi "Permal" prvo se pokvasi vodom. Pripremi se malter "Permal" sa povećanom količinom vode i nabaci u vidu "šprica" na zid u debljini do 1cm. Nakon sušenja od nekoliko sati, nanosi se sledeći sloj maltera "Permal" normalne gustine u debljini 1,5–2,0cm bez ikakvog ravnjanja. Sutra dan se na drugi sloj nanosi još jedan sloj "Permal" do debljine (4 ili 5 cm).

Na površinu na koju se nanosi "Supermal", postave se vodice (drvene ili metlne) željene debljine malterisanog sloja. Pripremi se krečno-cementno mleko (3 litra kreča + 3 litra cementa + 6-7 litara vode) i nabacuje na zid, dok je mleko još mokro na njega se nabacuje malter u jednom sloju za 1 cm deblje od postavljenih vodica. Ako na zidu krečno-cementno mleko izgubi vodeni sjaj treba prestati sa nabacivanjem maltera i baciti novo mleko preko onog osušenog i tada nastaviti sa malterisanjem.

1.7. Zaštita termoizolacionih maltera

Termoizolacioni malteri se uvek postavljaju sa spoljne strane fasadnih zidova, pa su zato najizloženiji atmosferskim uticajima. Trajnost im je ugrožena zbog njihove porozne strukture, odnosno povećanog upijanja vode. U cilju povećanja trajnosti koriste se različiti hidrofobni premazi i malteri, kojima se smanjuje upijanje vode i na taj način povećava otpornost na dejstvo mraza. Ovi malteri moraju biti paro-propusni da ne bi dolazilo do kondenzacije vodene pare unutar fasadnog zida.



Slika 2: Zid malterisan Permalom i Supermalom i preko toga sloj Perlitfasa

Jedan od takvih premaza je i "Perlitfas" čiji je proizvođač takođe "Termika" iz Zrenjanina. Izgled zida na koji su

naneti termoizolacioni malteri i "Perlitfas" su prikazani na slici 2.

1.8. Termoizolacioni malteri za zidanje

Osim gore navedenih i opisanih termoizolacionih maltera za malterisanje fasadnih zidova, koriste se i termoizolacioni malteri za zidanje, koji takođe mogu biti na bazi perlita. Primenom tih maltera za zidanje izbegavaju se pojave hladnih mostova u konstrukciji.

1.9. Prednosti termoizolacionih maltera

Upotrebom termoizolacionih maltera na bazi perlita koriste se prirodni materijali koji nisu štetni po čovekovo zdravlje i sredinu; koriste se neorganski materijali koji su trajniji u poređenju sa veštačkim termoizolacionim materijalima.

2. PROJEKAT BETONA ZA OSNOVNU ŠKOLU

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.

2.1. Osnovni podaci o objektu

Osnovna škola (P+1) i u njenom sastavu fiskulturna sala se nalaze u naselju Veternik i locirana je između Paunove ulice i susednih parcela. Projekat konstrukcije je radio projektni biro "Mašinoprojekt KOPRING" iz Beograda.

Škola je ukupne visine približno 8,5m i gabarita približno 18×32m + 18×37m. Fundiranje škole je izvršeno na AB kontragredama, ispod kojih je izvršena zamena tla peskovitim šljunkom (marke zbijenosti Me 30MPa). Kota fundiranja je -1,70m. U konstruktivnom smislu škola je AB skeletna građevina sa AB gredama u oba pravca, kontinualnim AB pločama i stubovima. Međuspratna konstrukcija je projektovana kao puna AB ploča sa gredama u oba pravca. Dimenzije greda u oba pravca su b/h=30/60cm, dok je ploča debljine d_p=20cm. Vertikalni noseći elementi su stubovi dimenzija 30/40cm i 30/30cm, i AB zidovi (d=20cm) koji su sastavni delovi fasada. Visine stubova i zidova (u prizemlju i na spratu) su 3m. Fasada je odrađena trajnim materijalima (slika 3), fasadni zidovi su sendvič zidovi koji čine giter blok d=20cm, termoizolacija d=8cm i fasadna silikatna opeka kao zaštita termoizolacije d=12cm. Pregradni zidovi između učionica i hodnika su takođe od opeke debljine 12cm i 7cm.



Slika 3: Izgled škole

Fiskulturna sala je visine 10m i gabarita 18×36m. Temelji fiskulturne sale su kombinacija trakastih temelja i temelja samaca, koji su izvedeni na sloju tampon šljunka na koti -2,0m. Noseći sistem fiskulturne sale je kombinacija elemenata od AB i drveta. Od AB su stubovi (25×55cm), parapetni zidovi (d=20cm) na podužnim stranama i pilastri (25×60cm) na kalkanskim zidovima. Glavni nosač fiskulturne sale, raspona 18m, je od

lepljenog lameliranog drveta. Od masivnog drveta su i rožnjače na kojima leže krovni pokrivač i krovna oplata. Fasada fiskulturne sale je izrađena od fasadnih panela (slika 4).



Slika 4: Izgled fiskulturne sale

2.2. Definisanje kategorija, klase i vrsta betona

Proračunom je dobijeno da ukupna količina betona, koju je potrebno ugraditi u školu iznosi 1817,42m³, a u fiskulturnu salu 291,86m³. U konkretnom slučaju primenjivaće se betoni koji se pripremaju na gradilištu (za tampon slojeve ispod temelja i trotoare) i transportovani betoni (za AB elemente), pa saglasno BAB 87 u okviru ovih objekata primenjivani su betoni kategorije BI i BII (tabela 2). Takođe, po pravilniku BAB 87 član 21, definisane su klase betona, a zatim i vrste – sastavi betona, sračunavanjem vrednosti nominalno najkrupnijeg zrna agregata za elemente konstrukcije sa najvećom količinom armature, prema članu 10 PBAB-a 87 i izborom načina ugrađivanja betona. Zaključeno je da će se AB konstrukcija objekata izvesti od četiri klase betona: klasa A (MB15), klasa B (MB20), klasa C (MB30) i klasa D (MB35) (tabela 2). U okviru klase C razlikuju se četiri vrste betona (tabela 2).

Tabela 2: Kategorije, klase i vrste betona

Kategorija betona	BI		BII				
Klasa betona	A	B	C				D
Vrsta betona	A	B	C1	C2	C3	C4	D

Oznake iz tabele 2 imaju sledeća značenja:

A - MB15, četvorofrakcijski agregat D_{max}=31,5mm, slabo plastična konzistencija

B - MB20, četvorofrakcijski agregat D_{max}=31,5mm, slabo plastična konzistencija

C/1 - MB 30, četvorofrakcijski agregat, D_{max}=31,5mm, pumpani beton - tečna konzistencija

C/2-MB30, trofrakcijski agregat D_{max}=16,0mm, pumpani beton – tečna konzistencija

C/3-MB30, četvorofrakcijski agregat D_{max}=31,5mm, plastična konzistencija

C/4-MB30, trofrakcijski agregat D_{max}=16,0mm, plastična konzistencija

D – MB35, četvorofrakcijski agregat D_{max}=31,5mm, plastična konzistencija

2.3. Projektovanje sastava betona

Pre početka sastavljanja receptura za izradu probnih betonskih mešavina, 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 mešavina za izradu prethodnih proba odabrani su na osnovu sledećih uslova:

- voda je usvojena prema zahtevanoj 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, a

Računski sastavi betonskih mešavina dati su u tabeli 3.

Tabela 3: Računski sastavi betonskih mešavina, kg/m³

	m _c (kg/m ³)	m _v (kg/m ³)	m _a (kg/m ³)
A	234	171	1955
B	270	171	1923
C/1	369	185	1799
C/2	424	213	1676
C/3	358	180	1822
C/4	412	207	1702
D	394	180	1790

Konačni sastavi se određuju na osnovu eksperimentalnih rezultata. U okviru eksperimentalne provere, pored računске, spravlja su još po dve betonske mešavine za svaku vrstu betona, čiji su sastavi dobijeni na sledeći način: varira 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: $f_{km} \geq MB+8MPa$.

2.4. Plan betoniranja, način transporta i potrebna oprema

Transportovani beton se spravlja u fabrici betona: "Gro-produnkt" iz Novog Sada. Kapacitet predmetne fabrike betona je 45 m³/h. Spoljni transport sveže betonske mase vrši se automikserima nosivosti 6-10 m³. Fabrika betona poseduje 6 automiksera: 3 automiksera kapaciteta 6m³, 2 automiksera kapaciteta 9m³ i 1 kapaciteta 10m³. Prosečna brzina kretanja vozila iznosi oko 40km/h. Udaljenost fabrike betona od gradilišta je 4km. Transport betona od fabrike betona do mesta ugrađivanja prosečno traje 6 minuta.

Za unutrašnji transport betona koristiće se auto-pumpa za beton i toranjski kran. Časovni učinak auto-pumpe je 80m³/h. Toranjska dizalica (kran) vrši unutrašnji transport sveže betonske mase pomoću korpi za beton - kibli, zapremine 0,5 m³ i to direktnim pretovarom iz auto-mešalice. Časovni učinak kрана je 6-10 m³/h.

Za kompaktiranje odnosno zbijanje betona u svim slučajevima primenjivaće se električni pervibrator sa prečnikom igle Ø58 mm, tipa WACKER IREN 57. Za završnu obradu (izravnavanje) gornje površine ploča koristiće se vibro letve dužine 4,3m i 4,9m tipa WACKER SB 14F i 16F.

AB međuspratne ploče škole (debljine 20cm) su elementi sa najvećom potrebnom količinom betona. Svaka od tih ploča se izvodi u 2 faze. Betoniranje se vrši kontinualno, po trakama širine 4,5m. U međuspratnu ploču iznad sprata škole je po fazama potrebno ugraditi 199m³ i 167m³ betona. Od opreme pri betoniranju je potrebno angažovati: 3 automoksera (2-9m³ i 1-10 m³), auto-pumpu za beton, 2 dubinska vibratora i 2 vibroletve. Tako da betoniranje svake faze u proseku traje 5h.

2.5. Faze betoniranja

Na osnovu prethodno određene količine betona koja se može ugraditi i raspoložive opreme, definisane su faze betoniranja AB elemenata. AB temelji škole će se betonirati u 4 faze, a temelji fiskulturne sale u 3 faze. Podna ploča škole će se betonirati u 4 faze po trakama širine 3,2m sa radnim razdelnicama, dok se podna ploča fis.sale betonira u šahovskom poretku (2 faze) po poljima dimenzija 4,5×4,5m. Betoniranje stubova i zidova škole se izvodi u 2 faze. Dinamički plan betonskih radova rađen je u programskom paketu Microsoft Office - Microsoft Office Project 2007. Na osnovu dinamičkog plana radovi na betoniranju AB elemenata škole i fiskulturne sale trebalo bi da se izvedu u periodu 6. jula.– 29. oktobra. Uzimajući u obzir pravila za formiranje partija betona, uzet je potreban broj uzoraka za svaki dan betoniranja, spram količine betona koja se ugrađuje toga dana, plus dodatni uzorci da bi se zadovoljio uslov za formiranje partija betona za ocenu prema kriterijumu 1. Formirano je 29 partija za kontrolu saglasnosti sa uslovima iz projekta konstrukcije.

2.6. Oplate i skele

Pri izvođenju predmetnog objekta, predviđena je upotreba oplate proizvođača "PERI" - različitih tipova (u zavisnosti od elementa koji se betonira).

2.7. 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 2 dana od betoniranja istih, a oslobađanje međuspratne konstrukcije, nakon 21 dan od betoniranja.

3. PROJEKAT BETONA PREDMETNOG OBJEKTA – IZVEDENO STANJE

3.1. Definisanje kategorija, klasa i vrsta betona

Fabrika betona "Gro-prodakt" koja je bila dobavljač betona pri izradi predmetnog objekta, bavi se proizvodnjom betona i kontrolom kvaliteta betonskih mešavina u skladu sa propisanim merama za fabriku betona. Na osnovu projekta konstrukcije i načina ugrađivanja betona izabrano je 5 receptura iz postojećeg programa koje zadovoljavaju postavljene uslove. Razlikuju se recepture za letnji period 1.5.-1.11. i zimski period 1.11.-1.5., u dodatku aditiva "kemazima" u zimskom periodu betoniranja. Oznake betona korišćenih za betoniranje AB elemenata predmetnog objekta:

- Receptura broj 1: MB30, PUM, A-4;
- Receptura broj 2: MB30, PUM, A-3;
- Receptura broj 3: MB30, A-4;
- Receptura broj 4: MB30, A-3;
- Receptura broj 5: MB30, PUM, KEM, A-4;

3.2. Plan betoniranja- izvedeno stanje

Plan betoniranja za izvedeno stanje ne postoji, odnosno projekat betona od strane izvođača nije odrađen.

3.3. Faze betoniranja

Faze betoniranja nisu definisane, ali se na osnovu uzimanih uzoraka sa gradilišta za kontrolu kvaliteta moglo videti iz koliko faza su izvedeni pojedini elementi. Temelji škole su betonirani u 19 faza, temelji fis.sale u 7 faza; podna ploča škole i fis.sale – 2 faze, međuspratne ploče škole – 2 faze, stubovi i zidovi škole – 5 faza.

Iz dinamičkog plana se može videti da su radovi na betoniranju AB elemenata škole i temeljima fis.sale trajali od 27.jula – 6.decembra, a preostali elementi fis.sale su betonirani 4.marta do 31 marta naredne godine.

Ocena kvaliteta betona i kontrola saglasnosti sa uslovima iz projekta konstrukcije nije urađena. Na osnovu dobijenih podataka o postignutim čvrstoćama pri pritisku formirane su partije betona-59 partija i sprovedena je ocena saglasnosti sa zahtevanom MB po kriterijumu 1. Zaključeno je da 48% partija zadovoljava zahtevanu MB.

3.4. Terminsko oslobađanje konstrukcije od oplate

Za izvedeno stanje predmetnog objekta ne postoji detaljan i precizan terminski plan oslobađanja konstrukcije od oplate, tj. skele.

4. KOMPARATIVNA ANALIZA

Upoređujući poglavlje 2 i poglavlje 3 konstatovane su sličnosti i razlike između Projekta betona urađenom prema odredbama BAB 87 i podataka koje poseduje izvođač radova i fabrika betona. Razlike su u vrsti ugrađenog betona u pojedine elemente konstrukcije, fazama betoniranja, periodu betoniranja i broju partija betona.

5. ZAKLJUČAK

Izradom dinamičkog plana delimično su sagledane potrebne aktivnosti, međutim, samo izradom Projekta betona za konkretni objekat poštujući sve odredbe iz 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 Muravljov, "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 "Konferencija – Zidane konstrukcije – nosivost, trajnost i energetska efikasnost", *Građevinski fakultet u Beogradu*, Beograd 2010.

Kratka biografija:



Svetlana Dostanić rođena je u Zrenjaninu 1985. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstva–teorija i tehnologija betona odbranila je aprila 2011.god.



Mirjana Malešev rođena je u Zmajevu 1958. god. Doktorirala je na Građevinskom fakultetu u Beogradu 2003 godine, a od 2008. god. je vanredni profesor na FTN. Oblast interesovanja su materijali u građevinarstvu, tehnologija betona, procena stanja i sanacija betonskih konstrukcija.

PROJEKAT VIŠESPRATNE STAMBENO – POSLOVNE ZGRADE I ANALIZA GRANIČNOG STANJA UPOTREBLJIVOSTI GREDA**DESIGN OF MULTISTOREY RESIDENTIAL AND COMMERCIAL BUILDING AND ANALYSIS OF SERVICEABILITY LIMIT STATES OF BEAMS**

Vladimir Zečević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – U radu je prikazan projekat stambeno-poslovne zgrade. Dat je opis konstrukcije, analiza opterećenja, rezultati proračuna i način dimenzionisanja elemenata. Takođe, dat je i uporedni prikaz proračuna prslina i ugiba greda prema PBAB 87 i EC2.

Abstract – In this paper a design of an multi-storey residential and commercial building is carried out. The paper presents us with description of the construction, load analysis, design of elements and results of the design analysis. The paper also contains comparative analysis of serviceability limit cracks and deflection of beams by PBAB 87 and EC2.

Glavne reči: Projekat zgrade, AB konstrukcija, Granično stanje upotrebljivosti

1. UVOD

Diplomskim zadatkom predviđeno je projektovanje stambeno-poslovne AB zgrade, skeletno-panelnog sistema sa armiranobetonskim zidnim platnima i stubovima povezanim armirano betonskim gredama. Objekat je spratnosti Su+P+5 i nalazi se u Sarajevu. Konstruisanje elemenata i detalja je sprovedeno u skladu sa domaćim Pravilnikom [1].

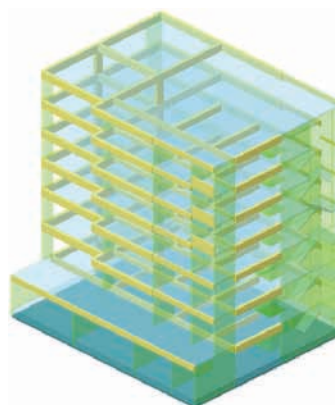
2. OPIS KONSTRUKCIJE**2.1. Arhitektonsko rešenje objekta**

Zgrada je u osnovi prvougaonog oblika dimenzija 19.75x24.30m i visine 20.30m. U suterenu objekta predviđeni su nadkriveni parking i ostave za stanare. Nalazi se na koti -3.50m. Visina suterena je 3.20m. Pored parkinga i ostava u suterenu je obezbeđena i vertikalna komunikacija dvokrakim stepeništem i liftom. U prizemlju i prvom spratu projektovan je poslovni prostor, i to u prizemlju poslovnica banke, a na prvom spratu kancelarije. Na preostalim spratovima projektovane su stambene jedinice različite kvadrature. Spratna visina prizemlja je 3.50m, prvog sprata 3.00m, a ostalih spratova 2.88m. U prizemlju se nalazi šalter sala, 7 kancelarija, trezor i sanitarni čvor. Na prvom spratu nalazi se 13 kancelarija, čajna kuhinja i sanitarni čvor. Stambeni dio koji se nalazi na drugom, trećem, četvrtom i petom spratu sastoji se od po 5 stanova po spratu, ukupno 25 stanova kvadrature od 47 do 87m². Sve prostorije u objektu imaju prirodno

osvetljenje preko prozora. Kuhinje, ostave i kupatila su ventilisani preko ventilacionih kanala. U celom objektu obezbeđena je vertikalna komunikacija pomoću dvokrakog stepeništa i lifta.

2.2. Konstrukcijsko rešenje objekta

Objekat je projektovan kao ukružena skeletna armiranobetonska konstrukcija, koju čine vertikalni noseći elementi stubovi i zidna platna i horizontalni noseći elementi grede. Zidna platna i stubovi su projektovani tako da zadovoljavaju propisane uslove saglasno Pravilniku [1].



Slika 1. Model konstrukcije

Međuspratna konstrukcija je projektovana kao sistem kontinualnih krstasto armiranih ploča debljine $d=20\text{cm}$. Uloga tavanica je da prime gravitaciono opterećenje jednog sprata i prenesu ga na stubove i grede objekta. Pored toga one ukružuju sistem u horizontalnom pravcu i primaju horizontalne sile, prenoseći ih dalje na vertikalne elemente. Stepenište objekta je dvokrako i sastoji se od dve kose ploče i podesta. Odnos dimenzija je napravljen tako da se obezbedi što ugodnije i udobnije kretanje, a da pri tome ne bude zauzeta velika površina korisnog prostora. Objekat je fundiran na temeljnoj ploči debljine $d=55\text{cm}$.

Svi gore navedeni elementi betoniraju se betonom marke MB35 i armiraju rebrastom armaturom RA 400/500.

3. ANALIZA OPTEREĆENJA

Prema domaćem Pravilniku [1], sva opterećenja su svrstana u nekoliko kategorija. Za ovaj objekat od značaja je da se odrede uticaji od stalnog, povremenog (korisno, sneg, vetar) i seizmičkog opterećenja. Stalno opterećenje čine sopstvena težina elemenata konstrukcije (stubovi, grede, zidna platna, tavanice) i dodatno stalno opterećenje (zidovi ispune, obloge podova, fasadne obloge), koje je na-

NAPOMENA:

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

neto kao površinsko ili kao linijsko opterećenje. Korisna opterećenja su u funkciji namene prostorije i naneta su kao površinska, intenziteta 1.5 kN/m^2 (stambeni deo) i 3.0 kN/m^2 (poslovni prostor, hodnici, stepeništa, terase, garaže). Opterećenje snegom je uzeto sa obzirom na lokaciju objekta i iznosi 1.25 kN/m^2 osnove krova. Opterećenje vetrom je naneto kao linijski raspodeljeno opterećenje po gredama u oba ortogonalna pravca. Seizmičko opterećenje je određeno metodom ekvivalentnog statičkog opterećenja, saglasno Pravilniku [1].

4. MODELIRANJE I PORAČUN KONSTRUKCIJE

Za statički i dinamički model usvojen je prostorni model, koji je napravljen u specijalizovanom programskom paketu Tower 6.0, zasnovanom na proračunu konstrukcija prema metodi konačnih elemenata (slika 1).

Model se sastoji iz linijskih (grede, stubovi) i površinskih (ploče, zidovi) konačnih elemenata. Programski je omogućeno modeliranje interakcije konstrukcije i podloge putem Vinklerovog modela tla. Tlo je zamjenjeno elastičnim oprugama postavljenim u čvorove mreže konačnih elemenata. Krutost opruge je definisana kao proizvod koeficijenta posteljice tla izraženog u kN/m^3 i pripadajuće površine tla kojega opruga zamenjuje. Usvojena vrednost koeficijenta posteljice je 25000 kN/m^3 . Prosečna veličina konačnog elementa je 0.5m .

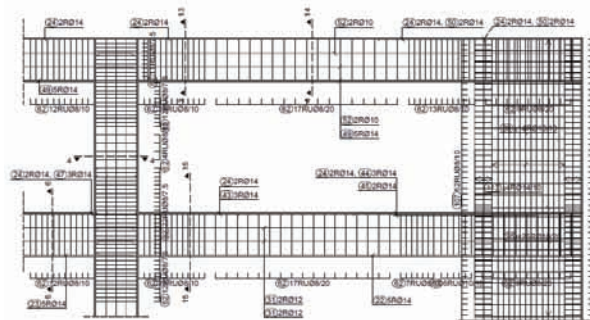
Kao rezultat linearno-elastične analize, sračunate su presečne sile u elementima (momenti savijanja, transversalne i normalne sile), na osnovu kojih je konstrukcija dimenzionisana. Modalnom analizom su određeni periodi oscilovanja konstrukcije i to translacije u X i Y pravcu sa periodima $T_1=0.6807\text{s}$ i $T_2=0.5499\text{s}$ i rotacija oko Z ose sa periodom $T_3=0.5067\text{s}$.

5. DIMENZIONISANJE KONSTRUKCIJE

Elementi konstrukcije su dimenzionisani saglasno važećem Pravilniku [2], poštujući specifične zahteve aseizmičkog projektovanja. Za određivanje merodavnih graničnih kombinacija opterećenja iskorišćena je opcija primenjenog programa. Na osnovu toga, usvojena je armatura u presecima vodeći računa o minimalnim procentima armiranja za svaki specifični element posebno. Grede su dimenzionisane prema graničnim momentima savijanja i transversalnim silama. Stubovi su sračunati i dimenzionisani kao simetrično armirani elementi ($A_{a1}=A_{a2}$) prema graničnim momentima savijanja, normalnim i transversalnim silama. Minimalni procenat armiranja stubova približno je oko 1.0% . U stubovima je kontrolisan nivo aksijalnog naprezanja usled eksploatacionog opterećenja, koji prema zahtevima aseizmičkog projektovanja mora da zadovolji sledeći izraz: $N_e/A \leq 0.35\beta_k$, gde je N_e aksijalna sila usled eksploatacionih opterećenja, A površina preseka, β_k karakteristična čvrstoća betonske prizme na pritisak.

Zidna platna su dimenzionisana na osnovu graničnih momenta savijanja, normalnih i transversalnih sila u kritičnim presecima. U presecima gde nije bila potrebna računaska, usvojena je minimalna količina armature na osnovu minimalnog propisanog procenta armiranja koji iznosi 0.45% . Kao i kod stubova i ovde je kontrolisan nivo aksijalnog naprezanja prema nešto strožijem kriterijumu $N_e/A \leq 0.20\beta_k$.

Na slici 2 prikazan je deo plana armiranja rama 1.



Slika 2. Deo plana armiranja rama 1

Krstasto armirane ploče dimenzionisane su na osnovu graničnih momenata savijanja u oba ortogonalna pravca. Kontrolisana je nosivost ploča na probijanje. Ploče su svojom debljinom zadovoljile uslove i ni u jednom preseku nije prekoračen računski napon smicanja i dobijena dodatna armatura za obezbeđenje od probijanja. U sklopu dimenzionisanja provereni su naponi u tlu kao i pomeranje konstrukcije usled vetra i seizmičkih sila, pri čemu su proračunske vrednosti ostale u dozvoljenim granicama.

6. GRANIČNO STANJE UPOTREBLJIVOSTI

6.1. Uvod

Proračunom prema graničnim stanjima nosivosti nije neminovno obezbeđeno da se elementi i konstrukcije na željeni način ponašaju u različitim fazama eksploatacije, pa se mora posebno dokazati da nisu prekoračena granična stanja upotrebljivosti.

Pod graničnim stanjima upotrebljivosti podrazumeva se naponsko-deformacijska stanja konstrukcija ili konstrukcijskih elemenata pri kojima je, usled najnepovoljnije kombinacije dejstva u eksploataciji, dostignut neki od propisanih ili konvencijalno utvrđenih kriterijuma o pogodnosti konstrukcije za upotrebu. U slučaju prekoračenja tako utvrđenog graničnog stanja upotrebljivosti, konstrukcija ili konstrukcijski element se više ne smatraju podobnim za projektovanu namenu, nezavisno od stvarnog kapaciteta nosivosti, odnosno koeficijenta sigurnosti prema lomu.

PBAB 87 i EC2 predviđaju da se u domenu graničnih stanja upotrebljivosti armiranobetonske konstrukcije i elementi treba da se proračunaju prema graničnim stanjima prslina i prema graničnim stanjima deformacija.

6.2. Granično stanje prslina prema PBAB 87

U armiranobetonskim elementima, izloženim zatezanju ili savijanju, nemoguće je izbeći da naponi u betonu ne dostignu čvrstoću pri zatezanju pa se u toku gradnje i u toku eksploatacije, kao posledica veoma različitih uzroka pojavljuju prsline. Zbog toga je neophodno širinu prslina ograničiti. Proračunom prema graničnim stanjima prslina, potrebno je dokazati, da karakteristična širina prslina $a_k(t)$ armiranobetonskog elementa, usled najnepovoljnije kombinacije u toku eksploatacije, u prizvoljnom trenutku vremena t , nije veća od granične vrednosti širine prslina a_u . Pojam karakteristične širine prsline $a_k(t)$

armiranobetonskog elementa, u proizvoljnom trenutku vremena t , uveden je radi uzimanja u obzir neujednačenosti stvarne širine pojedinih prslina. Karakteristična širina prslina $a_k(t)$ definisana je kao vrednost koja je za 70 % veća od vrednosti širine prslina $a_s(t)$. Srednja širina prslina $a_s(t)$ u proizvoljnom trenutku vremena t , u linijskom armiranobetonskom element izloženom složenom savijanju, određuje se za idealizovano stanje prslina i predstavlja izduženje, koje odgovara srednjem rastojanju prslina l_{ps} , i srednjoj dilataciji donje zone zategnute armature $\varepsilon_{als,R}(t) < 0$, u odnosu na zategnuti beton u njenoj neposrednoj okolini:

$$a_s(t) = l_{ps} [-\varepsilon_{als,R}(t) + \varepsilon_s(t, t_0)] ; \quad (1)$$

gdje je u obzir uzet i uticaj skupljanja betona.

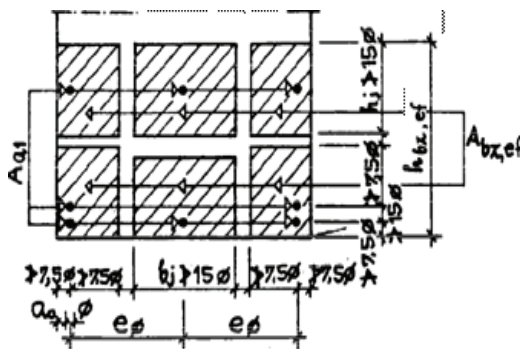
Rezultati eksperimentalnih istraživanja pokazuju da srednje rastojanje prslina l_{ps} zavisi od efektivne površine zategnutog betona $A_{bz,ef}$ na koju se naponi zatezanja u betonu između susednih prslina stvarno mogu preneti, a ne od cele površine zategnute zone betona betona.

$$l_{ps} = 2 \left(a_0 + \frac{\varepsilon_\phi}{10} \right) + k_1 k_2 \frac{\phi}{\mu_{1z,ef}} ; \quad (2)$$

gdje je $\mu_{1z,ef} = \frac{A_{a1}}{A_{bz,ef}}$, koeficijent k_1 zavisi od vrste

armature, a koeficijent k_2 od vrste naprezanja. Praktično efektivna površina zategnutog betona $A_{bz,ef}$ određuje se kao zbir efektivnih površina pojedinih šipki donje zategnute armature, širine b_j i visine h_j (slika 3), pri čemu je:

$$h_{bz,ef} \geq d - x_r^I \quad (3)$$



Slika 3. Efektivna površina zategnutog betona

Srednja dilatacija donje zategnute armature $\varepsilon_{als}(t)$, ispraskalog armiranobetonskog elementa, izloženog složenom savijanju, u trenutku vremena t uzimajući u obzir i sadejstvo betona iznosi:

$$\varepsilon_{als}(t) = (1 - \zeta) \varepsilon_{a1}^I(t) + \zeta \varepsilon_{a1}^{II}(t) \quad (4)$$

Koeficijent ζ zavisi od sadejstva zategnutog betona između prslina. Ukoliko sadejstva ne bi bilo, koeficijent ζ bi bio jednak 1, sa povećanjem sadejstva opada do 0, što odgovara punom sadejstvu, bez postojanja prslina i iznosi:

$$\zeta = 1 - \beta_1 \beta_2 \left[\frac{\sigma_{a1r}^{II}}{\sigma_{a1}^{II}} \right]^2 \leq 0,4 \quad (5)$$

Kada se radi o čistom savijanju koeficijent ζ se dobija iz izraza (6), ako se radi o savijanju silama iz izraza (7):

$$\zeta = 1 - \beta_1 \beta_2 \left[\frac{M_r}{M} \right]^2 \leq 0,4 \quad (6)$$

$$\zeta = 1 - \beta_1 \beta_2 \left[\frac{N_r}{M} \right]^2 \leq 0,4 \quad (7)$$

Graničnu širinu prslina a_u neophodno je utvrditi pre izrade statičkog proračuna. Najveća vrednost granične širine prslina prema PBAB 87 kreće se od 0.05 do 0.4mm. Njena vrednost zavisi od trajanja dejstva, agresivnosti sredine i zaštitnog sloja betona.

6.3. Proračun graničnog stanja prslina prema EC 2

Karakteristična širina prsline w_k može se sračunati iz izraza:

$$w_k = s_{r,max} (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \quad (8)$$

gde je:

$s_{r,max}$ – maksimalno rastojanje prslina,

ε_{sm} – srednja vrednost dilatacije armature za merodavnu kombinaciju opterećenja, uključujući uticaj prinudnih deformacija i sadejstvo zategnutog betona,

ε_{cm} – srednja vrednost dilatacije u betonu između prslina.

Razlika dilatacija $(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$ može se sračunati iz izraza:

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 - \alpha_e \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s} \quad (9)$$

gde je:

σ_s – napon u zategnutoj armaturi,

α_e – odnos modula elastičnosti $\frac{E_s}{E_c}$

$$\rho_{p,eff} = (A_s + \zeta_1^2 A_p) / A_{c,eff} \quad (10)$$

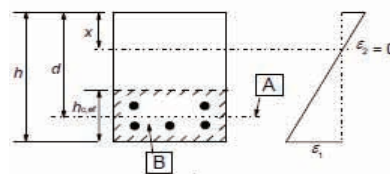
A_s – površina usvojene armature u zategnutoj zoni,

A_p – površina prethodno ili naknadno zategnutih kablova na delu preseka površine $A_{c,eff}$,

$A_{c,eff}$ – efektivna površina zategnutog betona oko armature ili kablova za prethodno naprezanje, visine $h_{c,eff}$ (slika 4). Za $h_{c,eff}$ uzima se najmanja vrednost sledećih veličina: $2.5(h - d)$, $(h - x)/3$ ili $h/2$.

Maksimalno rastojanje prslina se izračunava prema:

$$s_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \phi / \rho_{p,eff} \quad (11)$$



Slika 4. Efektivna površina zategnutog betona

Zavisno predviđenoj nameni i prirodi konstrukcije kao i o koštanju ograničenja prslina, granična vrednost računске širine prsline W_{max} se preporučuje od 0.2 do 0.4 mm.

6.4. Granična stanja deformacija prema PBAB

Granična stanja deformacija armiranobetonskog elementa, izloženog složenom savijanju, praktično se svode na granično stanje ugiba:

$$v_{\max}(t) \leq v_u \quad (12)$$

Ugib $v(t)$ armiranobetonskog elementa se određuje integracijom po dužini elementa l prizvoda srednje krivine $\kappa_s(t)$ i fiktivnog momenta savijanja $\bar{M}$:

$$v(t) \leq \int_l \kappa_s(t) \bar{M} dz_b \quad (13)$$

Srednja krivina κ_s armiranobetonskog elementa za presek bez prslina (14) i sa prslinom (15):

$$\kappa_s(t) = \kappa^I(t), \quad \text{za } M \leq M_r \quad (14)$$

$$\kappa_s(t) = (1 - \zeta) \kappa^I(t) + \zeta \kappa^{II}(t), \quad \text{za } M > M_r \quad (15)$$

Bilinearna metoda bazira na pretpostavci, da je, ne uzimajući u obzir uticaj skupljanja betona, ugib $v(t)$ bilinearna funkcija momenta savijanja M . Najveća vrednost graničnog ugiba v_u , data Pravilnikom BAB 87, određena je u funkciji raspona elementa l :

$$v_u = \frac{l}{k_u} \quad (16)$$

Koeficijent k_u zavisi od statičkog sistema i iznosi za gredu 300, za konzolu 150.

6.5. Granično stanje deformacija prema EC 2

Pod uslovom da su armiranobetonske grede ili ploče u zgradama dimenzionisane tako da zadovoljavaju granične odnose raspona i visine poprečnog preseka date u ovom poglavlju, može da se smatra da njihovi ugibi neće biti veći od graničnih vrednosti. Granični odnos raspon/visina može da se odredi u zavisnosti da li je $\rho \leq \rho_0$ prema izrazu (17), ili je $\rho \geq \rho_0$ prema izrazu (18):

$$\frac{l}{d} = K \left[11 + 1,5 \sqrt{f_{ck}} \frac{\rho_0}{\rho} + 3,2 \sqrt{f_{ck}} \left(\frac{\rho_0}{\rho} - 1 \right)^{\frac{3}{2}} \right] \quad (17)$$

$$\frac{l}{d} = K \left[11 + 1,5 \sqrt{f_{ck}} \frac{\rho_0}{\rho - \rho'} + \frac{1}{12} \sqrt{f_{ck}} \sqrt{\frac{\rho'}{\rho_0}} \right] \quad (18)$$

gde je:

ρ - potreban odnos površine zategnute armature i betona
 ρ_0 - referentni odnos površine armature

Vrednosti K su date zavisno od konstrukcijskog sistema. Kada se smatra da je potreban proračun ugiba deformacije procena ponašanja elemenata data je izrazom:

$$\alpha = \xi \alpha_{ii} + (1 - \xi) \alpha_i \quad (19)$$

Gde je α posmatrani parametar deformacije koji može da bude dilatacija, krivina ili rotacija sračunat za stanje bez prslina α_i i stanje sa prslinama α_{ii} , dok je ξ koeficijent sadejstva zategnutog betona. Najtačnija metoda za određivanje ugiba je da se sračunaju krivine u dovoljno velikom broju preseka duž elementa i da se onda ugib sračuna numeričkom integracijom.

7. ZAKLJUČAK

Na osnovu analiziranih metoda proračuna, odnosno predloga propisa u radu je urađen primer, na osnovu kog su upoređivani dobijeni rezultati. Prvo je urađen proračun prslina i ugiba prema PBAB 87 na gredi POS G 9085-14100 koja se nalazi u ramu 5, a zatim na istoj toj gredi prema EC 2.

Analizirane su ne samo krajnje vrednosti karakteristične širine prslina i ugiba već i vrednosti veličina koje najviše utiču na njihov krajnji rezultat. Vrednosti karakterističnih veličina pri proračunu ugiba i prslina prema PBAB 87 i prema EC 2 prikazane su u tabeli 1.

Tabela 1. Rezultati uporedne analize

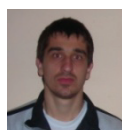
Karakteristične veličine	PBAB 87	EC 2
Efektivna površina zategnutog betona [cm ²]	800	569
Karakteristična širina prslina [mm]	0.12	0.106
Granična širina prslina [mm]	0.2	0.3
Krivina u toku vremena [1/cm]	0.000028	0.000028
Ugib [mm]	18.1	18.1
Dopušteni ugib [mm]	26.6	32

Kao što se vidi dobijaju se različite vrednosti efektivne površine betona, karakteristične širine prslina, granične širine prslina i dopuštenih ugiba. Vrednosti krivine i ugiba su indetične. Razlike u proračunu prslina mogu se objasniti različitošću formula po kojima se računaju. Proračun ugiba prema PBAB 87 i EC 2 je veoma sličan što se objašnjava činjenicom da su i naši i evropski propisi za proračun ugiba nastali na osnovama nemačkog standarda DIN 1045.

8. LITERATURA

- [1] Grupa autora: *Zbirka srpskih pravilnika i standarda za građevinske konstrukcije*.
- [2] Grupa autora: *Beton i armirani beton* prema BAB 87, knjige 1 i 2, Univerzitetska štampa, Beograd, 2000.
- [3] Ž. Radosavljević, D. Bajić: *Armirani beton* 3, Građevinska knjiga, Beograd, 2007.
- [4] Ivan Tomičić: *Betonske konstrukcije*, treće izmenjeno i dopunjeno izdanje, Zagreb 1996.
- [5] Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings, Management Centre, Brussels, december 2004.

Kratka biografija:



Vladimir Zečević rođen je u Sarajevu 1980. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstva – Konstrukcije odbranio je 2011.god.

PROJEKAT FUNDIRANJA HOTELA HOLIDAY INN U NOVOM SADU FOUNDATION PROJECT OF HOTEL HOLIDAY INN IN NOVI SAD

Rada Nikolić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – U radu su prikazani rezultati geomehaničkih ispitivanja tla koji su neophodni za fundiranje objekta hotela Holidej In u Novom Sadu. Na osnovu ovih ispitivanja, izvršeni su proračuni sniženja nivoa podzemne vode depresionim bunarima, zatim proračun obodne potporne konstrukcije od šipova potrebnih za zaštitu temeljne jame, takođe urađen je i statički proračun uticaja i dimenzionisanje temelja primenom programa TOWER 6. U okviru rada analizirani su uticaji u šipovima za različite module reakcije tla, različite dubine ukopavanja i različite načine razupiranja.

Abstract – In the paper the geomechanical results are given that are necessary for founding the hotel Holiday Inn in Novi Sad. Based on these results, the calculations of lowering the groundwater levels with wells are done, and also calculations of piles supporting structures for the protection of the foundation pit, and static calculation and dimensioning of the foundations using TOWER 6 computer program, are done. Also, the effects in piles are analyzed by changing the values of the soil module, depth of foundation and different type of strutting.

Ključne reči: Ispitivanje terena, fundiranje, bunari, NPV, šipovi, temeljna jama, deformacijske karakteristike tla, Hotel, Tower.

1. UVOD

Hotel Holidej In u Novom Sadu, *slika 1*, ima spratnost Po+P+Gal+Teh+10+Gal₁₀. Objekat je u konstruktivnom smislu skeletni sistem i sastavljen je od AB stubova, srednjih nosećih AB zidova, i obodnih AB platna u podrumskoj etaži, na koje naleže AB livena ploča poda prizemlja. Ostale međuspratne ploče su takođe AB livene, različitih raspona, debljina $d = 18$ do 22 cm, sa oslanjanjem na obodne i srednje noseće stubove i AB platna.

Objekat je fundiran na AB - temeljnoj ploči $d = 90$ cm, koja je računata metodom konačnih elemenata kao krstasto armirana na homogenom elastičnom poluprostoru u programu Tower 6.

Fundiranje objekta je izvršeno na koti -9.30 m mereno od kote terena.

NAPOMENA:

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



Slika 1. Trodimenzionalni model hotela Holidej In u Novom Sadu

2. GEOMEHANIČKO ISPITIVANJE TERENA

Za potrebe projektovanja i izvođenja hotela Holidej In kao i radi sagledavanja geomehaničkih karakteristika temeljnog tla, izvedeni su istražni radovi i obavljena geomehanička ispitivanja terena. Rezultati geomehaničkih ispitivanja terena predstavljaju neophodnu podlogu za proračun sniženja NPV depresionim bunarima, proračun potporne konstrukcije od šipova za obezbeđenje vertikalnog iskopa temeljne jame i statički proračun i dimenzionisanje konstrukcije i temelja objekta [1].

2.2 Vrste i obim istražnih radova

U cilju utvrđivanja litološkog sastava terena, uzimanja reprezentativnih uzoraka tla za laboratorijska ispitivanja i registrovanja nivoa podzemnih voda, obavljena su terenska istraživanja.

2.2.1 Istražno bušenje

Izvedene su 2 istražne bušotine dubine po 10.0 m. Svaka istražna bušotina je geodetski snimljena.

2.2.2 Opit statičke penetracije

Izvedena su 3 opita statičke penetracije. Tokom opita statičke penetracije merene su otpornosti tla na prodor vrha konusa R_F kao i otpori bočnog trenja L .

2.2.3 Kartiranje terena i jezgra

U toku bušenja rotacionim postupkom sa kontinuiranim jezgrovanjem izvršeno je kartiranje jezgra radi preciznijeg određivanja granica između pojedinih litoloških slojeva i mogućnosti makroskopske analize strukture svakog sloja [1].

Uzimanje uzoraka tla

Iz istražnih bušotina prilikom bušenja uzeti su uzorci tla za geomehnička laboratorijska istraživanja.

Uzorci su propisno pakovani i otpremljeni na ispitivanje u laboratoriju.

2.2.4 Merenje nivoa podzemnih voda

Istražnim bušenjem utvrđeno je postojanje podzemnih voda u terenu. Konstatovana je zbijena izdan sa slobodnim nivoom i formirana je u prašinstim i peskovitim materijalima. Nivo podzemne vode u toku bušenja bio je na dubini 3.20 m u odnosu na površinu terena. Maksimalni NPV je na koti 77.70m, a min NPV je na 74.80m. Prema ovim podacima nivo podzemne vode ima bitan uticaj na uslove temeljenja ovog objekta, jer je kota temeljne ploče na 70.00m.

2.3 Rezultati ispitivanja

2.3.1 Geološka građa

Prvi litološki sloj od površine terena, sastavljen je od prašinsto sitnozrnih peskova, glina i peskovitih glina. Ispod sitnozrnih sedimenata su različito granulirani peskovi do šljunkovi. U podini peskovitih naslaga mestimično se nalaze peskoviti do čisti šljunkovi [1].

2.3.2 Laboratorijska ispitivanja

Radi identifikacije i klasifikacije slojeva koji izgrađuju teren na kojem se predviđa izgradnja predmetnog objekta, kao i radi utvrđivanja fizičko mehaničkih karakteristika tla, izvršena su laboratorijska ispitivanja na reprezentativnim uzorcima.

Karakteristike tla su dobijene preko sledećih opita:

- prirodna vlažnost (JUS U.B1.012)
- konzistencija tla - Aterbergove granice (JUS U.B1.020)
- zapreminska težina (JUS U.B1.016)
- granulometrijski sastav tla (JUS U.B1.018)
- opit direktnog smicanja tla (JUS U.B1.028)
- edometarski opit stišljivosti (JUS U.B1.032)

2.4 Geotehnički uslovi fundiranja objekta

Usvojene merodavne vrednosti geomehničkih parametara su:

Kohezija $c=0\text{kPa}$; Ugao unutrašnjeg trenja $\varphi=27-30^\circ$;
Zapreminska težina $\gamma=18,6\text{kN/m}^3$;
Zapreminska težina potopljenog tla je $\gamma=10\text{kN/m}^3$

Proračun dozvoljene nosivosti je raden za jednoslojnu geotehničku sredinu - pesak sive boje. Dubina fundiranja je $D_f=9.3\text{m}$. Veličina graničnog i dozvoljenog opterećenja tla računata je za temeljnu ploču oblika pravougaonika ($B \times L=31,42 \times 47,10\text{m}$.) prema Terzagiju.

$$q_f = 0.67 \cdot \left(1.0 + 0.3 \cdot \frac{B}{L}\right) \cdot c \cdot N_c + \gamma_1 \cdot D_f \cdot N_q + 0.5 \cdot B \cdot \gamma_2 \cdot N_\gamma \quad (1)$$

$$q_a = 1056 \text{ kN/m}^2$$

Veličina sleganja tla računata 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:

$$s_c = \int_0^H \frac{p_z}{M_v} \cdot d_z \text{ sračunata su sleganja za centričnu tačku}$$

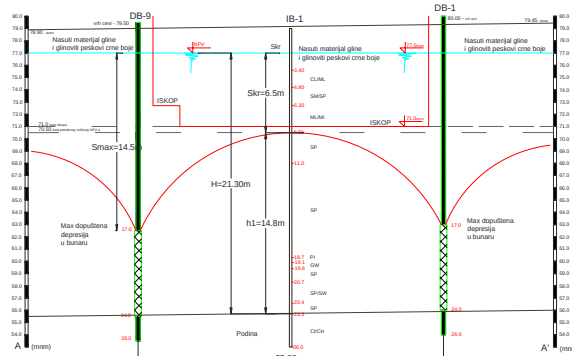
„G“. Veličina sleganja je $s=0,77\text{cm}$.

3. SNIŽENJE NPV-a

Geomehničkim ispitivanjima ustanovljen je visok NPV u odnosu na dno temelja objekta. Kako bi se obezbedili uslovi za rad u suvom izvršen je proračun sniženja NPV do dubine 0,5m ispod kote dna temeljne jame depresionim bunarima.

3.1 Proračun sniženja nivoa podzemne vode depresionim bunarima za objekat Holiday Inn

Sniženje nivoa podzemnih voda je izvršeno sa grupom depresionih bunara savršenog tipa koji kaptiraju izdani sa slobodnim nivoom, relativne dubine oko 26m, čiji se filterski deo nalazi na nivou izdani 17 do 24 m, dužine 7m. Na osnovu izvršene analize merodavnih hidrogeoloških parametara i rezultata geotehničkih istraživanja za proračun je usvojena filtraciona šema data na slici 2.



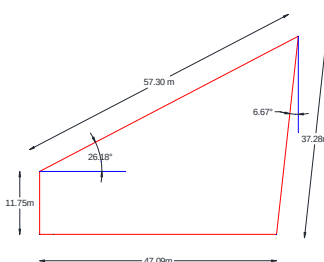
Slika 2. Tehničko rešenje sniženja nivoa podzemnih voda sistemom depresionih bunara

Temeljna jama hotela Holiday Inn je nepravilnog oblika iskošenog trapeza slika 3, pa depresiona površ ima složen oblik. Zbog toga je izvršen proračun za raspored depresionih bunara po realnoj konturi oko temeljne jame.

3.1.1 Proračun sniženja NPV sistemom bunara raspoređenih po realnoj konturi temeljne jame oblika nepravilnog četvorougla

Primenjen je izraz za grupu depresionih bunara raspoređenih po proizvoljnoj zatvorenoj konturi, za slučaj izdani sa slobodnim nivoom [5].

$$Q_{sum} = \frac{n \cdot \pi \cdot k \cdot s \cdot (2 \cdot H - s)}{n \cdot \ln(R + x_0) - (n - 1) \cdot \ln x_0 - \ln r_0 - \sum_{\lambda=1}^{n-1} \ln \left(2 \cdot \sin \frac{\lambda \cdot \pi}{n} \right)} \quad (2)$$



Slika 3. Kontura osnove temeljne jame –trapez

λ – broj članova sume od 1 do $n-1$

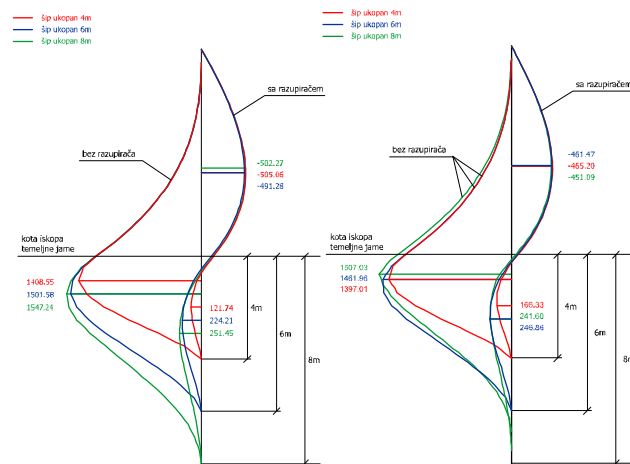
pa je: $\eta = 1,18$

- Usvojen je poluprečnik $x_0=26\text{m}$.
- Za radijus dejstva „velikog bunara“ usvojen je $R=800\text{m}$.
- Depresija koju treba ostvariti u centru „velikog bunara“ $S_0=6,5\text{m}$
- Statički nivo podzemnih voda $H=21,30\text{m}$, jer je NPV na koti 77 mm, a podina na koti 55,70 mm, slika 2.
- Usvaja se koeficijent filtracije $k=3,0 \times 10^{-4} \text{ m/sec}$.
- Poluprečnik bunara $r_0=0,15\text{m}$
- Pretpostavlja se potreban broj bunara $n=7$

X₂=12,64m X₄=27,24m X₆=15,72m

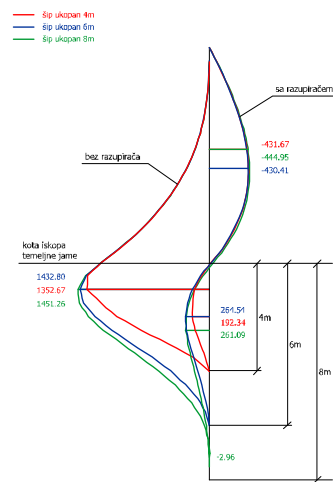
Zatim je modul reakcije tla povećavan na $K_h=30\text{MN/m}^3$, $K_h=50\text{MN/m}^3$ i analiziran je njegov uticaj na dijagram momenata i horizontalno pomeranje šipa. Takođe je varirana i dubina fundiranja, kao i način razupiranja.

Na slikama 6, 7 i 8 prikazan je dijagram momenata za različite dubine fundiranja, za šip koji je sa i bez razupirača. Prilikom ove analize došlo se do zaključka da se povećanjem dubine fundiranja povećava i moment savijanja kako kod šipa koji je razuprt, tako i kod šipa koji nije. Razlika je veća ukoliko je modul reakcije tla manji [2].

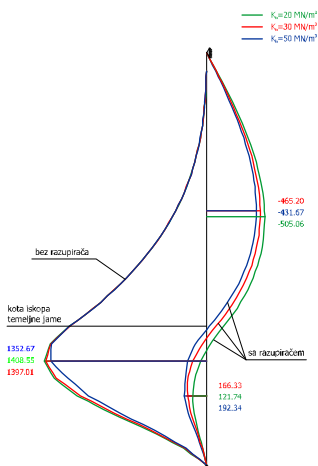


Slika 6.
Dijagram momenata[kNm]-
 $K_h=20\text{MN/m}^3$

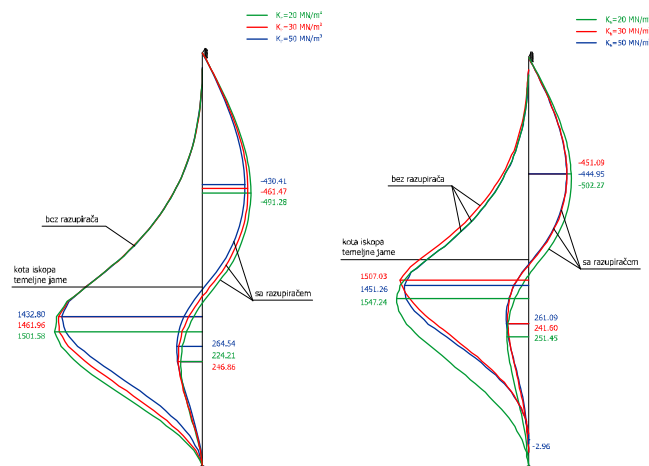
Slika 7.
Dijagram momenata[kNm]-
 $K_h=30\text{MN/m}^3$



Slika 8. Dijagram momenata[kNm]- $K_h=50\text{MN/m}^3$



Slika 9.
Dijagram momenata[kNm]-
šip ukopan 4m



Slika 10.
Dijagram momenata[kNm]-
šip ukopan 6m

Slika 11.
Dijagram momenata[kNm]-
šip ukopan 8m

Prilikom analize horizontalnih pomeranja za šip kod kojeg je variran horizontalni modul reakcije tla, došlo se do zaključka da se povećanjem modula reakcije tla smanjuju pomeranja, kako za šip sa razupiračem tako i za šip bez razupirača. Razlika je veća u slučaju šipa bez razupirača.

5. ZAKLJUČAK

Na osnovu ispitivanja terena, izvedenih računskih analiza vezanih za sniženje NPV i obezbeđenje temeljne jame, kao i proračuna temelja u programu Tower 6, utvrđeno je da su kontakti naponi i sleganja temelja za maksimalna opterećenja u granicama dozvoljenih.

Fundiranje objekta Holiday Inn je uspešno izvedeno bez ikakvih ozbiljnih problema i u toku su završni grubi građevinski radovi.

6. 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] Milović M. Dušan, Đogo B. Mitar, "Problemi interakcije tlo–temelj–konstrukcija", FTN, 2009.
- [4] Slobodan Ćorić, "Geostatički proračuni". Rudarsko geološki fakultet, Beograd 2008.
- [5] Stevan Stevanović, "Fundiranje I", Naučna knjiga, Beograd 1989.

Kratka biografija:



Rada Nikolić rođena je u Loznici 1981. god. Diplomski - master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstva – Fundiranje objekta odbranila je 2011.god.

**PROCENA STANJA I SANACIJA KONSTRUKCIJE OSNOVNE ŠKOLE
"VUK KARADŽIĆ" U HALOVU****ASSESSMENT AND REPAIR OF THE STRUCTURE OF PRIMARY SCHOOL
"VUK KARADZIC" IN HALOVO**

Aleksandra Milijić, Vlastimir Radonjanin, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – Rad se sastoji od teorijskog i stručnog dela. U teorijskom delu analizirane su metode i tehnike sanacije zidanih konstrukcija. U stručnom delu rada analizirana je zidana konstrukcija (konstruktivni sistem i upotrebljeni materijali), dat je vizuelni pregled postojećeg stanja objekta, procena stanja u kom se objekat nalazi i mere sanacije. Izvršena je provera napona u zidovima, proračun i dimenzionisanje nove AB tavanice i predmer sanacionih radova.

Abstract – The paper consists of theoretical and practical part. The measures and techniques of rehabilitation of masonry structures are analyzed in theoretical part of paper. The practical part of paper envelopes an analysis of the masonry structure (structural system and used materials), visual inspection of the structure, assessment of the building and repair measures. Verification of the stresses in the walls, calculation and design of a RC floor structure and quantities of repair works are also done.

Ključne reči: Osnovna škola, vizuelni pregled, sanacija, zidana konstrukcija

1. UVOD

U teorijskom delu rada ukratko su predstavljena karakteristična oštećenja zidanih konstrukcija i uzroci nastanka tih oštećenja, a zatim su detaljno predstavljene metode i tehnike sanacije karakterističnih oštećenja, kao i tehnike ojačanja zidanih konstrukcija. U drugom delu rada analiziran je konkretan objekat, dat je kratak opis konstrukcije objekta, sprovedena je procena stanja objekta, analiza i zaključak o stanju objekta i na osnovu toga predložene su odgovarajuće mere sanacije. Predmetni objekat je osnovna škola "Vuk Karadžić" u Halovu, u okolini Zaječara.

2. METODE I TEHNIKE SANACIJE ZIDANIH KONSTRUKCIJA**2.1. Sanacija prslina i pukotina**

U zavisnosti od veličine, oblika, položaja u zidu i uzroka nastanka, određuju se tehnike sanacije prslina i pukotina.

NAPOMENA:

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

Za sanaciju prslina i pukotina i ojačanje zidanih konstrukcija mogu se primeniti sledeće tehnike: injektiranje, zapunjavanje pukotina, tehnika ušivanja, ojačavanje mrežastom armaturom i sitnozrnim betonom ili pomoću ferocementa i prezidivanje.

Injektiranje se može primeniti za sanaciju prslina i pukotina širine od 0.2 – 10mm. Kao materijali za injektiranje koriste se epoksidne smole za prsline širine od 0.2 – 0.8mm i injekcione mase na bazi cementa za pukotine širine od 0.8 – 10mm.

Tehnika ušivanja – "stitching" primenjuje se u cilju premoščavanja prslina ispućalih zidova, povećanja mehaničkih karakteristika i duktiliteta dela zida oko prsline. Zasniva se na ugrađivanju spiralne armature u spojnice zida.

Zapunjavanje pukotina se može primeniti za sanaciju u slučajevima kada su širine otvora veće od 10mm.

Za sanaciju širokih pukotina može se koristiti premoščavanje pukotina armaturnim mrežama od galvanizovanog čelika.

Sanacija i ojačanje ispućalih zidova pomoću AB plašta može se primeniti u slučaju ispućalih zidova sa širim pukotinama, kod kojih je smanjena bočna stabilnost i nosivost na smicanje.

Tehnike prezidivanja ili potpune zamene zida primenjuju se u zonama zidova sa velikim oštećenjima.

2.2. Sanacija i ojačanje zidova

Sanacija zidova sa trošnim malterskim spojnica sa stoji se u uklanjanju trošnog maltera iz spojnica, čišćenju spojnica i popunjavanja novim malterom za zidanje.

Ako se pokaže da zidani zid konstrukcije nema potrebnu nosivost, zid se može ojačati dodavanjem sloja armiranog betona sa obe strane zida. U tu svrhu se postavlja mrežasta armatura i izvodi se novi deo zida od sitnozrnog betona.

Vertikalne pukotine na spojevima zidova uzrokovane nezavisnim pomeranjem svakog zida ili bočnim savijanjem mogu se premostiti umetanjem čeličnih limenih traka u malter, uz naknadno injektiranje.

Ojačanje vertikalnim serklažima izvodi se radi utezanja postojećih zidova i povećanja njihove seizmičke otpornosti. Umesto izvođenja vertikalnog serklaža, ojačanje zidova se može izvesti čeličnim elementima koji se postavljaju sa spoljašnje strane zida i u spojnici u unutrašnjoj strani zida.

Kada je slobodna dužina zida velika, njihova bočna stabilnost može se povećati i izvođenjem poprečnih zidova – pilastera. U slučajevima kada zidovi u uglovima i na mestu suticanja i ukrštanja nisu oštećeni, ili kada je

teško izvodljivo “usecanje” vertikalnih serklaža, ojačanje ovih zona se izvodi ugrađivanjem vertikalnih šipki u prethodno formirane vertikalne kanale u zidovima. Za sprečavanje bočne nestabilnosti fasadnih zidova i za ojačavanje mesta suticanja dva noseća zida mogu se primeniti čelične zatege.

2.3. Povezivanje međuspratnih tavanica i zidova

U starim zidanim konstrukcijama obično ne postoje serklaži ili spone za povezivanje tavanica i zidova. Osnovni zadatak serklaža i zidnih spona je da sprečavaju odvajanje zidova i osiguraju da se zgrada za vreme potresa ponaša kao prostorna konstrukcija sa međusobno dobro povezanim elementima. Horizontalni serklaži se po pravilu izvode u nivou međuspratne konstrukcije, kroz celu debljinu zida.

2.4. Ojačanje krovnih konstrukcija

Teške krovne konstrukcije koje nisu bile na odgovarajući način ankerovane u konstruktivne zidove, često su bile jedan od glavnih uzroka oštećenja starih zgrada za vreme zemljotresa. Ojačanje krovne konstrukcije podrazumeva zamenu teške krovne konstrukcije što je moguće lakšom, a zatim krovnu konstrukciju treba horizontalno ukrutiti i na odgovarajući način ankerisati u armiranobetonske serklaže.

2.5. Ojačanje temeljne konstrukcije

Svrha ojačanja temeljne konstrukcije je da se u nivou temeljne konstrukcije stvori monolitni, kruti roštilj koji će obezbediti sinhronu oscilaciju svih zidova zgrade. Novi temelj izvodi se oko postojećeg temelja i međusobno se povezuju ankerima ili čepovima.

2.6. Sanacija kapilarne vlage

Problem kapilarne vlage je česta pojava kod objekata masivne gradnje, naročito kod starih objekata koji u svojim temeljnim zidovima nemaju nikakvu horizontalnu hidrozolaciju ili je postojeća hidrozolacija vremenom dotrajala. Vлага iz tla kapilarno se penje u gornje delove objekta razarajući materijal od koga je objekat zidan, ugrožavajući njegovu stabilnost.

U praksi su poznate sledeće metode sanacije, odnosno sprečavanja prodora kapilarne vlage u kapilarno porozne zidove:

- Presecanje zidova i ugrađivanje vodonepropusnih barijera.
- Injektiranje ili ubrizgavanje hidrofobnih emulzija
- Elektroosmoza.
- Nanošenje isušivih paropropusnih maltera.

HIO-tehnologija je jedna od tehnika presecanja zidova, koja pruža trajnu zaštitu građevinskih objekata od kapilarne vlage bez narušavanja stabilnosti ili konstrukcije objekta.

Ova tehnologija podrazumeva totalno presecanje zidova i stubova bez obzira na njihovu debljinu i vrstu materijala od koga su zidani i ugrađivanje HIO-master šine, kao trajne vodonepropusne barijere. Detalj ugrađivanja HIO-šine prikazan je na slici 1.

Za manje prizemne objekte i danas se koristi stara tehnika sukcesivnog vađenja jednog reda opeka, umetanja bitumenske hidrozolacije i vraćanja izvađenog reda opeke.



Slika 1. Ugrađivanje HIO-master šine

Presecanje vlage u zidu se može postići nalivanjem ili injektiranjem hemijskih sredstava u masu zida. Postupak isušivanja zidova elektroosmozom zasniva se na promeni smera toka vode u vlažnim zidovima, ugradnjom električnog polja u područje vlaženja, čime se postiže isušivanje zida. Osnovni problem kapilarne vlage su mineralne soli koje se transportuju rastvorene u vodi i izlaskom na površinu kristališu i razaraju materijal. Ovaj problem se može rešiti primenom isušivih paropropusnih maltera.

3. PROCENA STANJA KONSTRUKCIJE OSNOVNE ŠKOLE “VUK KARADŽIĆ”

3.1. Uvod

Usled nepostojanja projektne dokumentacije, upoznavanje sa konstrukcijom objekta izvršeno je direktnim izlaskom *na teren*. Na taj način ustanovljene su dimenzije objekta i osnovnih elemenata konstrukcije, konstruktivni sistem i upotrebljeni materijali. Na osnovu izvršenih merenja na terenu izrađene su osnove koje odgovaraju izvedenom stanju objekta. Nakon upoznavanja sa konstrukcijom, usledio je detaljan vizuelni pregled konstrukcije uz registrovanje i klasifikaciju svih vidljivih oštećenja. Na osnovu analize svih podataka, dat je zaključak o uzrocima nastalih oštećenja i formirana ocena stanja konstrukcije.

3.2. Opis objekta

Škola je sagrađena 1912. godine, a najveći deo objekta je i danas u funkciji. Objekat je zadobio manja oštećenja, prilikom zemljotresa, koji se dogodio 1940. sa epicentrom u Rumuniji i koji je nanio štetu velikom broju objekata u istočnoj Srbiji. Na slici 2 prikazan je sadašnji izgled objekta.



Slika 2. Sadašnji izgled objekta

Objekat se nalazi u seoskom naselju Halovo, 12km severoistočno od Zaječara. Objekat je prizemni, poligonalne osnove, površine ~ 400m², bez podruma. Ukupna visina objekta je 7.88m, pri čemu je visina

przemlja 4.28m, a visina slemena od podne daske tavana je 3.60m. Pregledom objekta ustanovljeno je da su za građenje upotrebljeni sledeći materijali: prirodni kamen, opeka, čamova drvena građa, crep. Konstruktivni sistem objekta je masivna konstrukcija, koju čine noseći podužni i poprečni zidovi od opeke. Konstrukcija je izvedena isključivo od masivnih zidova, odnosno bez horizontalnih i vertikalnih serklaža, a nisu izvedene ni nadvratne i natprozorne grede. Zidovi su debljine 50cm, visine 4.0m, izvedeni su od opeke dimenzija 30x15cm. Ispod masivnih nosećih zidova objekta izvedeni su trakasti temelji od prirodnog, vezanog kamena. Širina temelja iznosi 65cm, a visina je 120cm. Tavanica je izvedena od punih drvenih greda-tavanjača, postavljenih u pravcu kraćeg raspona. Međusobno osno rastojanje greda je 80cm. Grede su pravougaonog poprečnog preseka, dimenzija 20x25cm. Krovna konstrukcija je izvedena kao složena krovna ravan pod nagibom od 37°. Osnovni elementi krovne konstrukcije su: rogovi, horizontalne grede (rožnjače, venčаницe, vezne grede), stubovi, kosnice i pajante. Svi elementi su izrađeni od čamove drvene građe. Krovni nosači su izvedeni sa dvostrukom pravom krovnom stolicom.

3.3. Detaljan vizuelni pregled objekta

Detaljnim vizuelnim pregledom konstrukcije uočena su sledeća oštećenja:

- prsline i pukotine,
- sleganje,
- buđ, mrlje i iscvetavanje soli,
- ljuskanje i otpadanje maltera i
- biološko rastinje.

3.3.1. Oštećenja obimnih zidova

Prsline i pukotine su u manjoj ili većoj meri registrovane na svim obimnim zidovima. Uočene pukotine su različitog intenziteta i stepena zastupljenosti, od onih koje se javljaju u malterskom sloju, na površini zida, do onih koje se javljaju i u samoj opeci i malterskoj spojnici.

Većina registrovanih pukotina nastala je kao posledica seizmičkih uticaja kojima je konstrukcija bila izložena. Jedna od karakterističnih pukotina prikazana je na slici 3.



Slika 3. Pukotina u zidu koja prolazi i kroz spojnicu i opeku

Vlaga je prisutna u gornjem delu zidova, usled dejstva atmosferilija, dok je u donjem delu zidova uočena pojava kapilarne vlage. Kao posledica nepostojanja hidroizo-

lacije, usled kapilarnog penjanja vode došlo je do pojave vlage u donjem delu svih fasadnih zidova.

Na slikama 4 i 5 prikazana su oštećenja koja su nastala kao posledica postojanja vlage u zidovima.



Slika 4. Oštećenja zidova zbog prodora vlage iz tla



Slika 5. Oštećenja zidova zbog vlage od atmosferilija

3.3.2. Oštećenja unutrašnjih pregradnih zidova

Prsline u sloju maltera uočene su na većini unutrašnjih zidova. Pored vertikalnih i kosih prsline, uočene su i horizontalne pukotine na spoju zida i tavanice (Slika 6). U uglovima većine otvora uočene su manje kose prsline. U prostorijama koje nisu u funkciji uočeno je ljuskanje i otpadanje maltera.



Slika 6. Pukotina na spoju zida i tavanice

3.3.3. Oštećenja na donjoj strani tavanice

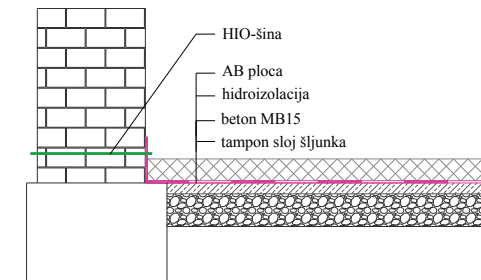
Na donjoj strani tavanice registrovana su sledeća oštećenja: mrlje od vlage, prsline, ljuskanje i otpadanje maltera.

3.3.4. Stanje krovne konstrukcije

Pregledom krovne konstrukcije ustanovljeno je da nema oštećenja na elementima od drvene građe. Na krovnom pokrivaču je uočena pojava iscvetavanja soli.

4. PREDLOG SANACIONIH MERA

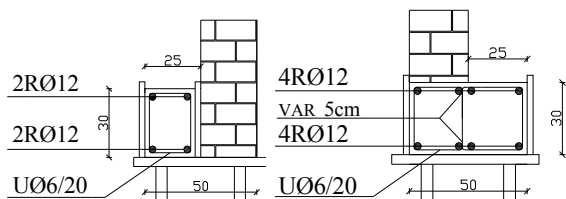
Za sprečavanje kapilarne vlage predviđena je primena HIO-tehnologije u svim fasadnim zidovima (slika 7).



Slika 7. Detalj hidroizolacije

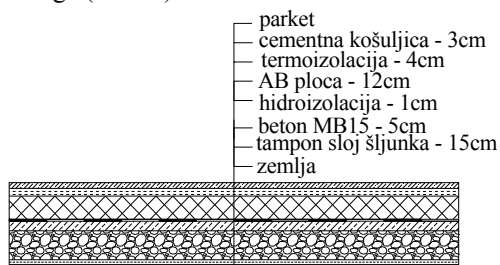
Injektiranje pukotina je predviđeno kao mera sanacije većine registrovanih pukotina na zidovima objekta, a na mestima gde je uočeno pucanje i drobljenje opeke, potrebno je, pored injektiranja, zameniti oštećene opeke lokalno duž pukotine.

Pukotine u uglovima zidova saniraće se zasecanjem i zapunjavanjem odgovarajućom masom za zaptivanje. Projektom sanacije predviđeno je izvođenje nadvratnih i nadprozornih greda iznad svih otvora u objektu (slika 8).



Slika 8. Postupak izvođenja nadvratnih i nadprozornih greda

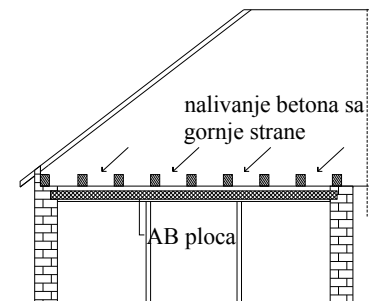
U svim prostorijama predviđeno je uklanjanje podnih obloga i izvođenje armiranobetonske podne ploče, sa izradom hidroizolacije, termoizolacije i postavljanjem novih obloga (slika 9).



Slika 9. Slojevi novog poda

Projektom sanacije predviđeno je izvođenje nove armiranobetonske tavanice, čime će se dodatno ukrutiti

zidovi u horizontalnoj ravni. Kako bi se izbegla demontaža krovne konstrukcije, koja je u dobrom stanju i nema potrebe za njenom sanacijom, nova tavanica će se izvoditi ispod postojeće drvene tavanice, tako što će se betonirati odozgo, iz tavanskog prostora. Predhodno će se sa donje strane odštemati zidovi i postaviti potrebna armatura (slika 10). Nakon izvođenja nove AB tavanice predviđeno je izvođenje spuštenog plafona u svim prostorijama.



Slika 10. Izvođenje AB tavanice

Kako bi se mogle primeniti predložene mere sanacije, izvršen je proračun i dimenzionisanje AB tavanice, nadvratnih i nadprozornih greda i kontrola napona u najopterećenijim zidovima.

5. ZAKLJUČAK

Na osnovu analize svih uočenih oštećenja zaključeno je da je ugrožena funkcionalnost i nosivost pojedinih elemenata konstrukcije, a deo objekta je potpuno neupotrebljiv za obavljanje svoje prvobitne funkcije. Predložene sanacione mere su neophodne kako bi se ovaj deo objekta vratio u funkciju i sprečila dalja destrukcija objekta.

6. LITERATURA

- [1] V.Radonjanin, M.Malešev: "Skripta sa predavanja iz predmeta Praćenje, procena stanja i održavanje građevinskih objekata", Novi Sad, 2009.
- [2] V.Radonjanin, M.Malešev: "Materijali i tehnike sanacije građevinskih objekata", Novi Sad, 2009.
- [3] Zorislav Sorić: "Zidane konstrukcije", Zagreb, 1999.
- [4] <http://www.staff.city.ac.uk/earthquakes/Repairstrengthening/RSSStoneMasonry.htm>
- [5] <http://www.hio-technology.com>

Kratka biografija:



Aleksandra Milijić rođena je u Zaječaru 1983. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstvo – Smer za procenu stanja i sanaciju objekata, odbranila je 2011. god.



Vlastimir Radonjanin je rođen u Skoplju. Doktorirao je na Građevinskom fakultetu u Beogradu 2003 godine, a od 2008. god. je vanredni profesor na FTN. Uže oblasti profesionalnog rada su: procena stanja i sanacija betonskih konstrukcija, materijali u građevinarstvu, tehnologija betona i ispitivanje konstrukcija.

**PROJEKAT SANACIJE I REKONSTRUKCIJE SKLADIŠTA SIROVINA
„HIP – AZOTARA“ PANČEVO****REPAIR AND RECONSTRUCTION OF RAW MATERIAL STORAGE HOUSE
“HIP-AZOTARA” PANČEVO**

Aleksandar Drakulić, Vlastimir Radonjanin, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – Rad sadrži teorijski i praktični deo. U teorijskom delu analizirana je mogućnost primene recikliranog agregata pri izvođenju AB elemenata konstrukcije. Pri analizi su prikazani rezultati istraživanja kako za reciklirani beton u svežem stanju, tako i za beton u očvrslom stanju. U praktičnom - stručnom delu rada analizirana je skeletna konstrukcija skladišta sirovina, dat je vizuelni pregled objekta i procena stanja objekta, postupak rušenja najoštećenijeg dela objekta, proračun i dimenzionisanje elemenata „novog“ dela konstrukcije od lameliranog drveta na mestu srušenog, mere sanacije preostalog dela objekta i predmer svih radova.

Abstract - The paper consists of theoretical and practical part. In the theoretical part, the possibility of using recycled aggregates in elements of RC buildings structure was analyzed. Results of research of fresh and hardened recycled aggregate concrete are also presented. The practical part consists of an analysis refers to reinforced concrete storage of raw materials, giving a visual inspection of the structure and assessment of the building structure, the steps of demolishing the most damaged part of the building, calculation and dimensioning elements of the "new" part of structure executed with glued laminated timber, as well as repair measures for rehabilitation of the building.

Ključne reči: Skladište sirovina, skeletna konstrukcija, vizuelni pregled, proračun, sanacija, lamelirano drvo.

**1. NAČIN DOBIJANJA I KARAKTERISTIKE
BETONA OD RECIKLIRANOG BETONA**

Kada se konstrukcija od armiranog ili nearmiranog betona sruši iz nekog razloga, reciklaža betona od kojeg je konstrukcija bila sagrađena je sve češći metod rešavanja problema šteta i građevinskog otpada u svetu. Kod nas se i dalje vrši skladištenje šteta od ruševina na deponijama otpada. Donošenjem novih zakona o zaštiti životne sredine, podizanjem svesti o zaštiti životne okoline i želje za smanjenjem cene materijala, u novije doba recikliranje betona je postao atraktivan posao u svetu.

Rušenje starih i dotrajalih objekata i njihova zamena novim objektima je sve češća pojava u velikim urbanim sredinama. Razlozi rušenja objekata su promene njihove namene, starenje objekata, preuređivanje delova gradova, proširenje putnih pravaca, prirodne nepogode

(zemljotresi, poplave, požari...), itd. Zbog sve većih deponija šteta i građevinskog otpada i kalkulacijama da će se u narednim godinama priraštaj ovog otpada uvećati, rađena su obimna eksperimentalna istraživanja sa ciljem definisanja karakteristika betona spravljenog sa agregatom od recikliranog betona. Ova ispitivanja su imala za cilj da definišu mogućnost korišćenja betona sa agregatom od recikliranog betona u modernom građevinarstvu. Poslednjih trideset godina se intenzivno istražuju mogućnosti primene iskorišćene opeke i betona, kao agregata za formiranje novih betonskih elemenata i kao materijala za nasipanje. Korišćenje iskorišćenog građevinskog materijala danas ima dve namene:

- kao nevezani izdrobljeni materijal za razne vrste nasipanja i zamene podloge i
- kao separisani agregat za spravljanje novog betona.

1.1. Proces recikliranja betona

Agregat od recikliranog betona se dobija drobljenjem i usitnjavanjem betonske mase konstrukcije, koja je izgubila upotrebnu vrednost. Armatura i ostali nepovoljni materijali, se moraju ukloniti pre drobljenja starog betona. Uklanjanje armature se vrši jakim magnetima. Mora se voditi računa da se uklone materijali kao što su gips, asfalt, itd., koji se mogu izmešati pri drobljenju sa ostalim šutom i stvoriti mnoge probleme. Bolje je, ako se može postići, da materijali koji se ne recikliraju, budu otklonjeni pre početka rušenja. Kada se počelo razmišljati o reciklaži betona, prva zabrinutost se odnosila na efikasnost načina odvajanja armaturnih šipki i armaturne mreže od betona. Međutim, pokazalo se da se mašinama za lomljenje i drobljenje betona lako odvaja armatura od betona. Dokumentacija o kvalitetu i sastavu betona konstrukcije koja će biti reciklirana je vrlo vredna, ako je dostupna. Kako može da se maksimalno iskoristi građevinski otpad, grafički je prikazano na slici 1.



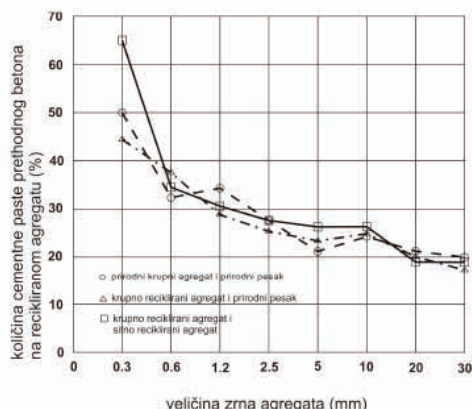
Slika 1. Proces recikliranja betona

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je dr Vlastimir Radonjanin, vanr.prof.

1.2. Karakteristike agregata od recikliranog betona

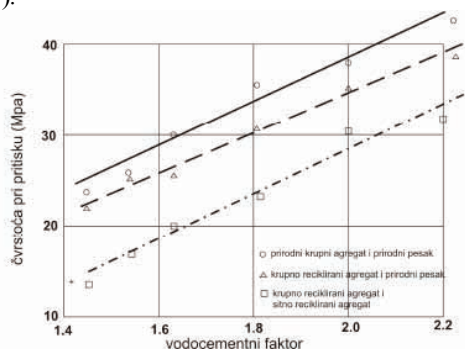
Rezultati japanskog istraživanja za koje je izveštaj dao B.C.S.J., gde je hidratizirana cementna pasta prilepljena za zrna recikliranog agregata određena potapanjem zrna u rastvor hlorovodonične kiseline na 20°C, prikazani su na slici 2. Kao što je prethodno navedeno, drobljeni sitni agregat je obično nešto grublji i uglastiji nego što je poželjno. Granulometrijski sastav sitnog agregata, hrpavost i ugradljivost betona napravljenog od njih, može se poboljšati dodavanjem mešavine sitnog prirodnog peska. Stara cementna pasta i malter u mnogo slučajeva nepovoljno utiču na kvalitet betona od recikliranog agregata, i trebalo bi izbegavati upotrebu frakcije sitnije od 2mm.



Slika 2. Procentualna količina cementne paste na recikliranom agregatu

1.3. Karakteristike svežeg betona od recikliranog agregata

U intezivnoj seriji istraživanja, Mukai et al. je pronašao linearne veze između razmere cementa i slobodne vode sa čvrstoćom na pritisak, kao i čvrstoće na zatezanje betona napravljenih od krupno recikliranog agregata i prirodnog peska, kao i od sitnog i krupnog recikliranog agregata (slika 3).



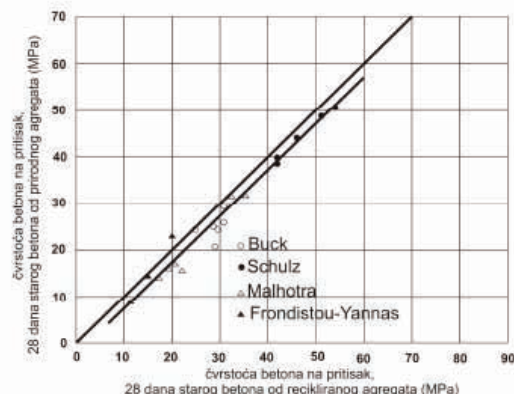
Slika 3. Veza između čvrstoće pri pritisku i vodoce-mentnog faktora svežeg betona sa recikliranim agregatom

Može se zaključiti da se pravilo o vodoce-mentnom faktoru, koje je osnovno za svaku betonsku mešavinu, primenjuje bez ikakvih izmena i na sve vrste recikliranog betona. Vrednosti čvrstoće, u nekim slučajevima, mogu biti niže kod recikliranog betona nego kod standardnog betona.

1.4. Karakteristike očvrslog betona od recikliranog agregata

Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da je čvrstoća pri pritisku betona od recikliranog agregata manja od čvrstoće pri pritisku standardnog betona.

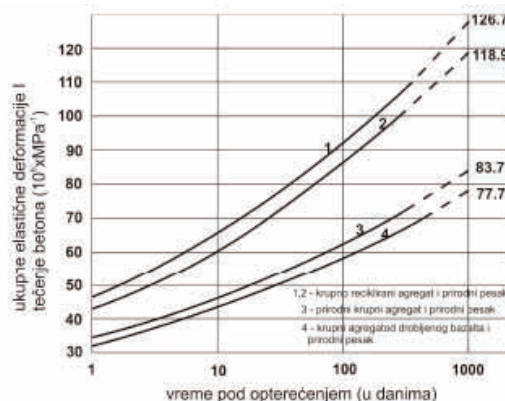
Postoji veza između čvrstoće pri pritisku standardnog betona i betona od recikliranog agregata. Sa slike 4. se može videti da je beton od recikliranog agregata imao za 10% manju čvrstoću pri pritisku nego referentni beton spravljen od standardnog agregata.



Slika 4. Veza između čvrstoće pri pritisku između betona sa prirodnim i recikliranim agregatom

Modul elastičnosti betona od recikliranog agregata je uvek manji od modula elastičnosti odgovarajućeg referentnog betona spravljenog sa standardnim agregatom, zbog velike količine starog maltera sa manjim modulom elastičnosti koji je zalepljen za zrna originalnog agregata u recikliranom agregatu.

Tečenje betona od recikliranog agregata veće je nego tečenje standardnog betona. Wesche i Schulz su eksperimentom pokazali da je tečenje dva betona, spravljen sa krupnim recikliranim agregatom i prirodnim peskom, za 50% veće nego tečenje odgovarajućeg referentnog betona spravljenog od uobičajenog prirodnog i drobljenog agregata (slika 5.). Ovo ne iznenađuje s obzirom na činjenicu da beton od recikliranog agregata sadrži 50% više maltera nego referentne mešavine. Tečenje betona je proporcionalno sadržaju cementne paste ili maltera u betonu.



Slika 5. Ukupna deformacija tečenjem referentnog betona i betona od recikliranog agregata

2. PROJEKAT REKONSTRUKCIJE I SANACIJE SKLADIŠTA SIROVINA „HIP – AZOTARA“ PANČEVO

Praktični deo diplomskog-master rada odnosi se na skladište sirovina „HIP - Azotara“ Pančevo, prikazano na slici 6. Ovo skladište je namenjeno za skladištenje repromaterijala u procesu proizvodnje. U periodu od 15-18. aprila 1999. godine, u dva navrata su bombardovani objekti „HIP - Azotara“ Pančevo. Tokom bombardovanja je

objekat skladišta hlorida i fosfata pogođen. Ovom prilikom je potpuno uništen krovni prekrivač od talasastog aluminijuma, a ostatak noseće armiranobetonske konstrukcije je delimično oštećen. Od tada, pa do danas, skladište nije u upotrebi i nije natkriveno, pa samim tim je bilo izloženo direktnim atmosferskim i drugim uticajima. Radi utvrđivanja stvarnog stanja konstrukcije pre izrade projekta sanacije, obavljene su sledeće aktivnosti: analiza raspoložive dokumentacije o objektu, provera dimenzija objekta i osnovnih elemenata AB konstrukcije, detaljan vizuelni pregled noseće AB konstrukcije sa registrovanjem i klasifikacijom vidljivih defekata i oštećenja, utvrđivanje količine i rasporeda ugrađene armature.

2.1. Tehnički opis konstrukcije

Skladište sirovina je situirano u krugu fabrike „HIP - Azotara“ Pančevo. „Skladište fosfata“ i „Skladište hlorida KCL“ – HIP Azotara, Pančevo, *slika 6* projektom su predviđeni kao zasebni objekti, ali pri samom izvođenju su integrisani u jednoj celinu i predstavljaju jedan objekat. Skladište ima jednu etažu, a u osnovi je pravougaonog oblika. Objekat se sastoji iz magacinskog i aneksnog prostora. U osnovi, magacinski prostor ima 5928m² (156x38m), a osnova aneksa ima ~1124 m² (11,7x24m; 11,7x48m; 11,7x24m), što znači da se objekat prostire na ukupnoj površini od ~7125m². Kalkanski zidovi se nalaze na severoistočnoj, odnosno jugozapadnoj strani. Najviša tačka objekta se nalazi na 19,79m.



Slika 6. Izgled skladišta sirovina

Konstrukcija skladišta sirovina „HIP – Azotara“ Pančevo se sastoji iz magacinskog dela i aneksnog dela, koji su međusobno povezani i čine jednu celinu. Objekat je armiranobetonska skeletna konstrukcija koja je izvedena uglavnom od prefabrikovanih elemenata, a manjim delom od elemenata izvedenih na licu mesta.

Glavna noseća konstrukcija skladišnog dela izvedena je od rešetkastih armiranobetonskih nosača, a sekundarni noseći sistem od rožnjača direktno oslonjenih na glavne nosače.

Ovi elementi ujedno predstavljaju i krovnu konstrukciju magacinskog dela. Ovaj deo krovne konstrukcije je na dve vode i ima pad od ~45°. Glavni nosači su direktno oslonjeni na temeljnu podkonstrukciju.

Kod aneksnog dela, noseću konstrukciju čine grede i stubovi, a sekundarnu konstrukciju čine rožnjače direktno oslonjene na grede aneksa. Grede aneksa se u jednoj tački oslanjaju na glavne nosače skladišnog dela. Aneksni deo formira krovnu ravan sa padom od 10°.

2.2. Ocena stanja konstrukcije

Najznačajnije oštećenje konstrukcije je korozija armature. Korozija armature – nastaje kao posledica nedovoljne debljine zaštitnog sloja betona, pa armatura dolazi u kontakt sa kiseonikom i vlagom iz spoljašnje sredine, a tome doprinosi agresivnost sredine i višegodišnja "otvorenost" objekta. Korozija armature je u manjoj ili većoj meri zastupljena na skoro svim elementima. Radi lakše kvantifikacije, stepen zahvaćenosti korozijom elemenata je definisan skalom od 1 do 4.

Stepen korozije (1) je početni stadijum korozije armature koji se manifestuje pojavama mrlja od rđe na zaštitnom sloju betona i prslinama u betonu, koje prate pravac armature.

Stepen korozije (2) je oblik koji obuhvata pukotine u zaštitnom sloju betona, praćene povećanjem poprečnog preseka armature do 30% i ljušpanjem površinskog sloja betona.

Stepen korozije (3) predstavlja uznapredovali stepen korozije, što podrazumeva pucanje i ljuškanje zaštitnog sloja betona i njegovo odvajanje od osnovne mase i povećanje poprečnog preseka armature do 70%.

Stepen korozije (4) podrazumeva potpuno otpadanje zaštitnog sloja armature, pokidane uzengije i raslojavanje glavne armature.

2.3. Zaključak o stanju konstrukcije

Iz svega navedenog zaključeno je da je ugrožena nosivost, stabilnost, upotrebljivost i trajnost konstrukcije kao celine.

Preporuka: Zbog lošeg stanja i skupe sanacije glavnih nosača, kao i sumnje u nosivost većine rožnjača, preporučeno je rušenje glavnih nosača i njima pripadajućih rožnjača. Predložena je sanacija svih elemenata aneksa skladišta sirovina, pregradnih i kalkanskih zidova, kao i parapeta magacinskog prostora određenim tehnikama sanacije.

Posle rušenja glavnih nosača i rožnjača, potrebno je postaviti „nove“ elemente na mestima srušenih. Pošto se skladište nalazi u visoko agresivnoj sredini, predviđeno je da glavni nosači i rožnjače budu izrađeni od lameliranog drveta, zbog veće otpornosti drveta u agresivnoj sredini, u odnosu na ostale materijale.

2.4. Postupak rušenja magacinskog dela objekta

Pri rušenju konstrukcije potrebna je sledeća mehanizacija:

- bager sa dugačkom granom na koju se mogu montirati različiti nastavci,
- auto dizalica sa mogućnošću podizanja tereta na više od 20m visine i nosivosti preko 25t,
- kamioni za odnošenje građevinskog otpada.

Detaljan postupak rušenja je sledeći:

-Uklanjanje rožnjača direktno oslonjenih na glavni nosač, koji je predmet rušenja, uz pomoć bagera sa hidrauličnim čekićem na vrhu i auto dizalice. Uklanjanje svih rožnjača oslonjenih na glavni nosač koji se pripremi za rušenje se vrši u više koraka, tako što se u prvom koraku uklone sve rožnjače oslonjene na predmetni nosač od nivoa slemena, pa sve do visine oslanjanja grede aneksa na glavni nosač, gledano u vertikalnom pravcu. Uklanjanje sa konstrukcije se vrši auto dizalicom, a bagerom sa hidrauličnim čekićem se vrši odvajanje od oslonaca.

-Postavljanje privremenog oslonca ispod glavnog nosača, koji je predmet rušenja, i greda aneksa. Ova operacija podrazumeva postavljanje privremenog oslonca ispod glavnog nosača koji rušimo. U ovom koraku vrši se i podupiranje svih greda aneksa, koje su oslonjene na glavne nosače. Podupiranje greda treba izvršiti tako da oslonac bude što bliže osloncu grede na glavni nosač, a da ne ometa pristup mehanizaciji koja vrši sečenje nosača u zoni oslanjanja.

-Pričvršćivanje vrha glavnog nosača za auto dizalicu. Dizalica mora biti tako pozicionirana da omogući nesmetano spuštanje dela nosača na unapred utvrđenu zemljanu površinu.

-Sečenje glavnog nosača obavlja se bagerom sa granom, na čijem su vrhu montirane hidraulične makaze.

-Uklanjanje ostatka rožnjača sa glavnog nosača. U ovoj fazi rušenja treba pričvrstiti dizalicu za slobodan kraj nosača (mesto gde je izvršeno sečenje hidrauličnim makazama) i pridržati nosač dizalicom. U ovoj fazi se takođe uklanja podupirač ispod glavnog nosača i premešta na sledeći nosač.

-Slabljenje zone oslanjanja glavnog nosača. Pri odvajanju nosača od temeljne konstrukcije voditi računa da deo nosača bude pridržan dizalicom i lagano spušten na zemlju, tako da ne ošteti pregradne zidove i podnu ploču.

2.5. Opis sanacionih radova

Prema preporukama datim u poglavlju 2.3, deo skladišta sirovina je namenjen za rušenje, a deo treba sanirati određenim tehnikama sanacije. Zaključeno je da je moguća, i sa ekonomsko-tehničkog stanovišta isplativa, sanacija pregradnih i kalkanskih zidova, parapeta magacinskog dela, i svih elemenata aneksnog prostora. Takođe, u projektu sanacije treba predvideti postupak pripreme temeljne konstrukcije glavnih nosača za postavljanje „novih“ nosača od lameliranog drveta.

2.6. Opis proračuna rekonstruisanog dela skladišta sirovina

Proračun konstrukcije je vršen softverskim paketom Tower 6.0. Pravljene su prostorni trodimenzionalni modeli konstrukcije, čime je omogućeno analiziranje ponašanja svih elemenata konstrukcije usled unešenih opterećenja. Glavni nosači su modelirani kao ravni štapovi, s tim da je vršeno odgovarajuće oblikovanje oslonaca kako bi se dobili uticaji za direktno dalje dimenzionisanje oslončkih veza. U skladu sa ovim je izvršena preorijentacija osa oslonaca i dodat je štap u slemenu koji simulira zglobnu vezu na tom mestu. Ovim je omogućeno razlaganje uticaja u slemenu i potom dalje dimenzionisanje ovih elemenata. Nije moguće izvršiti dimenzionisanje detalja u okviru ovog softverskog paketa pa je zato ovo dimenzionisanje izvršeno naknadno.

Rožnjače su modelirane kao ravni trodelni štapovi. Kako će se rožnjače vešati zategama oko slabije ose inercije u cilju angažovanja zatega na najveću moguću, najnepovoljniju silu, na krajevima štapova je rožnjačama oduzeta sposobnost prijema momenata oko slabije ose inercije, tako da one u proračunu ne rade kao kontinualne već kao proste grede, sa rasponom 12m oko jače ose inercije i rasponima 4+4+4 oko slabije ose inercije. Ovi rasponi su direktno uslovljeni rasporedom zatega u krovnoj ravni. Da bi se omogućilo angažovanje zatega izvršena je preorijentacija koordinatnog sistema rožnjača

u skladu sa onim koji će one imati u konstrukciji. Za potrebe prevezivanja rožnjača u slemenu uveden je dodatni čelični element koji će za potrebe izvođenja konstrukcije biti oblikovan na odgovarajući način.

Zatege su modelirane kao čelični štapovi bez težine, kako bi se isključili parazitski uticaji, jer će ove zatege biti praktično prednapregnute u konstrukciji. Takođe ovim štapovima je dozvoljeno samo angažovanje na zatezanje. Kako će ove zatege biti oslabljenog poprečnog preseka, to jest imaće na sebi obrazovan navoj, one u konstrukciji rade kao zavrtnevi. Da bi se iskoristio modul za dimenzionisanje čeličnih elemenata uvedena je redukcija koeficijenta sigurnosti kod dimenzionisanja ovih elemenata.

Elementi spregova, ukrštene dijagonale, su takođe modelirani kao čelični štapovi bez težine, sposobni samo za prijem zatezanja. Kako bi se izbeglo neželjeno prekidanje ovih elemenata oni su modelirani kao mimoilazni, to jest vezani samo u početnoj i krajnjoj tački. Konstruktivnim oblikovanjem ovih elemenata se izbegava redukcija njihove nosivosti, zbog čega su one računate sa propisanim koeficijentom sigurnosti od 1.5.

3. ZAKLJUČAK

Na osnovu detaljne procene stanja konstrukcije skladišta i analize tehničke i ekonomske isplativosti pojedinih varijantnih rešenja, zaključeno je da je najefikasnije srušiti deo objekta i na mestu srušenog dela izgraditi „novi“ deo konstrukcije, a da se preostali deo konstrukcije sanira. Takođe je zaključeno da hemijski agresivna sredina u kojoj se objekat nalazi, negativno utiče na trajnost AB konstrukcije, pa je zbog toga bolje noseću krovnu konstrukciju izvesti od nosača od lepljenog lameliranog drveta.

4. LITERATURA

- [1] Concrete Repair Manual, Second Edition, Volume 1 and 2, ACI, pp.2093, 2003.
- [2] T. C. Hansen: Recycling of Demolished Concrete and Masonry, Rilem report 6, pp. 316, 1992.
- [3] V. Radonjanin, M. Malešev: Materijal sa predavanja iz predmeta "Praćenje, procena stanja i održavanje građevinskih objekata", "Materijali i tehnike sanacije i zaštite građevinskih objekata".

Kratka biografija:



Aleksandar Drakulić rođen je u Zrenjaninu 1981.god. Diplomski-master rad je odbranio maja 2011.god. na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti procene stanja i sanacije konstrukcija



Vlastimir Radonjanin rođen je u Skoplju. Doktorirao je na Građevinskom fakultetu u Beogradu 2003 godine, a od 2008. god. je vanredni profesor na FTN. Uže oblasti profesionalnog rada su: procena stanja i sanacija betonskih konstrukcija, materijali u građevinarstvu, tehnologija betona i ispitivanje konstrukcija.

**PROJEKTOVANJE VIŠESPRATNE ARMIRANOBETONSKE POSLOVNE ZGRADE
PREMA EUROKODU, SA ANALIZOM ZIDOVA ZA UKRUĆENJE****DESIGN OF MULTI- STOREY COMMERCIAL BUILDING ACCORDING TO
EUROCODE WITH SHEAR WALL DESIGN***Toni Fužinato, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

Kratak sadržaj – U radu je prikazan deo projekta poslovne zgrade, opis konstrukcije, analiza opterećenja, rezultati proračuna i način dimenzionisanja elemenata. Takođe, dat je i detaljan prikaz proračuna zidova za ukrućenje prema EC8 standardima.

Abstract – This paper describes a design of a multi-storey commercial building, and includes main segments of the project: description of the construction, load analysis, design results and dimensioning. The paper also contains analysis and shear wall design according to Eurocode8

Ključne reči: Projekat zgrade, Skeletni sistem, Zidovi za ukrućenje prema EC8

1. PROJEKTNİ ZADATAK

Diplomskim zadatkom predviđeno je projektovanje poslovne AB zgrade, skeletnog tipa sa platnima za ukrućenje. Objekat je spratnosti Su+Pr+8 i nalazi se u Prnjavoru (Republika Srpska). Konstruisanje elemenata i detalja je sprovedeno u skladu sa evropskim normama a, pri tome su zadovoljeni zahtevi postavljeni arhitektonskim rešenjem kako bi se obezbedili uslovi udobnog boravljenja i poslovanja.

2. OPIS KONSTRUKCIJE**2.1. Arhitektonsko rešenje objekta**

Arhitektonsko rešenje predviđa projektovanje objekta namenjenog poslovnim aktivnostima spratnosti suteran + prizemlje + osam spratova. U podrumu objekta predviđa se prostor za magacine, podstanicu i vodomer. Na svakom spratu predviđeno je šest kancelarija, ali je izborom noseće konstrukcije omogućena velika fleksibilnost kod postavljanja pregradnih zidova, pa se tako mogu dobiti veće ili manje radne površine. Pregradni zidovi su od rigipsa i nemaju strukturnu ulogu. Takođe, na svakom spratu su dvije sanitarne prostorije. Spratna visina podruma, prizemlja i svih spratova je 2.8 m. Kako bi se obezbedilo što više dnevnog svetla, kao i povoljniji radni uslovi, objekat je po svom obimu zatvoren fasadnim zidom od stakla. Podovi su obloženi parketom i keramičkim pločicama, a u sanitarnim prostorijama keramičke pločice se postavljaju čitavom visinom zida do plafona.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji je mentor bio prof. dr Đorđe Lađinović.

2.2. Konstrukcijsko rešenje objekta

Glavni konstruktivni sistem objekta je armiranobetonski skelet, koji se sastoji od podužnih i poprečnih ramova postavljenih u dva ortogonalna pravca i armiranobetonskih zidnih platna kao ukrućenja ramova. Zidovi za ukrućenje postavljeni su u formu jezgra i njihova uloga je da prime i prenesu na temelje horizontalna seizmička opterećenja i doprinesu cjelokupnoj krutosti zgrade.



Slika 1. Model konstrukcije

Međuspratna konstrukcija je projektovana kao sistem kontinualnih krstasto armiranih ploča debljine $d = 15$ cm. Glavno stepenište u objektu se sastoji iz jedne kolenaste ploče sa podestima uklještenim u zidove za ukrućenje. Odnos dimenzija je napravljen tako, kako bi se obezbedilo što ugodnije i udobnije kretanje, a da pri tome ne bude zauzeta velika površina korisnog prostora. Fundiranje objekta je izvršeno na temeljnoj ploči debljine $d = 55$ cm. Temeljna ploča se izvodi betonom klase C35/45, dok se za ostale elemente koristi C25/30. Za armaturu se koristi S500H

3. ANALIZA OPTEREĆENJA

Prema Evrokodu, sva opterećenja su svrstana u nekoliko kategorija. Za ovaj objekat od značaja je da se odrede uticaji od stalnog, povremenog (korisno, snjeg, vjetar) i seizmičkog opterećenja. Stalno opterećenje čine sopstvena težina elemenata konstrukcije (stubovi, grede, zidna platna, tavanice) i dodatno stalno opterećenje (zidovi ispune, obloge podova, krovne i fasadne obloge), koje je naneto kao površinsko ili kao linijsko opterećenje. Korisna opterećenja su u funkciji namjene prostorije i naneta su kao površinska, intenziteta 3.0 kN/m^2 . Težina fasadnog

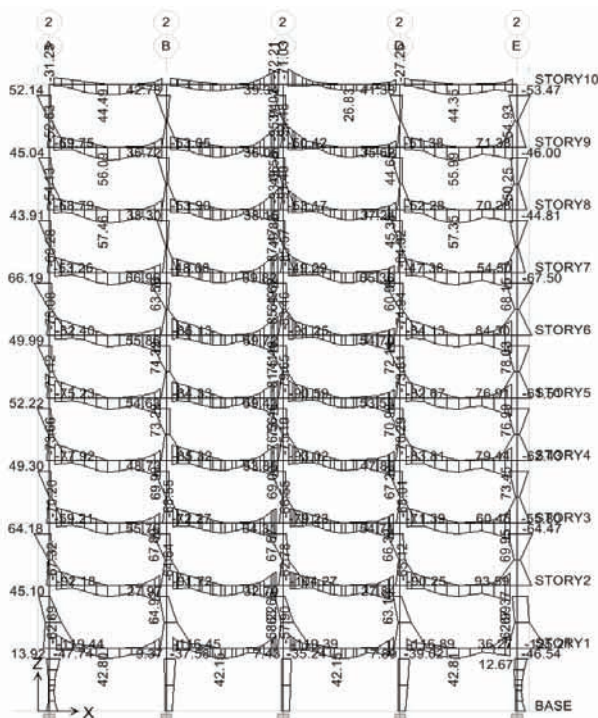
zida je naneta kao linijsko opterećenje intenziteta 10.0 kN/m' . Opterećenje snijegom je uzeto u skladu sa propisima i lokacijom objekta i iznosi 1.0 kN/m^2 osnove krova. Opterećenje vetrom u oba ortogonalna pravca ETABS je sam generisao pomoću opcije "Auto Lateral Load" u skladu sa Evrodom 1. Seizmičko opterećenje je dobijeno uproštenom modalnom analizom (simplified modal response spectrum analysis), saglasno Evrokodu 8 [2].

4. MODELIRANJE I PORAČUN KONSTRUKCIJE

Za statičku i dinamičku analizu objekta usvojen je 3D prostorni model, koji je napravljen u specijalizovanom programskom paketu ETABS, zasnovanom na proračunu konstrukcija prema metodi konačnih elemenata (slika 1, prikaz modela).

Model se sastoji iz linijskih (grede, stubovi) i površinskih (ploče, zidovi) konačnih elemenata. Programski je omogućeno modeliranje interakcije konstrukcije i podloge putem Vinklerovog modela tla. Tlo je zamjenjeno elastičnim oprugama postavljenim u čvorove mreže konačnih elemenata. Krutost opruge je definisana kao proizvod koeficijenta posteljice tla izraženog u kN/m^3 i pripadajuće površine tla kojega opruga zamenjuje. Usvojena vrednost koeficijenta posteljice je 25000 kN/m^3 . Prosečna veličina konačnog elementa je 0.5 m .

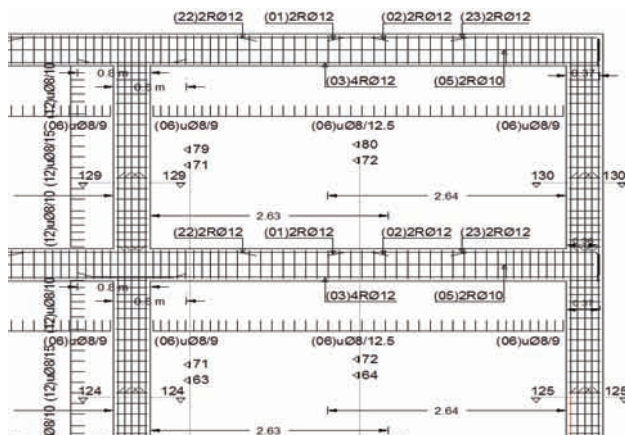
Kao rezultat linearno-elastične analize, sračunate su presečne sile u elementima (momenti savijanja, transversalne i normalne sile), na osnovu kojih je konstrukcija dimenzionisana saglasno Evrokodu 2 [1]. Modalnom analizom su određeni periodi oscilovanja konstrukcije. Period oscilovanja u x-pravcu iznosi $T = 0.438 \text{ s}$, odnosno u y-pravcu $T = 0.433 \text{ s}$. Kao primer statičkog proračuna, na slici 2 je prikazana anvelopa momenata savijanja u ramu 2, od programski formiranih graničnih kombinacija uticaja, koje su merodavne za dimenzionisanje elemenata.



Slika 2. Anvelopa graničnih momenata savijanja

5. DIMENZIONISANJE KONSTRUKCIJE

Elementi konstrukcije su dimenzionisani saglasno odredbama Evrokoda 2 [1], poštujući specifične zahteve aseizmičkog projektovanja datim u Evrokodu 8 [2]. Za određivanje merodavnih graničnih kombinacija opterećenja iskorišćena je opcija primenjenog programa. Na osnovu toga, usvojena je armatura u presecima vodeći računa o minimalnim procentima armiranja za svaki specifični element konstrukcije posebno.



Slika 3. Deo plana armiranja rama u osi 2

Grede su dimenzionisane prema graničnim momentima savijanja i transversalnim silama. Momenti savijanja dali su podužnu armaturu u zategnutoj zoni preseka, a na osnovu transversalnih sila određena je poprečna armatura (uzengije). U presjecima gdje nije bila potrebna računaska armatura, usvojena je minimalna količina, prema izrazu $\phi_{\min} = 0.5 \cdot f_{ctm} / f_{yk}$ koji je propisan Evrokodom 8. Takođe je vođeno računa da armatura ne prelazi maksimalan procenat armiranja.

Stubovi su kružni, pa su sračunati i dimenzionisani kao takvi prema graničnim momentima savijanja, normalnim i transversalnim silama. Minimalni procenat armiranja stubova je 1.0% . U stubovima je kontrolisan nivo aksijalnog naprezanja usled eksploatacionog opterećenja, koji prema zahtevima aseizmičkog projektovanja za izabrani nivo klase duktilnosti DCH mora da zadovolji sledeći izraz $v_d = N_{Ed} / A_c f_{cd} \leq 0.55$, gde je N_{Ed} aksijalna sila usled eksploatacionih opterećenja, A_c - površina preseka, i f_{cd} - proračunska vrijednost čvrstoće betona pri pritisku. Na slici 3 prikazan je deo plana armiranja rama u osi 2.

Krstasto armirane ploče dimenzionisane su na osnovu graničnih momenata savijanja u oba ortogonalna pravca. Kod temeljne ploče izvršena je kontrola na probijanje. Ploča je svojom debljinom zadovoljila uslove i ni u jednom preseku nije prekoračen smičući napon i dobijena dodatna armatura za obezbeđenje od probijanja. U sklopu dimenzionisanja provereno je i pomjeranje konstrukcije usled vjetrova i seizmičkih sila pri čemu su proračunske vrijednosti ostale u dozvoljenim granicama.

6. PROJEKTOVANJE ZIDOVA ZA UKRUĆENJE

6.1 Uvod

Zidovi za ukrućenje imaju strukturnu ulogu da prenesu horizontalna opterećenja na temelj i da povećaju krutost zgrade. Mogućnost tačne analize ponašanja zidova je

veoma često limitirana. Kada su dominantno opterećeni na stalno i korisno opterećenje, generalno se mogu proračunati elastičnim modelom. Ipak u slučaju seizmičkog opterećenja, kriterijum za proračun je disipacija energije pomoću plastičnih zglobova. Uticaji od dejstava mogu se proračunati uz pretpostavku krutosti zida za neisprskalo stanje. Međutim, u nekim slučajevima može biti potrebno razmatranje različitih krutosti zida da bi se uzele u obzir moguće razlike u odnosu na isprskalo stanje, kao i uticaj aksijalne sile pritiska ili zatezanja na krutost.

6.2. Klase duktilnosti

Evrokod nudi izbor između tri nivoa projektnog opterećenja koji su povezani sa klasama duktilnosti. Klasa visoke duktilnosti sa oznakom DCH (najniži iznos projektnog opterećenja), klasa srednje duktilnosti – DCM (srednji nivo projektnog opterećenja) i klasa niske duktilnosti – DCL (najviši nivo projektnog opterećenja). Pored klase duktilnosti na veličinu projektnog opterećenja u značajnoj mjeri utiče i vrijednost faktora redukcije koji se dobija prema izrazu $q = q_0 \cdot k_D \cdot k_R \cdot k_W$ ($1.5 \leq q \leq q_0$), gde je q_0 – osnovna vrijednost faktora ponašanja (tabela 5.1 u Evrokodu 8), k_D – faktor koji uzima u obzir usvojenu klasu duktilnosti i iznosi 1/0.75/0.5 za klasu DCH/DCM/DCL, k_R – faktor koji uzima u obzir simetričnost konstrukcije po visini i k_W – faktor koji uzima u obzir preovlađujuću vrstu loma konstrukcijskih sistema sa zidovima, zavisno od toga da li su zidovi vitki ili kratki [3].

6.3. Posebne odredbe za vitke zidove

U vitke zidove spadaju oni kojima je odnos visine prema dužini $h_w / l_w > 2$. Nepouzdanost rezultata analize i post-elastični dinamički efekti moraju se uzeti u obzir makar na osnovu odgovarajućeg uproštenog postupka (npr. za proračun anvelope momenata savijanja, faktore povećanja transverzalnih sila).

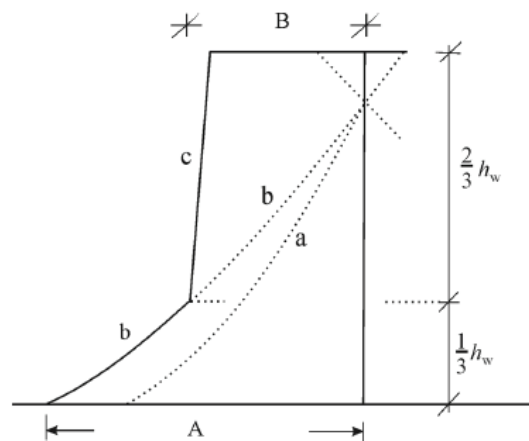
Preraspodela uticaja od seizmičkih dejstava (smičuće sile i momenti savijanja) između primarnih seizmičkih zidova je dozvoljena do 30%, ako ne dolazi do smanjenja ukupne zahtjevane nosivosti. Dijagram momenta savijanja po visini zida uzima se kao anvelopa sračunatih momenata savijanja vertikalno pomjerena za dužinu jednaku visini kritične oblasti zida.

$$h_{cr} = \max[l_w, h_w / 6]$$

$$h_{cr} \leq \left\{ \begin{array}{l} 2 \cdot l_w \\ \left\{ \begin{array}{l} h_s \text{ za } n \leq 6 \text{ spratova} \\ 2h_s \text{ za } n \geq 7 \text{ spratova} \end{array} \right\} \end{array} \right\}$$

Proračunska anvelopa smičućih sila V_{Ed} po visini zida određuje se prema izrazu: $V_{Ed} = \varepsilon \cdot V'_{Ed}$, gde je V'_{Ed} vrednost smičuće sile određena na osnovu linearno elastične analize, a ε faktor povećanja ($\varepsilon \geq 1.5$). Za dvojne sisteme vitkih zidova preporučuje se primjena modifikovane proračunske anvelope smičućih sila (sl. 4).

Nosivost primarnih seizmičkih zidova na savijanje mora se odrediti sa najnepovoljnijom aksijalnom silom za odgovarajuću seizmičku proračunsku kombinaciju. Kod seizmičkih zidova vrijednost normalizovane aksijalne sile $v_d = N_{Ed} / h_c b_c f_{cd}$ ne smije preći 0.35.



Slika 4: Proračunska anvelopa smičućih sila za vitke zidove dvojnog sistema

Pri dokazu sigurnosti potrebno je provjeriti sigurnost protiv loma pritisnute dijagonale u rebru zida ($V_{Ed} \leq V_{Rd2}$), pri čemu je u kritičnoj oblasti:

$$V_{Rd2} = 0.4 \cdot (0.7 - f_{ck} / 200) \cdot f_{cd} \cdot b_{wo} \cdot z$$

dok je izvan kritične oblasti:

$$V_{Rd2} = 0.5 \cdot (0.7 - f_{ck} / 200) \cdot f_{cd} \cdot b_{wo} \cdot z$$

Takođe treba provjeriti sigurnost protiv loma zategnute dijagonale u rebru: $V_{Ed} \leq V_{Rd3}$ i loma pri smicanju usled klizanja: $V_{Ed} \leq V_{Rd,s} = V_{dd} + V_{id} + V_{fd}$, gde je z – krak unutrašnjih sila, b_{wo} – širina rebra zida, f_{ck} – karakteristična vrijednost čvrstoće betona pri pritisku na cilindar pri starosti od 28 dana, i f_{cd} – proračunska vrijednost čvrstoće betona pri pritisku.

U kritičnim oblastima zidova mora biti obezbeđeno da je minimalna vrijednost koeficijenta duktilnosti krivine μ_ϕ :

$$\mu_\phi = 2 \cdot q_0 - 1 \quad \text{ako je } T_1 \geq T_C \text{ ili}$$

$$\mu_\phi = 1 + 2 \cdot (q_0 - 1) \cdot \frac{T_C}{T_1} \quad \text{ako je } T_1 < T_C$$

Utezanje ivičnih elemenata na krajevima zidova treba izvršiti vertikalno na visini h_{cr} i horizontalno na dužini: $l_c > \max[0.15l_w, 1.5b_w]$.

Prerana pojava prslina u rebru zida usled smicanja biće sprečena obezbeđenjem minimalne količine armature rebra u kritičnim oblastima: $\rho_{h,min} = \rho_{v,min} = 0.2\%$.

Slučajne otvore, koji nisu regularno raspoređeni po visini zgrade, treba izbeći, posebno ako njihov uticaj na ponašanje zidova nije zanemarljiv ili se ne obuhvata pomoću odgovarajuće analize pri dimenzionisanju, oblikovanju i konstruisanju detalja.

6.4. Vezni elementi spojenih zidova

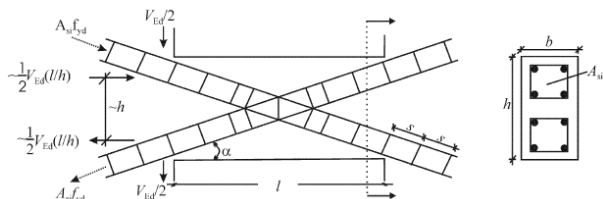
Povezivanje zidova pomoću ploča ne može se smatrati efektivnim. Pravila za vezne grede važe ako su ispunjeni sledeći uslovi:

1) Vjerovatnoća pojava prslina u oba dijagonalna pravca je mala. To se može ostvariti u slučaju kada je ispunjen uslov: $V_{Ed} \leq f_{ctd} \cdot b_w \cdot d$.

2) Obezbeđen je dominantni oblik loma na savijanje, tj. kada je ispunjen uslov: $l/h \geq 3$.

Inače, otpornost na seizmička dejstva treba obezbjediti dijagonalnom armaturom (sl. 5) u oba pravca u skladu sa sledećim uslovima:

- 1) Dokazuje se da je $V_{Ed} \leq 2 \cdot A_{si} \cdot f_{yd} \cdot \sin \alpha$.
- 2) Dijagonalna armatura se postavlja tako da podseća na armaturu stuba (skriveni stubovi) sa širinom koja iznosi najmanje $0.5 b_w$, a njena dužina sidrenja mora biti za 50% veća od preporučenih vrijednosti koje su date u EC2.
- 3) Oko dijagonalnih šipki poduže armature skrivenih stubova, postavljaju se uzengije kako bi se sprečilo njihovo izvijanje. Razmak između ovih uzengija ne treba da prelazi 100 mm.
- 4) Podužna i poprečna armatura se postavlja sa obe bočne strane vezne grede, pri čemu moraju da se zadovolje minimalni zahtjevi za visoke grede. Podužna armatura ne treba da bude ankerovana u konstrukcijske zidove, već samo da se produži unutar zidova za 150 mm.



Slika 5: Vezne grede sa dijagonalnom armaturom u oba pravca

6.5. Prikaz proračuna armature veznih elemenata

Klasa betona	C25/30
Klasa duktilnosti	DCH
Tip armature	S500H
$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$	434.78 MPa
Ugao α	11,97°

Vezna greda 1

$$V_{Ed} = 472.26 kN$$

$$A_{si} = \frac{V_{Ed}}{2 \cdot f_{yd} \cdot \sin \alpha} = 26.18 cm^2$$

Vezna greda 2

$$V_{Ed} = 530.29 kN$$

$$A_{si} = \frac{V_{Ed}}{2 \cdot f_{yd} \cdot \sin \alpha} = 29.40 cm^2$$

Vezna greda 3

$$V_{Ed} = 524.98 kN$$

$$A_{si} = \frac{V_{Ed}}{2 \cdot f_{yd} \cdot \sin \alpha} = 29.10 cm^2$$

Vezna greda 4

$$V_{Ed} = 488.20 kN$$

$$A_{si} = \frac{V_{Ed}}{2 \cdot f_{yd} \cdot \sin \alpha} = 27.06 cm^2$$

Vezna greda 5

$$V_{Ed} = 433.67 kN$$

$$A_{si} = \frac{V_{Ed}}{2 \cdot f_{yd} \cdot \sin \alpha} = 24.04 cm^2$$

Vezna greda 6

$$V_{Ed} = 364.65 kN$$

$$A_{si} = \frac{V_{Ed}}{2 \cdot f_{yd} \cdot \sin \alpha} = 20.21 cm^2$$

Vezna greda 7

$$V_{Ed} = 291.14 kN$$

$$A_{si} = \frac{V_{Ed}}{2 \cdot f_{yd} \cdot \sin \alpha} = 16.149 cm^2$$

Vezna greda 8

$$V_{Ed} = 216.06 kN$$

$$A_{si} = \frac{V_{Ed}}{2 \cdot f_{yd} \cdot \sin \alpha} = 11.98 cm^2$$

Vezna greda 9

$$V_{Ed} = 121.39 kN$$

$$A_{si} = \frac{V_{Ed}}{2 \cdot f_{yd} \cdot \sin \alpha} = 6.73 cm^2$$

7. ZAKLJUČAK

Diplomski rad je posvećen primeni savremenih propisa za projektovanje građevinskih konstrukcija kroz primjer analize i projektovanje višespratne komercijalne zgrade.

8. LITERATURA

1. Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings, Management Centre, Brussels, december 2004.
2. Eurocode 8 : Design of structures for earthquake resistance, Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings, Management Centre, Brussels, october 2003.
3. Vanja Alendar - Projektovanje seizmički otpornih armiranobetonskih konstrukcija kroz primere. Građevinski fakultet, Beograd, novembar 2004.

Kratka biografija:



Toni Fužinato rođen je u Banjaluci 1985 god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstva – Konstrukcije odbranio je 2011.god.

VARIJANTNA REŠENJA PLANA IZGRADNJE DVA TURISTIČKO-UGOSTITELJSKA OBJEKTA**ALTERNATIVE SOLUTIONS OF THE CONSTRUCTION PLAN OF TWO TOURIST AND CATERING OBJECT**

Marijan Dizdar, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu upoređivana su varijantna rešenja plana izgradnje dva objekta turističko-ugostiteljske namene na delu priobalja Dunava.

Abstract – The paper compared alternative solutions of the construction plan of two objects of tourist and catering purposes on the part of the coastal area of the Danube.

Ključne reči: Građevinarstvo, Microsoft Project 2007, planiranje, varijantna rešenja

1. UVOD

Analizirane su dve varijante izvođenja radova. U prvoj varijanti izgradnja bi tekla tako što bi se prvo kompletno izgradio jedan objekat, a zatim bi se prešlo na izvođenje drugog. U drugoj varijanti se težilo što većoj paralelizaciji radova pri izgradnji objekata. Na početku je urađen predmer radova koji je vršen samo za jedan bungalov, pa su količine pomnožene sa dva, tamo gde je to bilo potrebno. Zatim je urađena analiza strukture mrežnog plana, a potom je usledilo dimenzionisanje radne brigade. Tom prilikom je napravljen mali „šablon“ u programu Microsoft Excel 2007 kao pomoć prilikom dimenzionisanja. Određena je građevinska sezona za lokaciju Novi Sad pomoću podataka Hidrometeorološkog zavoda Srbije i usvojen je radni kalendar. Kada su bili prikupljeni i proračunati svi potrebni podaci usledilo je, pomoću programa Microsoft Project 2007, modeliranje izgradnje objekata primenom jedne i druge varijante. Posle dobijanja povratnih informacija iz MS Project-a usledilo je upoređivanje varijantnih rešenja i donešeni su zaključci.

2. TEHNIČKI OPIS

Lokacija: Na zahtev investitora, a prema uslovima za izgradnju br.74509/07, izvoda iz urbanističkog plana i uslova prethodnih saglasnosti JKP, urađen je idejni projekat bungalova u delu priobalja Dunava na parcelama br. 4281/89, 4281/90, 4281/91, 4281/92, K.O. Veternik.

Funkcija: Objekat je turističko-ugostiteljske namene. Unutrašnja organizacija objekta je definisana njegovom lokacijom, odnosno zahtevom da se isprojektuje objekat čiji su glavni sadržaji orijentisani ka Dunavu.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Milan Trivunić

Prostrani dnevni boravak je otvoren prema Dunavu i jugu preko velike zastakljene površine, pri čemu terasa pravi zasenčenje leti i dopušta prodor sunčevih zraka zimi kada je sunce prividno niže na horizontu. U ovom prostoru se nalazi i kuhinja. Na severnoj strani su takođe locirani: ulaz u objekat, spavaća soba, kotlarnica i kupatilo sa tuš-kadom. Stepenište u dnevnom boravku povezuje prizemlje sa galerijom i sadržajima u potkrovlju. U potkrovnom prostoru se nalaze 2 spavaće sobe, svaka sa terasom (veća terasa je okrenuta ka Dunavu) i kupatilo. Na severnoj fasadi, za razliku od južne, nema velikih zastakljenih površina.

Konstrukcija: Noseću konstrukciju objekta čine zidovi od pune opeke $d=25\text{cm}$ ukruženi horizontalnim i vertikalnim armirano betonskim serklažima. Fasadni spoljni zidovi su sendvič od opeke $d=25\text{ cm}$ i $d=12\text{cm}$, sa termoizolacijom $d=5\text{cm}$. Međuspratna horizontalna konstrukcija koja obrazuje galeriju je tipa „fert“, kombinovana sa punom ab pločom gde je potrebno. Temelji su trakasti armirano betonski. Krovna konstrukcija je ab ploča $d=15\text{ cm}$.

Obrada: Zidovi od opeke, noseći i pregradni se malterišu, gletuju i završno boje disperzivnim bojama. Podna obloga je cementna košuljica, finalni pod su keramičke pločice i parket, u zavisnosti od namene prostorija. Spoljna i unutrašnja stolarija je od drveta zastakljena termoizolacionim staklom. Krovni pokrivač je trščani u nagibu krovne ravni 35° . Fasada je malterisana i bojena fasadnim bojama. Objekat se priključuje na elektro niskonaponsku mrežu, vodovod i kanalizaciju i gasnu instalaciju.

3. PREDMER RADOVA

Radovi na izgradnji objekta svrstavaju se u tri osnovne grupe:

- osnovni ili grubi građevinski radovi
- završne ili zanatske građevinske radove
- građevinsko-instalaterske radove

Način proračuna količina radova su objašnjeni u normama, gde je prikazano kako se uzimaju mere, koje su otežavajuće okolnosti i kako se vrednuju (kakva je kategorija tla, da li je zemlja vlažna itd.)

Predmer je urađen za sledeće radove: zemljani radovi, zidarski radovi, betonski radovi, armirački radovi, tesarski radovi, izolaterski radovi, krovopokrivački radovi, fasaderski radovi i cevaste skele, keramičarski radovi, podopolagački radovi, molersko – farbarski radovi.

4. MREŽNI PLAN

Za planirane radove na izgradnji objekata urađena je analiza strukture mrežnog plana. Time je definisan redosled i uzajamni odnos pojedinih aktivnosti u procesu. Mrežni plan je urađen samo za jedan objekat.

Pri izradi mrežnog plana, tačnije pri utvrđivanju odnosa među aktivnostima moraju se postaviti određena pitanja koja nam u tome pomažu, a to su :

- Koje aktivnosti prethode posmatranoj aktivnosti?
- Koje aktivnosti slede posle posmatrane aktivnosti?
- Koje aktivnosti se mogu odvijati paralelno sa njom?

U ovom delu nisu obuhvaćene faze: analiza vremena i analiza resursa jer će to biti urađeno primenom programa MS Project. Svaka aktivnost je prikazana šifrom čiji je opis dat tabelarno.

5. DIMENZIONISANJE RADNE BRIGADE

Na osnovu količine radova iz predmeta urađen je proračun trajanja aktivnosti kao i potreban broj i kategorija radnika. Usvojena su i određena ograničenja u broju raspoloživih radnika tako da maksimalan broj, u okviru kategorije, ne može biti veći od deset.

Trajanje aktivnosti je određeno prema formuli:

$$Tuk = \frac{Q \cdot N}{R \cdot n} \quad (1)$$

Q – količina iz predmeta (jedinica mere: m², m³, kg)

N – normativ vremena (podatak koji se uzima iz knjige normativa: Nč/jed)

R – broj radnika

n – radno vreme (broj radnih sati u toku dana)

Proračun je vršen tablično (Tabela 1).

Tabela 1. Izgled osnovne tabele za proračun

Količina rada	Radnik	Nč/jed	Nč	Radnika dana RD	Brigada	Dana
1	2	3	4=1·3	5 = 4/n	6	7

Prilikom definisanja radne brigade i potrebnog vremena za izvršenje aktivnosti napravljen je jedan „radni list“ koristeći se programom Microsoft Excel 2007 kao pomoć pri usvajanju broja radnika i dana.

U prvoj koloni šablona unosi se broj RD (radnika dana) koji se određuje prema formuli:

$$RD = \frac{Q \cdot N}{n} \quad (2)$$

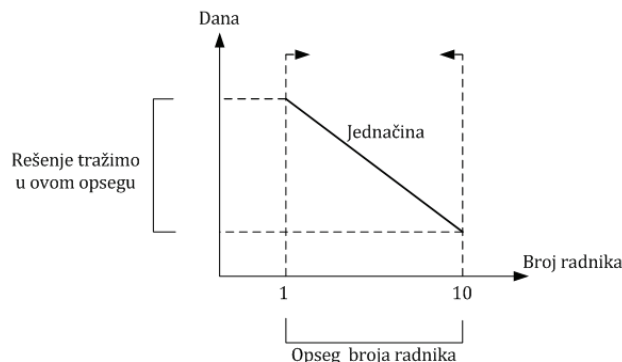
Iz formule (1) jasno se vidi da je:

$$RD = Tuk \cdot R \quad (3)$$

Maksimalan unos je pet grupa radnika od R1 do R5. Druga kolona je predviđena za unos cene po danu za određenu grupu radnika. U ovom radu, usvojena je cena ista za sve grupe i iznosi 10 €/danu. Treća kolona služi za unos maksimalnog broja radnika.

Jednačina (3) predstavlja linearnu jednačinu sa dve nepoznate koja u opštem slučaju ima beskonačno mnogo rešenja. Usvajanje, minimalnog (koji je po logici stvari jednak jedinici) i maksimalnog (deset) broja radnika, definisali smo dodatne uslove za rešavanje ove jednačine.

-Dodatni uslov : $10 \geq R \geq 1$



Slika 1. Grafički prikaz problema izbora potrebnog broja radnika i dana

Ovaj problem ćemo najlakše rešiti grafičkim putem, a to je ujedno i drugi deo šablona.

Na ordinati je naneto vreme sa podelom 0.5, 1 - 20 dana sa korakom od jedan dan. Ispod nje je formirana tabela tako da ispod svakog dana stoji broj radnika koji su potrebni za izvršenje izabrane aktivnosti.

Sledeća tabela (Slika 2) predstavlja prikaz greške koju pravimo izborom određene kombinacije radnika i dana. Na ordinati su prikazani dani, a ispod tabela sa prikazom greške.

Formula kojom se računa ova vrednost je :

$$Gi = 1 + \frac{usvRD - potrRD}{potrRD} \quad (4)$$

Gi – greška koju pravimo usvajanjem

$usvRD$ – usvojen broj radnika dana

$potrRD$ – potreban broj radnika dana

Sasvim je jasno da će zbog uslova $Tuk \cdot R \geq RD$ usvojeni broj radnika dana biti veći ili jednak od potrebnog broja.

$$usvRD \geq potrRD$$

Gi nam pokazuje koliku grešku pravimo pri izboru određene kombinacije, odnosno koliko puta usvajamo više radnika nego što je potrebno za izvršenje aktivnosti. Iz jednačine (4) se vidi da će greška uvek biti veća ili jednaka jedinici.

$$Gi \geq 1$$

Treći grafik (Slika 2) nam pokazuje odnos dana i novca za usvojeni odnos radnika i dana. Princip proračuna ove vrednosti je da se usvojeni broj dana pomnoži sa brojem radnika i cenom po danu.

Ovaj grafik nam daje uvid kolika bi bila cena izvođenja aktivnosti.

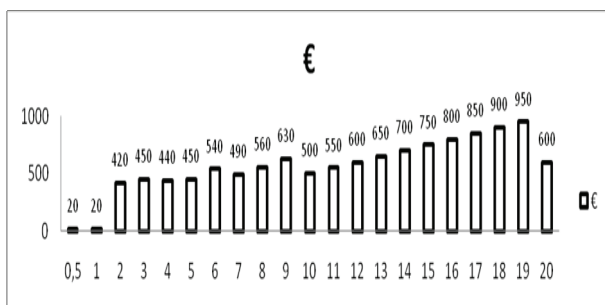
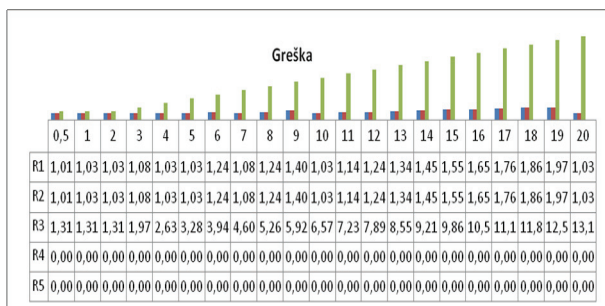
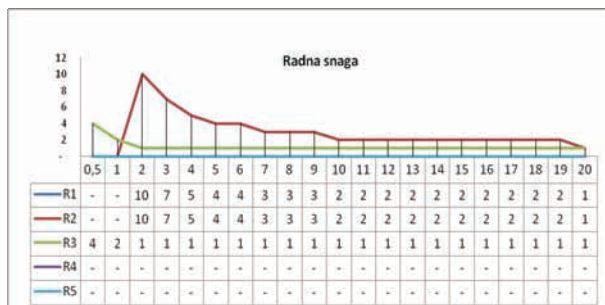
$$NE = usvRD \cdot €/danu \quad (5)$$

Sa ovako definisanim šablonom dimenzionisane su radne brigade za sve aktivnosti. Prednost ovakvog pristupa usvajanju broja radnika potrebnih za izvršenje pojedinih aktivnosti je u tome što svaka promena u broju radnika ili dana može se izvršiti bez puno napora u relativno kratkom roku, a i vizualno je uočljiva promena cene izvođenja.

Usvajanje potrebne radne snage

Radnici	Radnika dana	€/danu	Max. Radnika
R1	19,29	10	10
R2	19,29	10	10
R3	1,52	10	10
R4	0	0	10
R5	0	0	10

Primer usvajanja potrebne radne snage
Aktivnost: Armiranje krovne ploče



Slika 2. Prikaz radnog lista prilikom usvajanja radne snage za armiranje krovne ploče

6. PRORAČUN POTREBA U MATERIJALU

Na osnovu količine radova iz predmera i primenom normativa i standarda u građevinarstvu izračunate su potrebe u materijalu za sve grupe radova. Date su u tabeli 2.

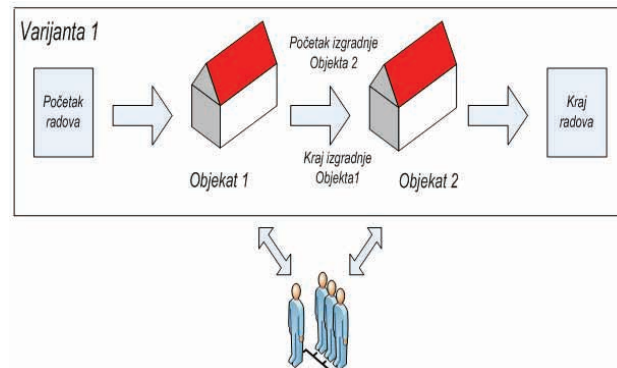
7. VARIJANTE IZGRADNJE OBJEKATA

7.1. Varijanta 1

Prvu varijantu izgradnje objekta karakteriše da se prvo kompletno sagradi prvi objekat, a zatim drugi, kao na slici 2.

Tabela 2. Potrebe u materijalu –Zemljani radovi

SIFRA	OPIS AKTIVNOSTI ZEMLJANI RADOVI:	Jedin. mera	Količina rada	MATERIJAL	
				Šljunak	Σ (m³)
ITSST	Izrada tampon sloja šljunka ispod svih temelja	m³	8,378	1	8,38
ITSPP	Izrada tampon sloja šljunka podova prizemlja	m³	14,516	1	14,52
UKUPNO					22,89



Slika 2. Šematski prikaz izgradnje objekta varijanta 1

Posle modeliranja procesa gradnje primenom programa MS Project 2007 dobijaju se sledeći podaci.

Project Statistics for 'Varijanta1'			
	Start	Finish	
Current	15 Mar '11	27 Aug '12	
Baseline	NA	NA	
Actual	NA	NA	
Variance	Od	Od	
	Duration	Work	Cost
Current	282d?	23,520h	29,400,00 €
Baseline	Od?	0h	0,00 €
Actual	Od	0h	0,00 €
Remaining	282d?	23,520h	29,400,00 €
Percent complete:			
Duration: 0%		Work: 0%	

Slika 3. Prikaz statistike za varijantu 1

Iz statistike vidimo da bi prilikom ovakvog organizovanja radova bilo potrebno 282 radna dana da bi se realizovala izgradnja oba objekta a period izgradnje je 15. mart 2011. godine - 27. avgust 2012. godine.

Objekat 1

Početak radova je 15. mart 2011. godine, a završetak 3. oktobra 2011. godine. Objekat bi se sagradio za 140 radnih dana.

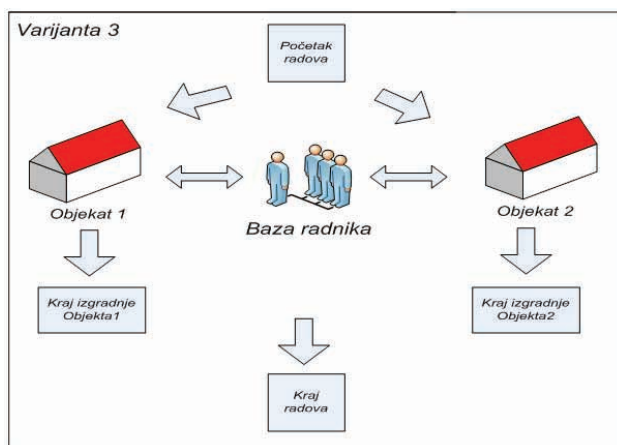
Objekat 2

Početak radova je 4. oktobar 2011. godine, a završetak 27. avgusta 2012. godine. Trajanje gradnje je 142 radna dana.

7.2. Varijanta 2

U ovoj varijanti izvođenja radova se težilo što većoj paralelizaciji radova.

Prilikom izrade varijante 2 napravljena su četiri fajla: Objekat 1, Objekat 2, Baza radnika i Master plan. Objekat 1 i 2 su identični i predstavljaju dinamičke planove izgradnje objekata. Formirali smo bazu radnika i u nju uneli sve neophodne podatke. Ovu bazu smo zatim dodali Objektu 1 i 2. Prednost rada sa bazom je u tome što svakom narednom projektu možemo dodavati resurse iz baze. Master plan je prazan fajl u kome su dodati linkovi ka fajlovima Objekat 1 i 2 (slika 4).



Slika 4. Šematski prikaz izgradnje objekata varijanta 2

Moramo izvršiti nivelaciju resursa jer sa ovako formiranim projektom izgradnje oba objekta počinju istovremeno, a samim tim potrebno je duplo više radne snage. Posle izvršene nivelacije resursa dobijamo vreme završetka projekt .

Project Statistics for 'Master plan'			
	Start		Finish
Current	15 Mar '11		14 May '12
Baseline	NA		NA
Actual	NA		NA
Variance	Od		Od
	Duration	Work	Cost
Current	207d?	23,520h	29,400,00 €
Baseline	Od?	0h	0,00 €
Actual	Od	0h	0,00 €
Remaining	207d?	23,520h	29,400,00 €
Percent complete:			
Duration: 0% Work: 0%			

Slika 5. Prikaz statistike varijante 2 / Master plan

Iz statistike se vidi da bi izgradnja oba objekta trajala 207 radnih dana i to od 15. marta 2011. godine do 14. maja 2012. godine.

Objekat 1

Potrebno vreme za izgradnju 202 radna dana, od 15. marta 2011. godine do 7. maja 2012. godine.

Objekat 2

Potrebno vreme za izgradnju objekta je 201 radni dan a, od 23. marta 2011. godine do 14. maja 2012. godine.

8. UPOREĐIVANJE VARIJANTNIH REŠENJA

Prilikom upoređivanja varijantnih rešenja planova izgradnje objekata uzeti su u razmatranje dinamika potrebe za materijalom prilikom izgradnje i angažovanje radne snage.

12. ZAKLJUČAK

Kada uporedimo varijante izvođenja radova na objektima uočava se da se bitno razlikuju, kako u samoj dinamici izvođenja pojedinih radova tako i u dužini trajanja. U prvoj varijanti ukupno trajanje gradnje je 282 radna dana što je u odnosu na varijantu 2 i trajanje gradnje od 207 radnih dana 75 radnih dana duže.

Kada se posmatraju datumi završetka pojedinih objekta uočavaju se sledeći podaci. U varijanti 1 gradnja prvog objekta bi bila završena 3. oktobra 2011. godine i trajala bi 140 radna dana, a drugog objekta 27. avgusta 2012. godine pri trajanju od 142 radna dana. U varijanti 2 gradnja prvog objekta bi bila završena 7. maja 2012 godine i trajala bi 202 radna dana, a drugog objekta 14. maja 2012. godine pri trajanju od 201 radni dan.

Kada se uporede ovi podaci dolazi se do zaključka da će izgradnja prvog objekta biti brža ako se gradi u prvoj varijanti i to za 62 radna dana.

Tabela 3. Prikaz potrebnog vremena za realizaciju objekata

	Objekat 1		Objekat 2	
	početak	završetak	početak	završetak
varijanta 1	15.3.2011.	3.10.2011.	4.10.2011.	27.8.2012.
varijanta 2	15.3.2011.	7.5.2012.	15.3.2011.	14.5.2012.

Sam proces građenja, zbog svoje složenosti i dužine, podlozan je delovanju velikog broji predvidljivih i nepredvidljivih faktora koji utiču na njegovu realizaciju. Ako u prilog tome još dodamo nekoliko mogućih varijanti rešenja izvođenja nekog objekta može se izvući zaključak da samo pažljivim planiranjem i izborom optimalnog i prihvatljivog rešenja mogu se smanjiti rizici ili se isti mogu dovesti na neku prihvatljivu meru.

13. LITERATURA

- [1] Trivunić, Milan, „Tehnologija i organizacija građenja: praktikum / Milan Trivunić, Zoran Matijević“, FTN, Novi Sad, 2006.
- [2] „Normativi i standardi rada u građevinarstvu“, knjiga I-III, Građevinska knjiga, Beograd, 1999.
- [3] „TEHNIČAR - Građevinski priručnik“, br.3, Građevinska knjiga, Beograd, 2003.
- [4] Marmel, Elaine „Microsoft Project 2007 Bible“, Wiley Publishing, Inc., Indianapolis, 2007.
- [5] Muir, Nancy „Microsoft Office Project 2007 for DUMMLES“, Wiley Publishing, Inc., Indianapolis, 2007.

Kratka biografija:



Marijan Dizdar rođen je u Novom Sadu 1982. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstvo – Organizacija i tehnologija građenja (Proizvodni sistemi u građevinarstvu) odbranio je 2011.god.

NAVODNJAVANJE ZALIVNIH POLJA BASSARA IRRIGATION OF AGRARIAN FIELDS BASSARA

Slobodan Kolaković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – U radu je predstavljena metodologija projektovanja brana i pribranskih objekata na primeru brane Bassara i projektovanje pumpne stanice za potrebe navodnjavanja zalivnih poljoprivrednih polja. Opisan je postupak prikupljanja podloga neophodnih za projektovanje hidrotehničkih objekata, dat je opis predloženog projekta, i urađena je hidraulička i strukturna analiza brane i evakucionih objekata. Za projektovanje pumpne stanice izvršeni su potrebni proračuni, izbor opreme i dat je tehnički opis pumpne stanice.

Abstract – In our project we present the methodology of designing dams and evacuation facilities, through the example of Bassara dam, and we describe pump station design for the irrigation of agricultural irrigation fields. The procedure of collecting the necessary foundations for the design of hydraulic structures was explained and the description of the proposed project was made as well as the hydraulic and structural analysis of dams and evacuation facilities. The necessary calculations and equipment selection for the design of pumping stations were carried out and the technical description of the pumping station was given.

Ključne reči: projekat brane, pumpna stanica, Bassara, preliv, optočni tunel, temeljni ispust, hidraulički udar, kavitacija.

UVOD

Brane spadaju među najstarije hidrotehničke građevine, i među najstarije građevine uopšte. Proučavanje brane je zanimljivo ne samo zbog svog značaja, već i da bi se na njihovom primeru sagledali problemi, opterećenja, i moguća rešenja u projektovanju i izgradnji ostalih hidrotehničkih objekata. Tako su nasute brane slične nasipima, a betonske gravitacione brane mogu biti primer za projektovanje većeg broja betonskih hidrotehničkih konstrukcija. Zbog različitosti namene i uslova korišćenja, kao i mesta na kom se grade, razlikujemo više tipova brana. Metodologija projektovanja kombinovanog tipa brane primenjena je u ovom radu na projektovanju brane Bassara.

Oblast brane Bassara nalazi se u severo-istočnom delu Iraka, u gornjem delu sliva Adhaim, na reci Tawook Chai, jednoj od tri glavne pritoke reke Adhaim. Predložena lokacija brane Basara je oko 500 metara nizvodno od ulaza u klisuru, 20 kilometara daleko od grada

Sulaimaniya i 40 kilometara uzvodno od Kadir Karam grada.

Osnovna svrha brane Bassara jeste da obezbedi rezervu i reguliše reku Tawook Chai za potrebe navodnjavanja zalivnih poljoprivrednih polja i za potrebe ostvarivanja biološkog minimuma nizvodno od brane, čime se obezbeđuje voda nizvodno i u sušnom periodu godine. Projektovanjem pumpne stanice, koja omogućuje transport vode iz akumulacije do sistema za navodnjavanje, će poboljšati poljoprivrednu proizvodnju u posmatranoj oblasti i samim tim ekonomski razvoj oblasti.

Cilj prvog dela master rada, koji se odnosi na projektovanje brane Basara, je u prvom redu, da se izvrši analiza tipa brane na usvojenom profilu i veličina gradnje brane i akumulacije. Zatim, da se izradi dispozicija brane i objekata za evakuaciju voda i da se prikaže hidraulički proračun sa akcentom na spajanju gornje i donje vode.

Cilj drugog dela master rada je da se projektuje pumpna stanica Bassara, kao i da se obrade neke osnove ovog postrojenja koje će pomoći u projektovanju sličnih postrojenja. Rad se odnosi na hidromašinski deo projekta celokupne pumpne stanice kao i idejno rešenje objekta pumpne stanice.

IDEO – PROJEKAT BRANE

1. PODLOGE

U nedostatku mernih stanica na posmatranoj reci korišćeni su meteorološki podaci i rezultati regionalnih analiza (Agrocomplect 1979, Sogreah 1983).

Od brojnih podloga, potrebnih za projektovanje hidrotehničkih konstrukcija, u ovom radu su obrađene najznačajnije podloge potrebne za izgradnju brane Bassara: topografske podloge, geološke i hidrološke podloge.

1.1. Topografske podloge

Razvojem tehnologije omogućena je izrada digitalnih topografskih podloga posmatranog sliva. Za rešavanje problema ažuriranja postojećih mapa i sakupljanja važnih dodatnih geoloških i drugih informacija o strukturi područja, obrađeni su Ikonos satelitski snimci.

1.2. Geološke podloge

Geološke karte treba da omoguće što bolje poznavanje osobina sredine u kojoj se objekat fundira kao i stabilnost bokova dolina.

1.3. Hidrološke podloge

Kod pripremanja ovih podloga su se javili najveći problemi zbog nepostojanja podataka za par desetina godina u nazad, neophodnih za proračun objekta.

- Merodavni proticaj: Stalna merenja proticaja nikada nisu sprovedena na Tawooq Chai reci. Nova merenja proticaja

NAPOMENA:

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

na reci u blizini buduće brane vršena su samo u periodu od 10 meseci, a zbog velikih odstupanja od vrednosti dobijenih iz regionalne analize, sprovedene su analize verovatnoće pojave verovatno maksimalnog poplavnog talasa (PMF) za rečni sliv.

Za branu Basara određena je vrednost PMF od 2870 m³/s na osnovu poplava sa povratnim periodom od 10000 godina umnoženih sa 1.5.

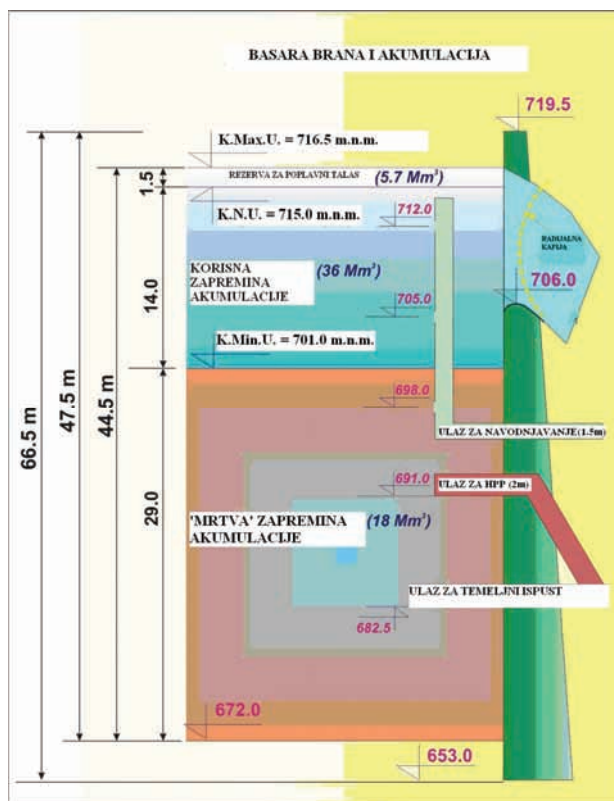
- Zasipanje akumulacije nanosom: Proračunom je utvrđena količina ukupnog nanosa koji dospe u akumulaciju od 1137 m³/km²/godini.

Na osnovu podataka za slične slivove zaključeno je da će svega 50-75% ostati u akumulaciji. Vrednost od 612 m³/km²/godini je usvojena na osnovu predhodnog zaključka. Ako je vek trajanja akumulacije 50 godina, mrtva zapremina akumulacije iznosi 18 miliona m³ od ukupne zapremine akumulacije koja je proračunata na 54 miliona m³.

Nakon što su definisane karakteristične zapremine akumulacije, karakteristični nivoi vode su dobijeni na osnovu krive zapremine akumulacije.

Minimalni nivo vode, očitani sa krive zapremine, određen na osnovu mrtve zapremine akumulacije je 701 m.n.m. Kota normalnog uspora, određena na osnovu ukupne zapremine akumulacije, ima vrednost od 715 m.n.m.

Na slici 1 prikazani su karakteristični nivoi u akumulaciji.



Slika 1 Nivoi u akumulaciji

2. OPIS PREDLOŽENOG PROJEKTA

Predloženo mesto brane se nalazi 500 m nizvodno od ulaza u klisuru Basara. Brana Basara sa kotom krune brane na 719.5 m.n.m. će formirati akumulaciju dovoljno veliku za potrebe navodnjavanja poljoprivrednih polja koja se nalaze na oko 12 km nizvodno od brane i prostire se na 2900 ha. Mala hidroelektrana koristi vodu koja se

normalno pušta iz akumulacije u reku nizvodno od brane (za garantovano minimalno pražnjenje).

Jedan optočni tunel za skretanje reke nalazi se na desnoj strani reke. Projektovane su i uzvodna i nizvodna pomoćna brana.

Za evakuaciju poplavnog talasa projektovan je preliv sa tri radijalne kapije, i umirujućim bazenom na kraju.

Vodozahvatna kula sa tri nivoa zahvata projektovana je u skladu sa potrebama navodnjavanja.

Ulaz za temeljni ispušt i ulaz za cevovod koji vodi do hidroelektrane su objedinjeni u jednu cev, a jedan njen ogranak se završava sa Houwer-Bunger-ovim ventilom. Taj profil u toku gradnje brane predstavlja optočni tunel.

3. HIDRAULIČKA ANALIZA

Za prvu procenu režima toka i nivoa vode za različite proticaje, nizvodno od brane, korišćena je Šezi-Maningova jednačina:

$$Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} \sqrt{I_b} \quad (1)$$

Izračunavanje protoka nizvodno od brane urađeno je korišćenjem Hec-Ras softvera za stabilan ne uniformisan tok.

- Optočni radovi: Nekoliko prečnika tunela su analizirani na osnovu visine zagata, prostora za cevi temeljnog ispusta i navodnjavanja. Prečnik od 8.5 metara je usvojen kao najpogodniji.

Proračun protoka je vršen postavljanjem Bernulijeve jednačine u karakterističnim presecima za dva hidraulička režima toka koji se mogu javiti u tunelu (tečenje sa slobodnom površinom i tečenje punim presekom).

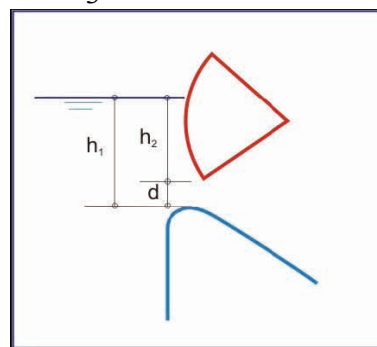
- Preliv: Na osnovu analize i proračuna usvojene su dimenzije preliva: kota krune na 706.0 m.n.m. i širina 3·11.5 m = 34.5 m (tri prelivna polja). Pri koti maksimalnog uspora u akumulaciji sve tri kapije su otvorene i ostvaruje se maksimalno prelivanje od 2370 m³/s.

Kapacitet preliva pri maksimalno podignutim kapijama je sračunat prema obrascu:

$$Q = m \cdot \varepsilon \cdot L \cdot \sqrt{2g} \cdot H_e^{3/2} \quad (2)$$

Za kontrolisano kapijama prelivanje korišćen je obrazac (slika 2):

$$Q = \frac{2}{3} \beta L \sqrt{2g} (h_1^{3/2} - h_2^{3/2}) \quad (3)$$



Slika 2. Kontrolisano prelivanje kapijama

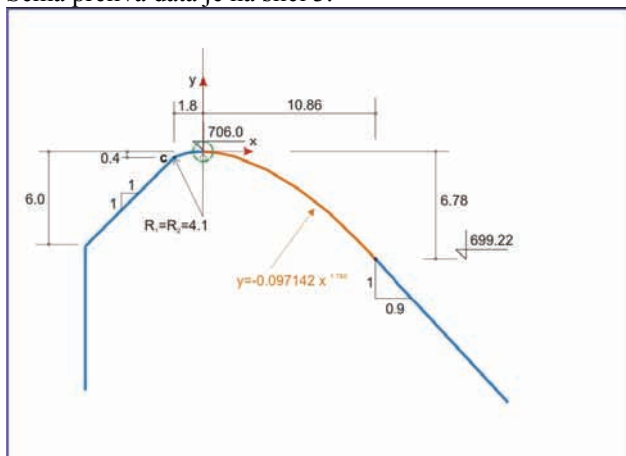
Kruna preliva projektovana je kao kod preliva praktičnog profila krivolinijske konture (u praksi se najčešće koristi Krigerov preliv). Deo preliva nizvodno od krune preliva se može predstaviti jednačinom:

$$\frac{y}{H_0} = -k \left(\frac{x}{H_0} \right)^n \quad (4)$$

Na osnovu odnosa brzine vode ispred preliva (h_0), i visine preliivanja (H_0) mogu se utvrditi koeficijent k i n iz tablica datih u literaturi za prelive sa stubovima. Za odnos $h_0/H_0 = 0 \rightarrow k = 0.54$ i $n = 1.780$, pa predhodna jednačina ima oblik:

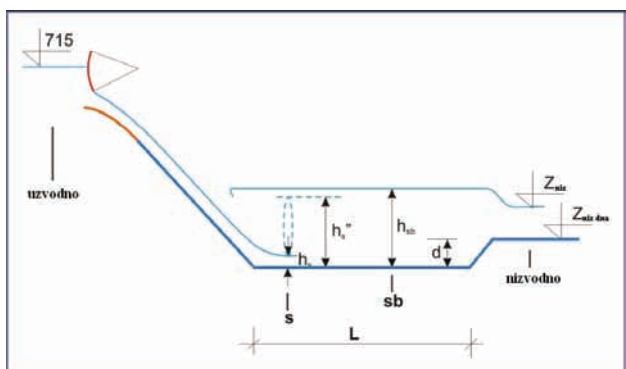
$$y = -0.097142 \cdot x^{1.780} \quad (5)$$

Nizvodno lice preliva nastavlja sa padom $m_v : m_h = 1 : 0.9$. Uzvodno lice preliva predstavljeno je elementima kruga. Radijusi kruga R_1 i R_2 , i koordinate x_c i y_c su sračunate i date u tabeli 12. pad uzvodnog lica je 1:1. Šema preliva data je na slici 3.



Slika 3. Šema preliva

- Slapište: Dubina i dužina slapišta određena je na osnovu proticaja koji se javlja jednom u 1000 godina ($Q_{1000} = 1463 \text{ m}^3/\text{s}$) i kote normalnog uspora u akumulaciji. Dubina slapišta određena je iterativnim postupkom iz sledeće četiri jednačine (pratiti sliku 4):



Slika 4. Dubina slapišta

1) energetska jednačina tečenja od preseka 'uzvodno' do preseka 's':

$$E_{uzvodno} = Z_{rb} - d + h_s + v_s^2/2g \cdot (1 + \zeta) \quad (6)$$

2) momentna jednačina hidrauličkog skoka (proračun konjugovane, odnosno spregnute dubine h_s'' za h_s):

$$h_s'' = \frac{h_s}{2} \left[\sqrt{1 + 8 \left(\frac{h_{cr}}{h_s} \right)^3} - 1 \right], \text{ gde je } h_{cr} \text{ kritična dubina} \quad (7)$$

3) povećanje dubine za 5% do 25%, kako bi hidraulički skok bio potopljen:

$$h_{sb} = 1.25 \cdot h_s'' \quad (8)$$

4) energetska jednačina tečenja od preseka 'sb' do preseka 'nizvodno':

$$Z_{rb} - d + h_{sb} + v_{sb}^2/2g = Z_{nizv} + v_{nizv}^2/2g \cdot (1 + \zeta) \quad (9)$$

- Temeljni ispušt: Energetska jednačina za temeljni ispušt oblik ima oblik:

$$E_{ulaza} = E_{izlaza} + \Delta E_{ulaz-izlaz} \quad (10)$$

Sređivanjem dobijen je obrazac za proticaj kroz temeljni ispušt:

$$Q = 2.71 \cdot (Z_{ulaza} - 674.0 \text{ m})^{1/2} \quad (11)$$

4. STRUKTURNA ANALIZA

Osnovni cilj proračuna gravitacione betonske brane je da se obezbedi vodonepropustljivost i stabilnost konstrukcije.

Koeficijent stabilnosti na isplivavanje je sračunat prema formuli:

$$K_i = \frac{\sum V}{U} \quad (12)$$

Koeficijent stabilnosti protiv klizanja sračunat je na osnovu obrazca:

$$K_k = \frac{tg \varphi \cdot (\sum V - U) + E_{(a,p)} - DE_{(a,p)}}{E_a + DE_a + W_1 - W_2 + DW_1 + DW_2 + S} \quad (13)$$

Proračun stabilnosti brane na klizanje i isplivavanje izvršena je korišćenjem softvera STVI.

Za tačniji proračun analiza je vršena na izdvojenom bloku 15.5 metara širine. Proračun je vršen za sve moguće slučajeve opterećenja.

Koeficijent stabilnosti na prevrtanje sračunat je prema:

$$K_o = \frac{\bar{M}}{M} \quad (14)$$

Stabilnost nizvodne kosine je ispitana za slučaj pune akumulacije i konstantne filtracije.

II DEO – PROJEKAT PUMPNE STANICE

1. IZBOR PUMPI I HIDRAULIČKI PRORAČUN

U pumpnoj stanici Bassara predviđena je ugradnja tri pumpe KSB Omega 300-560 A ili sličnih, koje pogone elektromotori snage od po 600 kW, nominalne brzine obrtanja 1450 min^{-1} .

Predviđene pumpe su centrifugalne, dvostrujne, horizontalne (odnosno vratila pumpe i elektromotora su u horizontalnom položaju).

Jedna pumpa radi u uslovima promenljive brzine obrtanja što se postiže frekventnom regulacijom brzine obrtanja pogonskog elektromotora a u zavisnosti od zadatog pritiska i trenutnog protoka koji ostvaruje pumpna stanica. Ostale pumpe u zajedničkom radu imaju istu brzinu obrtanja.

Grafička zavisnost potrebnog napora pumpe H_p od protoka Q predstavlja karakteristiku cevovoda i pomoću nje je izvršen odabir pumpe. Do napora pumpe (H_p) došlo se primenom Bernulijeve jednačine za projektni slučaj pumpnog sistema:

$$E_{jezera} = E_{sahta} + \Delta E_{j-s} - H_p \quad (15)$$

Kada se predhodni izraz sredi izraz za napor pumpe, u zavisnosti od parametara koji definišu cevovod, izgleda:

$$H_p = \frac{p_s - p_j}{\gamma_w} + (z_s - z_{usisa}) + \frac{v_s^2 - v_j^2}{2g} + \Delta E_{LIN(j-\delta)} + \Delta E_{LOK(j-\delta)} \quad (16)$$

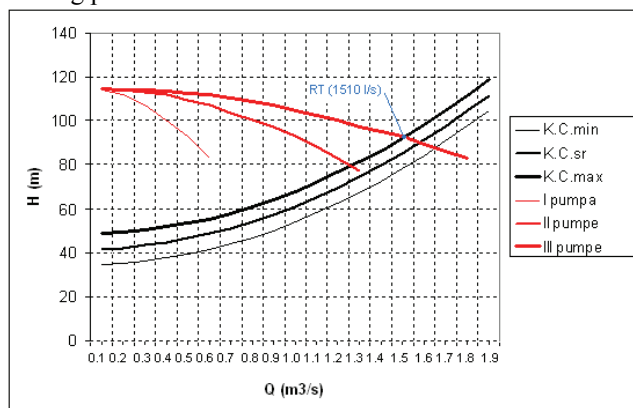
Linijski gubici usled trenja u ravnim deonicama sračunati su prema obrascu:

$$\Delta E_{LIN} = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (17)$$

Za usisni cevovod sračunati su lokalni gubici, ali lokalni gubici iza pumpi (na potisnom cevovodu, potisnom cevovodu svake pumpe i sabirnom cevovodu) nisu uzeti u proračun. Zbog velike dužine potisnog cevovoda ($L = 11113$ m), i samim tim znatno većih linijskih gubitaka na trenju, nije potrebno računati male lokalne gubitke. Kako bi lokalne gubitke ipak obuhvatili proračunom, ukupni linijski gubici će biti uvećani za 5% čime smo i na strani sigurnosti.

Na slici 5. predstavljen je dijagram radnog režima pumpi (na slici se vide karakteristike cevovoda za tri karakteristična nivoa vode u akumulaciji). Ovaj dijagram pokazuje da pumpe ostvaruju protok od maksimalnih 1510 l/s (radna tačka RT) pri koti minimalnog uspora u akumulaciji (701.0 m.n.m.).

Vidi se da pumpe ispunjavaju uslov zahtevanog maksimalnog protoka od 1500 l/s.



Slika 5. Radni režim pumpi

2. HIDRAULIČKI UDAR

Za zaštitu od hidrauličkog udara, predviđene su dve protivudarne posude, kompanije „Charlatte“ sa pripadajućom opremom, ukupne zapremine posude od 25000 l, sa membranom od gumiranog platna koja odgovara propisima za prljavu vodu.

Za određivanje potrebne zapremine protivudarne posude korišćen je obrazac Žukovskog za brzinu poremećajnog talasa:

$$a = \frac{\sqrt{\frac{k}{\rho}}}{\sqrt{1 + \frac{k}{E} \cdot \frac{d}{\delta} \cdot c_1}} \quad (18)$$

Na osnovu uputstava sa Univerziteta iz Londona profesora A. R. D. Thorley-a (literatura [8]) dobijena je potrebna zapremina rezervoara.

3. PROVERA OPASNOSTI OD KAVITACIJE

Do pojave kavitacije u pumpi neće doći sve dok je:

$$NPSH_A - S > NPSH_R$$

gde je:

$NPSH_A$ - kavitacijska rezerva sistema,

S - sigurnosni dodatak (za izabrana radna kola od nerđajućeg čelika je $S=0.6$ m)

$NPSH_R$ - kavitacijska rezerva pumpe

Za maksimalni protok pumpe od 500 l/s potrebna kavitacijska rezerva pumpe je 5 metara, a $NPSH_{A,min} = 35.74$ m.

Dokazano je da neće doći do kavitacije.

4. ZAKLJUČAK

U ovom radu opisana je metodologija projektovanja brana i pribranskih objekata na primeru brane Bassara. Izvršena je analiza tipa brane na usvojenom profilu i dati su odgovarajući hidraulički proračuni sa akcentom na spajanju gornje i donje vode.

Prikazano je projektno rešenje pumpne stanice za potrebe navodnjavanja zalivnih, poljoprivrednih polja, na severu države Irak, uz definisanje osnovne hidromašinske opreme neophodne za uspešan rad pumpne stanice. U okviru rada izvršeni su potrebni proračuni, izbor opreme i dat je tehnički opis pumpne stanice. Projektovana pumpna stanica radi u zahtevanim uslovima i obezbeđuje zahtevane parametre.

5. LITERATURA

- [1] Dobijeni podaci firme ITSC Hydroengenering, Beograd.
- [2] Kolaković Slobodan: Završni rad osnovnih akademskih studija 'Priprema podloga za izgradnju brane Bassara'.
- [3] Đurić Duško: Skripta sa predavanja Hidrotehničke konstrukcije
- [4] Petrović S. Petar: *Hidrotehničke konstrukcije (prvi deo)*, Građevinski fakultet Beograd, 1992.
- [5] Hajdin Georgije: *Mehanika fluida (druga knjiga: Uvođenje u hidrauliku)*, Građevinski fakultet Beograd, 2001.
- [6] Uzelac Dušan: *Hidromašinska oprema, autorizovana predavanja*, 09/10.
- [7] Idelchik I. E.: *Handbook of Hydraulic Resistance*, 2nd edition, Hemisphere Publishing Corporation, 1986.
- [8] Thorley A. R. D.: *Fluid transients in pipeline systems*, D. & L. George Ltd, 1991.
- [9] Genić B. Srblav: *Optimizacija prečnika cevovoda*, Mašinski fakultet Beograd, 2010

Kratka biografija:



Slobodan Kolaković rođen je u Bačkoj Palanci 1986. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstva – Hidrotehnički objekti i sistemi odbranio je 2011.god.

**ХИДРАУЛИЧКА АНАЛИЗА КОНЦЕПТА ПОБОЉШАЊА РЕШЕЊА
ВОДОСНАБДЕВАЊА НАСЕЉА ВЕТЕРНИК И ФУТОГ****HYDRAULIC ANALYSIS OF THE CONCEPT OF THE IMPROVEMENT OF THE
WATER SUPPLY FOR SETTLEMENTS VETERNIK AND FUTOG**

Игор Радовић, Душко Ђурић, *Факултет техничких наука*, Нови Сад

Област – ГРАЂЕВИНАРСТВО

Кратак садржај – У раду је изложено решење водоводне мреже насеља Ветерник и Футог, који садржи хидрауличку анализу побољшања решења водоснабдевања и избор најповољније варијанте. Приказани су резултати хидрауличног прорачуна одабраних варијанти за два модела снабдевања.

Abstract – This paper presents the solution of water supply for settlements Futog i Veternik, which includes hydraulic analyses of improvement of the water supply and the selection of the best variant. Results of hydraulic calculation of selected variants are presented for two models of supply.

Кључне речи: водоводна мрежа, хидрауличка анализа, модел снабдевања

1. УВОД

Ревизијом развојног програма водовода града Новог Сада [1] предвиђено је повезивање свих насељених места града Новог Сада на водоводни систем града. Насељена места Ветерник и Футог повезани су на градски водоводни систем, док је водоснабдевање насеља Бегеч са локалног изворишта.

Насеља Ветерник и Футог у току летњих месеци имају отежано водоснабдевање. Разлог отежаном водоснабдевању лежи у непланској изградњи великог броја стамбених објеката у делу између Новог Сада и Ветерника, током последњих двадесет година, а који је важећим урбанистичким плановима уведено у зону изградње.

Магистрални доводник воде ка Ветернику и Футогу урађен је најпре пречника 250 mm, да би након тога био додат и цевовод 350 mm. Но и поред тога постоји отежано водоснабдевање у насељу Ветерник, јер су секундарни водоводи постали примарни, и по капацитету не задовољавају услове водоснабдевања. Пројектанту је стављен на располагање модел водоводне мреже града Новог Сада са свим околним насељима и то: Бегеч, Будисава, Ветерник, Каћ, Кисач, Ковиљ, Руменка, Степановићево, Футог, Ченеј, Петроварадин, Сремска Каменица, Буковац, Лединци и Сремски Карловци.

Анализа рада система за ову анализу урађена је у програмском пакету EPANET.

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из дипломског-мастер рада чији ментор је био проф.др. Душко Ђурић.

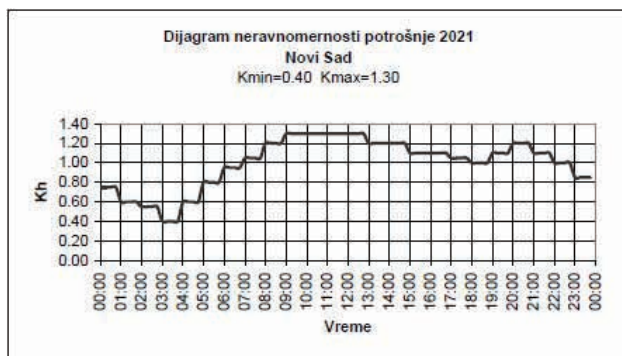
2. ОПШТИ ПОДАЦИ**2.1. Карактеристике и положај насеља Ветерник и Футог**

Насеља Ветерник и Футог налазе се западно од Новог Сада (Општина Нови Сад) на левој обали Дунава на магистралном путу М-7 Нови Сад-Бачка Паланка. Већи део ових насеља заузима простор северно од поменуте саобраћајнице а док се мањи део простире јужно од ње. Подручје обухваћено регулационим планом насеља Ветерник има укупну површину од 2093 ha, од којих површина грађевинског подручја износи 572,8 ha и рубног предела 1519,7 ha, док се Атар Футога налази у југозападном делу града Новог Сада и обухвата површину од 8 326 ha. Насеље Футог са више од 20 000 становника је ексцентрично лоцирано у односу на атар и простире се дуж леве обале Дунава. Насеље је изграђено уз обалу Дунава од кога је одвојено одбрамбеним насипом на скоро хоризонталном терену између кота 78,00 - 82,00 mmn. Мередажни нивои подземне воде су: максимални ниво подземне воде је од 77,50 - 81,00 mmn, док је минимални ниво подземне воде је од 75,00 - 78,00 mmn.

2.2. Корисници система

Водовод Нови Сад тренутно снабдева водом становништво следећих насеља: Нови Сад, Сремска Каменица, Петроварадин, Сремски Карловци, Буковац, Лединци, Ветерник, Футог, Каћ, Будисава, Ковиљ, Руменка, Кисач, Ченеј. Број становника за 2021. годину усвојен је према пројекцији варијанте растућег фертилитета са избеглиштвом из демографске студије [2]. Количина потребне воде за 2021. год. одређена је према прогнозираним потрошњама три основне категорије потрошача: становништва, јавних установа и крупне привреде [1]. За стање 2021. године претпостављене су одређене промене у начину потрошње воде, како током године, тако и током дана. Дијаграм часовне неравномерности потрошње за градско становништво има ноћни минимум од 0,40 (смањење губитака) и максимум од 1,3. Број становника Футога и Ветерника према монографији [2], који се предвиђа за 2021. годину износи 34 250. Специфична потрошња становништва је $q_{\text{spec}}=150 \text{ L/st/dan}$, ситне привреде $q_{\text{spec}}=30 \text{ L/st/dan}$, а остале потрошње $q_{\text{spec}}=20 \text{ L/st/dan}$, што све заједно износи $q_{\text{spec}}=200$. Када урачунамо и губитке који ће

се јавити у систему онда је $q_{\text{spec}} = 222 \text{ L/st/dan}$. Исти режим потрошње претпостављен је и за становништво насеља Футог и Ветерник. Потрошња становништва свих осталих насеља ван ГП-а има један исти дијаграм часовне неравномерности, са минимумом од 0,3 и максимумом од 1,5. Дијаграм са слике 2.3 је важећи дијаграм потрошње за насеља Футог и Ветерник која су предмет наше анализе.



Слика 1. дијаграм неравномерности потрошње за ГП Нови Сад 2021. година

3. ХИДРАУЛИЧКИ ПРОРАЧУН

За анализу могућих варијанти водоснабдевања насеља Ветерник и Футог, урађени су одговарајући математички модели (ЈКП "Водовод и Канализација" Нови Сад). Обухваћено је стање система на крају планског периода 2021. године [1]. Хидраулички прорачун се у овом моделу обавља методом чворова: стационарног стања у једном временском тренутку или динамички прорачун у задатом временском периоду моделом квазиустијеног течења. Овакав модел преузет је без измена, а његова надоградња извршена је у складу са пројектним задатком: детаљно су обрађена насеља Ветерник и Футог, и да би се добила што реалнија слика потрошње детаљно су унета и насеља Адице и Сајлово (план детаљне регулације Адице и план детаљне регулације Сајлова, Службени лист града Новог Сада и завод за урбанизам града Новог Сада), као и везни ценовод на новосадски водоводни систем. За потребе модела коришћене су расположиве катастарске подлоге размера 1: 2500 и 1: 1000, које су после усаглашене са моделом и помоћу рачунарске технике и скенирања, стављане у размеру која одговара моделу. Постојећа дистрибутивна мрежа је највећим делом урађена од пластичних материјала и азбест цемента. Обе врсте спадају у "глатке" цеви и после дуже употребе. Из тог разлога је, заове ценоводе, усвојена апсолутна храпавост зидова цеви у износу од 0.1 mm. У мањој мери постоје челични ценоводи, за које је усвојена апсолутна храпавост зидова цеви у износу од 0.4 mm. У моделу су коришћени унутрашњи пречници цеви. Утицај кривина, спојева цеви, рачвања и арматура, обухваћен је додељивањем вредности 2 за опцију Loss coefficient. Овом вредношћу је урачунат и утицај локалних губитака у мрежи на оваквим местима. Због приближно равномерног распореда потрошача дуж улица (цеви), просторна расподела потрошње извршена је према специфичном оптерећењу по јединици дужине цеви: специфично оптерећење се

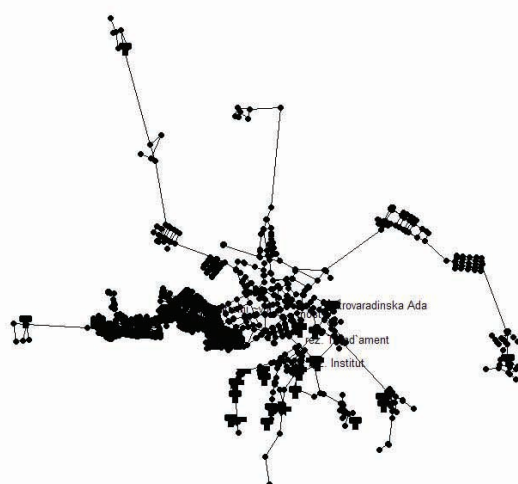
множи са одговарајућом дужином цеви и додељује припадајућем чвору потрошње. Сматра се да ова апроксимација у великој мери одговара реалности [3].

$$(Q_{\text{max,dn}} / \Sigma L) * L_i \quad (1)$$

L_i - припадајућа дужина чвора i

$Q_{\text{max,dn}}$ - максимална дневна потрошња (преузета из модела ревизије, максимална дневна потрошња која се доводи ка насељима Ветерник, Футог и Адице)
 ΣL - укупна дужина цеви у насељима Ветерник, Футог и Адице

Свим чворовима потрошње додељен је дијаграм неравномерности преузет из ревизије.



Слика 2. Математички модел планираног стања

На слици 3.1 приказан је математички модел планираног стања за 2021. годину, где су ради добијања што реалније слике потрошње, према плановима детаљне регулације унета насеља Адице и Сајлово. У модел за 2021. годину је унета и веза насеља Бегеч са водоводним системом града Новог Сада, пошто је и веза тог насеља са новосадским водоводним системом предвиђена према ревизији.

3.1. Приказ одабраних варијанти

У наставку су дате две најповољније и одабране варијанте побољшања водоснабдевања насеља Ветерник и Футог издва модела водоснабдевања, анализирани су варијанте на којима није повезан Бегеч са водоводним системом града Новог Сада (модел 1) као и варијанте где је повезано насеље Бегеч (модел 2).

3.1.1. Варијанта 1

У овој варијанти (слика 3) разматране су три алтернативна решења водоснабдевања насеља Ветерник и Футог.

1. Снабдевање насеља Ветерник и Футог поред постојећих магистралних ценовода, остваривањем веза са насељима Сајлово и Бистрица и реконструкцијом ценовода кроз насеља Ветерник и Футог.

2. Снабдевање насеља Ветерник и Футог поред постојећих магистралних цевовода, остваривањем везе са насељем Сајлово и реконструкцијом цевовода кроз насеља Ветерник и Футог.

3. Снабдевање насеља Ветерник и Футог поред постојећих магистралних цевовода, остваривањем везе са насељем Бистрица и реконструкцијом цевовода кроз насеља Ветерник и Футог.

Одабрано је алтернативно решење 1, јер су у њему остварени најбољи резултати.



Слика 3. варијанта 1, алтернативно решење

Магистралном везом из правца насеља Сајлово, од места прикључења до спајања са магистралним цевоводом у улици Иве Лоле Рибара формирају се три специфичне деонице: деоница Сајлово, деоница Сајлово-Ветерник, деоница Ветерник. Дужина деонице Сајлово је 1266.54 m. Прикључење је на цевовод Ø 400 на Руменачком путу. Целом дужином до 1266.54 m цевовод је Ø 250. Дужина деонице Сајлово - Ветерник је 1516.12 m. Цевовод је целом дужином Ø 250. Дужина деонице Ветерник је 3133.54 m. Цевовод је целом дужином Ø 200 (176.2 mm). Магистралном везом из правца насеља Бистрица, од места прикључења на Булевару Војводе Степа до раскрснице са улицом Краља Петра I у Ветернику, формирају се две специфичне деонице: деоница Бистрица-Ветерничка рампа и деоница Ветерничка рампа - Ветерник. Дужина деонице Бистрица - Ветерничка рампа 282.18 m. Прикључење је на цевовод Ø 250 на Булевару Војводе Степе. Целом дужином од 282.18 m цевовод је Ø 250. Дужина деонице Ветерничка рампа - Ветерник 1694.15 m. Цевовод је Ø 200 (176.2 mm). Урађена је и реконструкција постојеће трасе цевовода у насељу Футог. Нови цевовод на овој траси је Ø 250. Према овој варијанти минимални притисак на крају Футога је 22.39 mvs (2.2 bar, сагласност са ревизијом и водоводом Нови Сад).

3.1.2. Варијанта 2

У овој варијанти (слика 4) приказана су четири алтернативна решења водоснабдевања насеља Ветерник и Футог.

1. Снабдевање насеља Ветерник и Футог поред постојећих магистралних цевовода, остваривањем везе са насељима Сајлово и Бистрица, Телеп - Адице - Футог и повезивање са Бегечом и реконструкцијом цевовода кроз насеља Ветерник и Футог.

2. Снабдевање насеља Ветерник и Футог поред постојећих магистралних цевовода, остваривањем везе са насељем Сајлово, Телеп - Адице - Футог и повезивање са Бегечом и реконструкцијом цевовода кроз насеља Ветерник и Футог.

3. Снабдевање насеља Ветерник и Футог поред постојећих магистралних цевовода, остваривањем везе са насељем Бистрица, Телеп - Адице - Футог и повезивање са Бегечом и реконструкцијом цевовода кроз насеља Ветерник и Футог.

4. Снабдевање насеља Ветерник и Футог поред постојећих магистралних цевовода, остваривањем везе са насељем Бистрица и реконструкцијом цевовода кроз насеља Ветерник и Футог.



Слика 4. варијанта 2, алтернативно решење

Магистралне везе из правца насеља Сајлово и Бистрица су истоветне са варијантом 1 и већ су описане у поглављу 3.1.1.

3.1.2.1. Магистрална веза Телеп - Адице - Футог и повезивање са Бегечом

Од места прикључења до Бегеча формира се пет специфичних деоница: Деоница Телеп - Адице, Деоница Адице, Деоница Адице - Футог, Деоница Футог, Деоница Футог - Бегеч. Веза са градским водоводним системом је цев Ø 400 у улици Сентелеки Корнела на Телепу. Дужина деонице Телеп - Адице је 226.82 m. Целом дужином од 226.82 m цевовод је Ø250. Дужина деонице Адице је 1834.07 m. Целом дужином кроз насеље Адице цевовод је Ø250. Траса цевовода при преласку мелиорационог канала иде улицом Љубице Раваси, потом улицом Бранка Ћопића до краја. На раскрсници са Ветерничком улицом је крај деонице Адице и почетак деонице Адице - Футог. Дужина деонице Адице - Футог је 3564.66 m. Целом дужином цевовод је Ø250. Траса доводника иде од улице Бранка Ћопића скреће лево у Ветерничку улицу, и иде до раскрснице Крагујевачке. Траса цевовода скреће у Крагујевачку улицу и иде све до краја урбане периферије. Траса цевовода иде од краја улице Крагујевачке, потом траса наставља преко пољопривредних парцела. Траса цевовода Адице - Футог пролази целом дужином преко пољопривредних парцела, летњих путева, ниским, мочварним, неуређеним тереном, обраслим шибљем, и без погодне механизације непроходним. Дужина деонице Футог је 4938.41 m. Целом дужином цевовод је Ø 225 (198.2 mm). Траса цевовода и реконструкција иде од раскрснице улица Браће Бошњак и Новосадске, скреће у улицу Браће Бошњак и иде до улице Цара

Лазара. Траса доводника иде улицом Цара Лазара целом дужином и излази на регионални пут Нови Сад - Бачка Паланка, Траса даље иде све до краја насеља Футог. Дужина деонице Футог - Бегеч је 3984.89 m. Цевовод је Ø 225 (198.2 mm). Ова деоница почиње од краја насеља Футог и иде дуж магистралног пута М7 Нови Сад - Бачка Паланка. Траса доводника иде све до насеља Бегеч и до резервоара у насељу Бегеч. Према овој варијанти минимални притисак на крају Футога 20.74 mvs (2.0 bar). Притисак у Бегечу код резервоара 13.00 mvs (довољан притисак да би се пунио резервоар је 1 bar односно 10 mvs).

4. ПРОТИВПОЖАРНЕ ПОТРЕБЕ

Противпожарни проток и број истовремених пожара зависи од типа насеља, врсте главне водоводне цеви и броја становника датог насеља. Противпожарни проток по правилу треба да стоји на располагању за период у трајању од најмање 2 часа. Противпожарни проток за гашење пожара за градове и градска насеља је одређен врстом главне цеви са које се доводи вода до пожарног хидранта: противпожарни проток који се доводи са главне дистрибуционе цеви, противпожарни проток који се доводи са главне локалне цеви. Када се процењује капацитет јавне водоводне мреже за обезбеђивање противпожарног протока, по правилу треба узети као основно оптерећење максималну дневну потрошњу воде за потребе становништва и индустрије.

На основно оптерећење треба додати противпожарни проток током времена трајања пожара. Као основно оптерећење узимају се они сати током дневне потрошње где коефицијент часовне неравномерности не прелази 1.3 [4].

У прорачунима се мора поћи од тога да радни (резидуални) притисак у водоводној мрежи ни на једном месту не падне испод 1.5 bar за време коришћења противпожарног протока при основном оптерећењу. Обезбеђивање овог протока је могуће само са главне дистрибутивне цеви (минимални пречник је 150 mm). Анализа симулације пожара за насеље Ветерник је урађена за случај када се јављају 2 истовремена пожара.

Противпожарни проток у L/s по једном пожару за насеље Ветерник је 20 L/s. Као основно оптерећење узети су они сати где коефицијент часовне неравномерности не прелази 1.3. На основно оптерећење треба додати противпожарни проток током времена трајања пожара. Минимални притисак који се јавља у насељима Ветерник и Футог је 1.9 bar на крају насеља Футог у чвору, што задовољава дате услове да притисак у току трајања пожара не падне испод 1.5 bar.

Овај минимални притисак се односи када је остварена магистрална веза са насељима Сајлово и Бистрица и када није остварена веза са насељем Бегеч. Када је остварена веза са насељем Бегеч, Минимални притисак који се јавља у насељима Ветерник и Футог је 1.7 bar на крају насеља Футог у чвору, што задовољава дате услове да притисак у току трајања пожара не падне испод 1.5 bar.

5. ЗАКЉУЧАК

Итеративним поступком хидрауличног прорачуна помоћу програмског пакета EPANET се дошло до адекватног начина снабдевања водом насеља Ветерник и Футог. У рачунарски програм EPANET су унети постојећи цевоводи према ГИС-у водоводног система града Новог Сада, а цевоводи у насељима Адице, Сајлово, Ветерничка рампа и део Ветерника према пројектима детаљне регулације насеља и генералним урбанистичким плановима. Разматрана су два модела снабдевања: модел снабдевања када није прикључен Бегеч на водоводни систем града и модел снабдевања када је прикључен Бегеч на водоводни систем. У табели 5.1 дат је преглед нових деоница са дужинама и пречницима и реконструисане трасе цевовода

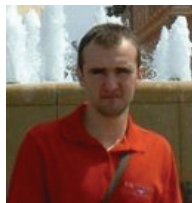
Табела 1. преглед дужина и пречника нових и реконструисаних цевовода

Деоница	Дужина [m]	Пречник [mm]
Сајлово (реконструкција)	1266.54	250
Сајлово – Ветерник (магистрална веза)	1516.12	250
Ветерник (реконструкција)	3133.54	200 (176.2)
Бистрица - Вет. рампа (магистрална веза)	282.18	200 (176.2)
Вет. рампа – Ветерник (реконструкција)	1694.15	200 (176.2)
Телеп – Адице (магистрална веза)	226.82	250
Адице (реконструкција)	1834.07	250
Адице – Футог (магистрална веза)	3564.66	250
Футог (реконструкција)	4938.41	225 (198.2)
Футог – Бегеч (магистрална веза)	3984.89	225 (198.2)
Реконструкција у Футогу ул. Раде Кондића	1321.79	225 (198.2)

6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Беоинжењеринг, *Водоводни систем Нови Сад - Ревизија развојног програма система*, Београд, мај 2003.
- [2] Ђурђевић Б., *Стање и перспектива развоја Новог Сада у процесу регистрације избеглог стан.*, Нови Сад, 1996.
- [3] Милојевић М., *Снабдевање водом и канализација насеља*, Научна књига, Београд, 1995.
- [4] Службени гласник РС, бр.111/09, Закон о заштити од пожара.

Кратка биографија:



Игор Радовић рођен је у Сарајеву 1986. године. Дипломски-мастер рад на Факултету техничких наука из области Грађевинарство Хидротехника – Комунална хидротехника, одбранио је 2011. године.



Душко Ђурић рођен је у Лађевићима (БиХ) 1949. године. Докторирао је на Грађевинском факултету у Београду 1999. год., а од 2005. год. је ванредни професор на Факултету техничких наука. Област интересовања јесте комунална хидротехника.

PREDLOG MANIPULATORA ZA FARBANJE NAMEŠTAJA

PROPOSAL OF THE MANIPULATOR FOR PAINTING FURNITURES

Dušan Zjačić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – MEHATRONIKA

Kratak sadržaj – U radu se analiziraju različite industrijske primene manipulatora i njihove realizacije. Korišćenjem različitih aktuatora dat je predlog manipulatora za farbanje nameštaja. Rezultati dobijeni u ovom radu mogu se koristiti i na drugim sličnim manipulatorima.

Abstract – This paper is analyzing the industrial implementation of the manipulators and their realisation. Using a variety of the actuators proposal of the manipulator for painting is given. The results obtained in this study can be used on other similar manipulators.

Ključne reči: Robot, Manipulator, pneumatika, programabilno logički kontroler.

1. UVOD

Oblast robotike i njena primena doživljavaju poslednjih godina veoma buran razvoj. Razvoj robota započeo je 1954. godine. Prvi robot proizveden je 1960., a već 1985. u Sjedinjenim Američkim Državama radilo je oko 16.000 industrijskih robota. Danas skoro da ne postoji delatnost industrijske proizvodnje u kojoj nije bar pokušana primena industrijskih robota, tako da možemo konstatovati da su roboti postali nerazdvojni deo savremene industrijske automatizacije [2].

Uvođenje robota u industriju može se posmatrati na dva načina. S jedne strane, roboti se pojavljuju kao neophodni sastavni elemenat novih proizvodnih linija koje se projektuju kao visoko automatizovane i često sa osobinama fleksibilnosti. Oni su tada bitan deo proizvodnog pogona i zajedno sa ostalom proizvodnom opremom čine neraskidivu celinu. S druge strane, roboti se često uključuju u postojeće proizvodne pogone. U tim slučajevima roboti bitno povećavaju učinak postojeće opreme. Tako "stare" mašine postaju ekonomičnije, što smanjuje potrebu za novim, većim investicijama. Svakako, i nabavka robota je investicija, ali se pokazalo da je ona znatno ekonomičnija od nabavke novih mašina.

U početnoj fazi primene robota u industriji oni su uglavnom obavljali monotone poslove, kao što je na primer uzimanje radnog predmeta sa određenog mesta i postavljanje na mašinu, kao i poslove koji se obavljaju u nezdravim uslovima (prostorije sa visokim temperaturama, prostorije kontaminirane radioaktivnim materijalom i slično).

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog - master rada čiji mentor je bio dr Stevan Stankovski.

Uopšte, to su poslovi od kojih je čoveka poželjno osloboditi, pa tako roboti imaju određenu ulogu u humanizaciji rada. Ovi poslovi se mogu opisati sa tri **D** (**dull**-dosadan monoton, **dirty**-prljav, **dangerous**-opasan) kao i sa tri **H** (**hot**-vruće, **heavy**-teško, **hazardous**-riskantno).

Međutim, iako je ovo dobar razlog za uvođenje robota u proizvodnju, to je učinjeno najpre iz ekonomskih razloga. Roboti su veoma produktivni. Oni rade u više smena, rade ujednačenim ritmom, prave malo škarta. Jednostavno rečeno, proizvodnja u kojoj učestvuju roboti je jeftinija. U današnjoj industriji, u kojoj dominira proizvodnja u velikim serijama svako pojeftinjenje proizvodnje je veoma značajno.

2. INDUSTRIJSKA PRIMENA ROBOTA

Polja industrijske primene robota mogu se svrstati u četiri kategorije:

1. Prenos (rukovanje) materijalom i opsluživanje mašina,
2. Procesne operacije,
3. Poslovi montaže (asembliranje),
4. Poslovi kontrole proizvoda (inspekcija).

Prvu kategoriju poslova karakteriše sledeće: potrebno je uhvatiti predmet i preneti ga na traženo mesto. Nekada je u pitanju samo prosto premeštanje delova u procesu proizvodnje, a nekada je potrebno staviti predmet u mašinu ili ga izvaditi iz nje i tada govorimo o opsluživanju mašine. Tipični primeri su opsluživanje prese ili struga.

Jednostavnije probleme iz domena prve kategorije mogli su rešavati i stariji, manje savršeni modeli robota. Na primer, opsluživanje prese svodi se na uzimanje radnog predmeta sa određenog mesta, stavljanje pod presu, i na kraju, nakon presovanja, odlaganje predmeta na za to predviđeno mesto. Ako radni predmeti dolaze uvek na precizno određeno mesto sa koga će ih robot uzeti i ako se zahteva ponavljanje istog ciklusa, tada celu operaciju može izvesti robot sa prilično jednostavnim pogonskim i upravljačkim sistemom. Nije neophodno koristiti servo-sisteme već se može upotrebiti jednostavan (npr. pneumatski) pogon, a zaustavljanje u željenom položaju se može postići postavljanjem mehaničkih graničnika. Pomeranje svakog zgloba je tada odeljeno graničnicima. Različiti položaji robota obezbeđuju se promenom položaja graničnika. Ovi uređaji se danas teško mogu nazvati robotima jer je dosta komplikovano izmeniti njihov radni prostor. Naime, potrebno je premestiti

graničnike za svaki zglob ponaosob kako bi se dobila nova putanja po kojoj će se kretati izvršni organ robota pri transferu materijala. Savremeni roboti projektuju se tako da mogu opsluživati sve vrste mašina nezavisno od njihovih oblasti upotrebe kao i režima po kojima rade. Prostim izmenom programa robot se može preorijentisati sa opsluživanja prese na opsluživanje struga ili neke druge mašine, a takođe mu se mogu promeniti radna površina, brzina itd.

Drugu kategoriju čine poslovi u kojima robot nosi neki alat ili uređaj kojim obavlja određenu proizvodnu operaciju na radnom predmetu. Karakteristični primeri iz ove kategorije su farbanje prskanjem (što je i tema ovog rada), tačkasto i šavno zavarivanje, brušenje, poliranje itd. Kod ovih poslova se takođe javlja različita složenost zadataka. Kod farbanja prskanjem potrebna je manja preciznost nego kod zavarivanja. Zatim, kod tačkastog zavarivanja dovoljno je ostvariti kretanje od tačke do tačke dok je kod šavnog zavarivanja potrebno pratiti kontinualnu putanju. Konačno, kod brušenja i poliranja potrebno je upravljati i silom pritiska na predmet koji se obrađuje.

Treća kategorija, obuhvata problem montaže. Poslovi montaže su skoro ušli u domen primene robota. To je posledica složenosti zahteva koji se postavljaju: velika preciznost, upravljanje silama koje se pri sastavljanju javljaju i slično. Ovakva primena robota često obuhvata i vizuelne sisteme. Roboti se koriste za sastavljanje različitih, prostih ili složenijih, sklopova. Njihovo korišćenje je najčešće kod zadatka koji se često postavlja u montaži, a to je uvlačenje predmeta zadanog oblika u odgovarajući otvor.

Četvrta kategorija obuhvata poslove kontrole. Ova primena tesno je vezana za razvoj svih vrsta senzora: taktilnih senzora, ultrazvučnih i laserskih uređaja i konačno svih vrsta vizuelnih sistema.

3. RAZLIKA IZMEĐU ROBOTA I MANIPULATORA

Teško je napraviti razliku između manipulatora i industrijskog robota, naročito kada se traže neke konkretne definicije. Po jednoj od definicija "Robot je reprogramabilni fleksibilni adaptivni sistem prilagođen da prenosi materijale, delove, alate ili posebne uređaje kroz različite programirane pokrete u svrhu ispunjavanja različitih zadataka" [3].

3.1 Podela robota prema geometrijskoj konfiguraciji

Prema geometrijskoj konfiguraciji roboti se dele na [2] :

- sferne (polarne),
- antropoidne (rame i lakat),
- cilindrične,
- kartezijske (pravouglo),
- kranke (GANTRY),
- SCARA,
- klatno (PENDULUM) konfiguracije.

Takođe, može se reći da roboti mogu biti trajno fiksirani na pod fabričkog pogona, mogu se kretati po šinama, ali

mogu biti opremljeni i točkovima i pomoću njih se kretati po podu.

4. PROCESI FARBANJA PRSKANJEM

Proces farbanja se može posmatrati kao deo šire tehnologije površinske zaštite materijala. Farbanje prskanjem je jedna od najčešćih i veoma poznatih primena robota. Inače, roboti se primenjuju i u nekim drugim poslovima površinske zaštite kao što je, na primer, peskarenje kojim se mehanički čisti površina materijala.

Postoji niz razloga zbog kojih se poslovi farbanja poveravaju robotima. Jedan od razloga je taj što je u pitanju je veoma "prljav" posao. Atmosfera u pogonima za farbanje zasićena je isparenjima od sredstava za farbanje, a te materije su često otrovne i kancerogene. Pošto su ove materije često i zapaljive, postoji velika opasnost od požara. Zbog svega ovoga poslovi farbanja svakako spadaju u onu grupu poslova od kojih je čoveka poželjno osloboditi.

Pored humanizacije rada roboti u poslovima farbanja donose i niz drugih prednosti:

- **Poboljšani kvalitet.** Robot može obezbediti veoma pravilnu regulaciju kretanja pištolja za farbanje čime se postiže ravnomerno nanošenje boje,
- **Ušteda materijala.** Postiže se ravnomernim nanošenjem sloja boje kao i preciznim ritmom uključivanja i isključivanja pištolja,
- **Ušteda energije.** Postiže se time što robotizovana ćelija za farbanje ne zahteva složen sistem ventilacije, grejanje i sl,
- **Povećana produktivnost.** Postiže se smanjenjem učešća živog rada i troškova koje on nosi, kao i ranije navedenim i poboljšanjem kvaliteta.

Zbog svih ovih prednosti primena robota u procesu farbanja je sve zastupljenija.

Robotizacija farbanja prskanjem najviše se koristi kod masovne proizvodnje za farbanje automobilskih školjki i delova, traktora, motorcikala, bicikala, proizvoda "bele tehnike" (hladnjaci, štednjaci, peći), posuda, nameštaja itd. Nesumnjivo najzaslužniji za razvoj ove robotske tehnologije i njene primene na raznovrsne proizvode su stručnjaci male norveške firme NILS-UNDERHAUG čiji robot TRALLFA predstavlja više od 20 godina posle prve pojave, vrhunsko dostignuće u toj oblasti i najviše kopirani uzor za rešenje ovog tipa robota u svetu.

Zbog složenosti posla kao i specifičnih uslova radne sredine u kojima se vrši farbanje, javile su se neke bitne karakteristike robota predviđenih za ovu namenu. Neke od tih karakteristika su:

- Ugao raspršivanja farbe je relativno veliki (oko 90°) pa ne postoji zahtev za velikom preciznošću.
- Sa stanovišta upravljačkog sistema, zahteva se fleksibilnost tj. jednostavna izmena programa koja bi omogućila prilagođavanje robota različitim predmetima koje je potrebno farbati.

- Sa stanovišta pogonskog sistema, određeni zahtevi su usloveli da se kod robota za farbanje koristi prvenstveno pneumatski i hidraulični pogon. Ova odluka proizilazi iz toga da robot radi u sredini ispunjenoj isparenjima farbe koja su najčešće lako zapaljiva. Tada bi varničenje, koje se kod elektromotora teško izbegava, moglo biti veoma opasno. Bez obzira na izbor pogona robot koji radi u uslovima koji vladaju u ćeliji za farbanje zahteva posebnu zaštitu vitalnih delova.

5. PROJEKTOVANJE MANIPULATORA ZA FARBANJE NAMEŠTAJA

5.1 Projektovanje manipulatora

U sklopu ovog rada projektovan je manipulator za farbanje nameštaja i delova nameštaja. Manipulator ima pet stepeni slobode (tri linearna i dva rotaciona kretanja). Proces farbanja se odvija unapred zadatim putanjama manipulatora u zavisnosti od tipa nameštaja (radnog predmeta). Dakle, ovaj manipulator nije projektovan samo za jedan oblik radnog predmeta nego se uz izmenu programskog koda može programirati putanja za bilo koji radni predmet u okviru dimenzija koje manipulator može da dosegne.

Pri projektovanju manipulatora prolazi se kroz sledeće faze:

1. Formulacija problema,
2. Analiza zadatog problema i nalaženje mogućih rešenja,
3. Razmatranje mogućih rešenja i njihovo upoređivanje,
4. Usvajanje najbolje ideje,
5. Ekonomska analiza isplativosti usvojenog rešenja,
6. Crtanje CAD modela i sastavljanje liste delova.

5.1 Opis i razmatranje zadatka

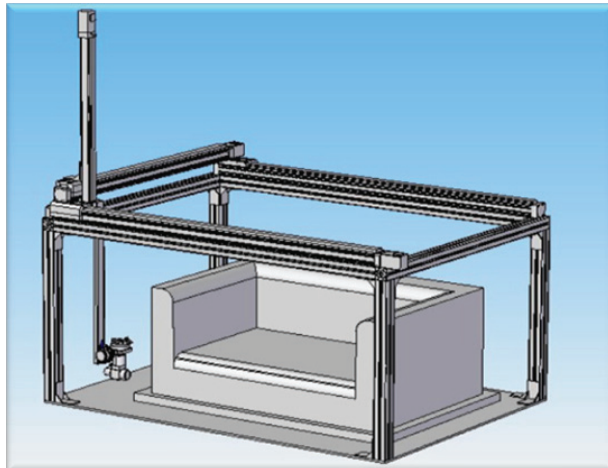
Prva tačka svakog zahteva za realizacijom svakako je formulacija zadatka. Zahtevi koje u ovom radu manipulator treba da zadovolji su:

1. Manipulator treba da radi u sredini u kojoj postoji opasnost od požara jer se radi o procesu farbanja,
2. Vreme potrebno manipulatoru da završi ceo proces farbanja jednog komada nameštaja mora da bude manje od 90 sec (pošto je za čoveku potrebno oko 3min tj. da bi automatizacija bila isplativa u smislu ubrzanja i optimizacije procesa),
3. Postolje, odnosno donju stranu radnog predmeta, ne treba farbati.

5.2 Ose manipulatora

Linearni pneumatski cilindri su korišćeni za linearno kretanje manipulatora u prva tri stepena slobode a zakretni pneumatski motori za rotaciona kretanja na manipulatoru. Cilindri pretvaraju pneumatsku energiju u mehanički rad. Oni se obično sastoje od pokretnog elementa klipa ili klipnjače (kod zakretnih motora-krila) i od nepokretnog dela kućišta. Za linearna i ugaona

kretanja odabrani su cilindri firme FESTO. Za linearna kretanja doabrani su cilindri tipa DGPIL a za ugaona DSR i DSM. Primenom navedenih aktatora, dobijen je izgled manipulatora za farbanje nameštaja kao na slici 1.



Slika 1. Izgled projektovanog manipulatora

Za upravljanje linearnim osama u našem slučaju upotrebljen je SPC11 kontroler (slika 2) firme FESTO, on služi za upravljanje jednom osom koja poseduje mernu letvu. Ovaj kontroler je povezan sa proporcionalnim razvodnikom 5/3 koji se nalazi u upravljačkom ormanu. SPC11 upravlja proporcionalnim razvodnikom putem analognih signala (strujnih signala). Proporcionalni razvodnik upravlja brzinom kretanja klipa kao i usporenjem klipa na krajevima hoda. Na osnovu analognih signala koje dobija od SPC11 kontrolera proporcionalni razvodnik propušta određenu količinu vazduha potrebnu da bi se klip doveo do zahtevane pozicije. Takođe treba napomenuti da se ovaj kontroler koristi za upravljanje zakretnim pneumatskim motorom DSR koji u sebi ima ugrađenu mernu letvu, samo što u ovom slučaju pomeranja nisu linearna nego ugaona.



Slika 2. Izgled SPC11 kontrolera

Upravljanje celim sistemom vrši programabilno logički kontroler firme FESTO oznake CPX.

Ovaj kontroler se sastoji od više modula koji su međusobno povezani u jednu celinu. Čine ga procesorski modul, moduli sa digitalnim ulazima, moduli sa digitalnim izlazima, moduli sa analognim ulazima, moduli

sa analognim izlazima, moduli za komunikaciju putem TCP/IP protokola i Mod bus-a, idr. Kod manipulatora o kojem je reč u ovom radu upotrebljeni su sledeći moduli: procesorski modul, moduli sa digitalnim ulazima i moduli sa digitalnim izlazima. CPX se konfiguriše prema zahtevima korisnika upotrebom konfiguratora firme FESTO. Procesorski modul koji je odabran za upravljanje manipulatorom o kojem je reč u ovom radu ima na sebi diode za signalizaciju grešaka u radu CPX-a, moda programa (aktivan/neaktivan), fukcionisanja komunikacija, i dr. Takođe ima na sebi D-sub 9 konektor za serijsku komunikaciju sa računarom ili nekim drugim uređajem i RJ45 priključak za TCP/IP komunikaciju (priključak za mrežnu komunikaciju). Procesorski modul prikuplja informacije od ulaznih modula i na osnovu softvera koji se nalazi u njemu šalje signale na izlazne module ili aktivira pneumatske razvodnike koji čine drugi deo ventilskog ostrva.

6. ZAKLJUČAK

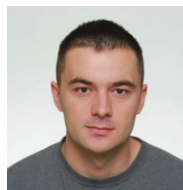
U ovom radu obrađen je konkretan postupak automatizacije procesa farbanja nameštaja. Projektovan je manipulator sa pet stepeni slobode. Budući da su se u realizaciji manipulatora koristile samo komponente firme FESTO, poređenje je izvršeno samo nad osama proizvedenim od strane ovog proizvođača. U okviru daljeg istraživanja potrebno je uraditi i upoređivanje osa iz ponuda drugih proizvođača, sa ciljem da se pronađe eventualno ekonomski isplativije, a tehnički adekvatno rešenje. Takođe, u okviru daljeg rada na ovom projektu mogao bi se dati predlog programa za CPX koji bi upravljao manipulatorom i pri tome bi se morali zadovoljiti i eventualno neki dodatni uslovi koje zahteva kupac npr: brzina kretanja elementata, mogućnost da manipulator na kraju svake smene šalje izveštaj o broju ofarbanih komada u cetralnu bazu podataka preko GPRS modula ili da se preko istog u svakom trenutku može dobiti izveštaj o trenutnom stanju mašine. Pri projektovanju i odabiru CPX-a, odabrana su dva modula sa 16 digitalnih ulaza. To znači da 8 digitalnih ulaza ostaje slobodno za nadogradnju manipulatora u smislu dodavanja novih senzora ili npr. trake koja bi ulagala radne predmete u manipulator pri čemu bi tada ceo process farbanja bio automatizovan, a čovek bi bio potreban samo za vizuelnu kontrolu procesa.

Budući da korišćeni programabilno logički kontroler nije u mogućnosti da koristi PROFIBUS komunikaciju za upravljanje radom, dalji rad na razvoju manipulatora bi mogao da obuhvati i korišćenje kontrolera koji podržava ovaj vid komunikacije.

7. LITERATURA

1. Prof. Dr.-Ing. Peter Beater - Pneumatic Drives, System design, Modeling and control, Springer New York 2007
2. Dr Miodrag Manić - Numerički upravljane mašine i roboti, Beograd 2000
3. Vukobratović M., i ostali, Uvod u robotiku, Institut „Mihajlo Pupin“, Beograd 1986
4. Tarijan Laslo – Diplomski rad, FTN, 2007
5. Anthony Barber - Pneumatic Handbook 8th edition, Elsevier Science & Technology Books 1999
6. Mehaničke komponente robota - http://automatizacija1.etf.bg.ac.yu/2001/roboti_mehanika.htm
7. Roboti i mehatronika - <http://www.tsrh.hr/meha>
8. www.eccofinishing.com
9. <http://automatizacija1.etf.rs/poglavlja/Robotika%201.htm>
10. www.FESTO.com/catalog

Kratka biografija:



Dušan Zjačić rođen je u Zagrebu 1984. god. Osnovnu i srednju školu je završio u Indiji. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mehatronika odbranio je 2011.god.

SISTEM ZA KONTROLU PRISTUPA PARKING PROSTORU

ACCESS CONTROL SYSTEM FOR PARKING LOT SPACE

Saša Sikimić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – MEHATRONIKA

Kratak sadržaj – U ovom radu dato je idejno rešenje automatizovanog sistema za kontrolu pristupa parking prostoru, objašnjen je realizovani sistem za kontrolu pristupa i opisani su implementirani elementi. Opisana je konfiguracija sistema i princip rada i prikazane su komponente korišćene za realizaciju sistema za kontrolu pristupa. Dat je pregled RFID tehnologije.

Abstract – In this paper, given the conceptual design of automated access control system for parking lot space, explained the realized access control system and described implemented elements. Papers also describes the system configuration and working method and describes the components used to implement access control system. Also is given the review of RFID technology.

Ključne reči: PLC, RFID, upravljanje, kontrola pristupa, automatske rampe.

1. UVOD

Postoje različita rešenja za kontrolu pristupa, kako u kontroli kretanja fizičkih lica tako i predmeta i vozila. Rampe sa ručicom, potapajuće rampe ili barijere, primenjene samostalno ili u kombinaciji se najčešće koriste u kontroli pristupa vozila. Upravljanje može biti izvedeno ručno ili automatski. U zavisnosti od potrebe i zahteva, sistemi za kontrolu pristupa mogu biti ručni, poluautomatizovani ili potpuno automatizovani. Rampe kao jedno od glavnih sredstava za kontrolu pristupa nalaze široku upotrebu, kod javnih i privatnih parking površina, u velikim javnim garažama, u gradskim zonama i objektima. Velika fleksibilnost, brzina i pouzdanost su glavne prednosti koje rampe imaju u kontroli pristupa vozila. Na mestima gde se treba obezbediti robusnost sistema u svrhu otklanjanja mogućnosti neželjenih udaranja ili vandalizma neophodno je koristiti potapajuće barijere.

Načini za dobijanje dozvole za pristup parking prostoru mogu biti različiti, upotrebom: RFID (Radio Frequency Identification) kartica, mobilnog telefona, daljinskih upravljača ili digitalnom obradom slike registarskih tablica vozila.

U ovom radu je opisano rešenje za kontrolu pristupa parking prostoru Univerziteta u Novom Sadu. Zahtevi na koje sistem mora da odgovori su: pristup i evidencija korisnika i VIP korisnika, koji pristup parking prostoru ostvaruju pomoću RFID identifikacione kartice.

NAPOMENA:

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

Za kontrolu pristupa korišćen je sistem čiji se rad zasniva na principima RFID tehnologije. Pravo na korišćenje parking prostora ostvaruju zaposleni na Univerzitetu u Novom Sadu koji poseduju identifikacione kartice.

U radu je opisano pravilno korišćenje sistema. Prikazana je i objašnjena prostorna konfiguracija kontrolisane oblasti, upravljanje rampama, signalizacija semafora i detekcija prisustva vozila.

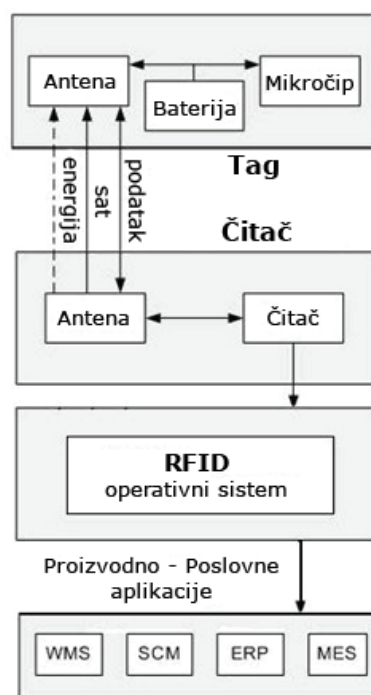
2. RFID TEHNOLOGIJA

RFID je skraćenica od „Radio Frequency Identification“ što u prevodu na srpski jezik znači identifikacija pomoću radio talasa. RFID predstavlja sistem za automatsko prikupljanje podataka, koji omogućava poslovnim procesima da bežičnim putem prihvate i prenesu podatke koristeći radio talase.

Osnovni elementi svakog RFID sistema su:

- Tag
- Čitač
- Antena
- Kontroler

Osnovna struktura RFID sistema prikazana je na slici 1.



Slika 1 – Struktura RFID sistema

2.1. Radna frekvencija RFID sistema

Jedna od najznačajnijih karakteristika RFID sistema jeste radna frekvencija i rezultujući opseg sistema. Radna frekvencija sistema je frekvencija na kojoj čitač vrši emitovanje.

Frekvencije emitovanja signala su klasifikovane u četiri osnovne grupe:

1. nisko – frekventne (30 – 300 kHz)
2. visoko – frekventne (3 – 300 MHz)
3. ultra visoke frekvencije (300 MHz – 3 GHz)
4. mikro talase sa frekvencijom većom od 3 GHz

Prema dometu RFID sisteme možemo podeliti:

1. kratko dometne sisteme (do 10 cm)
2. srednje dometne sisteme (od 10 cm do 1 m)
3. daleko dometne sisteme (veće od 10 m)

2.2. RFID tag

Tag predstavlja nosioca informacija, sadrži mikročip koji čuva i šalje podatke čitaču bez direktnog kontakta, putem radio talasa.

Tagovi se utiskuju na različite materijale kao što su:

- Plastificirane kartice
- Ključevi automobila
- Privesci
- Stakleni omotači
- Kućište koje životinja treba da proguta

Klasifikacija RFID tagova u zavisnosti od mogućnosti čitanja, odnosno zapisivanja može biti:

1. Read – Only (RO), moguće je samo čitanje tagova
2. Write Once – Read Many (WORM), moguće je jednom upisati podatak na tag, a više puta čitati
3. Read – Write (RW), moguće pisanje i čitanje taga više puta

Tagovi se na osnovu napajanja i mogućnosti da izvršavaju specifične zadatke mogu podeliti na:

1. aktivne (tag osim mikročipa i antene ima i bateriju)
2. polupasivne (poluaktivne)
3. pasivne (ne sadrži bateriju)

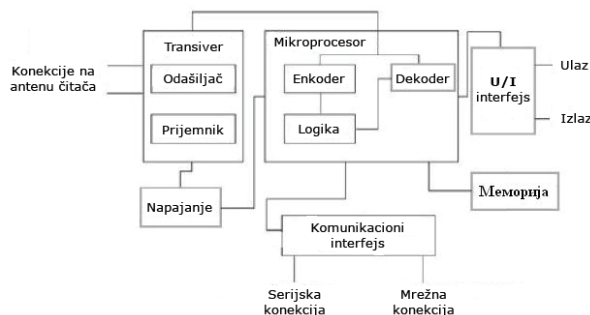
2.3. RFID čitač

RFID čitač je uređaj koji može da čita i upisuje podatke na odgovarajuće tagove. Razlikuju se po kompleksnosti, što zavisi od tipa tagova sa kojima radi i od funkcija koje mora imati. Što se tiče mobilnosti RFID čitači mogu biti stacionarni i mobilni.

Na osnovu interfejsa koji čitač koristi za komunikaciju razlikujemo čitače sa:

1. serijskom komunikacijom
2. mrežnom komunikacijom

RFID čitač predstavlja centralni deo hardverskog sistema, uspostavlja komunikaciju sa tagom i ostatkom sistema. Struktura RFID čitača je prikazana na slici 2.



Slika 2 – Struktura RFID čitača

2.4. RFID antena

Čitač komunicira sa odgovarajućim tagom preko antene čitača, odvojenog uređaja koji je fizički povezan sa čitačem preko jednog od portova, najčešće putem kabla. Izgled RFID antene je prikazan na slici 3.



Slika 3 – Izgled RFID antene

2.5. Primena RFID tehnologije

RFID tehnologija nalazi primenu u raznim područjima ljudskog delovanja:

- Praćenje proizvoda u lancu nabavke
- Praćenju poštanskih pošiljki
- Praćenju prtljaga u avio prevozu
- Uzgoju domaćih životinja
- Naplati putarine i parkinga
- Zaštiti vrednih predmeta od krađe
- Kontrolu pristupa itd.

Kod aplikacija ovog tipa u kontroli pristupa parking prostorima postoji nekoliko potreba:

1. Potreba da se identifikuju, prikupe i sačuvaju podaci o vozilima koja ulaze i izlaze.
2. Potreba za povećanom sigurnošću.
3. Potreba za smanjenjem redova koji se stvaraju pri ulasku i izlasku, naročito u udarnim terminima.

3. SISTEM ZA KONTROLU PRISTUPA

Konfiguracija sistema za kontrolu pristupa parking prostoru u mnogome zavisi od zahteva koje sistem treba da obezbedi.

Konfiguracija sistema zavisi od:

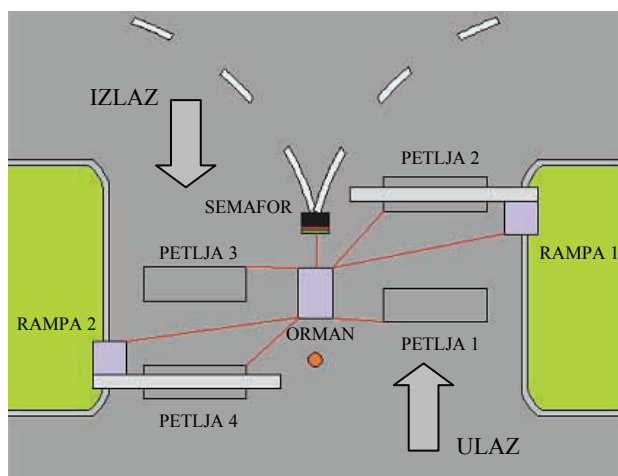
- smeru kretanja vozila
- od broja ulaza i izlaza sa parkinga
- od broja rampi
- od načina ulaska i izlaska
 - kontrolisan ulazak ili izlazak
 - kontrolisan ulazak i izlazak
 - kontrolisan ulazak i slobodan izlazak

3.1. Konfiguracija i princip rada sistema za kontrolu pristupa

Sistem za kontrolu pristupa parking prostoru opisan u ovom radu treba da zadovolji sledeće zahteve:

- kontrolisan ulazak i izlazak
- minimalno zadržavanje prilikom ulaska i izlaska
- bezbednost korisnika sistema
- prioritet VIP korisnika

Iz tih razloga izabran je sistem sa kontrolisanim ulaskom i izlaskom, sa dve rampe, odnosno jednom za kontrolu ulaska i drugom za kontrolu izlaska sa parking prostora. Na slici 4 prikazana je prostorna konfiguracija parking prostora i sistema za kontrolu pristupa.



Slika 4 – Prostorna konfiguracija sistema

Princip rada sistema za kontrolu pristupa je prilagođen konfiguraciji sistema i zahtevima koje treba da ispuni.

Kada se vozilo nađe na ulazu parkinga neophodno je da vozač uoči signalizaciju semafora. Odnosno, ukoliko semafor signalizira crveno, parking je pun i nije moguć ulazak, osim za VIP korisnike koji imaju obezbeđeno slobodno mesto. Ako semafor signalizira zeleno znači da ima slobodnih mesta i moguće je ući na parking.

Kada se vozilo nađe na induktivnoj petlji na ulazu (petlja1) sistem je spreman da prihvati zahtev za ulazak na parking. Na upravljačkom ormanu je jasno obeleženo mesto gde korisnik treba da prinese svoju RFID karticu i na taj način izvrši zahtev za pristup parking prostoru.

Potrebno je sačekati da kartica bude identifikovana. Nakon dobijanja dozvole za pristup podiže se ručica rampe na ulazu i moguće je ući na parking. Ručica rampe se neće spustiti sve dok vozilo ne napusti induktivnu petlju ispod ručice rampe (petlja2). Kada vozilo napusti induktivnu petlju ručica rampe će se spustiti i sistem će registrovati jedno vozilo više na parking. Tada je sistem spreman da prihvati novi zahtev za pristup, ukoliko ima slobodnih mesta na parking. Procedura izlaska sa parkinga je identična.

Parking prostor ima kapacitet od 45 mesta od čega je 18 mesta namenjeno VIP korisnicima. Parkiranje se može obaviti samo ako parking nije popunjen. Izgled sistema za kontrolu pristupa opisanog parking prostora prikazan je na slici 5.



Slika 5 – Izgled sistema za kontrolu pristupa

4. KOMPONENTE SISTEMA

Sistem za kontrolu pristupa parking prostoru opisan u ovom radu sastoji se od više komponenti, povezanih u jedinstvenu celinu pomoću električnih vodova.

Komponente korišćene za realizaciju datog automatskog sistema možemo posmatrati kroz tri organizacione celine:

- upravljački sistem
- sistem dozvole
- izvršni sistem

4.1. Upravljački sistem

Komponente upravljačkog sistema integrisane su u tkz. upravljački orman i međusobno su povezane električnim vodovima. Upravljački orman se sastoji od sledećih komponenti:

- PLC, 2 programibilno logička kontrolera
- napajanje 24V/5A
- napajanje 12V/5A
- UPS (Uninterruptible Power Supply)
- releji
- prekidači
- stezaljke
- osigurači
- kablovi
- indikacije

4.1.1. PLC – FEC 34

Upravljački sistem, odnosno upravljački orman sistema za kontrolu pristupa sadrži dva PLC uređaja proizvođača FESTO Nemačka, tipa FEC 34. Izgled PLC-a FEC 34 je prikazan na slici 6.



Slika 6 – PLC FEC 34

Karakteristike PLC-a:

- napajanje (24V DC)
- 12 digitalnih ulaza
- 8 digitalnih izlaza
- serijski portovi (COM i EXT)
- Ethernet port

4.2. Sistem dozvole

Sistem za kontrolu pristupa parking prostoru opisan u ovom radu je opremljen sa dva RFID čitača tipa U-reader proizvođača Summito Tajvan, koji je prikazan na slici 7.



Slika 7 – U-reader V1.0

Osnovna tehnička specifikacija čitača U-reader:

- radna frekvencija: 13.56 MHz
- razdaljina očitavanja taga: do 10 cm
- kartice: ISO 15693
- dimenzije: 11.5cm x 5.5cm x 3.5cm
- radna temperatura: od -10° do 60°C

4.3. Izvršni sistem

Izvršni sistem sastoji se od:

- rampe
- induktivne petlje
- induktivni prijemnici
- semafor

Induktivne petlje su namenjene za bezkontaktnu detekciju vozila i sa upravljačkim sistemom su povezane preko induktivnih prijemnika. Automatske rampe predstavljaju fizičku prepreku koja onemogućava pristup neovlašćenim vozilima. Sistem za kontrolu pristupa opisan u ovom radu sadrži dve rampe proizvođača CAME, model G4040. Izgled rampe G4040 je prikazan na slici 8.



Slika 8 – rampa G4040

5. ZAKLJUČAK

Osnovna ideja ovog rada jeste rešenje i realizacija automatskog sistema za kontrolu pristupa parking prostoru. Korišćenje RFID tehnologije za dobijanje dozvole pristupa se do sada veoma dobro pokazalo u praksi. Odlikuje ih jednostavnost rukovanja, mogućnost identifikacije, prikupljanja i skladištenja podataka o korisnicima sistema, kao i niske cene RFID tagova. Upotreba automatskih rampi u potpunosti obezbeđuje efikasnost u pogledu zahteva sistema i brzine rada, uz to odlikuje ih i ne toliko visoka cena.

Prikazano rešenje u potpunosti zadovoljava postavljene zahteve, sa aspekata kontrole pristupa, efikasnog i brzog rada sistema, bezbednosti korisnika, odnosno njihovih vozila i mogućnosti sprečavanja eventualnih zloupotreba identifikacionih kartica.

6. LITERATURA

- [1] Brane Milenković – Sistem za kontrolu pristupa na parking prostor univerziteta u Novom Sadu, Diplomski – master rad, FTN 2008.
- [2] <http://en.wikipedia.org/wiki/RFID>
- [3] <http://www.summitco.com.tw>
- [4] www.festo.com
- [5] <http://www.came.com/>
- [6] <http://www.cameuk.com/automatic-road-barriers.php>
- [7] <http://www.camlux.com/>
- [8] <http://en.wikipedia.org/wiki/PLC>

Kratka biografija



Saša Sikimić je rođen u Zrenjaninu 1983. god. gde je završio srednju tehničku školu. Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, odsek za mehatroniku, je upisao 2002. god. Diplomski-master rad je odbranio 2011. godine.

ANALIZA HIDRAULIČNOG UDARA NA RADNOM TOČKU BAGERA ZA KOPANJE UGLJA O&K SH630**ANALYSIS OF HYDRAULIC SHOCK AT A BUCKET WHEEL OF COAL EXCAVATOR O&K SH630**

Vladan Nikolić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – MEHATRONIKA

Kratak sadržaj – U radu su predložena i obrađena neka od mogućih rešenja za otklanjanje problema hidrauličnog udara na radnom točku bagera O&K SH630.

Ključne reči: Bager, pumpa, regulator, hidraulika.

Summary - This paper presents possible solutions to eliminate hydraulic shock problems at a bucket wheel of coal excavator O & K SH630.

Keywords: excavator, pump, controller, hydraulic.

1. UVOD

Ugalj je jedna od osnovnih pogonskih sirovina u energetici. Kako bi se do njega došlo mora se pristupiti organizovanoj i sistematskoj eksploataciji. U Srbiji najveći ugljonosni baseni lignita su: kolubarski, kostolački i kosmetski. Na njima se iskopa oko 40 miliona tona uglja i preko 120 miliona tona jalovine (zemlje, peska, gline...). Oko 95% tog uglja se koristi za proizvodnju električne energije.



Slika 1. Izgled površinskog kopa

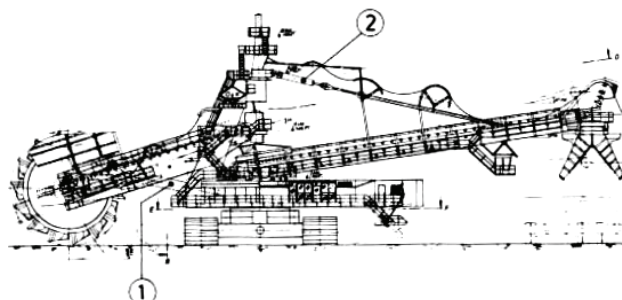
Da bi se organizovala tako velika proizvodnja pristupa se eksploataciji na površinskim kopovima. Kopanje se deli na dva sistema: jalovinski i ugljeni. Jalovinski sistemi se označavaju kao BTO (bager-transporter-odlagač), a ugljeni kao BTU (bager-transporter-utovarivač). Jalovinski sistem se sastoji od rotornih bagera koji otkrivaju slojeve zemlje kako bi se došlo do sloja uglja.

NAPOMENA:

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

Zemlja koja se otkrije, putem sistema transportnih traka transportuje se do predviđenog mesta za odlaganje-odlagališta, gde je bager-odlagač raspoređuje i sabija. Ugljeni sistem se sastoji od rotornih bagera koji kopaju slojeve uglja i putem sistema transportnih traka transportuju ugalj do utovarnih deponija, gde se on tovari u železničke kompozicije i prugom vozi na deponije termoelektrane ili direktno, trakama, do deponija elektrana. U ovom diplomskom-master radu razmatra se problematika vezana za funkcionisanje hidrauličnog sistema koji pogoni bager za kopanje uglja. U eksploataciji je zapaženo da prilikom pokretanja radnog točka bagera, pomenutog u radu, dolazi do velikog, nepredviđenog trzaja gornjeg obrtnog dela platforme. Trzaj dovodi do oštećenja obrtnog zupčanika, do vibracija, koje dalje prouzrokuju smanjenje broja radnih sati i povećanje zastoja.

Cilj istraživanja je da se uz ograničenja dobijena od strane PD „Termoelektrane i kopovi“ Kostolac, dođe do optimalnog rešenja koje bi dovelo do nesmetanog daljeg rada bagera.

2. ROTACIONI BAGER ZA KOPANJE UGLJA

Slika 2. Bager za kopanje uglja

Rotacioni bageri su čelične konstrukcije, visoke i do 40 metara, najveći bager na svetu nalazi se u Nemačkoj, proizvod je firme TYSEN-KRUPP i važi za najveći pokretni sklop na planeti. Bager firme O&K (**Orenstein & Koppel**) oznake SH-630 sa fabričkim brojem 1354, inventarnog broja 8 nalazi se na kopovima Privrednog društva „Termoelektrane i Kopovi“ Kostolac. Konstruisan je 1977.godine, a pušten je u rad 1979.godine. Kompaktne je konstrukcije, te je radi uštede prostora i smanjenja težine u celosti hidraulični, dok ostali mogu biti kompletno elektro ili elektro-hidraulične konstrukcije.

Osnove karakteristike ovog bagera, date od strane proizvođača su [1]:

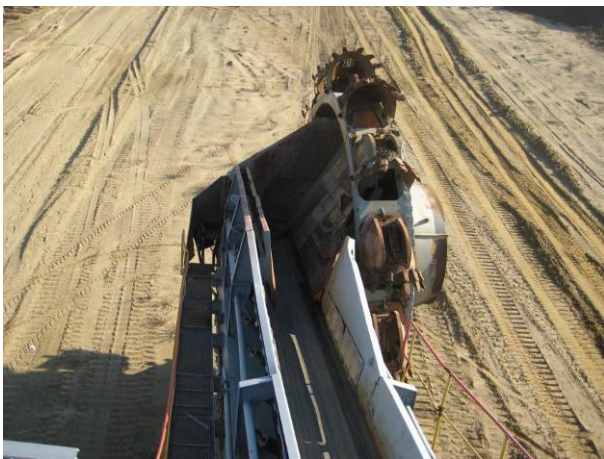
- | | |
|------------------------------------|------------------------|
| - teorijski kapacitet kopanja | 2400 m ³ /h |
| - rastresitost materijala-jalovina | 1,6 t/m ³ |

- rastresitost materijala-ugalj	0,9	t/m ³
- težina konstrukcije	263,668	kg
- težina traka	2 106	kg
- težina ulja	6 523	kg
- težina boje	1 068	kg
- ukupna sopstvena težina bagera	349 563	kg
- težina nalepljena prljavštine	6 271	kg
- težina korisnog tereta	14 214	kg
- težina bagera u radu	370 048	kg

3. OSNOVNE KOMPONENTE RADNOG TOČKA

3.1 Katarka radnog točka

Katarka radnog točka se nalazi sa prednje strane bagera i najvažniji je element za kopanje uglja. Pričvršćena je za okretni deo bagera, a sve zajedno je povezano sa nosećim stubom koji ima oblik slova A. Katarka radnog točka se kreće po vertikalnoj i horizontalnoj osi. Kretanje po vertikalnoj osi vrši samostalno, dok se kretanje po horizontalnoj osi vrši zajedno sa okretanjem cele platforme gornjeg dela bagera.



Slika 3. Katarka radnog točka i radni točak

3.2 Radni točak

Radni točak je uz pomoć ležaja pričvršćen za katarku radnog točka i mora da obavlja rotaciono kretanje kako bi zahvatao ugalj. Na radnom točku su pričvršćene kofice koje zahvataju ugalj, okretanjem radnog točka kofice



Slika 4. Radni točak

dolaze u krajnji gornji položaj, gde vrše istresanje materijala u utovarna kolica, odakle se sistemom levka ugalj sliva na traku radnog točka koja prolazi ispod njega [2].

4. PRORAČUN

Kako bi se izabrali potrebni elementi hidrauličnog sistema moraju se proračunati parametri komponenata i na osnovu njih izvršiti odgovarajući odabir. Proračunati parametri, zajedno sa parametrima datih od strane poručioca rezultira izborom komponenti sistema. Hidraulični motori i pumpe za pogon sistema odabrani su iz kataloga firme Bosch-Rexroth.

Proračun osnovnih parametara urađen je po sledećem redosledu:

- Proračun momenta inercije radnog točka
- Proračun momenta radnog točka i sile kopanja
- Proračun hidromotora, odabir hidromotora, proračun pumpe i odabir pumpe

4.1 Proračun momenta inercije radnog točka

Moment inercije radnog točka bagera se računa kao suma momenata inercije delova od kojih je sastavljen [3]. Mase delova, kao i rastojanja delova od ose rotacije poznate su iz specifikacija proizvođača i radnih crteža [2].

$$I_{rtb} = \sum_{i=1}^N m_i \cdot r_i^2 \quad (1)$$

I_{rtb} - moment inercije radnog točka bagera [kg·m²]

i - broj sastavnih delova bagera

m - masa dela tela [kg]

r - poluprečnik rastojanja tela od ose rotacije [m]

4.2 Proračun momenta radnog točka i sile kopanja

Na osnovu formule

$$M_{\tau} = I_{rtb} \cdot \alpha, \quad (2)$$

M_{τ} - moment inercije radnog točka [Nm]

α - ugaono ubrzanje [$\frac{m}{s^2}$]

dobija se da je $M_{\tau} = 16000$ Nm, iz formule

$$M_{\tau} = F_{\tau} \cdot r_{\tau} \quad (3)$$

izražava se inercijalna sila $F_{\tau} = 4000$ N.

Na osnovu traženog pritiska na materijal koji bager kopa, $p_{kopanja}$ [$\frac{N}{cm^2}$] i površine kojom kopa $A_{kopanja}$ [cm²], dobija se sila kopanja $F_t = 135000$ N.

$$F_{ku} [N] = F_{\tau} + F_t = 181 \text{ kN} \quad (4)$$

$$M_{rt} = F_{rt} \cdot r_{rt} \quad (5)$$

r_{rt} - poluprečnik radnog točka bagera

smenom podataka u prethodnoj formuli dobija se ukupni potrebiti moment radnog točka $M_{rt} = 770$ kNm.

Sa M_{rt} i brzinom okretanja radnog točka n_{rt} [$\frac{obrtaj}{minut}$] dobija se potrebna snaga radnog točka [7]

$$P_{rt} = \frac{2\pi \cdot M_{rt} \cdot n_{rt}}{60000} = 483.81 \text{ kW} \quad (6)$$

4.3 Proračun i odabir hidromotora, proračun i odabir pumpe

Konstrukcionim rešenjem predviđeno je da se radni točak pogoni sa pet hidromotora istih karakteristika, a da se moment sa hidromotora prenosi na radni točak preko pet reduktora, takođe istih karakteristika.

$$n_{motora} = 5 - \text{broj hidrauličnih motora}$$

$$n_{reduktora} = 5 - \text{broj reduktora hidrauličnih motora}$$

$$i_{reduktora} = 140 - \text{prenosni odnos reduktora}$$

Broj obrtaja hidromotora jednak je

$$n_{hm} = \frac{n_{rt} \cdot i_{reduktora}}{i_{reduktora}} = 866 \left[\frac{\text{obrtaja}}{\text{min}} \right], \quad (7)$$

formulom

$$P_{hm} = \frac{F_{rt}}{n_{motora}} = 96.762 \text{ kW} \quad (8)$$

dobija se snaga hidrauličnog motora P_{hm} . Kako bi se uskladio pritisak sa pritiskom u ostatku postojeće instalacije, razlika pritiska na ulazu i izlazu hidromotora mora biti $\Delta p_{hm} = 150$ bara. Formula za proračunavanje snage hidromotora na osnovu sopstvenih karakteristika glasi

$$P_{hm} = \frac{Q_{hm} \cdot \Delta p_{hm}}{600} \quad (9)$$

$$Q_{hm} - \text{protok ulja kroz motor} \left[\frac{\text{l}}{\text{min}} \right]$$

$$\eta_{hm} = 0,9 - \text{faktor iskorišćenja hidromotora}$$

smenom se dobija $Q_{hm} = 406.05 \left[\frac{\text{l}}{\text{min}} \right]$.

Količina ulja koja protekne kroz motor definiše se kao

$$Q_{hm} = \frac{V_{g-hm} \cdot n_{hm}}{\eta_{u-hm} \cdot 1000} \quad (10)$$

$$\eta_{u-hm} = 0,97 - \text{faktor konstrukcije hidromotora,}$$

$$V_{g-hm} - \text{radna zapremina hidromotora.}$$

Na osnovu radne zapremine hidromotora $V_{g-hm} = 481.7 \text{ cm}^3$ iz kataloga usvaja se hidraulični motor [4]

A2FM NG 500.

Sličnim postupkom vrši se proračun hidraulične pumpe, gde se usvaja hidraulična pumpa [5]

A4VSO NG 355.

5. REŠENJE

Da bi se izanaliziralo kako dolazi do hidrauličkog udara radnog točka mora se izanalizirati sam rad radnog točka bagera.

Pokretanje radnog točka vrši se kada je van dodira sa materijalom koji kopa (jalovinom ili ugljem). U početku rada točka, nema dodira sa materijalom koji kopa i nema otpora prilikom kopanja, time je potrebna i dovoljna snaga na radnom točku jednaka snazi za savladavanje inercijalne mase i samo pokretanje točka.

Ukoliko se poveća snaga na radnom točku bagera u slučaju kada točak nije u fazi kopanja materijala (nije pod opterećenjem), dolazi do ubrzanog obrtanja točka i pojave hidrauličnih udara i trzaja cele katarke (nosača) radnog točka.

Prilikom kopanja materijala sile otpora su promenljivog inteziteta. Razne vrste peska, slojevi uglja ili pak nepredviđeni materijal, kao kamen i slično, stvaraju različite otpore prilikom kopanja. Materijal je različit na raznim dubinama i dužinama sektora na kojima bager kopa, te je upotreba maksimalne snage na radnom točku besmislena.

Na osnovu ovoga uviđa se da bi logično bilo da se snaga radnog točka ograniči, tj. uskladi sa otporima koji se pojavljuju u toku rada u vidu sile otpora radnog točka.

Hidrauličnom sistemu za pokretanje radnog točka treba osigurati onu količinu radnog fluida koja će se u hidro motorima transformisati u obrtni moment dovoljan da savlada otpore koji se pojavljuju na vrhovima kofica za kopanje u vidu sile otpora kopanja.

Da bi se izvršila regulacija snage na radnom točku mora se regulisati izlazna snaga na hidrauličkim motorima. To je moguće postići:

- regulacijom količine ulja koja utiče u motore (Q_{hm}),
- regulacijom radnog pritiska hidrauličkih motora (Δp_{hm}) ili
- regulacijom obe promenljive.

Rešenja mogu biti realizovana na razne načine, pošto je hidraulički sistem bagera kompleksan.

U ovom radu izabrana su i obrađena tri karakteristična rešenja:

- Rešenje fizičkim rasterećenjem sistema
- Rešenje rasterećenjem sistema preko ventila za rasterećenje
- Rešenje regulacijom dvostrukih pumpi

5.1 Rešenje sa ventilima za rasterećenje

Fizičko rasterećenje hidrauličkog sistema je najjednostavnije je ponuđeno rešenje. Na ovaj način ograničava se količina ulja koja utiče u hidraulične motore, bez promene radnog pritiska hidrauličnih motora. Ovim rešenjem ne utiče se na rad pumpi i elektromotora koji pogone hidraulični sistem.

Postavljanjem razvodnih ventila u vodove pod pritiskom koji napajaju hidraulične motore, moguće je na grub način postići regulaciju kapaciteta radnog fluida. Redoslednim uključivanjem i isključivanjem razvodnih ventila, deo fluida će se ili distribuirati do hidrauličnih motora ili će se vraćati u rezervoar kao višak.

Snaga na radnom točku pri uključanju jednaka je

$$P_{rt-regulisano-početno} = \frac{2}{3} \cdot P_{rt}, P_{rt-regulisano-početno} = 120,95 \text{ kW} \quad (11)$$

Na svakih 20 sekundi uključuje se po razvodni ventil, te za vremenski interval od 2 minuta hidraulični motori počinju da isporučuju punu snagu radnom točku i tada se počinje sa kopanjem materijala bagerom.

5.2 Rešenje rasterećenjem sistema preko ventila za rasterećenje u Blok ventilima transporta

Rešenjem rasterećenja sistema preko ventila transporta predstavlja se način koji ne zahteva ugradnju novih hidrauličnih komponenata. Jednostavnije je od prethodnog rešenja po načinu realizacije, ali je krajnji efekat isti. Ograničava se količina ulja koja utiče u hidraulične motore, ali se ne utiče na veličinu radnog pritiska

hidrauličnih motora. Takođe, rešenje ne utiče na rad pumpi i elektromotora koji pogone hidraulični sistem. Ako se ograniči dotok ulja u motore, smanjuju se izlazni momenti hidrauličnih motora, a samim tim i moment radnog točka, kao i snaga radnog točka. Četiri hidraulične pumpe snabdevaju sistem transporta, ali ukoliko bager nije u režimu rada transporta, ulje samo protiče kroz te hidraulične blokove i odlazi u hidraulične motore radnog točka.

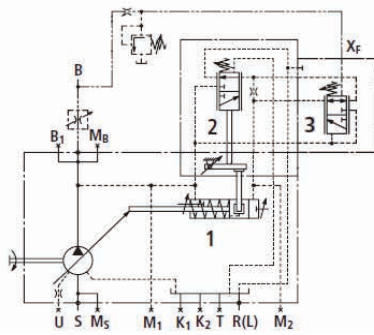
Ukoliko bi se izvršila prepravka relejne šeme, promenio bi se način uključivanja dva ventila za ograničenje pritiska sa predupravljanjem i rasterećenjem, te bi se postigao željeni efekat.

$$P_{rt-regulisano-početno} = \frac{1}{2} \cdot P_{rt} = 64 \text{ kW} \quad (12)$$

Na ovaj način se zadovoljava minimalna snaga radnog točka. Na svakih 30 sekundi uključuje se po jedan razvodni ventil, te se snaga povećava za $\frac{1}{2} \cdot P_{rt}$. Za jedan minut hidraulični motori isporučuju punu snagu radnom točku i tada bager može da počne sa kopanjem materijala.

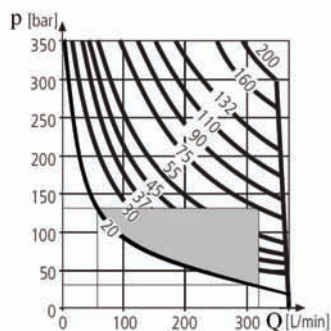
5.3 Rešenje zajedničkom regulacijom dvostrukih pumpi

Rešenje sa rasterećenjem sistema regulacijom dvostrukih pumpi koje pogone radni točak, tj. regulacijom snage prikazano je najkvalitetnije rešenje [11]. Ugradnjom regulatora snage sa LS (Load-Sensing) regulacijom [6] implementira se najbolje moguće rešenje. LS regulacija radi na principu isporučivanja onoliko snage koliko je aktuatoru i potrebno, i menja izlaznu snagu u skladu sa promenom opterećenja na aktuatoru.



Slika 5. LS regulacija

Definisanjem pritiska preko čije vrednosti će početi LS regulacija i pritiska kada se koristi klasična regulacija snage, moguće je isporučiti radnom točku bagera tačnu količinu snage kolika mu je i potrebna, a preko određenog pritiska maksimalnu moguću snagu.



Slika 6. Dijagram regulacije

6. ZAKLJUČAK

Cilj diplomskog-master rada je izrada rešenja vezanih za pojavu hidrauličnih udara na pogonskim motorima radnog točka bagera. Izvršena je analiza, proračun i izbor komponenti hidrauličnog sistema rotacionog točka. Takođe, izvršena je detaljna analiza i prikaz tri moguća rešenja kojima bi se pojava hidrauličnog udara u sistemu svela na minimum.

Prvo rešenje koje je i najjednostavnije rešenje, podrazumeva regulaciju kapaciteta fluida primenom fizičkog rasterećenja hidrauličnog sistema radnog točka. Na ovaj način se na najgrublji način vrši regulacija snage hidrauličnih motora. U toku rada radnog točka, snaga je maksimalna, odnosno u toku rada se troši po 100 kW el. energije po jednom el. motoru. Troškovi izrade ovog rešenja su dosta niski.

Drugo rešenje je odrađeno rasterećenjem sistema preko ventila transporta, gde se reguliše snaga samo pri pokretanju radnog točka. Troškovi izrade ovog rešenja su najniži.

Rešenje sa regulacijom dvostrukih pumpi, tj. ugradnjom LS regulatora je najskuplje, ali i najoptimalnije i najisplativije rešenje, pogotovo gledano na duži vremenski period eksploatacije. Optimizuje se potrošnja i regulacija izlazne snage. Potrošnja elektromotora se kreće od 30 do 100kW tj. srazmerno snazi koja je potrebna radnom točku da savlada otpor materijala koji trenutno kopa i ovo rešenje je najekonomičnije u pogledu dalje eksploatacije bagera za razliku od predhodna dva razmatrana rešenja.

7. LITERATURA

- [1] O&K, Orenstein&Koppel: "Betriebsvorschrift – Schaufelradbagger auf Raupen für elektrohydraulischen Antrieb"; Tagebau Čirikovac, Jugoslavien, type SH 630, 1977.
- [2] ZEP Beograd, IEK Kostolac: "Opis opreme, rotacioni bager SH 630, kop Čirikovac";
- [3] Markeev, A.P.: "Teorijska mehanika";
- [4] Rexroth, Bosch Group: "Axial Piston Fixed Motor AA2FM"; RA91001/09.07.
- [5] Rexroth, Bosch Group: "Axial Piston variable pump A4VSO"; RE92050/04.09.
- [6] Rexroth, Bosch Group: "Power control LR2, LR3, LR2N and LR3N"; RE92064/11.07.
- [7] Savić, V.: "Uljna hidraulika 1";
- [8] Savić, V.: "Uljna hidraulika 2";
- [9] Savić, V.: "Osnove uljne hidraulike 1";
- [10] Savić, V.: "Zbirka rešenja u hidraulici 1 (rešenja opštih zahteva)";
- [11] Savić, V.: "Zbirka rešenja u hidraulici 2";

Kratka biografija:



Vladan Nikolić rođen je u Smederevu 1985.godine. Završio je tehničku školu "Nikola Tesla" u Kostolcu, smer elektrotehničar elektronike. 2004.godine upisuje Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu. Diplomski-master rad iz oblasti mehatronike, robotike i automatizacije odbranio je 2011.godine.

REVITALIZACIJA PROCESA RADA FIRME MK PETROVARADIN PRIMENOM LEAN KONCEPTA**REVITALIZATION OF WORK PROCESSES WITHIN MK PETROVARADIN COMPANY USING LEAN CONCEPT TOOLS**

Predrag Kapamadžin, Ilija Ćosić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – MEHATRONIKA

Kratak sadržaj – U radu je prikazana analiza sistema i poboljšanje performansi preduzeća, primenom pojedinačnog prilaza i alata LEAN koncepta. Na osnovu analiza proizvoda, analiza programa proizvodnje njihovih količina, normativa u proizvodnji i izbora proizvoda predstavnika. Definisani su tehnološki postupci u proizvodnji, tokovi materijala i operacija rada. Na kraju je izvršena implementacija nekih od alata LEAN – a u samu proizvodnju i izneti su zaključci o korisnosti ovog koncepta.

Abstract – System analysis and improvement of company performances using single approach and LEAN concept tools is presented in this paper. Furthermore, system of design for MK Petrovaradin company is presented, starting with production program analysis, products analysis, various normatives in production, choosing product representatives. It defines technological development and the material flow in the production

Ključne reči: Pojedinačni prilaz, LEAN, osnove LEAN – a 5s, Vizuelni menadžment, TPO, program proizvodnje, analiza proizvoda, proizvod predstavnik, tehnološki postupak, tip i varijanta toka.

1. UVOD

Osnovni problem preduzeća analiziranog u ovom radu, a samim tim i cilj rada, predstavlja otklanjanje nepotrebnih gubitaka, škarta i poboljšanje performansi sistema. Na ovaj način bi se povećala efektivnost i efikasnost samog sistema. Istraživanjima unutar sistema, uočeni su nedostaci kao i prostor u kome se mogu primeniti metode za njihovo otklanjanje.

Za postizanje toga cilja, u radu je predložena kao osnova u analizi sistema primena pojedinačnog pristupa i nekih od alata LEAN koncepta. Implementacijom gore navedenog, očekuje se povećavanje produktivnosti preduzeća, uredjenje radno okruženje, minimizacija gubitaka.

LEAN je termin koji opisuje holistički, održivi pristup poslovanju (organizaciji i menadžmentu) koji koristi manje svega (resursa, investicija, troškova), da pruži više (kvaliteta, profita, zadovoljstva kupaca). LEAN koncept ima za cilj smanjivanje svih vrsta gubitaka koji nastaju u procesu proizvodnje, pomoću raznih alata i metoda.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Ilija Ćosić red. prof.

U radu je korišćeno nekoliko alata LEAN koncepta a to su: 5s, Totalno Produktivno Održavanje (TPO) i Vizuelni nadžment.

2. PROGRAM PROIZVODNJE

Firma “MK Petrovaradin” bavi se projektovanjem i štampanjem izgleda logotipa krajnjeg kupca na razne predmete koji se koriste prvenstveno u reklamne svrhe, tzv. reklamni materijal. Program proizvodnje obuhvata projektovanje i štampanje logotipa na “sitnom” reklamnom materijalu, upaljačima, hemijskim olovkama, privescima za ključeve, USB-ovima, satovima, kožnoj galanteriji, pepeljarama, šoljama, svećama, stonim kalendarima itd.

Za potrebe ovog rada, analizirano je 9 jedinstvenih proizvoda koje su prikazani u Tabeli 1. Tabela 2 prikazuje količine i mase ovih proizvoda na godišnjem nivou.

Tabela 1. Program proizvodnje

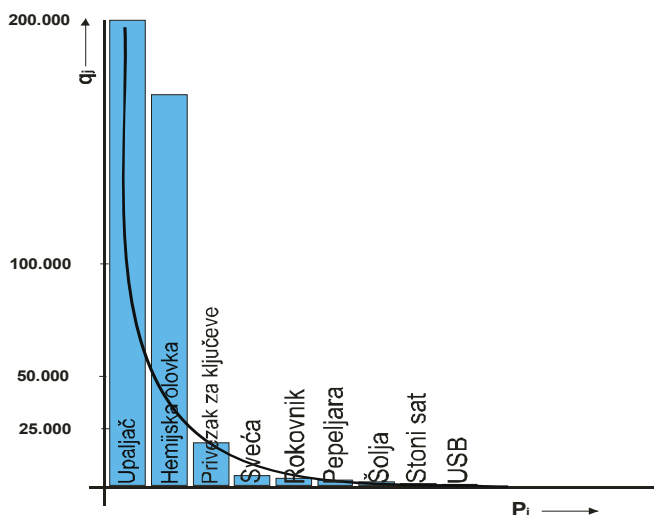
Red. br.	Oznaka	Naziv
1.	PR1	Hemijska olovka
2.	PR2	Upaljač
3.	PR3	Privezak za ključeve
4.	PR4	USB
5.	PR5	Stoni sat
6.	PR6	Rokovnik
7.	PR7	Pepeljara
8.	PR8	Keramička šolja
9.	PR9	Sveća

Tabela 2. Količine i mase programa proizvodnje

Red. br.	Oznaka	Količina	Masa kg/kom	Masa kg/god
1.	PR1	180.000	0,010	1800
2.	PR2	200.000	0,015	3000
3.	PR3	20.000	0,05	1000
4.	PR4	300	0,013	39
5.	PR5	500	0,10	50
6.	PR6	3000	0,30	900
7.	PR7	2000	0,12	240
8.	PR8	1500	0,13	195
9.	PR9	5000	0,05	250

3. ANALIZA PROGRAMA PROIZVODNJE

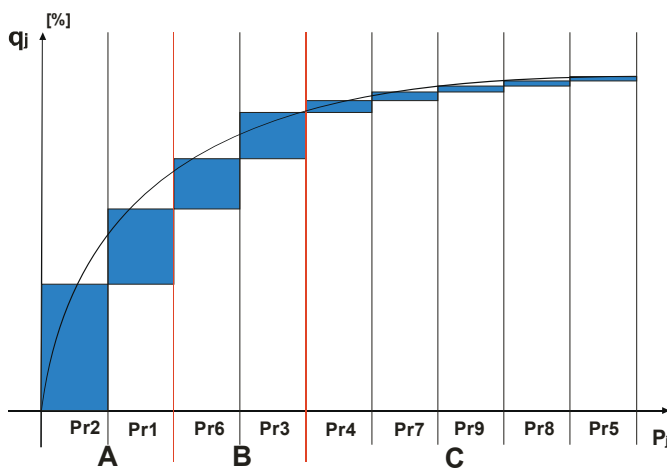
Analiza proizvodnog programa - struktura količine (p_j - q_j) prikazana je na narednoj slici (Slika 1.). Ona prikazuje da su dominantni proizvodi štampanje logotipa na proizvodima tipa hemijske olovke i upaljača, dok su ostali proizvodi u značajnoj meri manje zastupljeni.



Slika 1. Odnos struktura/količina

Prilikom analize programa proizvodnje korišćena je ABC analiza. Na Slici 2 može se videti grafik vrednosne ABC analize. Analizirano je devet različitih proizvoda kroz količinsku, masenu i vrednosnu anлізу. Pored ABC analize, odrađena je i analiza karakteristika, prilikom koje su upoređene dužine, visine logotipa, broj boja štampe i material na kome se štampa.

Proizvod predstavnik biramo na osnovu ABC analize i analize karakteristika elemenata. On predstavlja realan deo programa proizvodnje. On sadrži najveći broj elemenata ostalih delova programa proizvodnje koje predstavlja i najčešće se bira iz područja A, što je u ovom primeru bio slučaj.



Slika 2. Vrednosna ABC analiza

4. PROJEKTOVANJE POSTUPKA IZRADE PROIZVODA PREDSTAVNIKA

Procesi rada proizvodnih sistema, kao skup progresivnih promena stanja predmeta rada u vremenu, određuju karakter transformacije ulaznih veličina - resursa u izlazne veličine tj. proizvode različite vrste. Postupak transformacije se u opštem slučaju, izvodi procesima:

- Dizajn
- Priprema

- Štampa
- Dorada
- Rukovanje materijalom (transport, skladištenje)

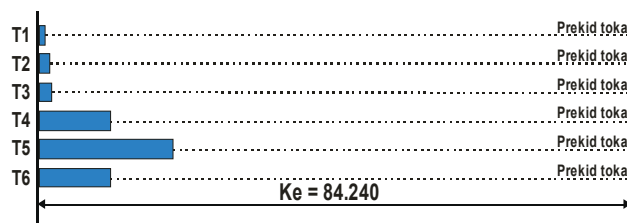
Detaljna razrada ovih procesa na faze, operacije rada, rezultira u postupcima promene stanja ili tehnološkim postupcima kao osnovnim podlogama za izvođenje procesa rada.

5. IZBOR TIPA I VARIJANTE TOKA

Na osnovu prethodno izvršenih analiza i proračuna utvrđene su određene grupe veličina koje nam omogućavaju da odredimo tip i varijantu toka.

Sistem će se projektovati za količinu od $Q_{red} = 200.000$ kom/god, a režim rada sistema je $K_e = 84.240$ min/god. Tehnološki ciklus se sastoji iz šest operacija.

Na narednoj slici prikazana su opterećenja preseka toka na pojedinim operacijama i njihov odnos sa efektivnim kapacitetom sistema (Slika 3.).



Slika 3. Opterećenje/kapacitet

Na osnovu prethodno utvrđenih odnosa i vrednosti veličina koje karakterišu proizvodni sistem utvrđenih u prethodnim analizama programa proizvodnje, možemo utvrditi da sistem pripada varijanti toka 1.1

5. PROJEKTOVANJE STRUKTURA PROIZVODA

Projektovanje strukture proizvodnih sistema predstavlja proces visokog stepena složenosti, baziran na određenom broju osnovnih podloga koje sadrže relevantne podatke za ostvarenje potrebnog i dovoljnog kvaliteta predmetnog procesa.

U zavisnosti od vrste resursa koji se troši u procesu rada, razlikujemo:

- Normativ vremena;
- Normativ materijala;
- Normativ energije;
- Normativ alata;
- Normativ površina.

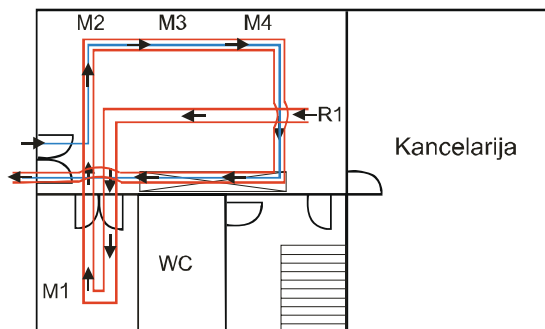
Izvršeni proračuni su pokazali potrebe u pogledu tri normativa i to: vremena, materijala i površina. Izvršene analize nisu obuhvatile normative materijala, energije i alata.

6. OBLIKOVANJE PROSTORNE STRUKTURE I TOK MATERIJALA PROIZVODA PREDSTAVNIKA

Uzimajući u obzir površine radnih mesta u okviru svake radionice, dobija se osnovni razmeštaj prostornih struktura. Izborom tehnoloških sistema za izvođenje operacija rada po vrsti i karakteristikama (Predmet tehnološke opreme) omogućeno je oblikovanje strukture radnih mesta sa površinama koje ona uključuju kao i izbor

geometrijskih modela tehnoloških sistema na radnim mestima.

Odlučeno je da se zadrži prvobitni izgled objekta, pošto zadovoljava potrebe ovog tehnološkog sistema (Slika 4.).



Slika 4. Dijagram toka materijala i operacija rada

7. Primena 5S alata

Alat 5S podrazumeva sortiranje, uređivanje, čišćenje, standardizaciju i održavanje. Jedna od metoda koja se koristi prilikom sortiranja je tzv. Crveni tag, prikazan na Slici 5. Crveni tag predstavlja standardizovanu karticu crvene boje koja sadrži podatke o artiklu, kategoriji u koji spada, razlog označavanja, vrstu intervencije, datum intervencije.



Slika 5. Izgled crvenog taga

Pomoću ovog alata izvršeno je uređivanje radnog prostora (Slika 6., Slika 7.).



Slika 6. Izgled ormana pre i posle uređivanja



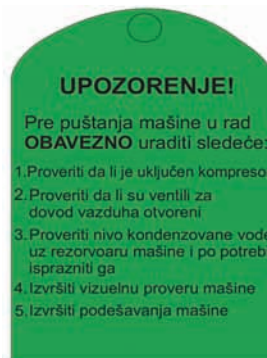
Slika 7. Izgled mašine pre i posle čišćenja

7.1 VIZUELNI MENADŽMENT

U vizuelnom menadžmentu se koriste slike, grafikoni, crvena svetla, andon table, podne oznake, zeleni tag (Slika 8.), žuti tag (Slika 9.) ili druge vizuelne tehnike da se brzo

i lako razumeju informacije kako bismo na njih efikasno i pravovremeno reagovali. Vizuelni menadžment pomaže da se lako uoče promene u trendovima i na tržištu. Izveštavanje treba da bude jednostavno i koncizno.

Zeleni tag služi kako upozorenje radnicima, i pruža informacije o koracima koje je neophodno uraditi pre nego što se počne sa radom na mašini.



Slika 8. Primer zelenog taga i njegovog postavljanja

Predloženo je uvođenje table na kojoj bi se nalazila nedeljna zaduženja. Količine koje treba odštampati, u kom roku treba završiti, za koju firmu i slični podaci. Pomoću ove table, bio bi unapred određen raspored štampanja, dobilo bi se na efikasnosti.

Žuti tag nosi informacije o uočenim nedostacima, problemima i prioritetu njihovog rešavanja.



Slika 9. Primer žutog taga i njegovog postavljanja

7.2 TOTALNO PRODUKTIVNO ODRŽAVANJE (TPO)

Pojave otkaza mašina u procesu proizvodnje su normalna i svakodnevna pojava. TPO alat se koristi kako bi se ovi otkazi sveli na minimum. Širi cilj TPS strategije je maksimiziranje efektivnosti proizvodne opreme i stvaranje optimalnih troškova u toku životnog ciklusa. TPS je nastao integracijom tri kompatibilna segmeta koji se odnose na:

- Preventivno održavanje (zaduženi radnici na samoj mašini),
- Prevenciju u održavanju (odnosi se na samu kupovinu mašina) i
- Korektivno održavanje (pronaći osnovne uzroke otkaza na osnovu analize učestalosti otkaza).

Za sprovođenje preventivnog održavanja mašina, zadužen je radnik na toj mašini. Svako radno mesto je opremljeno sa odgovarajućim alatima i sredstvima potrebnim za

pravilno održavanje mašina. Potrebno je ovo održavanje vršiti posle svakog korišćenja mašine, kako bi se izbegli veći kvarovi a sa druge strane i na vreme uočili. U okviru preventivnog održavanja napravljen je raspored dnevnih, nedeljnih, mesečnih obaveza radnika.

7.3 PREDLOŽENA POBOLJŠANJA

Jedna od osnovnih stvari koja bi morala da se uvede je ventilacioni sistem iznad mašine za štampanje, kako bi se smanjio uticaj štetnih isparenja na zdravlje radnika, kao i uvođenje tunela za sušenje.

8. ZAKLJUČAK

LEAN koncept teži minimizaciji troškova i škarta, idealno 0% odnosno maksimizaciji produktivnosti, 100%. Pomoću raznih alata LEAN – a ovo je i moguće. Međutim, pre svega potrebno je biti veoma dobro upoznat sa principima ovog koncepta i njegovim alatima. Neophodno je konstantno vršiti edukaciju i proširivati svoja znanja.

Projektovanje sistema za proizvodnju je veoma kompleksan zadatak. Zadatak postaje složeniji kada se uzme u obzir i količina koju je potrebno dostići.

Sam proces projektovanja obuhvata izračunavanje raznih uticajnih faktora u procesu proizvodnje da bi se na osnovu dobijenih rezultata moglo predvideti ponašanje sistema u toku proizvodnje. Projektovani sistem se baviš štampanjem logotipa firme na predmete. Proizvod predstavnik u ovom slučaju je upaljač. Proizvodi se 200.000 komada godišnje u serijama od po 4000 komada. Projektovani sistem spada u sisteme sa prekidnim tokovima tipa 1.1. Uz pomoć tri alata, 5S, vizuelnog menadžmenta i TPO, koji predstavljaju osnovu prilikom primene LEAN – a vidno je promenjeno stanje u preduzeću. Nakon izvršenih analiza, došlo se do zaključka da nije potrebno primenjivati druge alate LEAN – a s obzirom na veličinu samog preduzeća i činjenicu da je jednočlano i poseduje samo jednu mašinu.

9. LITERATURA

- [1] Dragutin Zelenović “Projektovanje proizvodnih sistema”, Fakultet tehničkih nauka Novi sad, 2003.
- [2] Prekajski Slavko: *Analiza mogućnosti primene LEAN koncepta u domaćoj praksi, diplomski - master rad, FTN, Novi Sad, 2007.*
- [3] Božičković, R.: *LEAN koncept u efektivnim proizvodnim sistemima, doktorska disertacija, FTN, Novi Sad, 2005.*

- [4] Majski Bojana: *Unapređenje procesa proizvodnje štamparije „Stojkov” primenom alata „LEAN” koncepta diplomski – master rad, FTN, Novi Sad 2011*

Internet adrese i hyperlink-ovi:

- [5] www.wikipedia.com
- [6] www.syque.com
- [7] www.gemba.com
- [8] www.toyota.com
- [9] http://bs.wikipedia.org/wiki/Industrijska_proizvodnja
- [10] http://sr.wikipedia.org/sr-el/%D0%90%D0%91%D0%A6_%
- [11] <http://tutor2u.net/business/production/just-in-time.html>
- [12] <http://www.design-for-lean.com/lean%20design.html>
- [13] http://www.businessknowledgesource.com/manufacturing/the_basics_of_lean_manufacturing_022412.html
- [14] www.poslovnaznanja.com

Kratka biografija:



Predrag Kapamadžin je rođen u Novom Sadu, Republika Srbija 1987. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mehatronika, robotika i automatizacija – Projektovanje proizvodnih sistema "Revitalizacija procesa rada firme MK Petrovaradin primenom LEAN koncepta" odbranio je 2011. godine.



Prof. dr Ilija Ćosić je redovan profesor na Fakultetu tehničkih nauka. Doktorsku disertaciju odbranio je na temu “Prilog razvoju proizvodnih struktura povišenog stepena fleksibilnosti” 1983. na istom fakultetu. Uključen je u obrazovni rad i naučno istraživanje.

