



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА



ЗБОРНИК РАДОВА ФАКУЛТЕТА ТЕХНИЧКИХ НАУКА

Едиција: Техничке науке - зборници

Година: XXV

Број: 1/2010

Нови Сад

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

Издавач: Факултет техничких наука Нови Сад

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

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

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

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

Техничка обрада: Графички центар ГРИД

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

Председник Савета: проф. др Радомир Фолић

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

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

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

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

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

У овом броју штампани су радови студената, сад већ дипломираних инжењера – мастера, који су дипломирали у периоду 16.12.2009. до 15.02.2010. год., а који се промовишу 27.03.2010. год. То су оригинални прилози студената са главним резултатима њихових завршних радова. Део радова већ раније је објављен на некој од домаћих научних конференција: ТЕЛФОР Београд, ИНФОТЕХ, Јахорина и Енергетска Електроника, Нови Сад. У Зборнику су ови радови дати као репринт уз мање визуелне корекције.

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

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

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

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

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

„Високо место у друштву најбољих“

Уредништво

SADRŽAJ

Strana

Radovi iz oblasti: Mašinstvo

1. Vladimir Popov, Ninoslav Zuber, BALANSIRANJE KRUTOG ROTORA U SOPSTVENIM OSLONCIMA	1
2. Tomislav Dozet, Rastislav Šostakov, BRZA REALIZACIJA PROJEKTA KOLICA SA POGONOM DIZANJA ZA TIPSKE JEDNOGREDE MOSNE DIZALICE	5
3. Milena Savić, STABILNOST STACIONARNOG KRETANJA LEVITRONA®	9
4. Nikola Despotović, STABILNOST STIŠLJIVOG ŠTAPA SA UNUTRAŠNjim ZGLOBOM	13
5. Predrag Majstorović, Katarina Gerić, MEHANIČKE OSOBINE INJEKCIONO PRESOVANOG POLIPROPILENA	17
6. David Vasović, Branko Škorić, PROJEKTOVANJE POGONA ZA TERMIČKU OBRADU ALATA ZA OBRADU RAZDVAJANJEM	21
7. Vladimir Gavrilov, Milan Zeljković, Slobodan Tabaković, PROJEKTOVANJE KONCEPCIJE PRENOSNIKA ZA GLAVNO KRETANJE MAŠINA ALATKI ZA OBRADU ROTACIONIM ALATIMA	25
8. Endre Đeri, PROJEKTOVANJE TEHNOLOGIJE I KONSTRUKCIJA ALATA ZA IZRADU PVC POKLOPCA KUTIJE OD ROLETNE	29

Radovi iz oblasti: Elektrotehnika i računarstvo

1. Predrag Glišović, Veran Vasić, PRINCIPI ZAŠTITE ELEKTROMOTORA U ELEKTROMOTORNIM POGONIMA	33
2. Darko Žerajić, MPLS: MULTIPROTOKOLI SA KOMUTACIJOM LABELA	37
3. Ilija Pecelj, Dragan Bošković, PROJEKTOVANJE BEŽIČNE MEŠ MREŽE NA UNIVERZITETU U NOVOM SADU: PRORAČUN POKRIVENOSTI RADIO SIGNALOM UZ POMOĆ COST 231 MODELA	41
4. Тодор Тодорчевић, Ласло Нађ, Владимир Катић, Никола Челановић, ВЕРИФИКАЦИЈА СИМУЛАТОРА ЕЛЕКТРОМОТОРНОГ ПОГОНА У РЕАЛНОМ ВРЕМЕНУ МЕТОДОМ КОСИМУЛАЦИЈЕ, Simpozijum Energetska elektronika, Novi Sad, oktobar 2009.	45
5. Igor Popović, PRIMENA GIS-A U PRAĆENJU NEKIH MALIGNIH BOLESTI U VOJVODINI	50
6. Nataša Ilkić, Željen Trpovski, SIMULACIJA OPTIČKIH KOMUNIKACIONIH SISTEMA	54
7. Miloš Krstin, PRIMER PRIMENE TRANSAKCIJA U SAVREMENIM NADZORNO-UPRAVLJAČKIM SISTEMIMA	58
8. Veljko Radenković, PRIMENA MICROSOFT LINQ ZA PRISTUP PODACIMA ORGANIZOVANIM PO DAF/RDF MODELU	62

9.	Tihomir Vučković, OPTIMIZACIJA RADA SISTEMA ČILERA POMOĆU GENETSKOG ALGORITMA	66
10.	Danko Garić, Željien Trpovski, ZNAČAJ QoS PROTOKOLA U 3G/4G MOBILNIM MREŽAMA	69
11.	Младен Остојић, ПРИМЕНА АМІ ІНФРАСТРУКТУРЕ У DMS СИСТЕМУ	73
12.	Kalman Babković, Damir Krklješ, László Nagy, Aleksandar Šuletić, EXPANDING AN EXISTING DC MOTOR DRIVER WITH A CURRENT CONTROL LOOP Simpozijum Energetska elektronika, Novi Sad, oktobar 2009.	77
13.	Slobodan Pešić, OPEN OFFICE CALC PROŠIRENJE ZA PRIKAZIVANJE VREDNOSTI IZ SINAUT SPECTRUM SCADA-E	81
14.	Vladimir Džanga, Željien Trpovski, VIDEO STRIMING	85
15.	Vladimir Zdravković, PROJEKTOVANJE NAMENSKIH PROCESORSKIH SISTEMA I RAZLIČITI NAČINI KONFIGURISANJA FPGA	89
16.	Aleksandar Milović, OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE - VETROGENERATORI	93
17.	Bojan Ilić, POREĐENJE POSTUPAKA ZA PRORAČUN TOKOVA SNAGA U NEURAVNOTEŽENIM DISTRIBUTIVNIM MREŽAMA	97
18.	Milan Žarkov, Branko Milosavljević, PRIMENA WINDOWS WORKFLOW FOUNDATION U POSLOVNIM SISTEMIMA	101
19.	Jan Poljovka, Milan Vidaković, IMPLEMENTACIJA WEB APLIKACIJE ZA KUPOVINU PREKO INTERNETA UPOTREBOM .NET OKRUŽENJA	105
20.	Marko Arsenijević, POUZDAN I ENERGETSKI EFIKASAN PROTOKOL RUTIRANJA ZA BEŽIČNE SENZORSKE MREŽE, Simpozijum INFOTEH, Jahorina, mart 2008.	109
21.	Branko Marjanović, Dejan Reljić, Veran Vasić, ODREĐIVANJE OBLASTI NESTABILNOSTI ASINHRONOG MOTORA NAPAJANOG IZVOROM PROMENLJIVE UČESTANOSTI	114
22.	Boris A. Radin, Vukašin A. Nuhijević, Nebojša U. Pjevalica, JEDNO REŠENJE INTELIGENTNE STRUJNE UTIČNICE U PAMETNOJ KUĆI, Konferencija TELFOR, Beograd, novembar 2009.	118
23.	Mirjana Petković, Darko Čapko, PRERASPODELA IZDELJENOG MODELA DISTRIBUTIVNE ELEKTROENERGETSKE MREŽE U DISTRIBUIRANOM SISTEMU	122
24.	Branislav Šmanja, Dejan Reljić, Veran Vasić, NAPAJANJE POTROŠAČA IZ GENERATORA SA STALNIM MAGNETIMA	126
25.	Vladimir Pižula, Vladimir Vujičić, KALIBRISANJE BIKIKL ERGOMETRA	130
26.	Ivana Pavlović, Željien Trpovski, Žarko Dašić, KLASTERSKA OPTIMIZACIJA U 2G MREŽI	134
27.	Nataša Pješčić, Borislav Antić, Željien Trpovski, PRIMJENA I POREĐENJE REČNIKA ZA OTKLANJANJE GAUSOVOG ŠUMA U SLICI	138
28.	Branko Dalčeković, IMPLEMENTACIJA KRATKOROČNE PROGNOZE POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE REALIZOVANO KAO PROCEDURA U BAZI PODATAKA	142

29. Borislav Krstić,	INTEGRACIJA ALATA ZA KONTROLU VERZIJA SOFTVERA, ALATA ZA PRAĆENJE GREŠAKA SOFTVERA I ALATA ZA UPRAVLJANJE SOFTVERSKIM PROJEKTIMA	146
30. Mita Čokić,	JEDNO REŠENJE PROGRAMSKE PODRŠKE ZA PARALELNO IZVRŠAVANJE ELEKTROENERGETSKIH PRORAČUNA	150
31. Ilija Kamenko,	UPRAVLJANJE I ESTIMACIJA BRZINE ELEKTROMOTORNOG POGONA PRIMENOM ADAPTIVNE METODE I METODE VEŠTAČKE INTELIGENCIJE	154
32. Marija Nikolić,	FILTRIRANJE PODATAKA PRIKUPLJENIH IZ RAZLIČITIH IZVORA U NADZORNO-UPRAVLJAČKIM SISTEMIMA	158
33. Boris Majski,	UPRAVLJANJE DC MOTORIMA	162
34. Ivan Stojanović, Nenad Četić, Jelena Kovačević,	JEDNA REALIZACIJA REGRESIVNOG ISPITIVANJA DSP COMPOSER SISTEMSKE PROGRAMSKE PODRŠKE NA PLATFORMI SA OGRANIČENIM RESURSIMA	166

Radovi iz oblasti: Građevinarstvo

1. Filip Burbah,	PROJEKAT FUNDIRANJA STAMBENOG OBJEKTA NA DETELINARI U NOVOM SADU	170
2. Siniša Mršić, Đorđe Lađinović,	UPOTREBA PRETHODNOG NAPREZANJA PRI PROJEKTOVANJU NOSAČA KRANSKE STAZE	174
3. Tadija Kojić, Đorđe Lađinović,	KOMPARATIVNA ANALIZA RAZLIČITIH PRISTUPA MODELIRANJU GREDNIH ARMIRANOBETONSKIH I PRETHODNO NAPREGNUTIH MOSTOVA	178
4. Maria Malešević-Čučulis, Mirjana Malešev,	PROJEKAT BETONA ZA VIŠESPRATNI STAMBENI OBJEKAT U ULICI KOSTE ŠOKICE br. 21-23 U NOVOM SADU	182
5. Boško Ivanović,	PROJEKAT VIŠESPRATNE STAMBENO-POSLOVNE ZGRADE Po+ Pr+ 7	186
6. Duška Ogrizović, Đorđe Lađinović,	PRIMENA FEROCEMENTA NA PROJEKTOVANJE PROIZVODNIH HALA	190
7. Milena Milošević, Vlastimir Radonjanin,	PROJEKAT SANACIJE REAKTORA U SKLOPU TE-TO NOVI SAD	194

Radovi iz oblasti: Saobraćaj

1. Branislav Jovanović, Vuk Bogdanović,	ANALIZA USLOVA ODVIJANJA SAOBRAĆAJA NA BULEVARU VELJKA VLAHOVIĆA U ZRENJANINU	198
2. Predrag Glendža, Momčilo Kujačić,	UTVRĐIVANJE EKONOMSKE EFIKASNOSTI PRIMENE POKRETNE POŠTE U POŠTANSKOJ EKSPLOATACIJI	202
3. Danijela Lugonja,	ANALIZA PROIZVODNO-EKONOMSKIH REZULTATA POSLOVANJA AD „DRINATRANS“ ZVORNIK SA PREDLOGOM MJERA ZA POBOLJŠANJE POSLOVANJA	205
4. Tanja Jovičić, Svetozar Kostić,	ANALIZA KARAKTERISTIKA PARKIRANJA NA LOKACIJI RAKIJSKI PIJAC U UŽICU	209
5. Đorđe Damjanov,	MREŽE SLEDEĆE GENERACIJE	213

6. Vladimir Stevanović, Željko Trpovski, MEDIJI ZA SKADIŠTENJE PODATAKA	217
7. Željko Lučić, UTVRĐIVANJE OPTIMALNOG NAČINA REGULISANJA SAOBRAĆAJA NA PUTNO- PRUŽNOM PRELAZU PPO2 STANICE VRBAS	221
8. Endre Šurjan, Vuk Bogdanović, ANALIZA PARAMETARA KRETANJA VOZILA NA SIGNALISANIM RASKRSNICAMA	225
9. Veljko Miletić, Ferenc Časnji, POREĐENJE STVARNIH I RAČUNSKIH PRENOSNIH ODNOSA STEPENASTIH MJENJAČA IZVEDENIH VOZILA	229
10. Marko Vujović, BEZBEDNOST SAOBRAĆAJA NA RASKRSNICAMA	233
11. Жарко Симовић, Јован Тепић, УТВРЂИВАЊЕ ОПРАВДАНОСТИ РЕКОНСТРУКЦИЈЕ И МОДЕРНИЗАЦИЈЕ ЖЕЛЕЗНИЧКЕ ПРУГЕ ПЕТРОВАРАДИН – БЕОЧИН	237
12. Slaviša Tomić, Željko Trpovski, ORTOGONALNO FREKVENCIJSKO MULTIPLEKSIRANJE	241
13. Nenad Šaulić, Vuk Bogdanović, ANALIZA KARAKTERISTIKA DOLAZAKA VOZILA NA SIGNALISANIM RASKRSNICAMA	245
14. Milana Anđelković, Vladeta Gajić, RACIONALIZACIJA SKLADIŠNIH KAPACITETA U FABRICI AKUMULATORA "BLACK HORSE" U SOMBORU	249
15. Bojana Panić, Momčilo Kujačić, REORGANIZACIJA DOSTAVNIH REONA NA PODRUČJU BRČKOG	253

BALANSIRANJE KRUTOG ROTORA U SOPSTVENIM OSLONCIMA IN FIELD RIGID ROTOR BALANCING

Vladimir Popov, Ninoslav Zuber, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – MAŠINSTVO

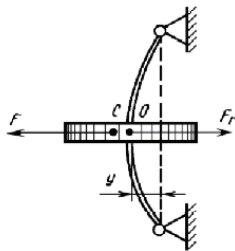
Kratak sadržaj – U radu su prikazani osnovni metodi za detekciju i otklanjanje dinamičke neuravnoteženosti krutog rotora. Prikazan je i praktični postupak balansiranja u sopstvenim osloncima.

Abstract – This paper presents basic methods of detecting and correcting dynamic rotor imbalance with their advantages and disadvantages. Also a practical rigid rotor balancing is performed and presented.

Ključne reči: Balansiranje, kruti rotor

1. UVOD

Problemi dinamičkog uravnoteženja masa i centriranja rotora predstavljaju osnovne i najopštije probleme dinamike mašina, a posebno obrtnih mašina. Ovi problemi kod savremenih mašina i uređaja dobijaju sve veći i aktuelniji značaj, usled tendencije neprestanog povećanja brzohodnosti njihovih rotora. U najkraćem, debalans se može opisati kao ekscentricitet centra mase rotora relativno u odnosu na osu obrtanja (slika 1).



Slika 1. Obrtanje neizbalansiranog rotora

U tom slučaju, pri obrtanju rotora, javlja se centrifugalna sila $F = me\omega^2$. Relativno mali ekscentriciteti centra mase pri većim brojevima obrtaja mogu da prouzrokuju ekstremno velike centrifugalne sile. Neuravnoteženje mase rotora sreće se u gotovo svakom projektovanju, proizvodnji i eksploataciji mašina i uređaja. Uzroci neuravnoteženosti rotora mogu biti veoma različiti:

- konstrukciono – funkcionalni,
- nehomogenost mase materijala rotora,
- netačnost mehaničke obrade,
- nakon montaže rotora,
- u pogonu – eksploataciji,
- aerodinamička neuravnoteženost,
- nakon opravke rotora.

NAPOMENA:

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

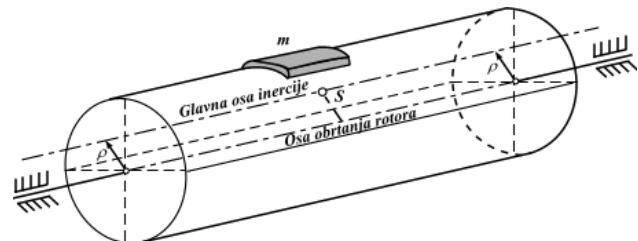
Posledice debalansa rotora mašina i uređaja su dopunska dinamička opterećenja, vibracije i buka koji se prenose na ležaje, kućište, postolje i temelje same mašine i okoline.

2. VRSTE NEURAVNOTEŽENOSTI ROTORA

Matematički uslovi uravnoteženosti krutog rotora su:

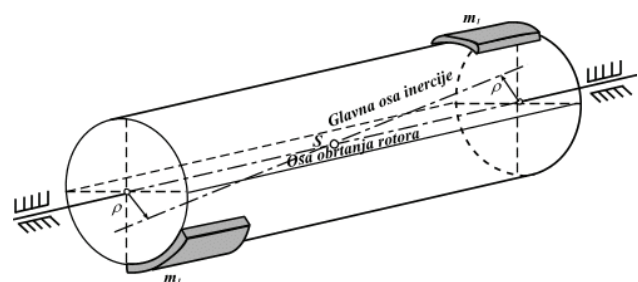
- centar mase mora da leži na osi rotacije,
- osa rotacije mora da se poklapa sa glavnom osom inercije.

Kad nije ispunjen prvi uslov, reč je o **statičkoj neuravnoteženosti**. Sve neuravnotežene mase rotora se mogu zameniti masom m , sa težištem na rastojanju ρ kao što to pokazuje slika 2.



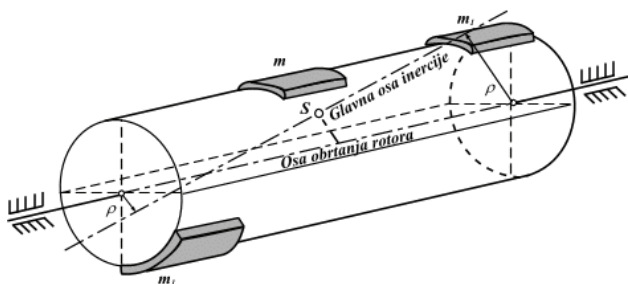
Slika 2. Rotor sa statičkim debalansom

Ako nije ispunjen samo drugi uslov, reč je o **dinamičkoj neuravnoteženosti**. Sve neuravnotežene mase je moguće redukovati u dve mase u dve ravni, a statički momenti tih masa su jednaki (slika 3).



Slika 3. Rotor sa dinamičkim debalansom

Treći tip neuravnoteženosti rotora se naziva **kombinovana neuravnoteženost**. Ona se javlja kada istovremeno nisu zadovoljena oba uslova izbalansiranosti krutog rotora (slika 4). Ovaj vid neuravnoteženosti je i najčešći u praksi.



Slika 4. Rotor sa kombinovanim debalansom

3. METODE ZA URAVNOTEŽENJE KRUTOG ROTORA

Postupak statičkog uravnoteženja se primenjuje samo za rotore diskastog oblika. Primena postupka statičkog uravnoteženja za rotore cilindričnog oblika ne samo da ne donosi koristi, već vrlo često može da ima i štetne posledice, u smislu povećanja iznosa početnog debalansa. Statičkim uravnoteženjem se ne mogu odstraniti momenti inercijalnih sila. Statičko balansiranje ima za cilj otklanjanje ekscentriteta težišta u odnosu na osu obrtanja. Kod postupka dinamičkog balansiranja, primenom mašina za balansiranje, rotor je potrebno zavrteti određenim brojem obrtaja. Zato se mašine za dinamičko balansiranje rotora često nazivaju i centrifugalnim balansirkama.

Generalno postoje dva tipa mašina za dinamičko balansiranje:

1. Mašine sa *krutim* osloncima,
2. Mašine sa *elastičnim* osloncima.

Kod najvećeg broja mašina za dinamičko balansiranje rotor se prihvata u horizontalnom položaju. Postoje i centrifugalne balansirke kod kojih se rotor obrće u vertikalnom položaju.

Od vrste oslonaca zavisi kakav je uticaj postojeće neuravnoteženosti na deo koji rotira i deo koji ga prihvata. Naime, ako su oslonci izvedeni kao apsolutno kruti, oni u potpunosti prihvataju centrifugalnu silu koja potiče od postojećeg debalansa, sa obzirom da je svako pomeranje oslonaca, tj. dela rotora koji služi za njegovo oslanjanje, ograničeno. Sa druge strane ako su oslonci izvedeni kao elastični, tada postojeći debalans vratila izaziva značajna pomeranja tj. vibracije oslonaca.

Koji će se tip oslonaca upotrebiti za prihvatanje rotora zavisi pre svega od njegove normalizovane brzine. Normalizovana brzina predstavlja odnos radne brzine i tzv. kritične brzine, tj. brzine pri kojoj se rotor nalazi u rezonantnom stanju. Mašine za dinamičko uravnoteženje sa krutim osloncima rade na brojevima obrtaja koji su ispod broja obrtaja koji odgovara rezonantnom režimu rada. Mašina za dinamičko uravnoteženje sa krutim osloncima je nastala kao modifikacija dinamičke balansirke sa mekim osloncima. Rezultat ove konstrukcije su male rezonantne brzine u horizontalnim modovima oscilovanja mašine, odn. velike rezonantne brzine u vertikalnim modovima oscilovanja. Radni broj mašine se nalazi između ove dve rezonantne brzine. Mana mašina za dinamičko uravnotežavanje sa elastičnim osloncima, u poređenju sa balansirkama sa krutim osloncima, jeste da se javljaju određeni problemi pri korišćenju informacija. Rotor koji se balansira ima svoj tzv. kalibracioni faktor. Kalibracioni faktor je, u najkraćem, faktor kojim je definisan zakon konverzije fizikalne veličine u odgovarajuću električnu veličinu,

odnosno merni signal koji ulazi i dalje se obrađuje u mernoj elektronici. Balansiranje krutog rotora (statičko ili dinamičko) se može izvesti u *mašini za balansiranje* ili u *sopstvenim osloncima rotora*. Tendencije za otklanjanje neuravnoteženosti mašine u sopstvenim osloncima su sve veće. Vrlo često nakon uklanjanja debalansa, tj. neuravnoteženosti rotora na mašinama za dinamičko uravnotežavanje nakon montiranja rotora dolazi do pojave novih neuravnoteženosti, usled napravljenih grešaka pri montiranju rotora ili usled grešaka u uležištima. Uravnotežavanje rotora na mašinama za uravnotežavanje se vrši pri broju obrtaja koji je različit, najčešće manji od radnog. Međutim, pri većim brzinama mogu nastati unutrašnji naponi u materijalu koji izazivaju deformacije u vidu ugiba vratila. Ekscentritet težišta je veći nego što su to mašine za uravnotežavanje pokazale, a samim tim je veća i inercijalna sila koja opterećuje vratilo.

Kod balansiranja u sopstvenim osloncima, rotor se uravnotežuje pri radnom broju obrtaja i pri radnoj temperaturi. Uravnotežavanje rotora na mašinama za dinamičko uravnotežavanje se vrši pri ambijentalnoj temperaturi u radionici; međutim u svom pogonskom stanju, rotor se nalaze na drugoj temperaturi. Za uravnoteženje rotora u sopstvenim ležajevima se koristi standardna oprema koja se koristi za analizu vibracija metodama frekventne analize. Da bi se rotor uspešno balansirao u sopstvenim ležištima potrebno je, između ostalog da budu ispunjeni sledeći uslovi:

1. da je rotoru koji se balansira moguće prići,
2. da se na rotor koji se balansira mogu montirati probne i korekcione mase, na različitim ugaonim položajima,
3. tačke na kojima se montiraju probne mase bi trebalo da leže na istom radijusu, radi pojednostavljenja izračunavanja korekcionih masa,
4. za merenje broja obrtaja se preporučuje beskontaktni davač broja obrtaja, radi neremećenja stvarne neuravnoteženosti rotora.

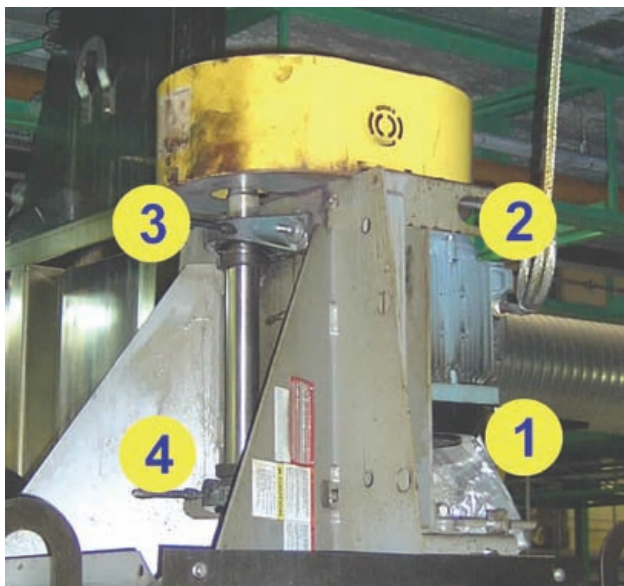
4. PRAKTIČNO BALANSIRANJE KRUTOG ROTORA U SOPSTVENIM OSLONCIMA

Dana 19.08.2009. godine izvršeno vibrodijagnostičko ispitivanje i nakon toga balansiranje ventilatora na liniji pneumatski transport, radne frekvencije 50,18 Hz. Masa rotora je 38 kg, a prečnik 0,48 m. Pre merenja su zamenjeni ležajevi i izvršeno je lasersko centriranje remenica *slika 5*. Za lasersko centriranje remenica korišćen je laserski sistem *BTA Digital*, proizvođača *Damalini*, Švedska.



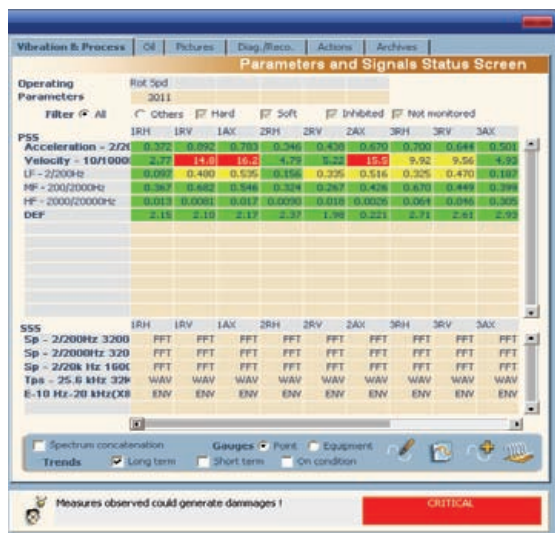
Slika 5. Lasersko centriranje remenica

Prethodno vibrodijagnostičko ispitivanje izvršeno je prenosivim analizatorom vibracija *MoviPack* i pratećim softverom *XPR 3000*, proizvođača *01dB-Metravib*, Francuska. Merna mesta su data slikom 6.



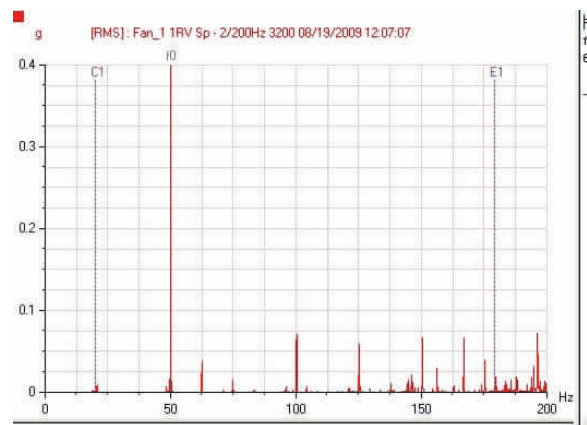
Slika 6. Merna mesta na ventilatoru

Pri vibrodijagnostičkom ispitivanju uočeni su veoma visoki nivoi vibracija. Prebacivanjem podataka snimljenih prenosivim analizatorom vibracija *MoviPack* u softver *XPR 300*, prikazane su vrednosti nivoa vibracija kao i vremenski zapisi i frekventni spektri na svim mernim mestima, slika 7.

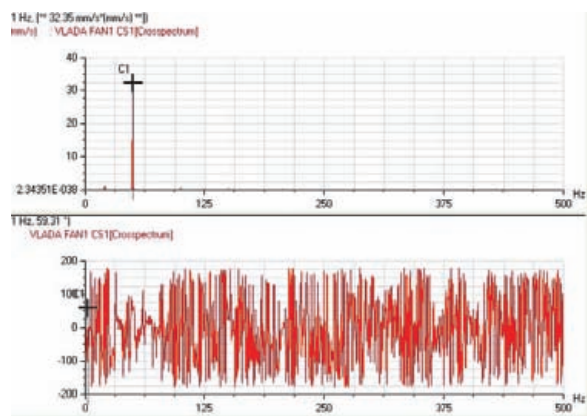


Slika 7. Ekranski prikaz interfejsa softvera *XPR 300* sa prikazom alarmantnih vrednosti nivoa vibracija na mernim mestima

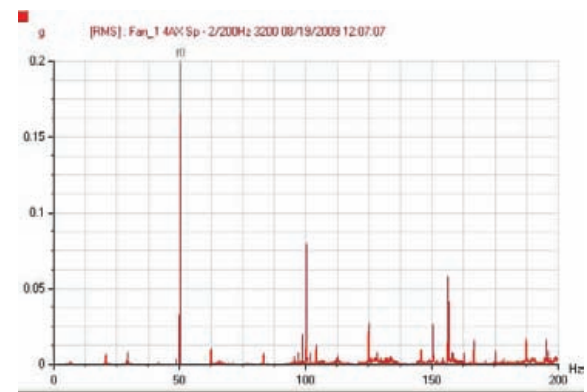
Dalja analiza u vremenskom i frekventnom domenu ukazuje na postojanje debalansa (dijagrami imaju dominantan PEAK na radnom broju obrtaja - 50,18 Hz) – postojanje prvog harmonika kao dominantnog u vertikalnoj, horizontalnoj i aksijalnoj ravni i 90° relativnog faznog pomaka između radijalnog vertikalnog i radijalnog horizontalnog pravca na istom ležaju kao što je prikazano na narednim dijagramima.



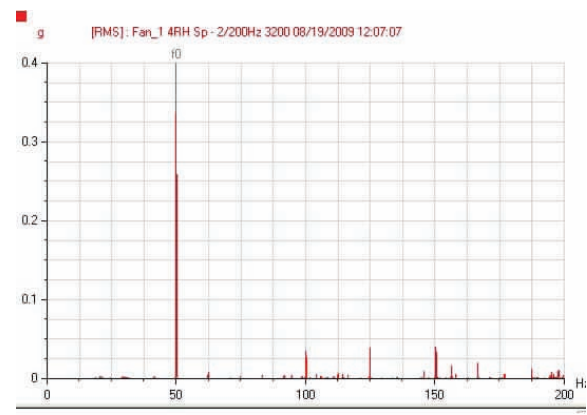
Slika 8. FFT na ležaju 1 u vertikalnom pravcu – prvi harmonik dominantan



Slika 9. Unakrsni frekventni spektar na ležaju 1 (90 stepeni $\pm$ 30 = 60 stepeni)

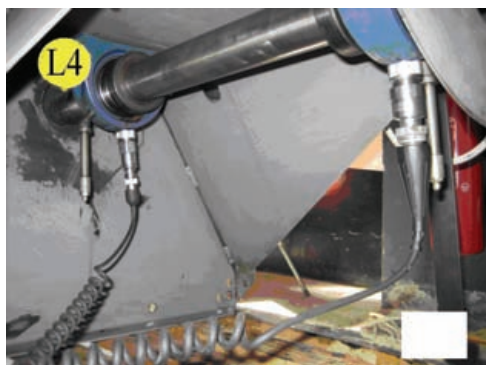


Slika 10. FFT na ležaju 4 u aksijalnom pravcu – prvi harmonik dominantan



Slika 11. FFT na ležaju 4 u radijalnom pravcu – prvi harmonik dominantan

Nakon vibrodiagnostičkog ispitivanja izvršeno je balansiranje rotora u jednoj korekcionoj ravni.



Slika 12. Merenje odziva na četvrtom ležaju pri balansiranju

Pre balansiranja, na rotoru su ucrtani uglovi i to u smeru obrtanja rotora (po internoj konvenciji vibroanalizatora *MoviPack*). U ovom slučaju to je smer suprotan smeru obrtanja kazaljke na satu, slika 13.



Slika 13. Uglovi

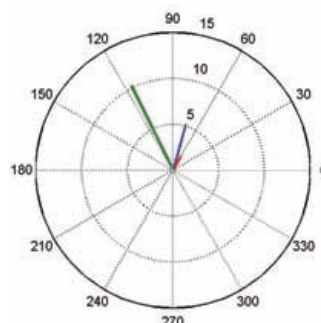
Originalni vektor debalansa je bio $v_{10}=5,15$ mm/s, Tabela 1. Očitana je fazni pomak od 39° . Na uređaju je očitana preporučena probna masa od 6,5 g koju treba postaviti na 0° . Ponovno zaletanje do radnog broja obrtaja, sa probnom masom od 6,5 g je bila dovoljna da izazove novi debalans koji je bio veći od v_{10} , i iznosio je $v_{11}=10,239$ mm/s. Sračunata je i nakon toga postavljena kontramasa od 5,98 g na uglu od 215° i dobijen je vektor debalansa $v_{trim1}=1,74$ mm/s. Zatim je sračunata i postavljena nova kontramasa od 2 g na 310° i dobijen još manji debalans koji je iznosio $v_{trim2}=0,39$ mm/s.

Tabela 1.

Vektor	Amplituda	Faza
v_{10}	5.15 mm/s	39°
Probna masa [g]	6.5	0°
v_{11}	10.239 mm/s	20.88°
Kontra masa [g]	5.98	215°
v_{trim1}	1.74 mm/s	133°
Nova kontramasa [g]	2	310°
v_{trim2}	0.39 mm/s	72°
Nova kontramasa [g]	0.45	

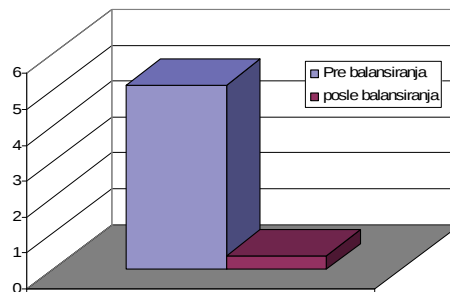
→ Klasa 1.71 po ISO 1940

Klasa izbalansiranosti sa tim vektorom debalansa, po ISO 1940 za ispitivani rotor je **1,71**, daleko ispod zahtevanog.



Slika 14. Radno kolo ventilatora sa snimljenim vektorima debalansa

Nakon postavljanja konategova navedenih parametara u korekzione ravni, došlo je do značajnog smanjenja nivoa vibracija u svakoj od korekcionih ravni (slika 15.).



Slika 15. Efekti postavljenih kontramasa na nivo vibracija ventilatora

5. ZAKLJUČAK

Debalans je jedan od najčešćih uzroka havarije rotirajućih mašina, čak u 40%! Iz tog razloga, svaki pogon u ozbiljnijim fabrikama, mora posedovati odgovarajući hardver i softver za detekciju i otklanjanje debalansa.

6. LITERATURA

- [1] Zuber N., Ličen H.: *Monitoring i dijagnostika stanja rotirajućih mašina – problemi, savremene metode, oprema i pravci daljeg razvoja*, Tehnička Dijagnostika, 2004.
- [2] Zuber N, Ličen H.: *Razvoj sistema za balansiranje krutog rotora*, Naučno stručni skup sa međunarodnim učešćem, IRMES '04, Kragujevac, Srbija i Crna Gora, 2004.

Kratka biografija:



Vladimir Popov rođen je u Pančevu 1983. godine gde je završio srednju Mašinsku školu. 2002. upisao je Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mašinstva – Mehanizaciju i konstrukciono mašinstvo. Diplomirao 2009. godine.



Mr Ninoslav Zuber rođen je u Bačkoj Topoli 1973. godine. Od 1998 zaposlen je Fakultetu tehničkih nauka kao asistent.

BRZA REALIZACIJA PROJEKTA KOLICA SA POGONOM DIZANJA ZA TIPSKE JEDNOGREDE MOSNE DIZALICE**RAPID DESIGN REALIZATION OF TROLLEY WITH HOISTING DRIVE FOR TYPIFIED SINGLE-GIRDER OVERHEAD TRAVELLING CRANES**Tomislav Dozet, Rastislav Šostakov, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast: MAŠINSTVO**

Kratak sadržaj: Analiza mogućih rešenja kolica i mehanizma pogona dizanja jednogredih mosnih dizalica. Izrada konstruktivnog rešenja pogona dizanja i kretanja kolica, automatizovani proračun odabranih elemenata pogona dizanja upotrebom programskog paketa INVENTOR 2010, prikaz rešenja u obliku 3D modela i dokumentacije konstrukcije kolica sa pogonom dizanja.

Abstract: An analysis of possible solutions for trolley structures and hoisting drive mechanisms of single-girder overhead travelling cranes. Designing the hoisting and traversing mechanisms, automated calculations of chosen hoisting mechanism components using the software suite INVENTOR 2010, solution outline in the form of 3D model and graphic documentation of trolley structure with hoisting mechanism.

Ključne reči: Mosna dizalica, kolica dizalice i pogon dizanja, proračun prema standardima, INVENTOR 2010.

Key words: Overhead travelling crane, traversing and hoisting drives, calculation according to norms, INVENTOR 2010.

1. UVOD

U ovom radu predstavljeno je rešenje kolica i pogona dizanja jednogrede mosne dizalice, kao i takođe 3D modeli ovih sklopova dobijeni modeliranjem programskim paketom INVENTOR 2010, kao i deo proračuna elemenata pogona dizanja.

Mosna dizalica sastoji se od glavnog nosača koji je vezan za bočne nosače, kolica koja se kreću po glavnom nosaču i pogona dizanja. Mosna dizalica može imati jedan ili dva glavna nosača. Električna vitla dizalice su mašinski sistemi namenjeni za dizanje, zadržavanje i horizontalno premeštanje tereta pomoću čeličnog užeta ili lanca. Različita izvođenja i konstruktivna rešenja mehanizama za dizanje i njihovih zahvatnih sredstava čine u stvari mosne dizalice raznovrsnim.



Sl. 1. Model mosne dizalice firme ABUS

2. ANALIZA REŠENJA KOLICA I POGONA DIZANJA JEDNOGREDE MOSNE DIZALICE

Telo vitla može biti stojeće ili viseće. Stojeće vitlo se stavlja na noseću konstrukciju dvošinskih kolica koja se kreću po gornjem pojasu glavnih nosača dvogredih dizalica. Viseće, ili vitlo s ušicom, se pričvršćuje za viseća kolica (prikazana na slici 2), koja se kreću po donjem pojasu glavnog nosača jednogredih dizalica.

Kolice se sastoje od čeličnog rama s točkovima. Na ram je postavljen pogon kretanja kolica i pogon dizanja. Ram se sastavlja najčešće od gotovih profila koji se spajaju zavarivanjem ili vijcima. Kod visećih kolica ram se sastavlja od čeličnih limova koji se ukružuje poprečnim cevima i vijcima. Na ovakav ram bočno se pričvršćuju pogoni dizanja i kretanja kolica. Takođe, kod visećih kolica, veoma je često rešenje u kojem pogon dizanja visi ispod kolica, a međusobna veza je ostvarena cilindričnim zglobovima.



Sl. 2. Kolica dizalice sa pogonom dizanja

Osnovni elementi kolica su prikazani na slici 3.

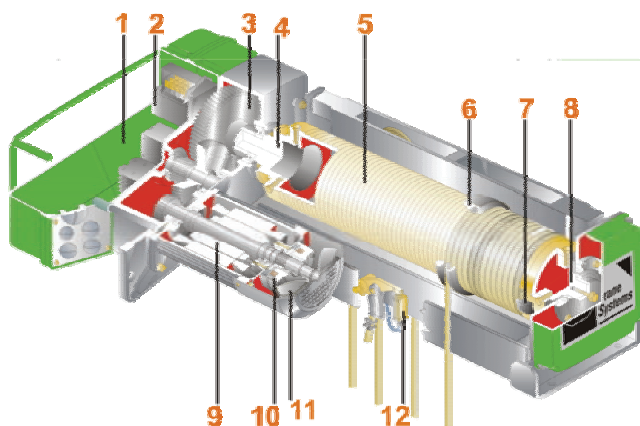


Sl. 3. Kolica dizalice

- 1.
2. Ram kolica
3. Elektromotor sa reduktorom
4. Točak
5. Pogonski točak
6. Vratilo za prenos snage na drugi točak

Osnovni elementi pogona dizanja prikazani su na slici 4.

NAPOMENA: Rad je nastao iz diplomskog-master rada na predmetu Dizalice, mentor doc. dr Rastislav Šostakov.



Sl. 4 Pogon dizanja

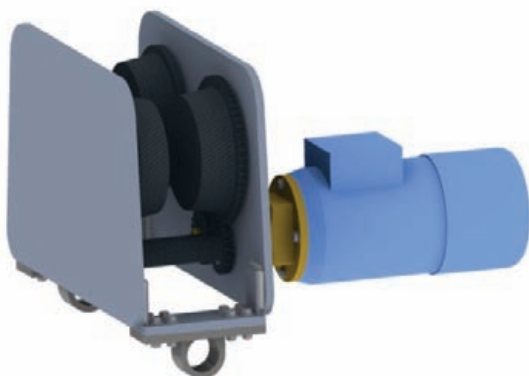
1. upravljačka jedinica
2. ograničavač bazine
3. reduktor
4. direktni pogon bubnja preko vratila
5. bubanj
6. vodicica za užje
7. pričvršćenje užeta na bubanj pločicom
8. uležištenje bubnja
9. elektromotor
10. opružno - elektromagnetska kočnica
11. ventilator za hlađenje elektromotora i kočnice
12. senzor preopterećenja

3. PREDLOG KONSTRUKCIJE SKLOPA KOLICA I POGONA DIZANJA

Projektovanje i konstruisanje elemenata, delova, podsklopova i sklopa kolica i pogona dizanja obavljeno je programskim paketom "AUTODESK INVENTOR 2010". Ram kolica je predviđen da se izrađuje od čeličnih ploča povezanih poprečnim nosačima.

Na pločama su izrađena ležišta za ugradnju točkova i vratila za prenos snage i ostavljeni su otvori za postavljanje reduktora i njegovo pričvršćenje. Predviđena je ugradnja 4 točka od kojih su dva naspramna pogonska.

Vratilo reduktora pogoni mali zupčanik koji prenosi snagu na dva mala zupčanika vezana poprečnim vratilom. Upareni mali zupčanci pogone zupčasti venac na točkovima i obezbeđuju prenos snage na točkove.



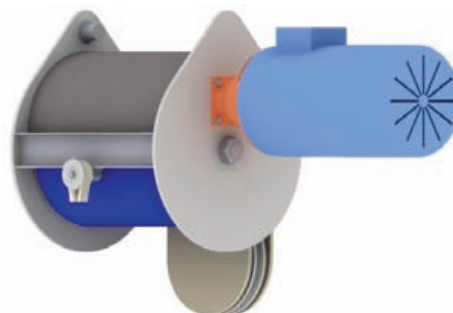
Sl. 5. Sklop kolica

Veza kolica sa pogonom dizanja izvedena je vijčanom vezom koja omogućava laku montažu i demontažu sklopa.



Sl. 6. Veza kolica sa pogonom dizanja

Za pogon dizanja odabran je sistem namotavanja 4 / 1. Užje se jednim krajem vezuje na I nosač. Zatim se spušta na donji sklop dvostruke koturače, potom prebacuje preko prevojne užnice koja je montirana na drugom I nosaču, zatim spušta opet na donji sklop koturače posle koje se namotava na bubanj.



Sl. 7. Pogon dizanja

Ram je predviđen da se izrađuje od dve čelične ploče postavljene paralelno jedna naspram druge. Ploče su zavarivanjem spojene poprečnim čeličnim I profilima koji osiguravaju potrebnu krutost konstrukcije. Na pločama su izrađeni otvori za montiranje osovine bubnja i reduktora. Vešanje pogona dizanja za pokretna kolica se osigurava preko punih čeličnih profila kružnog oblika koji su zavarivanjem spojeni s bočnim pločama.



Sl. 8. Ram pogona dizanja

Bubanj se izrađuje zavarivanjem. Prečnik mu je 350 mm a dužina 421 mm. Na spoljnoj površini omotača narezan je žljebni navoj za vođenje užeta. Sklop je izveden tako da je prostor unutar bubnja iskorišćen za smeštaj prenosnog mehanizma. Oslanjanje bubnja je preko glavčina u koje su postavljeni ležaji montirani na osovinu.

Unutrašnji zupčasti par naleže na unutrašnju površinu omotača bubnja koja prima radijalne sile sa zupčanika. Zupčasti venac je zavarivanjem spojen s prirubnicom zupčanika, koja se vijcima pričvršćuje za bubanj. Vijčana

veza služi za pričvršćivanje zupčastog venca s prirubnicom i takođe, za prenos obrtnog momenta sa zupčanika na bubanj.

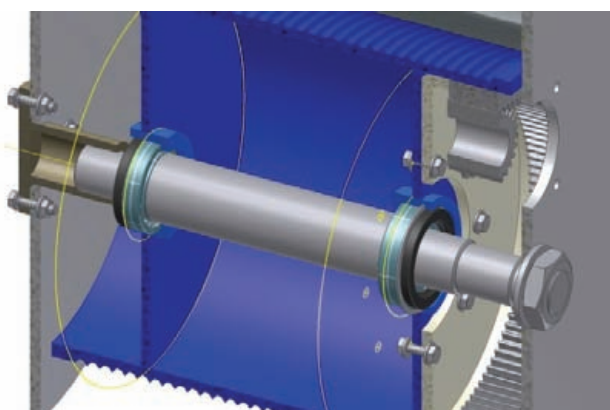
Predviđeno je da osovina bude napravljena od punog materijala, promjenjivog prečnika, s izrađenim naslonima za ležajeve, mestom za uskočnik i navojem na jednom kraju za pričvršćenje na okvir. Osovina je dužine 331 mm, što je za 10 mm manje od razmaka između ploča rama.

Ova dužina osovine omogućuje da se ležajevi, osovina i bubanj montiraju odvojeno, i potom montiran sklop postavlja na ram. Za prihvatanje osovine na strani bez navoja predviđen je nosač osovine koji se pričvršćuje za ram pogona dizanja. Nosač osovine se izrađuje od okruglog lima za koji je zavarena debelozidna cev. Predviđeno je da osovina uđe u cev u dužini od 30 mm.

Ceo sklop se montira tako što se prvo montira ležaj većeg spoljašnjeg prečnika u glavčinu bubnja i fiksira uskočnikom. Potom se u ležaj uvlači osovina.

Osovina se ne uvlači do trenutka kada ležaj nasadne na naslon, već se ostavlja oko 30 mm razmaka, tako da bi se ceo sklop mogao postaviti između nosećih ploča rama. Sa druge strane osovine se postavlja ležaj, koji se naslanja na naslon ležaja i fiksira uskočnikom.

Ovaj sklop se potom postavlja između ploča rama, kada se osovina pomera u svoj krajnji položaj i naleže na ram, a ležaj zauzima odgovarajući položaj. Potom se kroz ram uvlači nosač osovine, koji se fiksira i učvrsti, dok se s druge strane postavlja navrtka. Nosač osovine se vijcima vezuje za ram.

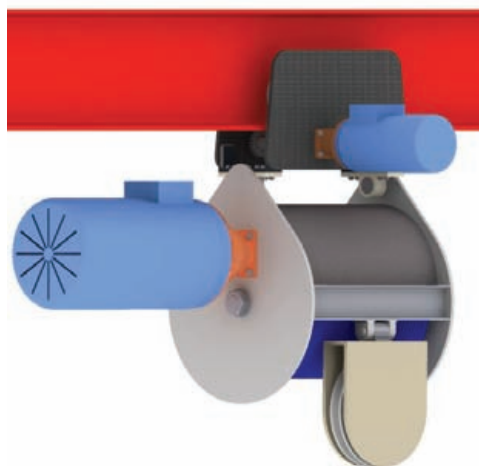


Sl.9. Montiran sklop pogona dizanja

Kroz otvor u bočnoj ploči se provlači deo planetarnog reduktora, koji se preko prirubnice, vijcima vezuje za ram. Uvlačenjem dela reduktora u bubanj i korišćenjem planetarnog reduktora dobijeno je značajno smanjenje ukupnih gabarita pogona dizanja. Planetarni reduktor je po dimenzijama, za snagu koju prenosi, veoma kompaktne konstrukcije.

Na prirubnicu reduktora pričvršćuje se vijcima elektromotor s ugrađenom kočnicom. Ova vrsta elektromotora je odabrana radi što veće upotrebe gotovih standardnih delova, uz istovremeno pojednostavljenje proračuna i izrade sklopa. Motor sa integrisanom kočnicom je kompaktne konstrukcije i u potpunosti zadovoljava zahteve postavljene pred ovu vrstu dizalice.

Kolica dizalice sa montiranim pogonom dizanja postavljena na glavni nosač prikazana su na slici 10.



Sl. 10. Kolica sa pogonom dizanja postavljena na glavni nosač

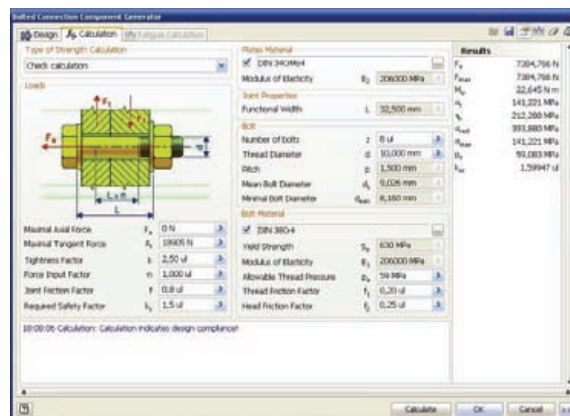
4. PRORAČUN ELEMENATA POGONA DIZANJA

Polazni parametri pri proračunu pogona dizanja su:

- Pojedinačna ili maloserijske proizvodnja
- Nosivost - 3,2 t
- Osnovna namena je rad u proizvodnim pogonima
- Nazivna brzina dizanja - 8 m / min
- Visina dizanja - 8 m

Statička opterećenja kojima je u radu izložena dizalica pri proračunu uvećana su dinamičkim koeficijentima koje nalaže evropski standard EN 13001-2 i predlog evropske norme prEN 15011.

Klasičnim metodama proračuna proračunati su užje, bubanj, potrebne kinematske karakteristike reduktora i elektromotora i izvršena je provera elektromotora. Dobijeni rezultati su primenjeni pri izradi 3D modela. Takođe izvršen je i proračun svih ostalih standardnih elemenata pogona dizanja, međutim za njihov proračun je korišćen programski paket INVENTOR 2010.



Sl. 11. Automatizovan proračun vijaka

Automatizovanim metodama proračuna provereni su i dimenzionisani zupčasti par, ležajevi, osovina, ram, vijčane veze i zavarene veze. Velika biblioteka standardnih materijala koji se koriste u mašinstvu, omogućava Inventoru detaljan proračun mašinskih delova izrađenih od različitih materijala.

5. ZAKLJUČAK

Predlog konstrukcije je iznesen nakon opsežne analize postojećih rešenja. Projektovanje i deo proračuna konstrukcije urađen je automatizovanim programskim paketom čime su učinjene značajne uštede u vremenu i radu potrebnom za završetak projekta.

Pri proračunu pogona dizanja statička opterećenja dizalice su korigovana dinamičkim koeficijentima koje nalaže evropski standard EN13001-2. Ovaj standard dinamičke uticaje na konstrukciju dizalice razvrstava na veliki broj uticaja. Predlog evropske norme prEN 15011 još više sužava vrednosti dinamičkih uticaja fokusirajući se isključivo na mosne dizalice. Ovi evropski standardi razrađuju kombinacije opterećenja u zavisnosti od namene dizalice i na taj način tačnije definišu koji se dinamički uticaji pojavljuju pri radu dizalice kao i njihove vrednosti. Kao rezultat, ovakav pristup proračunu opterećenja daje konstrukciju koja je prilagođena stvarnim uslovima rada. Usled povećanja tačnosti proračuna dobijaju se sigurnije, pouzdanije i jeftinije konstrukcije dizalica.

Pri projektovanju orijentacija je bila na korišćenju gotovih delova. Ovaj metod omogućava brzu relizaciju projekta, odnosno smanjuje vreme potrebno za projektovanje i izradu konstrukcije. Takođe pri zameni delova prilikom remonta ili havarije omogućena je laka supstitucija standardnim delovima.

Upotreba elemenata energetske elektronike, odnosno frekventnih pretvarača u pogonima dizanja i kretanja kolica zavisi od radnih zaheva koji stoje pred konstrukcijom. Relativno visoka cena ovih komponenti za dizalice koje nisu predviđene za čestu upotrebu i promenljive stacionarne brzine značajno podiže cenu konstrukcije, a produktivnost dizalice ne stiže u dovoljnoj meri da amortizuje ovako uvećanu cenu, tako da frekventne pretvarače u ovim slučajevima treba izbegavati. Kod dizalica koje svojom produktivnošću opravdavaju ugradnju ovih komponenti, sve prednosti koje ovi sistemi donose značajno podižu kvalitet i mogućnosti konstrukcije.

Integracijom programskih paketa za proračun i simulacije sa programima za dizajniranje i konstruisanje mašinskih konstrukcija dobijaju se programski paketi koji značajno pojednostavljaju rad i smanjuju vreme potrebno za izradu projekta.

INVENTOR 2010 predstavlja jedan od takvih programskih paketa koji omogućava automatizaciju dizajniranja, konstruisanja i proračuna.

Proračuni standardnih mašinskih elemenata nekada su zahtevali obiman rad uz upotrebu raznolike literature. Automatizovani proračun koji omogućuje INVENTOR brzo i jednostavno analizira uticaj opterećenja na elemente i zahvaljujući velikoj biblioteci delova i materijala značajno smanjuje vreme proračuna.

Dalji razvoj konstrukcija mosnih dizalica će težiti konstantno smanjenju vremena potrebnog za izradu projekta i konstrukcije, odnosno povećanju produktivnosti. Programski paketi će postajati sve jednostavniji, precizniji i brži što će znatno olakšavati konstruktorski posao. U mašingradnji je već duže vreme izražena težnja prema modularnom principu gradnje, tako da će se procenat standardnih delova i sklopova u konstrukcijama povećavati. Sve veća upotreba elektronike dovodi do povećanja mogućnosti i produktivnosti dizalica. Dijagnostika koja je sve izraženije primenjivana na dizalicama dovodi do značajno povećane sigurnosti rada. Upotreba računara daje mogućnost automatizacije procesa pretovara kao i povezivanje dizalica u transportno-manipulacione sisteme. Ova oblast mašinstva, kao i sve druge konstantno će se razvijati integracijom s drugim naučnim i tehničkim disciplinama dajući kao rezultat pouzdanije, produktivnije, ekonomičnije i sigurnije konstrukcije.

6. LITERATURA

- [1] Šostakov R.: Autorizovana predavanja iz predmeta Dizalice, FTN, Novi Sad, 2005.
- [2] Srpski standard SRPS EN 13001-1-2004
- [3] Srpski standard SRPS EN 13001-2-2004
- [4] Predlog evropske norme prEN 15.011-07
- [5] Miltenović V., Ognjanović M. - Mašinski elementi, 1995.



Tomislav Dozet rođen u Sremskoj Mitrovici 1983. godine. Srednju mašinsku školu završio je u Novom Sadu. Diplomski-master rad na FTN u Novom Sadu odbranio iz oblasti Mašinstvo – Dizalice 2009. godine.



Rastislav Šostakov rođen je u Beogradu 1949. godine. Doktorirao na FTN u Novom Sadu 2007. godine i od tada u zvanju docenta. Oblast interesovanja: mašine unutrašnjeg transporta, pogonska čvrstoća, elektromotorni pogoni.

STABILNOST STACIONARNOG KRETANJA LEVITRONA[®]STABILITY OF STATIONARY MOTION OF LEVITRON[®]

Milena Savić, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

Oblast – MAŠINSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu će se analizirati stabilnost stacionarnog kretanja Levitrona – magnetnog giroskopa. Koristiće se standardna procedura analize stabilnosti. Formiraće se diferencijalne jednačine kretanja u obliku Lagranževih jednačina druge vrste i odrediće se njihovo stacionarno rešenje. Analiza stabilnosti će biti zasnovana na linearizovanim jednačinama poremećaja i odgovarajućoj karakterističnoj jednačini. Odrediće se granice oblasti nestabilnosti za visinu levitirajućeg kretanja, kao i za stacionarnu vrednost ugaone brzine.

Abstract – In this paper a stability of stationary motion of Levitron (heavy magnetized top) will be analyzed. It will be used standard procedure of stability analysis, based upon linear variation equations. Equations of motion will be derived in the form of Lagrangian equations and their stationary solution will be obtained. Stability analysis will be based upon linearized variation equations and corresponding characteristic equation. Boundaries of instability regions will be determined for the height of levitating motion as well as for angular velocity.

Ključne reči: Stabilnost dinamičkih sistema, stabilnost kretanja giroskopa, Levitron[®]

1. UVOD

Ovaj rad je posvećen analizi stabilnosti stacionarnog kretanja giroskopa u magnetnom polju. Pri tome se podrazumeva da giroskop u isto vreme predstavlja magnetni dipol konstantnog magnetnog momenta. Ovaj uređaj je u komercijalnoj izvedbi poznat pod nazivom Levitron[®]. Nastanak ovog komercijalnog proizvoda bio je praćen kontraverzama o mogućnosti njegove konstrukcije. Njegov izumitelj, Roj Harigan, patentirao ga je 1983. godine, iako su ga pre toga mnogi fizičari obeshrabrivali. Ostvarivanje stacionarnog levitirajućeg (lebdećeg) kretanja giroskopa nije nimalo lako, zato što je oblast prostora u kom je ono moguće veoma mala. Pored toga, karakteristike samog sistema su veoma osetljive na promene stanja sredine u kojoj se kretanje vrši. Zbog toga je nužno fino podešavanje mase giroskopa. Sve ovo govori da se radi o veoma osetljivom uređaju.

2. ANALIZA NA OSNOVU PribližNE TEORIJE GIROSKOPA

Približna teorija giroskopa nam može pružiti grubu sliku o dinamici Levitrona. Ona se zasniva na pretpostavci da je ugaona brzina sopstvene rotacije giroskopa znatno veća od ugaone brzine precesije. Stoga se može smatrati da je

moment količine kretanja za centar mase $\vec{L}_c$ približno proporcionalan ugaonoj brzini sopstvene rotacije i da mu se pravac poklapa sa osom simetrije giroskopa. Pošto je Levitron[®] u isto vreme i magnetni dipol, pretpostavimo da se moment magnetnog dipola $\vec{\mu}$ poklapa sa osom giroskopa i da je konstantnog intenziteta. Stoga se može zapisati $\vec{L}_c = J\omega_s (\vec{\mu}/\mu)$, pa na osnovu Rezalove teorme [6] dobijamo:

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{M}_c \Rightarrow \frac{J\omega_s}{\mu} \frac{d\vec{\mu}}{dt} = \vec{\mu} \times \vec{H}. \quad (1)$$

U opštem slučaju stacionarnog kretanja moment magnetnog dipola, odnosno osa simetrije giroskopa, vrši precesiono kretanje ugaonom brzinom $\vec{\omega}_p$ oko ose čiji pravac predstavlja lokalnu tangentu magnetnog polja (magnetnih linija sila):

$$\vec{\omega}_p = -\frac{\mu}{J\omega_s} \vec{H}. \quad (2)$$

3. DINAMIČKA ANALIZA

U nastavku će biti data detaljna analiza dinamičkih jednačina Levitrona[®]. Pretpostavićemo da je u pitanju simetričan giroskop, mase m i momenta magnetnog dipola μ koji se prilikom stacionarnog kretanja rotira oko sopstvene ose simetrije ugaonom brzinom Ω . Pored toga, pretpostavićemo da centar mase levitira (lebdi) na visini h iznad magnetne baze.

Analiza kretanja Levitrona[®] detaljno je izložena u radovima [1] i [2], dok su analizi stabilnosti posvećeni radovi [2], [3], [4] i [5]. Ova studija je motivisana radovima [4] i [5], u kojima su određene granice oblasti stabilnosti visine levitacije h i ugaone brzine Ω .

Cilj ovog rada jeste da potvrdi rezultate analize navedenih radova, ali da se pri tome koriste drugačiji metodi - standardni metodi zasnovani na analizi linearizovanih jednačina poremećaja, karakteristične jednačine i dovoljnih uslova stabilnosti (nestabilnosti) [7].

Formiraćemo izraze za kinetičku i potencijalnu energiju, pri čemu će se za generalisane koordinate usvojiti Dekartove koordinate centra mase i Krilovljevi uglovi koji opisuju rotaciju u odnosu na centar mase. Stoga je izraz za kinetičku energiju:

$$E_k = \frac{1}{2} m (\dot{x}^2 + \dot{y}^2 + \dot{z}^2) + \frac{1}{2} J_\eta (\dot{\alpha}^2 \cos^2 \beta + \dot{\beta}^2) + \frac{1}{2} J_\zeta (\dot{\alpha} \sin \beta + \dot{\psi})^2, \quad (3)$$

NAPOMENA:

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

gde su $J_\eta = ma^2/4$ i $J_\zeta = ma^2/2$ aksijalni momenti inercije za glavne centralne ose. Potencijalna energija giroskopa se sastoji od dva člana, magnetne i gravitacione potencijalne energije:

$$\Pi = -\vec{\mu} \cdot \vec{H}(\rho, z) + mgz. \quad (4)$$

Magnetno polje baze, koje se može smatrati osnosimetričnim, jeste bezvrtložno polje koje je u prostoru specificirano kao $H(\rho, z)$ i paralelno sa gz . Ono mora u oblasti levitacije da zadovoljava jednačine

$$\nabla \times \vec{H} = 0 \text{ i } \Delta \cdot \vec{H} = 0,$$

odnosno predstavlja Laplasovo vektorsko polje. Odakle sledi konačan izraz za magnetno polje baze:

$$\begin{aligned} \vec{H}(\rho, z) = & -\frac{1}{2}\rho(H_1 + H_2 z)\vec{e}_\rho \\ & + \left[H_0 + H_1 z + \frac{1}{2}H_2 \left(z^2 - \frac{1}{2}\rho^2 \right) \right] \vec{e}_z. \end{aligned} \quad (5)$$

Pri čemu je radi lakšeg zapisivanja usvojeno da su:

$$H_z = H_0, \quad \frac{\partial H_z}{\partial z} = H_1, \quad \frac{\partial^2 H_z}{\partial z^2} = H_2. \quad (6)$$

Sada se može formirati Lagranževa funkcija (Lagranžijan) kao razlika kinetičke i potencijalne energije:

$$\begin{aligned} L = & -mgz - \frac{1}{2}\mu x \sin \beta (H_1 + H_2 z) \\ & + \frac{1}{2}\mu y \cos \beta \sin \alpha (H_1 + H_2 z) + \mu \cos \alpha \cos \beta \\ & \times \left(H_0 + H_1 z + \frac{1}{2}H_2 \left(\frac{1}{2}(-x^2 - y^2) + z^2 \right) \right) \\ & + \frac{1}{2}m(\dot{x}^2 + \dot{y}^2 + \dot{z}^2) + \frac{1}{2}I_\eta(\dot{\alpha}^2 \cos^2 \beta + \dot{\beta}^2) \\ & + \frac{1}{2}I_\zeta(\dot{\alpha} \sin \beta + \dot{\psi})^2. \end{aligned} \quad (7)$$

Na osnovu toga formiramo Lagranževe jednačine druge vrste (LJDV) koje u opštem obliku glase:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}_i} \right) - \frac{\partial L}{\partial q_i} = 0, \quad (8)$$

gde je $q_i = x, y, z, \alpha, \beta, \psi$. U nastavku rada struktura magnetnog polja u okolini stacionarne (ravnotežne) tačke posmatrač se u obliku:

$$\begin{aligned} H_0 = & -\vec{H} \left[1 + \left(\frac{h}{R} \right)^2 \right]^{-3/2}, \\ H_1 = & \frac{3\vec{H}}{R} \frac{h}{R} \left[1 + \left(\frac{h}{R} \right)^2 \right]^{-5/2} \text{ i} \\ H_2 = & \frac{3\vec{H}}{R^2} \left[1 - 4 \left(\frac{h}{R} \right)^2 \right] \left[1 + \left(\frac{h}{R} \right)^2 \right]^{-7/2}. \end{aligned} \quad (9)$$

Radi prikaza rezultat u opštijem obliku ispitivanje stabilnosti vršiće se u bezdimenzijskoj formi, pri čemu se za izabrane veličine koriste: referentna dužina R –poluprečnik magnetne baze, referentno vreme $t = 1/\omega_0$, gde je

$\omega_0 = \sqrt{g/R}$ i referentna vrednost magnetnog polja $\hat{H}_0$. Zatim, uvešće se bezdimenzijske veličine: vreme $\hat{t} = \omega_0 t$,

dužine $\hat{z} = \frac{z}{R}$, $\hat{x} = \frac{x}{R}$, $\hat{y} = \frac{y}{R}$ i bezdimenzijske grupe

$$\hat{\mu} = \frac{\mu \hat{H}_0}{mgR}, \quad \hat{h} = \frac{h}{R}, \quad \hat{a} = \frac{a}{R}. \quad (10)$$

Radi jednostavnijeg zapisa u daljem tekstu se neće koristiti oznake $(\hat{*})$ i $(*)^\square = \frac{d}{dt}(*),$ ali će se podrazumevati da su sledeće jednačine zapisane u bezdimenzijskom obliku.

Sada naše LJDV imaju oblik:

$$\begin{aligned} & 3(1 - 4h^2)\mu \cos \alpha \cos \beta x \\ & - 3(-1 + 4h^2)\mu \sin \beta z \\ & + (1 + h^2)(3h\mu \sin \beta + 2(1 + h^2)^{5/2} \ddot{x}) = 0, \end{aligned} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} & 3(-1 + 4h^2)\mu \cos \alpha \cos \beta y \\ & - 3(-1 + 4h^2)\mu \cos \beta \sin \alpha z \\ & - (1 + h^2)(-3h\mu \cos \beta \sin \alpha + 2(1 + h^2)^{5/2} \ddot{y}) = 0, \end{aligned} \quad (12)$$

$$\begin{aligned} & 2(1 + h^2)^{7/2} - 6h\mu \cos \alpha \cos \beta \\ & - 6h^3\mu \cos \alpha \cos \beta + 3\mu \sin \beta x \\ & - 12h^2\mu \sin \beta x - 3\mu \cos \beta \sin \alpha y \\ & + 12h^2\mu \cos \beta \sin \alpha y - 6\mu \cos \alpha \cos \beta z \\ & + 24h^2\mu \cos \alpha \cos \beta z + 2(1 + h^2)^{7/2} \ddot{z} = 0, \end{aligned} \quad (13)$$

$$\cos \beta \ddot{\alpha} \dot{\beta} + \sin \beta \ddot{\alpha} + \ddot{\psi} = 0, \quad (14)$$

$$\begin{aligned} & 4\mu \cos \beta \sin \alpha + 8h^2\mu \cos \beta \sin \alpha \\ & + 4h^4\mu \cos \beta \sin \alpha + 3\mu \cos \beta \sin \alpha x^2 \\ & - 12h^2\mu \cos \beta \sin \alpha x^2 + 6h\mu \cos \alpha \cos \beta y \\ & + 6h^3\mu \cos \alpha \cos \beta y + 3\mu \cos \beta \sin \alpha y^2 \\ & - 12h^2\mu \cos \beta \sin \alpha y^2 - 12h\mu \cos \beta \sin \alpha z \\ & - 12h^3\mu \cos \beta \sin \alpha z + 6\mu \cos \alpha \cos \beta yz \\ & - 24h^2\mu \cos \alpha \cos \beta yz - 6\mu \cos \beta \sin \alpha z^2 \\ & + 24h^2\mu \cos \beta \sin \alpha z^2 \\ & - a^2(1 + h^2)^{7/2} \sin 2\beta \dot{\alpha} \dot{\beta} - 2a^2(1 + h^2)^{7/2} \cos \beta \dot{\beta} \dot{\psi} \\ & - a^2(1 + h^2)^{7/2} \cos^2 \beta \ddot{\alpha} - 2a^2(1 + h^2)^{7/2} \sin \beta^2 \ddot{\alpha} \\ & - 2a^2(1 + h^2)^{7/2} \sin \beta \ddot{\psi} = 0, \end{aligned} \quad (15)$$

$$\begin{aligned}
& 4\mu \cos \alpha \sin \beta + 8h^2 \mu \cos \alpha \sin \beta \\
& + 4h^4 \mu \cos \alpha \sin \beta - 6h\mu \cos \beta x \\
& - 6h^3 \mu \cos \beta x + 3\mu \cos \alpha \sin \beta x^2 \\
& - 12h^2 \mu \cos \alpha \sin \beta x^2 - 6h\mu \sin \alpha \sin \beta y \\
& - 6h^3 \mu \sin \alpha \sin \beta y + 3\mu \cos \alpha \sin \beta y^2 \\
& - 12h^2 \mu \cos \alpha \sin \beta y^2 - 12h\mu \cos \alpha \sin \beta z \\
& - 12h^3 \mu \cos \alpha \sin \beta z - 6\mu \cos \beta xz \\
& + 24h^2 \mu \cos \beta xz - 6\mu \sin \alpha \sin \beta yz \\
& + 24h^2 \mu \sin \alpha \sin \beta yz - 6\mu \cos \alpha \sin \beta z^2 \\
& + 24h^2 \mu \cos \alpha \sin \beta z^2 + a^2 (1+h^2)^{7/2} \cos \beta \sin \beta \dot{\alpha}^2 \\
& + 2a^2 (1+h^2)^{7/2} \cos \beta \dot{\alpha} \dot{\psi} - a^2 (1+h^2)^{7/2} \ddot{\beta} = 0.
\end{aligned} \tag{16}$$

Pri tome se usvaja da je referentna vrednost magnetnog polja $\hat{H}_0 = \bar{H}$. One će biti predmet naše dalje analize.

4. STACIONARNO KRETANJE I ANALIZA STABILNOSTI

Stacionarno rešenje, čija će se stabilnost ispitivati, jeste partikularno rešenje sistema LJDV oblika:

$$\begin{aligned}
x(t) &= 0, \quad y(t) = 0, \quad z(t) = 0, \\
\alpha(t) &= 0, \quad \beta(t) = 0, \quad \psi(t) = \Omega.
\end{aligned} \tag{17}$$

Zamenjujući stacionarno rešenje u LJDV dobijaju se identiteti za 5 stepeni slobode, jedino jednačina za koordinatu z daje očekivani ravnotežni uslov:

$$\mu H_1 = gm. \tag{18}$$

Potom se uvode poremećaji i formiraju se tačne jednačine poremećaja koje u opštem slučaju imaju oblik:

$$\dot{x}_i = X_i(x_1, \dots, x_n, t) \tag{19}$$

Pošto su LJDV autonomne, a neporemećeno kretanje (17) stacionarno, diferencijalne jednačine poremećaja (19) su takođe autonomne - X_i ne zavisi od vremena t . Uzimajući u obzir samo članove prvog stepena iz tačnih jednačina poremećaja formiramo linearizovane jednačine poremećaja (LJP), pri čemu će se iskoristiti uslov (18) i magnetni moment dipola izraziti u obliku:

$$\mu = \frac{(1+h^2)^{5/2}}{3h}. \tag{20}$$

Linearizovane jednačine poremećaja su:

$$\begin{aligned}
\dot{x}_1 &= x_2, \quad \dot{x}_2 = \frac{(-1+4h^2)x_1 - (h+h^3)x_9}{2(h+h^3)}, \\
\dot{x}_3 &= x_4, \quad \dot{x}_4 = \frac{(-1+4h^2)x_3 + h(1+h^2)x_7}{2(h+h^3)}, \\
\dot{x}_5 &= x_6, \quad \dot{x}_6 = \frac{(1-4h^2)x_5}{h+h^3}, \\
\dot{x}_7 &= x_8, \quad \dot{x}_8 = \frac{-6a^2 h \Omega x_{10} + 6h x_3 + 4(1+h^2)x_7}{3a^2 h}, \\
\dot{x}_9 &= x_{10}, \quad \dot{x}_{10} = \frac{-6h x_1 + 6a^2 h \Omega x_8 + 4(1+h^2)x_9}{3a^2 h}, \\
\dot{x}_{11} &= 0.
\end{aligned} \tag{21}$$

Ovaj problem je specifičan po tome što se neke jednačine mogu analizirati nezavisno od ostatka sistema – promenljive koje se javljaju u njima ne pojavljuju se u drugim jednačinama. Konkretno, poslednja jednačina iz sistema LJP se trivijalno rešava $\dot{x}_{11} = \text{const}$. Oдавde sledi zaključak da će poremećaj x_{11} sve vreme imati konstantnu vrednost i da se asimptotska stabilnost neporemećenog kretanja ne može ostvariti. Pored toga, jednačine za poremećaje x_5 i x_6 predstavljaju podsistem koji je nezavisan od ostalih jednačina. Njegova matrica koeficijenata ima oblik:

$$A_0 = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ \frac{1-4h^2}{h+h^3} & 0 \end{bmatrix}, \tag{22}$$

a sopstvene vrednosti matrice su:

$$\lambda = \pm \sqrt{\frac{1-4h^2}{h+h^3}}. \tag{23}$$

Ako je $1 < 4h^2$, sopstvene vrednosti će biti imaginarne i na osnovu linearizovanih jednačina možemo potvrditi samo stabilnost u običnom smislu. Budući da ovaj rezultat ne implicira stabilnost neporemećenog kretanja nelinearnog sistema, u daljem tekstu ćemo se prvenstveno baviti određivanjem granice nestabilnosti.

U ovom konkretnom slučaju to znači da će za $1 > 4h^2$ sopstvene vrednosti biti realne, pri čemu će jedna od njih biti pozitivna. To je dovoljno za dokazivanje nestabilnosti u odnosu na linearizovane jednačine poremećaja, a implicira i nestabilnost u odnosu na potpuni nelinearni sistem jednačina poremećaja. Dakle, kada je $h < 0,5$ neporemećeno kretanje je nestabilno u odnosu na male poremećaje u početnim uslovima.

Na osnovu preostalih osam LJP i matrice njihovih desnih strana A , formiraćemo karakterističnu jednačinu, $\det[A - \lambda I] = 0$, koja u razvijenom obliku za naš slučaj glasi:

$$\begin{aligned}
& a_0 \lambda^8 + a_1 \lambda^7 + a_2 \lambda^6 + a_3 \lambda^5 + a_4 \lambda^4 \\
& + a_5 \lambda^3 + a_6 \lambda^2 + a_7 \lambda + a_8 = 0.
\end{aligned} \tag{24}$$

Ovo je jednačina osmog stepena koja ima jedan dvostruki koren, $\lambda_{1/2} = 0$. To znači da se analizom stabilnosti u linearnoj aproksimaciji ni u odnosu na ove promenljive ne može dokazati asimptotska stabilnost, pa će se pažnja u daljem radu usmeriti na određivanje granica nestabilnosti. Za to će se koristiti potrebni uslovi nestabilnosti.

Koeficijenti iz karakteristične jednačine koji se nalaze uz neparne indekse i slobodan član su jednaki nuli, dok je koeficijent $a_0 = 1$.

Da bi bio ispunjen neophodan uslov nestabilnosti, potrebno je da bude zadovoljena bar jedna od sledećih nejednakosti:

$$\begin{aligned}
a_2 &= -\frac{2h}{1+h^2} - \frac{8(1+h^2)}{3a^2 h} \\
&+ \frac{1}{2(h+h^3)} + 4\Omega^2 < 0
\end{aligned} \tag{25}$$

$$a_4 = \frac{16(1+h^2)^3 + 3a^2(-4+9h^2+13h^4)}{9a^4h^2(1+h^2)} + \frac{18a^4h(1-4h^2)\Omega^2}{9a^4h^2(1+h^2)} < 0 \quad (26)$$

$$a_6 = \frac{-4(1+h^2)(-2+5h^2)}{9a^4h^3} < 0. \quad (27)$$

Analizirajući izraz za a_6 dobija se da je za $h > 0,6325$ neporemećeno kretanje nestabilno u odnosu na male početne poremećaje. Iz prve dve nejednakosti se dobijaju gornja i donja granica ugaone brzine koje su izražene u funkciji od parametara a i h :

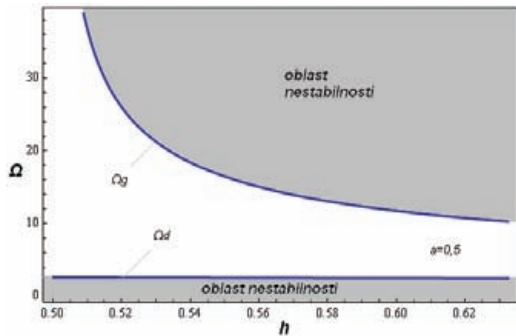
$$\Omega_g = \sqrt{\frac{(1+h^2)(16(1+h^2))^2 + 3a^2(-4+13h^2)}{18a^4h(1+4h^2)}}, \quad (28)$$

$$\Omega_d = \sqrt{\frac{16(1+h^2)^2 + 3a^2(-1+4h^2)}{24a^2(h+h^3)}}. \quad (29)$$

Drugim rečima, neporemećeno kretanje će biti nestabilno ako važi

$$\Omega > \Omega_g \text{ ili } \Omega < \Omega_d. \quad (30)$$

Ovaj uslov se može grafički prikazati u prostoru parametara h i Ω . Na Slici 1. je to učinjeno za vrednost parametra $a = 0,5$.



Slika 1. Granice nestabilnosti

Dijagrami, poput ovog prikazanog na Slici 1., mogu se dobiti za različite vrednosti parametra a koji se odnosi na inercijalne karakteristike giroskopa. Sa povećanjem njegove vrednosti Ω_g i Ω_d monotonno opadaju.

Važno je napomenuti da se granice nestabilnosti, određene jednačinama (28) i (29), ne poklapaju sa granicama dobijenim u radu [5]. Naime, ovde dobijena gornja granica Ω_g je viša od gornje granice u navedenom radu, dok je donja granica niža. Ovo je posledica drugačijih uslova stabilnosti koji su korišćeni [5], u poređenju sa uslovima (25)-(27). Ipak, dobijeni rezultati (28)-(29) nisu u kontradikciji sa rezultatima iz [5] - oni samo daju slabija ograničenja, odnosno ne obuhvataju celu oblast nestabilnosti što se može potvrditi i numeričkim simulacijama.

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu analizirana je stabilnost stacionarnog kretanja giroskopa u magnetnom polju. Kretanje se odvija u homogenom polju sile Zemljine teže i pod dejstvom magnetne sile stalnog magneta. Stacionarno kretanje Levitrona jeste istovremeno levitirajuće mirovanje centra mase i stacionarno obrtanje giroskopa oko vertikalne ose koja se poklapa sa osom simetrije magnetnog polja. U drugom odeljku ovog rada data je gruba slika o dinamici Levitrona na osnovu približne teorije giroskopa. Zatim su formirane diferencijalne jednačine kretanja u obliku Lagranževih jednačina druge vrste i dat je njihov bezdimenzijski oblik. U četvrtom odeljku se pristupilo formiranju tačnih i linearizovanih jednačina poremećaja. One su predstavljale osnovu za analizu stabilnosti neporemećenog stacionarnog kretanja. Zaključak o nestabilnosti izveden je na osnovu dovoljnih uslova nestabilnosti u linearnoj aproksimaciji, zasnovanih na strukturi karakteristične jednačine. Na taj način je izveden glavni rezultat ovog rada - gornja i donja granica nestabilnosti za ugaonu brzinu stacionarnog kretanja, izražene jednačinama (28) i (29) u funkciji visine levitiranja centra mase h i inercijalne karakteristike a .

6. LITERATURA

- [1] M.V. Berry "The Levitron: an adiabatic trap for spins" Proc. Roy. Soc. London, Ser. A **452**. (1996) 1207-1220
- [2] M.D. Simon, L.O. Heflinger, S.L. Ridgway "Spin stabilized magnetic levitation"; et al., Am. J. Phys. (1997) **65**, 286-292
- [3] P. Flanders, S. Gov, S. Shtrikman, H. Thomas "On the spinning motion of the hovering magnetic top"; Physica D **126**. (1999) 225-235
- [4] H.R. Dullin, R.W. Easton "Stability of Levitrons"; Physica D **126**. (1999) 1-17
- [5] S. Gov, S. Shtrikman, H. Thomas "On the dynamical stability of the hovering magnetic top"; Physica D **126**. (1999) 214-224
- [6] B.D. Vujanović, „Dinamika”, Naučna knjiga, Beograd 1976.
- [7] S.S. Simić „Analitička mehanika: dinamika, stabilnost, bifurkacije”, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad 2006.

Kratka biografija:



Milena Savić rođena je u Konjicu 1982. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mašinstvo odbranila je 2009.god

STABILNOST STIŠLJIVOG ŠTAPA SA UNUTRAŠNjim ZGLOBOM STABILITY OF COMPRESSIBLE COLUMN WITH A HINGE SUPPORTED BY ELASTIC SPRING

Nikola Despotović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – MAŠINSTVO

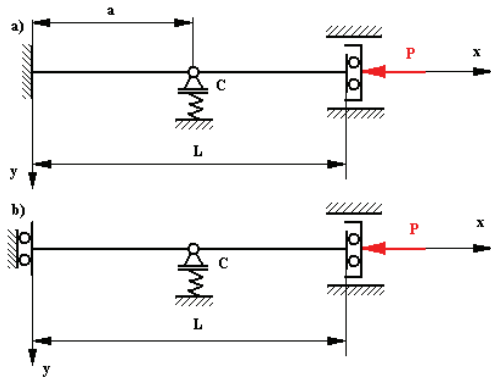
Kratak sadržaj – U radu će se proučiti stabilnost stišljivog štapa sa elastičnom potporom u dva različita slučaja. Naći će se karakteristične jednačine i dobiti netrivialna rešenja za svaki sistem. Zatim će se naći optimalno udaljenje zgloba a i krutost opruge c za koje će kritična sila P_{cr} biti najveća.

Abstract – This paper analyzes stability of column with an elastic support in two different cases. We will find characteristic equations and non-trivial solutions for each system. Then we will find the optimum location of the hinge a and spring constant c for which the critical force P_{cr} will be in maximum.

Ključne reči: stabilnost, optimalni položaj zgloba.

1. UVOD

Konkretno, posmatraćemo elastični stišljivi štap, dužine L , koji je oslabljen unutrašnjim zglobovima oslonjenim na vertikalno postavljenu linearno elastičnu oprugu krutosti c . Zglob se pri tome nalazi na rastojanju a od levog kraja štapa (slika 1.). Od spoljašnjeg aktivnog opterećenja uzećemo u obzir samo dejstvo aksijalne pritiskne sile P . Prilikom dalje analize pomatran problem ćemo tretirati kao sistem sastavljen od dva štapa koji su međusobno zglobovno spojeni. Dužine štapova su a i $L-a$. U okviru ovog rada posmatraćemo dva tipa spoljašnjeg oslanjanja



Slika 1. Primeri oslanjanja

$$\begin{aligned} H' + q_x &= 0; \\ V' + q_y &= 0; \\ M' + V(1 + u') - H v' &= 0; \\ 1 + u' &= (1 + \varepsilon) \cos \theta; \\ v' &= (1 + \varepsilon) \sin \theta; \\ H \cos \theta + V \sin \theta &= \varepsilon \cdot E \cdot A; \\ M &= E I \theta' \end{aligned} \quad (1)$$

NAPOMENA:

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

Ove jednačine su napisane za sistem u kome nema kontinualnih opterećenja a štapovi se posmatraju kao stišljivi.

2 STABILNOST STIŠLJIVOG ŠTAPA SA UNUTRAŠNjim ZGLOBOM

2.1. Štap oslonjen na krajevima na nepokretno i pokretno uklještenje

Prvi primer analiziramo u ovom radu, to će biti štap prikazan na slici 1. koji je ujedno i treći primer u radu [3]. U prethodnom poglavlju smo izveli sistem jednačina (1.), za koji u našem slučaju važi $\varepsilon \neq 0$. Problem ćemo posmatrati kao dva štapa koji su zglobovno povezani sa zajedničkim koordinatnim sistemom xy . Kako u zadatku nema kontinualnih opterećenja jednačina (1) dobijaju sledeći oblik za levi štap (vidi sliku 1.a)

$$\begin{aligned} H_1' &= 0; \\ V_1' &= 0; \\ M_1' &= -V_1(1 + \varepsilon_1) \cos \theta_1 + H_1(1 + \varepsilon_1) \sin \theta_1; \\ x_1' &= (1 + \varepsilon_1) \cos \theta_1; \\ y_1' &= (1 + \varepsilon_1) \sin \theta_1; \\ \theta_1' &= \frac{M_1}{EI}; \\ \varepsilon_1 &= \frac{H_1 \cos \theta + V_1 \sin \theta}{EA}; \end{aligned} \quad (2)$$

i za desni štap su iste jednačine, sistem II, samo što je razlika u drugačijim indeksima. Jednačine koje opisuju levi štap ćemo zvati sistemom I a jednačine koje opisuju desni štap sistemom II.

2.1.1. Bezdimenzijske nelinearne jednačine poremećaja i granični uslovi

Pre nego što napišemo granične uslove za gore navedene jednačine, moramo napomenuti, da ćemo jednačine (2) i (2) zameniti u preostale jednačine (2) gde figuriše ε . Tako sledi da za dvanaest jednačina imamo dvanaest graničnih uslova:

$$\begin{aligned} \theta_1(0) &= 0, \quad y_1(a) = y_2(a), \quad V_2(a) - V_1(a) = c y_1(a), \\ \theta_2(L) &= 0, \quad M_1(a) = 0, \quad H_2(L) = -P, \\ y_1(0) &= 0, \quad M_2(a) = 0, \quad x_1(0) = 0, \\ (L) &= 0, \quad x_1(a) = x_2(a), \quad H_1(a) = H_2(a). \end{aligned} \quad (3)$$

Uz pomoć ovih graničnih uslova (3), sistem jednačina (2) svodimo na sistem od osam jednačina koristeći sledeća opažanja:

- Primećujemo da u drugome sistemu jednačina imamo da je $H_2' = 0$. Iz nje sledi da je $H_2 = \text{const}$. Uz pomoć graničnog uslova $H_2(L) = -P$, sledi da je po celoj dužini štapa $H_2(x) = -P$;

- Iz prethodne teze, primenom u granični uslov vidimo da je $H_1(a) = H_2(a) = -P$ i njegovim kombinovanjem sa $H'_1 = 0$, dobijamo da je $H_1(X) = -P$;
- Jednačine $x'_1 = (1 + \varepsilon_1) \cos \theta_1$ i $x'_2 = (1 + \varepsilon_2) \cos \theta_2$ zajedno sa graničnim uslovima $x_1(0) = 0$ i $x_1(0) = x_2(0)$, čine poseban sistem koji služi da se iz njega izračunaju pomeranja x_1 i x_2 .

U saglasnosti sa prethodnim gore navedenim tezama sistem I i II postaju :

$$\begin{aligned} V'_1 &= 0; \\ M'_1 &= -V_1 \left(1 + \frac{V_1 \sin \theta_1 - P \cos \theta_1}{E A} \right) \cos \theta_1 \\ &\quad - P \left(1 + \frac{V_1 \sin \theta_1 - P \cos \theta_1}{E A} \right) \sin \theta_1; \\ y'_1 &= \left(1 + \frac{V_1 \sin \theta_1 - P \cos \theta_1}{E A} \right) \sin \theta_1; \\ \theta'_1 &= \frac{M_1}{E I} \end{aligned} \quad (4)$$

Isto važi i za sistem II, samo treba promeniti indekse.

Za ova dva sistema jednačina (4) napisaćemo 8 graničnih uslova, i to:

$$\begin{aligned} \theta_1(0) &= 0, y_1(0) = 0, M_1(a) = 0, y_1(a) = y_2(a), \\ \theta_2(L) &= 0, V_2(L) = 0, M_2(a) = 0, \\ V_2(a) - V_1(a) &= c y_1(a) \end{aligned} \quad (5)$$

U narednom koraku sledi uvođenje poremećaja. Primitimo da je:

$$V_{10} = V_{20} = y_{10} = y_{20} = M_{10} = M_{20} = \theta_{10} = \theta_{20} = 0 \quad (6)$$

jedno rešenje sistema (5) i (4), i nazvaćemo ga trivijalno rešenje sistema. Napisaćemo poremećajne jednačine kako bi ispitali stabilnost trivijalnog rešenja. Zbog te činjenice uvodimo sledeće smene:

$$\begin{aligned} V_1 &= V_{10} + \Delta V_1; V_2 = V_{20} + \Delta V_2; \\ M_1 &= M_{10} + \Delta M_1; M_2 = M_{20} + \Delta M_2; \\ y_1 &= y_{10} + \Delta y_1; y_2 = y_{20} + \Delta y_2; \\ \theta_1 &= \theta_{10} + \Delta \theta_1; \theta_2 = \theta_{20} + \Delta \theta_2 \end{aligned} \quad (7)$$

Sledi veza:

$$\begin{aligned} V_1 &= \Delta V_1; V_2 = \Delta V_2; M_1 = \Delta M_1; M_2 = \Delta M_2; \\ y_1 &= \Delta y_1; y_2 = \Delta y_2; \theta_1 = \Delta \theta_1; \theta_2 = \Delta \theta_2 \end{aligned} \quad (7.1)$$

gde je $\Delta()$ oznaka za odgovarajući poremećaj.

Nakon pisanja jednačina poremećaja, sledi postupak bezdimenzionisanja:

Koordinata s (sa granicama $0 \leq s \leq L$) je bezdimenzionisana na sledeću vrednost $t = s/L$ u novim granicama $0 \leq t \leq 1$, a ugao nagiba ostaje isti, $\bar{\theta} = \theta$. Izvod po novoj koordinati je $\frac{d()}{dt} = L \frac{d()}{ds}$. Dok parametar a ($0 \leq a \leq L$) sada iznosi $\bar{a} = a/L$ u granicama $0 \leq \bar{a} \leq 1$.

U postupku bezdimenzionisanja koristićemo sledeće II grupe :

$$\begin{aligned} \bar{V}_1 &= \frac{V_1 L^2}{E I}, \bar{V}_2 = \frac{V_2 L^2}{E I}, \bar{y}_1 = \frac{y_1}{L}, \bar{y}_2 = \frac{y_2}{L}, \\ \bar{M}_1 &= \frac{M_1 L}{E I}, \bar{M}_2 = \frac{M_2 L}{E I}, \\ \bar{P} &= \frac{P L^2}{E I}, t = \frac{s}{L}, \bar{c} = \frac{c L^2}{E I}, \bar{\mu} = \frac{L}{\sqrt{A}} \end{aligned} \quad (8)$$

Korišćenjem jednačina (6) i (7), i postupka bezdimenzionisanja (8), jednačine (4), tačnije sistem I dobija sledeći oblik:

$$\begin{aligned} \dot{\bar{V}}_1 &= 0 \\ \dot{\bar{M}}_1 &= -\bar{V}_1 \left(1 + \frac{(\bar{V}_1 \sin \bar{\theta}_1 - \bar{P} \cos \bar{\theta}_1)}{\bar{\mu}^2} \right) \cos \bar{\theta}_1 \\ &\quad - \bar{P} \left(1 + \frac{(\bar{V}_1 \sin \bar{\theta}_1 - \bar{P} \cos \bar{\theta}_1)}{\bar{\mu}^2} \right) \sin \bar{\theta}_1 \\ \dot{\bar{y}}_1 &= \left(1 + \frac{(\bar{V}_1 \sin \bar{\theta}_1 - \bar{P} \cos \bar{\theta}_1)}{\bar{\mu}^2} \right) \sin \bar{\theta}_1 \\ \dot{\bar{\theta}}_1 &= \bar{M}_1 \end{aligned} \quad (9)$$

Isto važi za sistem II, samo treba promeniti indekse.

Za ova dva sistema jednačina data sa (9) granični uslova su:

$$\begin{aligned} \bar{\theta}_1(0) &= 0, \bar{y}_1(0) = 0, \bar{M}_1(\bar{a}) = 0, \bar{y}_1(\bar{a}) = \bar{y}_2(\bar{a}), \\ \bar{\theta}_2(1) &= 0, \bar{V}_2(1) = 0, \bar{M}_2(\bar{a}) = 0, \\ \bar{V}_2(\bar{a}) - \bar{V}_1(\bar{a}) &= c \bar{y}_1(\bar{a}) \end{aligned} \quad (10)$$

2.1.2. Linearizovane jednačine poremećaja i kritična sila izvijanja

Sada ćemo napisati linearne jednačine poremećaja. Tako u slučaju da su naši poremećaji veoma male vrednosti tada za $\Delta \theta \ll 1$ važi da je $\sin \Delta \theta \approx \Delta \theta$ i $\cos \Delta \theta \approx 1$. Samim tim smatramo da je i proizvod dva člana sa veoma malim vrednostima, član sa još manjom vrednosti, i on se zanemaruje tj. isključuje iz daljeg pisanja sistema jednačina. Sada linearizacijom jednačina (10) sledi :

$$\begin{aligned} \dot{\bar{V}}_1 &= 0 \\ \dot{\bar{M}}_1 &= -\bar{V}_1 \left(1 - \frac{\bar{P}}{\bar{\mu}^2} \right) - \bar{P} \left(1 - \frac{\bar{P}}{\bar{\mu}^2} \right) \bar{\theta}_1 \\ \dot{\bar{y}}_1 &= \left(1 - \frac{\bar{P}}{\bar{\mu}^2} \right) \bar{\theta}_1 \\ \dot{\bar{\theta}}_1 &= \bar{M}_1 \end{aligned} \quad (11)$$

Za sistem II, iste su jednačine samo sa različitim indeksima.

Za ova dva sistema jednačina (11), u svakom sistemu po 4 jednačine, granični uslovi su

$$\begin{aligned} \bar{\theta}_1(0) &= 0, \bar{y}_1(0) = 0, \bar{M}_1(\bar{a}) = 0, \bar{y}_1(\bar{a}) = \bar{y}_2(\bar{a}), \\ \bar{\theta}_2(1) &= 0, \bar{V}_2(1) = 0, \bar{M}_2(\bar{a}) = 0, \\ \bar{V}_2(\bar{a}) - \bar{V}_1(\bar{a}) &= c \bar{y}_1(\bar{a}), \end{aligned} \quad (12)$$

Iz jednačina (12) dobijamo diferencijalne jednačine elastične grede:

$$\begin{aligned} y_1^{IV} + \bar{P} \left(1 - \frac{\bar{P}}{\bar{\mu}^2} \right) \bar{y}_1 &= 0 \\ y_2^{IV} + \bar{P} \left(1 - \frac{\bar{P}}{\bar{\mu}^2} \right) \bar{y}_2 &= 0 \end{aligned} \quad (13)$$

Opšte rešenje ovih jednačina glasi:

$$C_1 + C_2 t + C_3 \cos\left(\frac{t\sqrt{-\bar{P}^2 + \bar{P}\bar{\mu}^2}}{\bar{\mu}}\right) + C_4 \sin\left(\frac{t\sqrt{-\bar{P}^2 + \bar{P}\bar{\mu}^2}}{\bar{\mu}}\right)$$

Što nam predstavlja $\bar{y}_1(t)$, a $\bar{y}_2(t)$ predstavljamo u obliku:

$$D_1 + D_2 t + D_3 \cos\left(\frac{t\sqrt{-\bar{P}^2 + \bar{P}\bar{\mu}^2}}{\bar{\mu}}\right) + D_4 \sin\left(\frac{t\sqrt{-\bar{P}^2 + \bar{P}\bar{\mu}^2}}{\bar{\mu}}\right) \quad (14)$$

Primitimo da su $C_1, C_2, C_3, C_4, D_1, D_2, D_3$ i D_4 integracione konstante. Granični uslovi koji odgovaraju sistemu jednačina (11) slede iz (12) i imaju sledeći oblik:

$$\begin{aligned} \frac{\bar{y}_1(0)}{(1-\frac{\bar{P}}{\bar{\mu}^2})} &= 0, \quad \frac{\bar{y}_2(0)}{(1-\frac{\bar{P}}{\bar{\mu}^2})} = 0, \quad \bar{y}_1(0) = 0, \quad \bar{y}_1(\bar{a}) = \bar{y}_2(\bar{a}), \\ \frac{\bar{y}_1(1)}{(1-\frac{\bar{P}}{\bar{\mu}^2})} &= 0, \quad \frac{\bar{y}_2(1)}{(1-\frac{\bar{P}}{\bar{\mu}^2})} = 0, \quad -\left(\frac{\bar{P}\bar{y}_1(1)}{(1-\frac{\bar{P}}{\bar{\mu}^2})} + \frac{\bar{y}_2(1)}{(1-\frac{\bar{P}}{\bar{\mu}^2})}\right) = 0, \\ -\left(\frac{\bar{P}\bar{y}_1(\bar{a})}{(1-\frac{\bar{P}}{\bar{\mu}^2})} + \frac{\bar{y}_2(\bar{a})}{(1-\frac{\bar{P}}{\bar{\mu}^2})}\right) &+ \left(\frac{\bar{P}\bar{y}_1(\bar{a})}{(1-\frac{\bar{P}}{\bar{\mu}^2})} + \frac{\bar{y}_2(\bar{a})}{(1-\frac{\bar{P}}{\bar{\mu}^2})}\right) - \bar{c}\bar{y}_1(\bar{a}) = 0 \end{aligned} \quad (15)$$

Sređivanjem jednačina (14) i (15) dobijamo sistem jednačina. Da bi sistem imao rešenje, determinanta ovoga sistema jednačina mora biti jednaka nuli. Rešenje determinante jeste sledeća karakteristična jednačina

$$\begin{aligned} &\bar{P}^2 \bar{\mu}^4 \cos\left[\frac{(-1+\bar{a})\sqrt{\bar{P}(-\bar{P}+\bar{\mu}^2)}}{\bar{\mu}}\right] \\ &\quad \cdot (\bar{P}(\bar{a}\bar{c}\bar{P} + (-\bar{a}\bar{c} + \bar{P})\bar{\mu}^2) \cos\left[\frac{\bar{a}\sqrt{\bar{P}(-\bar{P}+\bar{\mu}^2)}}{\bar{\mu}}\right] \\ &\quad + \frac{\bar{c}\bar{\mu}\sqrt{\bar{P}(-\bar{P}+\bar{\mu}^2)} \sin\left[\frac{\bar{a}\sqrt{\bar{P}(-\bar{P}+\bar{\mu}^2)}}{\bar{\mu}}\right]}{(\bar{P}-\bar{\mu}^2)^2} = 0 \end{aligned} \quad (16)$$

Da bi sistem imao rešenje (16), determinanta ovoga sistema jednačina mora biti jednaka nuli. To znači: Da bi jednakost bila zadovoljena mora biti zadovoljen bar jedan od dva sledeća uslova:

$$\begin{aligned} a) \cos\left[\frac{(-1+\bar{a})\sqrt{\bar{P}(-\bar{P}+\bar{\mu}^2)}}{\bar{\mu}}\right] &= 0 \\ b) (\bar{P}(\bar{a}\bar{c}\bar{P} + (-\bar{a}\bar{c} + \bar{P})\bar{\mu}^2) \cos\left[\frac{\bar{a}\sqrt{\bar{P}(-\bar{P}+\bar{\mu}^2)}}{\bar{\mu}}\right] &+ \bar{c}\bar{\mu}\sqrt{\bar{P}(-\bar{P}+\bar{\mu}^2)} \sin\left[\frac{\bar{a}\sqrt{\bar{P}(-\bar{P}+\bar{\mu}^2)}}{\bar{\mu}}\right]) = 0 \end{aligned} \quad (17)$$

Ako pretpostavimo da je slučaj a) merodavan kritična sila $\bar{P}_{cr}$ data je sa:

$$\bar{P}_{cr} = \frac{\pi^2}{4(1-\bar{a}^2)} \quad (17a)$$

Ako pretpostavimo da slučaj b) merodavan kritična sila $\bar{P}_{cr}$ je najmanja vrednost sile $\bar{P}$ koja zadovoljava jednačinu:

$$\begin{aligned} &(\bar{P}(\bar{a}\bar{c}\bar{P} + (-\bar{a}\bar{c} + \bar{P})\bar{\mu}^2) \cos\left[\frac{\bar{a}\sqrt{\bar{P}(-\bar{P}+\bar{\mu}^2)}}{\bar{\mu}}\right] \\ &+ \bar{c}\bar{\mu}\sqrt{\bar{P}(-\bar{P}+\bar{\mu}^2)} \sin\left[\frac{\bar{a}\sqrt{\bar{P}(-\bar{P}+\bar{\mu}^2)}}{\bar{\mu}}\right]) = 0 \end{aligned} \quad (17b)$$

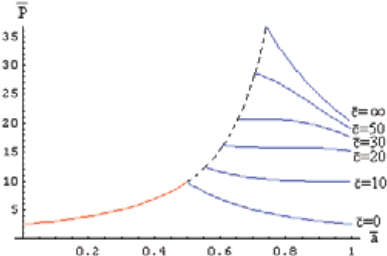
2.1.3. Optimalni položaj zgloba

Da bismo odredili položaj zgloba i krutost opruge koji odgovaraju najvećoj kritičnoj sili, nacrtaćemo zavisnost između kritičnih sila i položaja unutrašnjeg zgloba za fiksirane vrednosti krutosti opruge i vitkosti štapa. Za vitkost štapa ćemo prvo izabrati vrednost $\mu = 1000$.

Primenom numeričke analize iz jednačina (17a) i (17b) dobijamo tražen grafik na slici 2.

U tabeli 1. prikazana je najveća $\bar{P}_{cr}$ za dato $\bar{a}$ sa slike i iz tabele se vidi da su najveća kritična sila i njeno mesto pojavljivanja:

$$\bar{P}_{cr} = 36.7429 \text{ i } \bar{a} = 0.741 \quad (18)$$



Sli. 2. Grafik kritičnih sila za vrednost vitkosti $\mu=1000$

Tabela 1. rezultati za različite vrednosti $\bar{c}$

$\bar{c}$	0	10	20	30	50	∞
$\bar{a}$	0.5	0.555	0.610	0.655	0.706	0.741
$\bar{P}_{cr}$	9.8697	12.465	16.240	20.716	28.504	36.7429

2.2. Štap sa obostranim pokretnim uklještenjem

Naime, posmatraćemo elastični štap, dužine L , koji je oslabljen unutrašnjim zglobovima oslonjenim na linearno elastičnu oprugu krutosti c . Neka se zglob nalazi na rastojanju a od levog kraja štapa (vidi sliku 1.1b). Pri tome će štap biti izložen dejstvu aksijalne pritisne sile P . Napomenimo da se ovako definisan štap može tretirati i kao dva elastična štapa, ukupne dužine L , koji su međusobno zglobovno spojeni. Pri tome je dužina levog štapa a , dok se na mestu spajanja štapova nalazi linearna opruga krutosti c . U narednome tekstu posmatraćemo primer sa kojim ćemo raditi ubuduće, pa razmatramo prvi primer u radu [3].

Ranije na početku smo izveli sistem jednačina (1), ali, u našem slučaju grede smatramo stišljivim, odnosno, pa je $\varepsilon \neq 0$. U zadatku nema kontinualnih opterećenja, tako da jednačine dobijaju sledeći oblik za sistem I.

2.2.1. Bezdimenzijske nelinearne jednačine poremećaja i granični uslovi

Kao i u prethodnom slučaju, bezdimenzijske nelinearne jednačine poremećaja su iste relacije (9). Granični uslovi koji odgovaraju ovim jednačinama su:

$$\begin{aligned} \bar{u}_1(0) &= 0, \quad \bar{v}_1(0) = 0, \quad \bar{M}_1(\bar{a}) = 0, \quad \bar{y}_1(\bar{a}) = \bar{y}_2(\bar{a}), \\ \bar{u}_2(1) &= 0, \quad \bar{v}_2(1) = 0, \quad \bar{M}_2(\bar{a}) = 0, \quad \bar{v}_2(\bar{a}) - \bar{v}_1(\bar{a}) = c \bar{y}_1(\bar{a}). \end{aligned} \quad (19)$$

2.2.2. Linearizovane jednačine poremećaja i kritična sila izvijanja

U ovome slučaju linearizovane jednačine su iste kao u prošlom delu pod rednim brojem (11). Granični uslovi koji odgovaraju jednačinama opšteg rešenja (14) su sledeći:

$$\begin{aligned} \frac{\bar{y}_1(0)}{(1-\frac{\bar{P}}{\bar{\mu}^2})} &= 0, \quad \frac{\bar{y}_2(0)}{(1-\frac{\bar{P}}{\bar{\mu}^2})} = 0, \quad -\left(\frac{\bar{P}\bar{y}_1(0)}{(1-\frac{\bar{P}}{\bar{\mu}^2})} + \frac{\bar{y}_2(0)}{(1-\frac{\bar{P}}{\bar{\mu}^2})}\right) = 0 \\ \bar{y}_1(\bar{a}) &= \bar{y}_2(\bar{a}), \\ \frac{\bar{y}_1(1)}{(1-\frac{\bar{P}}{\bar{\mu}^2})} &= 0, \quad \frac{\bar{y}_2(1)}{(1-\frac{\bar{P}}{\bar{\mu}^2})} = 0, \quad -\left(\frac{\bar{P}\bar{y}_1(1)}{(1-\frac{\bar{P}}{\bar{\mu}^2})} + \frac{\bar{y}_2(1)}{(1-\frac{\bar{P}}{\bar{\mu}^2})}\right) = 0, \\ -\left(\frac{\bar{P}\bar{y}_1(\bar{a})}{(1-\frac{\bar{P}}{\bar{\mu}^2})} + \frac{\bar{y}_2(\bar{a})}{(1-\frac{\bar{P}}{\bar{\mu}^2})}\right) &+ \left(\frac{\bar{P}\bar{y}_1(\bar{a})}{(1-\frac{\bar{P}}{\bar{\mu}^2})} + \frac{\bar{y}_2(\bar{a})}{(1-\frac{\bar{P}}{\bar{\mu}^2})}\right) - \bar{c}\bar{y}_1(\bar{a}) = 0 \end{aligned} \quad (20)$$

Da bi sistem imao rešenje (21), determinanta sistema jednačina mora biti jednaka nuli. Kombinovanjem (14) i (20) sledi rešenje determinante sledeće:

$$\frac{c \bar{P}^2 \bar{\mu}^2 \cos \left[\frac{(-1+\alpha) \sqrt{\bar{P}(-\bar{P}+\bar{\mu}^2)}}{\bar{\mu}} \right] \cos \left[\frac{\alpha \sqrt{\bar{P}(-\bar{P}+\bar{\mu}^2)}}{\bar{\mu}} \right]}{\bar{P} - \bar{\mu}^2} = 0 \quad (21)$$

Da bi jednakost (21) bila zadovoljena posmatraćemo sledeća dva slučaja:

$$a) \quad \cos \left[\frac{(-1+\alpha) \sqrt{\bar{P}(-\bar{P}+\bar{\mu}^2)}}{\bar{\mu}} \right] = 0$$

$$b) \quad \cos \left[\frac{\alpha \sqrt{\bar{P}(-\bar{P}+\bar{\mu}^2)}}{\bar{\mu}} \right] = 0$$

Ako pretpostavimo da je slučaj a) merodavan kritična sila $\bar{P}_{cr}$ data je sa:

$$\bar{P}_{kr} = \frac{\pi^2}{4(1-\alpha^2)} \quad (22)$$

Ako pretpostavimo da slučaj b) merodavan kritična sila $\bar{P}_{cr}$ je najmanja vrednost sile $\bar{P}$ koja zadovoljava jednačinu:

$$\bar{P}_{kr} = \frac{\pi^2}{4\alpha^2} \quad (23)$$

2.2.3. Optimalni položaj zgloba

Da bismo odredili položaj zgloba opruge koji odgovara najvećoj kritičnoj sili, nacrtaćemo zavisnost između kritičnih sila i položaja unutrašnjeg zgloba. Primetimo da s obzirom na (21) i (22) najveća vrednost kritične sile ne zavisi od krutosti opruge ali zavisi od vitkosti štapa. U ovom slučaju moguće je iz (22) i (23) analitički odrediti najveću vrednost kritične sile i ona iznosi:

$$\bar{P}_{kr} = \frac{\mu^2}{2} \left[1 + \sqrt{1 - \frac{4\pi^2}{\mu^2}} \right] \quad (24)$$

Dok je odgovarajući položaj zgloba:

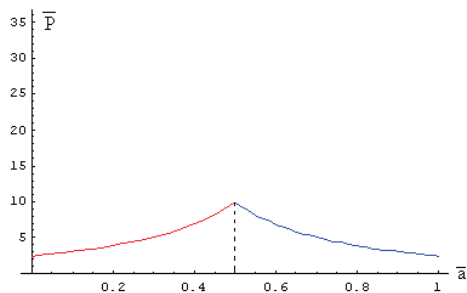
$$\bar{\alpha} = \frac{1}{2} \quad (25)$$

Kada vitkost štapa teži beskonačnosti najveća kritična sila I odgovarajući položaj zgloba iz (22) i (23) sledi:

$$\bar{P}_{kr} = \pi^2 = 9.8697 \quad (26)$$

$$\bar{\alpha} = \frac{1}{2} \quad (27)$$

što se može videti na slici 3.



Sl. 3. Grafik kritičnih sila za vrednost vitkosti $\mu=1000$

3. ZAKLJUČAK

U ovom radu je analizirana stabilnost i poslekritično ponašanje elastičnog **stišljivog** štapa koji je oslabljen unutrašnjim zglobovima oslonjenim na linearno elastičnu oprugu. Prilikom analize su posmatrana dva tipa spoljašnjeg oslanjanja štapa: pokretno-pokretno ukleštenje i pokretno-nepokretno ukleštenje. Cilj rada je bio uopštavanje rezultata dobijenih u radu [4].

1) Napisane su nelinearne bezdimenzijske jednačine koje opisuju ravanske deformacije linearno elastičnog štališljivog štapa.

2) Određene su vrednosti kritičnih sila u zavisnosti od položaja unutrašnjeg zgloba, vrednosti krutosti opruge i vitkosti štapa. Pri tome je pokazano da za štap oslonjen pokretnim uklještenjem na oba kraja:

a) krutost opruge ne utiče na kritičnu silu

b) vitkost utiče na kritičnu silu. Naime, smanjenjem vitkosti povećava se vrednost kritične sile a samim tim i stabilnost štapa.

c) za vitkosti koje teže beskonačnosti dobijamo vrednosti kritične sile iz [3]

Takođe pokazano je da za štap oslonjen pokretnim ukleštenjem na jednom i nepokretnim ukleštenjem na drugom kraju važi:

a) krutost opruge utiče na kritičnu silu i to tako da povećanje krutosti izaziva i povećanje kritične sile pri konstantnoj vitkosti.

b) vitkost utiče na kritičnu silu. Naime, smanjenjem vitkosti povećava se vrednost kritične sile a samim tim i stabilnost štapa kao i u predhodnom slučaju oslanjanja.

c) da za vitkosti koje teže beskonačnosti dobijamo vrednosti kritične sile iz [3]

3) Za oba tipa spoljašnjeg oslanjanja određen je položaj unutrašnjeg zgloba i vrednost krutosti opruge pri kojima je kritična sila najveća u zavisnosti od vitkosti štapa čime su uopšteni rezultati iz [3].

Rezultati navedeni pod tačkama 2) i 3) su originalni doprinosi ovog rada.

4. LITERATURA

- [1] Teodor M. Atanacković "Teorija Stabilnosti Elastičnih Štapova", Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, 1987.
- [2] Timoshenko S.P., Gere J.M. "Theory of elastic stability", New York, Mc-Graw Hill, 1964
- [3] C.Y.Wang "Buckling of an internally hinged column with an elastic support", *Engineering Structures* 24, 1357 – 1360 (2002).
- [4] Lukačev Tomislav "Stabilnost štapa sa unutrašnjim zglobovima koji je oslonjen na elastičnu podlogu", Diplomski - Master rad, Univerzitet u Novom Sadu, (2009).

Kratka biografija:



Nikola Despotović rođen je u Bečeju 1985. god. Diplomski-master rad, na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mašinstva-Teorija stabilnosti elastičnih štapova, odbranio je decembra 2009.god.

MEHANIČKE OSOBINE INJEKCIJNO PRESOVANOG POLIPROPILENA

MECHANICAL PROPERTIES OF INJECTION MOLDING POLYPROPYLENE

Predrag Majstorović, Katarina Gerić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – MAŠINSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu ispitane su mehaničke osobine polipropilena sa oznakom HIPOLEN MA-3, koji se oblikuje injekcionim presovanjem i jedna od namena jeste da se od njega injekciono presuju baštenske stolice. Izvršeno je ispitivanje zatezanjem uzoraka koji se injekciono presuju kada se završi proces polimerizacije i upoređeni su rezultati ispitivanja sa uzorcima dobijenim isećanjem od gotove, injekciono presovane stolice.

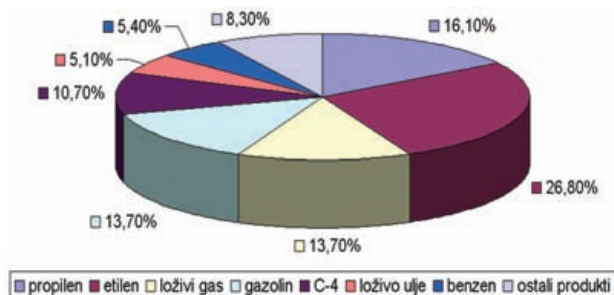
Abstract – In this paper, the mechanical properties of the polypropylene HIPOLEN MA-3 were tested. The polypropylene investigated is formed by injection molding, for instance, garden chairs production. The investigation was first performed by samples after the polymerization process, and the results were then compared with samples obtained by cutting injection molded chairs.

Ključne reči: Polipropilen, brizganje, zatezna čvrstoća, napon tečenja, izduženje

1. UVOD

Pirolitičkom razgradnjom benzina u petrohemijskim postrojenjima dobija se propilen monomer, sl.1. i Tab.1. Ovakvo dobijen propilen se transportuje do postrojenja za polimerizaciju gde se prečišćava do vrlo visoke čistoće, nakon čega se može izvršiti njegova polimerizacije. Polimerizacija je postupak dobijanja polimera putem postupnog sjedinjavanja molekula jednog ili više niskomolekulskih supstanci (monomer) sa rastućim aktivnim centrom.

Ona se može izvršiti na nekoliko načina: polimerizacijom u suspenziji, polimerizacijom u tečnoj fazi i polimerizacijom u gasnoj fazi. Sve ove tehnologije su izrazito zavisne od katalizatora, pa od tipa katalizatora zavisi tehnologija proizvodnje, prinos i kvalitet polimera, [1].



Slika 1. Produkt pirolitičke razgradnje benzina

NAPOMENA:

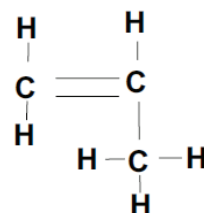
Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bila dr Katarina Gerić, red.prof.

Tabela 1. Procentualne vrednosti produkata pirolitičke razgradnje benzina.

propilen	16,1%
etilen	26,8%
loživi gas	13,7%
gazolin	13,7%
C-4	10,7%
loživo ulje	5,4%
benzen	5,4%
ostali produkti	8,3%

2. STRUKTURA POLIPROPILENA

Sama struktura monomer propilena, sl. 2, ukazuje na mogućnosti dobijanja produkata različite konfiguracije, a zasnovane na simetriji lančanih ostataka.

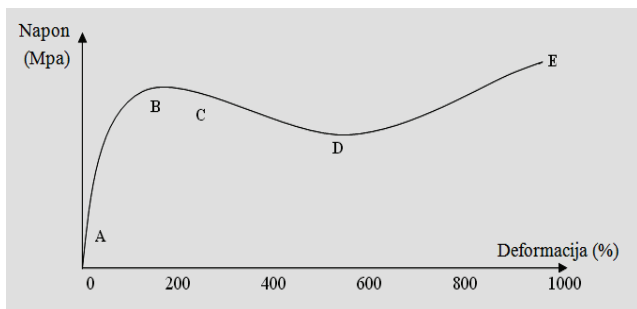


Slika 2. Struktura i izgled granulata propilena

3. MEHANIČKE OSOBINE POLIPROPILENA

Pri ispitivanju mehaničkih osobina treba da se razlikuju osobine koje se mere u kratkom vremenskom periodu i one koje se mere u dužem vremenskom periodu. Kod polimera brzina merenja mehaničkih osobina i temperatura jako utiču na izmerene veličine. U kratkom vremenskom periodu, se najčešće vrši merenje napona i deformacije pri zatezanju, ali često i pri sabijanju i savijanju.

Mehaničke osobine polipropilena zavise od molarnih masa i njihove raspodele, kao i od načina i uslova prerade. Na rezultate ispitivanja veliki uticaj ima termička predistorija uzorka, brzina deformacije, oblik i dimenzije epruvete, temperatura na kojoj se vrši ispitivanje itd. Polipropilen je termoplastičan polimer, a tipičan dijagram za termoplastične polimere sa karakterističnim vrednostima napona i deformacije prikazan je na sl.3.



Slika 3. Kriva napon-deformacija tipična za termoplaste

Na ovoj krivoj možemo zapaziti karakteristične tačke i oblasti:

- AB - područje linearne elastične deformacije
- B - napon tečenja
- BC - stvaranje vrata (početak plastičnog deformisanja)
- DE - plastično deformisanje
- E - tačka prekida

Između tačaka A-B, važi Hukov zakon, tako da početni nagib određuje modul elastičnosti (krutosti). Ako polimer ima veću krutost, veći je modul, što znači da je manje izduženje za isti napon. Veoma često je nemoguće zapaziti pravu liniju od početka i u tom slučaju je odnos između napona i deformacije naročita standardna vrednost koja se uzima kao modul (obično na 2% ili 100% izduženja), što zavisi od duktilnosti.

Tačka C predstavlja mesto gde počinje tečenje materijala, koja se smatra kao gornja granica elastičnosti. Od ove tačke pa na dalje, nastaje plastična deformacija, odnosno proces tečenja polimera.

Ovakvo ponašanje je tipično za duktilne polimere, dok se krti polimeri lome pri postizanju napona tečenja. U području C-D dolazi do smanjenja napona, uzrokovano obrazovanjem vrata u uzorku.

Napon tečenja je odnos sile zatezanja (tačka B) i početne površine poprečnog preseka epruvete, i on je često mera čvrstoće kod polimera, kada je prekidna čvrstoća niža. Prekidna čvrstoća predstavlja odnos između sile u tački prekida (tačka D) i početne površine poprečnog preseka epruvete.

Tabela 2. Mehaničke osobine polipropilena

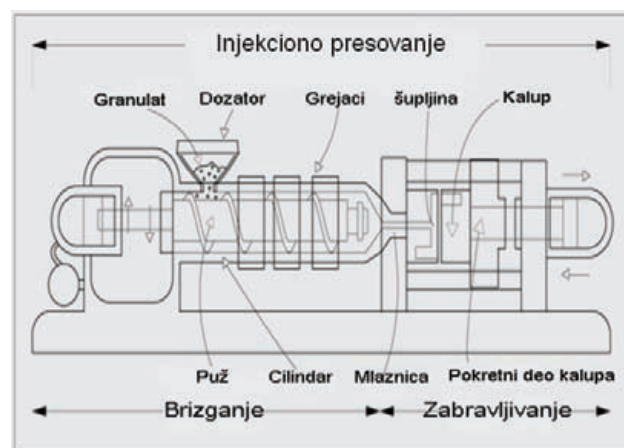
Mehaničke osobine	Jedinica	Vrednost
tvrdća po Rokvelu	R skala	R80-110
prekidna čvrstoća	MPa	29-38
modul el. kod zatezanja	MPa	980-1520
čvrstoća na savijanje	MPa	41-55
modul elastičnosti kod savijanja	MPa	1180-1770
čvrstoća na pritisak	MPa	38-55
modul elastičnosti kod pritiska	MPa	1030-2060
energija udara - Izod (23°C)	kJ/m ²	24-108

4. OPIS PROCESA INJEKCIONOG PRESOVANJA

Ovim postupkom prerađuju se: duroplasti, elastomeri i termoplasti. Pstrojenje za injekciono presovanje, sl. 4, diskontinualno proizvodi artikle, od makromolekularnih materijala među koje spada i polipropilen. Danas postoje

široki izbori mašina za injekciono presovanje koje se razlikuju po veličinama i nameni.

Injekciono presovanje termoplasta ima široke mogućnosti u pogledu palete sirovina za preradu, oblika, svojstva i dimenzija proizvoda. Zbog mogućnosti i zahteva koji se postavljaju u pogledu kvaliteta i dimenzionalne stabilnosti injekciono presovanog dela od osnovne je važnosti poznavanja parametara koji utiču na kvalitet injekciono presovanog dela, kao i problemi koji se javljaju u procesu injekcionog presovanja, a koji su u stanju dovesti do odstupanja od propisanih zahteva na proizvod.



Slika 4. Injekciono presovanje

Tehnološki proces injekcionog presovanja sastoji se od niza operacija koji se odvijaju automatski i u pravilnom ponovljivom ciklusu, [2].

Za standardne tipove polipropilena tipični uslovi brizganja su:

- temperatura je od 200 do 280 °C u zavisnosti od tipa polipropilena i kalupa mašine za injekciono presovanje. Tipičan raspored temperatura po zonama cilindra je 210 – 220 - 225 °C, a temperatura mlaznice iznosi 40% temperature ekstrudera.
- temperatura kalupa je od 20 do 65°C u zavisnosti od debljine zida, brzine ubrizgavanja i zapremine ubrizgavanja.
- pritisak ubrizgavanja, u zavisnosti od tipa polipropilena, brizgalice i alata, je od 8 do 15 MPa.
- naknadni pritisak, čiji je zadatak da dopuni kalup masom, koja je nestala zbog kristalizacije (skupljanja), iznosi 40-50% pritiska ubrizgavanja. Zavisi od konstrukcije kalupa, ulivnih kanala i ušća. Vreme delovanja naknadnog pritiska zavisi od debljine zida samog otpreska i od ulivnog sistema u slučaju da ima više otpresaka u kalupu.
- brzina ubrizgavanja zavisi od viskoziteta polipropilena, dužine i preseka ulivnih kanala. Protiv-pritisk doziranja se najčešće zadaje od 0,5-1 MPa i ne sme biti viši od 3 MPa
- broj obrtaja puža ne bi trebao da bude viši od 120 o/min.

Tabela 3. Parametri procesa brizganja stolice [3]

Parametar	Jedinica	Vrednost
maksimalni pritisak mašine	bar	140
pritisak zatvaranja kalupa	bar	100
temp. nepokretnog dela kalupa	°C	40 - 50
temp. pokretnog dela kalupa	°C	25 - 30
pritisak ubrizgavanja	bar	75 - 80
naknadni pritisak	bar	50
brzina ubrizgavanja	%	60 - 75
vreme ubrizgavanja	s	18 - 22
vreme delovanja nakn. pritiska	s	4 - 6
vreme hlađenja proizvoda	s	45
protivpritisak doziranja	bar	30
vreme doziranja	s	25
broj obrtaja puža	o/min	70 - 80
ulivni sistem	centralni direktni	

5. ISPITIVANJE ZATEZANJEM

U tehnici se koriste mnoge metode za ispitivanje materijala, da bi se potvrdili ili dobili novi rezultati o osobinama materijala. Ispitivanje zatezanjem zasniva se na zatezanju uzorka standardnog oblika i dimenzija na uređaju koji se zove kidalica, sl.5. Ona je opremljena davačem pomeranja i kompletnom akvizicijom za pretvaranje analognog u digitalni signal koji može da se prenese u računar.

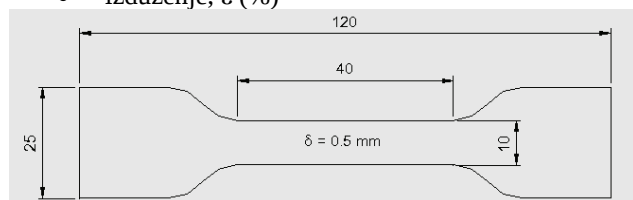


Slika 5. Kidalica

5.1. Epruveta za ispitivanje

Pod "epruvetom", sl.6., podrazumeva se odabrani primerak - uzorak materijala obradjen na odredjenu meru i oblika prema standardu. Pomoću podataka zabeleženih pri ispitivanju i izmerenih na prekinutom uzorku određuju se:

- zatezna čvrstoća, R_m , (MPa)
- napon tečenja, R_p , (MPa)
- izduženje, ϵ (%)



Slika 6. Izgled epruvete za ispitivanje zatezanjem

Ispitivanje je rađeno prema standardu, SRPS G.S0.050. Kod polimera su veoma značajna temperatura i vlažnost vazduha okoline u kojoj se vrši ispitivanje. Za konkretna ispitivanja, temperatura je iznosila 23°C, a vlažnost

vazduha je bila 50 %. Brzina kojom se vrši ispitivanje po standardu je u opsegu od 1 do 500 mm/min, a odabrano je 50 mm/min. Broj ispitanih epruveta je pet.

5.2. Rezultati ispitivanja epruvete posle polimerizacije

Uzorak je materijal MA-3 nakon polimerizacije koji se injektorno presuje u posebne kalupe za pravljenje epruveta za ispitivanje. Izmerene su karakteristične sile, i povećanje dužine uzorka, pa su proračunati naponi i jedinična izduženja, tab. 5. Na sl. 7 prikazan je dobijeni dijagram zatezanja.

Tabela 5. Rezultati ispitivanja

	σ_r (MPa)	ϵ_r (%)	σ_c (MPa)	σ_m (MPa)	ϵ_m (%)	σ_p (MPa)	ϵ_p (%)
1.	34,13	7,822	19,96	29,58	483,1	30,11	485,7
2.	32,97	7,326	19,19	20,98	651,2	27,44	739,7
3.	31,03	7,252	18,12	27,40	493,9	27,35	494,4
4.	31,41	7,042	19,37	19,94	579,2	27,55	854,2
5.	35,10	7,156	21,15	21,79	504,9	30,27	914,9

σ_r – napon tečenja

ϵ_r – izduženje materijala pri naponu tečenja materijala

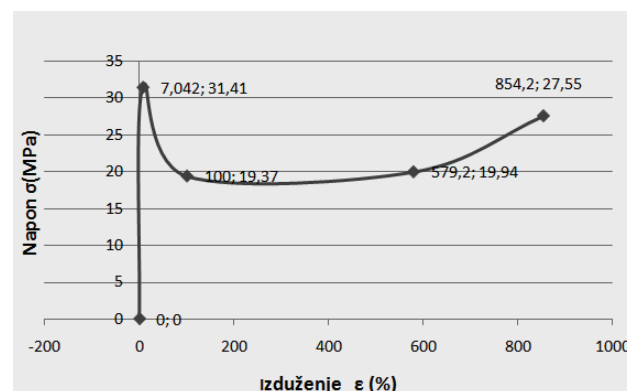
σ_p – napon pri kom dolazi do kidanja epruvete

ϵ_p – izduženje materijala u trenutku kidanja epruvete

σ_c – iznos napona na 100% izduženja epruvete – (ϵ_c)

σ_m – napon pri kom prestaje elastična deformacija

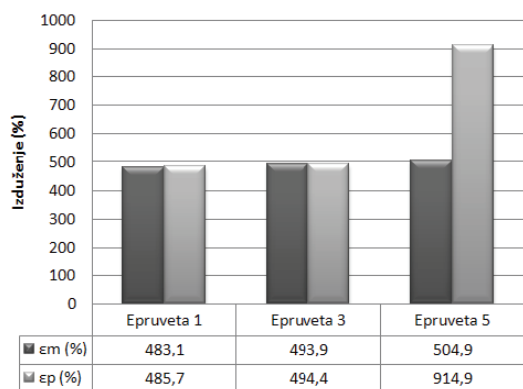
ϵ_m – izduženje epruvete pri početku plastične deformacije



Slika 7. Dijagram napon – izduženje (epruveta 4)

Dobijeni rezultati ispitivanja zatezanjem standardne epruvete polipropilena MA-3, pokazuju da ispitivane osobine materijala odgovaraju specifikacijama proizvođača, jer se napon tečenja σ_r , kreće u intervalu od 31,03 do 35,1 MPa, srednja vrednost 32,9 MPa, a po specifikaciji proizvođača, napon tečenja iznosi 32 MPa. Vrednosti napona tečenja su u uskom intervalu, a vrednosti izduženja ϵ_r , pri naponima tečenja σ_r , malo se razlikuju, tab.4. i sl.8. Napon kod epruvete sa oznakom 5, malo više odstupa od ostalih, a to se manifestovalo i veličinom izduženja ove epruvete.

Posmatrajući rezultate ispitivanja za epruvete 1 i 3, može se primetiti da su naponi pri kojim prestaju elastične deformacije σ_m , veće u odnosu na druge tri epruvete.



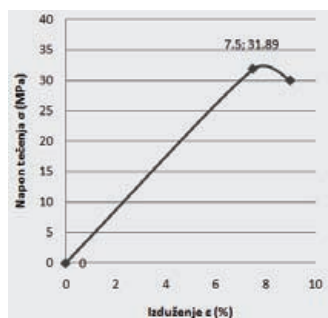
Slika 8. Razlike izduženja za standardnu epruvetu

5.3. Rezultati ispitivanja epruvete isečene iz stolice

Uzorak je materijal MA-3 od koga je brizgana stolica, pa je isečena epruveta za ispitivanje iz noge stolice. Rezultati ispitivanja dati su u tab. 6. Na sl. 9. prikazan je dobijeni dijagram zatezanja.

Tabela 6. Rezultati ispitivanja

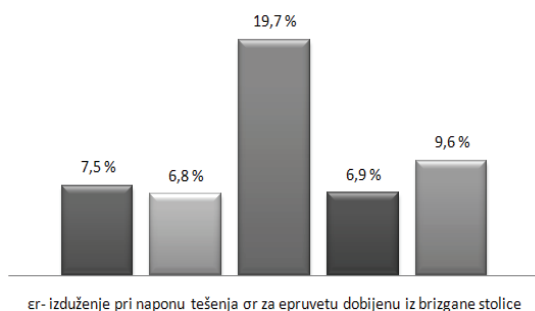
Uzorak	σ_r (MPa)	ϵ_r (%)
1.	31,89	7,5
2.	36,91	6,8
3.	29,82	19,7
4.	34,83	6,9
5.	38,25	9,6



Slika 9. Dijagram napon - izduženje (epruveta 1)

Rezultati ispitivanja ovih uzoraka su pokazala da su se sve epruvete nakon određene vrednosti napona tečenja i malog izduženja, krto lomile.

Jedino je epruveta sa oznakom 3 imala veću vrednost izduženja $\epsilon_r = 19,7\%$, pri čemu je došlo i do malog suženja poprečnog preseka (nastanak „vrata“), nakon čega je takođe došlo do krto loma, sl.10.



Slika 10. Razlike izduženja za brizganu epruvetu

U tab. 7 prikazano je poređenje rezultata dobijenih ispitivanjem materijal MA-3 nakon polimerizacije i epruveta isečenih iz stolice.

Tabela 7. Poređenje rezultata

	Uzorak 1	Uzorak 2
epruveta	standardna	stolica
materijal	MA-3	MA-3
aditivi	da	ne
masterbač-boja	da	ne
regranulat	da	ne
tehnologija oblikovanja	presovano	ne
σ_r - napon tečenja (MPa)	32,9	34,3
ϵ_r - izduženje pri σ_r (%)	7,3	10,1
ϵ_{rk} - izduženje pri kidanju (%)	697,7	Približno ϵ_r
lom	duktan	krt

7. ZAKLJUČAK

Rezultati ispitivanja zatezanjem epruvete isečene iz injekciono presovane stolice, pokazuju da se najveći napon kreće u intervalu od 29,82 MPa do 38,25 MPa tj. srednja vrednost je 34,3 MPa, a izduženje je mnogo manje nego kod istog materijala ispitivanog nakon procesa polimerizacije i iznosi svega 10,1%.

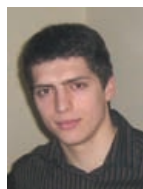
Dijagrami napon-deformacija za ove dve vrste uzoraka se razlikuju. Za epruvete koje se ispituju posle polimerizacije, dobija se tipičan dijagram za termo- plastične polimere, a za uzorke isečene iz stolice tipičan dijagram za krto ponašanje tj. posle dostizanja maksimalne sile dolazi do loma.

Razlike u rezultatima pri ispitivanju epruveta posle polimerizacije i epruveta isečenih iz brizgane stolice, mogu nastati kao posledica različite orijentacije materijala usled tečenja rastopa pri injekcionom presovanju u kalup, dodavanje aditiva, boja i korišćenje regranulata.

8. LITERATURA

- [1] M. Pejak: Polipropilen, HIPOL Odžaci, 2003
- [2] D. V. Rosato., M V Rosato.: Plastic Product Material and Process Selection Handbook, Elsevier Science & Technology Books, 2004
- [3] Vračarević M: Prerada plastičnih masa brizganjem, Novi Sad, 1997.

Kratka biografija:



Predrag Majstorović rođen je u Somboru 1984.god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu iz oblasti: Mašinstva-Tehnologije oblikovanja plastike odbranio je 2009.god.



Dr Katarina Gerić, doktorirala je na Tehnološko-metalurškom fakultetu u Beogradu, a od 2008 je u zvanju redovnog profesora na FTN. Oblast interesovanja su materijali, inženjerstvo materijala i mehanika loma.

PROJEKTOVANJE POGONA ZA TERMIČKU OBRADU ALATA ZA OBRADU RAZDVAJANJEM**DESIGN OF PLANT FOR THERMAL TREATMENT OF PARTING TOOL**David Vasović, Branko Škorić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – MAŠINSTVO**

Kratak sadržaj – Tema ovog rada je projektovanje pogona za termičku obradu alata za obradu razdvajanjem. Cilj rada je: projektovanje postupaka i pogona termičke obrade kao i analiza savremenog uređaja za termičku obradu u vakuumu.

Abstract – The theme of this paper is to design the plant for thermal treatment of parting tools. Aim is the design procedures and heat treatment plants and analysis of modern devices for thermal treatment in vacuum.

KLjučne reči: tehnička obrada, procesi, proračuni

1. UVOD

Projektovanje počinje analizom proizvodnog programa. Na osnovu toga se određuju temperature zagrevanja, vremena zagrevanja, zadržavanja i hlađenja radnog predmeta. Radni komadi će se termički obrađivati u vakuumu kao zaštitnoj atmosferi. Od nekoliko mogućih tehničkih rešenja, izabrana je vakuum peč sa dinamičkim prodivavanjem proizvođača IPSEN. Pogon je projektovan za pojedinačnu proizvodnju, ali zbog većeg kapaciteta usvojenih peći može zadovoljiti i potrebe maloserijske proizvodnje.

2. DATI PREGLED I KARAKTERISTIKE ALATA ZA OBRADU RAZDVAJANJEM**2.1 Osnovna podela i opis alata za obradu probijanjem i prosecanjem**

Osnovni elementi alata su:

- Prosekač (žig)
- Matrica
- Pritiskivač prese (deo za koji se vezuje prosekač)
- Sto prese

Prema načinu vođenja žiga u odnosu na matricu moguće je sve alate za razdvajanje podeliti u tri grupe:

- a) Alati bez vođenja
- b) Alati s vodećom pločom
- c) Alati s vodicama

2.1. Alati za fino razdvajanje presovanjem

Alat u zadatku spada u grupu alata za fino razdvajanje presovanjem (FRP). Ovim alatima se dobija visok kvalitet i tačnost presečene površine delova. Proces se izvodi na specijalnom alatu s konturnim zubom koji se utiskuje u lim neposredno pre delovanja žiga. Time se pre procesa razdvajanja menja naponsko stanje u zoni razdvajanja čime se povećava deformabilnost materijala.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog - master rada čiji mentor je bio prof. dr Branko Škorić.

3. ANALIZIRATI PROBLEMATIKU IZBORA MATERIJALA, IZRADE I TERMIČKE OBRADE ALATA ZA RAZDVAJANJE

Materijali koji se koriste u izradi alata za obradu razdvajanjem moraju ispunjavati sledeće karakteristike:

- Otpornost na udarna opterećenja i potrebna žilavost
- Minimalna promena zapremine pri kaljenju
- Visoka čvrstoća, tvrdoća i otpornost prema plastičnoj deformaciji moraju biti više od materijala koji se obrađuje na hladno

Za termičku obradu žiga i matrice izabran je Č.4150, a za konturni nož Č.4130. Matrice se kale do tvrdoće 60-65 HRC, a zatim se vrši otpuštanje. Prosekači i probojci se izrađuju od legiranih alatnih čelika. Obično se kale do polovine dužine, a drugi deo se termički otpušta (kako bi se sačuvalo svojstvo žilavosti). Tanki probojci prečnika do 5mm izvode se sa ojačanjem.

3.1. Vrste procesa termičke obrade

Za dati proizvodni program, prema zahtevima navedenim u tehnološkoj dokumentaciji potrebno je primeniti sledeće postupke termičke obrade:

- Kaljenje
- Otpuštanje

Kaljenje

Pod kaljenjem se podrazumeva postupak termičke obrade u kome se deo čelika zagreva na temperaturu iznad A3 (za oko 30-70°C više) za padeutektoidne i A1 za eutektoidne i nadeutektoidne čelike. Nakon zagrevanja i zadržavanja iznad A3 temperature, dovoljno brzim hlađenjem dovodi do transformacije austenita u martenzit. Osnovni cilj kaljenja je povećanje tvrdoće. Hlađenje iz austenitnog područja mora biti toliko brzo da spreči transformaciju austenita u perlit ili beinit.

Za hlađenje se koriste sledeća sredstva:

- ulje
- voda i rastvori soli
- topla kupatila sa solima ili metalima
- gasovi (vazduh ili zaštitni gasovi)

Otpuštanje

Strukturu čelika posle kaljenja karakterišu veliki zaostali naponi, koje je potrebno ukloniti. Do ostvarenja ove težnje će doći ako se kaljeni čelik zagreje na neku višu temperaturu na kojoj će se pokrenuti difuzioni procesi. U čeliku se pri tom ne vrši preobražaj strukture, već se otpuštaju naponi nastali kaljenjem mehanizmom difuzije. Ovim procesom se smanjuje naprezanje i čvrstoća a

povećava žilavost. Otpuštanje se vrši odmah nakon kaljenja.

4. IZBOR TEHNOLOŠKOG PROCESA TERMIČKE OBRADJE

Proračun vremena zagrevanja će se vršiti na tri načina

- Koristeći Biotov i Furijev kriterijum
- Empirijskom metodom E. A. Smolnikova
- Približnom metodom, pomoću dijagrama

Ovakav postupak je potreban radi sto većeg približenja proračunatog vremena zagrevanja stvarnom vremenu zagrevanja.

Termički se obrađuju žig (radionički crtež br.1), matrica (crtež br.2) i konturni zub (crtež br.3).

Izbor vremena zagrevanja

Izbor vremena zagrevanja u vakuum peći prikazan je u tabeli 1.

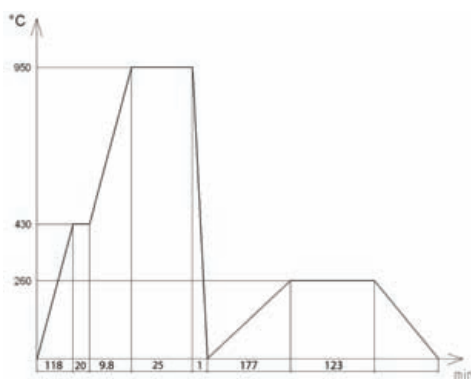
Tabela 1. – Vreme zagrevanja

Broj radioničkog crteža	Furijev i Biotov kriterijum [min]	Približna metoda [min]	Usvojena vremena [min]
1	$\tau_{a1} = 118$ $\tau_{a2} = 40$	$\tau_{sk} = 25$	$\tau_{a1} = 118$ $\tau_{a2} = 40$
2	$\tau_a = 45$ $\tau_z = 14$	$\tau_{sk} = 35$	$\tau_a = 45$ $\tau_z = 14$
3	$\tau_a = 50$ $\tau_z = 17$	$\tau_{sk} = 29$	$\tau_a = 50$ $\tau_z = 17$

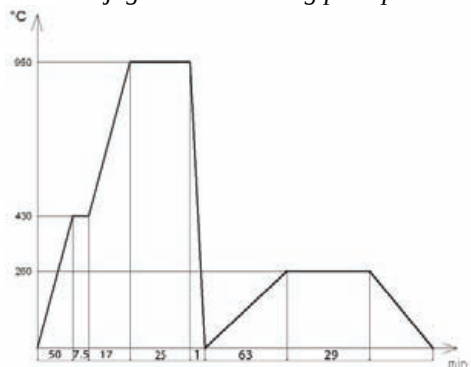
U tabelama τ_{a1} je vreme predgrevanja, τ_{a2} vreme zagrevanja na temperaturu austenizacije, a τ_z je ukupno vreme zagrevanja.

Na osnovu pregleda vremena zagrevanja usvojiće se veće vrednosti radi veće sigurnosti da će se komad zagrejati na dovoljnu temperaturu.

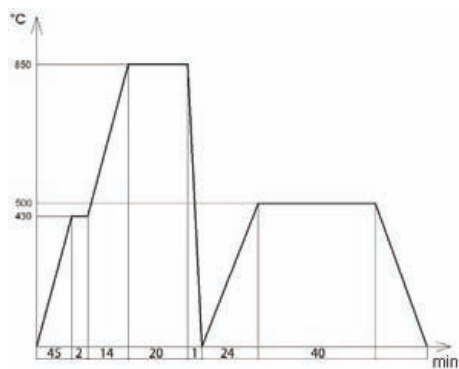
Vremena i temperature zagrevanja su prikazane u sledećim dijagramima.



Slika 1. Dijagram tehnološkog postupka za žig



Slika 2. Dijagram tehnološkog postupka za kont. zub



Slika 3. Dijagram tehnološkog postupka za matricu

5. VAKUUM SISTEMI

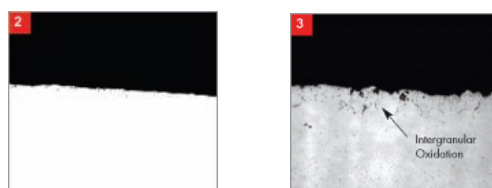
5.1. Prednosti termičke obrade u vakuumu

Vakuum sistemi su napravljeni sa ciljem da poboljšaju kvalitet procesa termičke obrade prvenstveno zbog sprečavanja oksidacije i razugljeničavanja čelika.

Prednost ovih peći jeste u tome što se i zagrevanje i hlađenje obavlja u istom prostoru bez prisustva vazduha. tako da je i sam poces kraći i zahteva manje ručnog rada. Primenuje se kod kaljenja legiranih alatnih čelika, brzoreznih čelika, čelika za rad na toplo i hladno, martenzitnih i nerđajućih čelika.

Svetlo i rekristalizaciono žarenje, sinterovanje, uklanjanje gasova, tvrdo lemljenje i kaljenje u jednom ciklusu, itd.

Termičkom obradom u vakuumu se dobija veoma kvalitetna površina kao sto je pikazano na sledećoj slici.



Slika 4. Razlika u kvalitetu termičke obrade u vakuumu (levo) i u atmosferi (desno)

Sledeće prednosti korišćenja ovih sistema su:

- Vakuum kao zaštitna atmosfera
 - nema toksičnih zaštitnih gasova koji sadrže CO
 - nema opasnosti od eksplozija i pojave vatre
 - peći ne odaju toplotu u okolinu
 - koriste se inertni gasovi (azot i helijum)
 - nema štetnog dejstva po čoveka
- Gasno ili uljno kaljenje
 - čisti i suvi radni komadi nakon kaljenja
 - kaljenje se lako kontroliše pomoću količine gasa i pritiska
 - smanjena je deformacija radnih komada
 - ravnomerno hlađenje cele šarže
- Uticaj na površinu
 - obrađena površina nema oksidacioni sloj
 - nema pojave razugljeničavanja
- Operacije postavljanja, upravljanje postrojenjem
 - kratko vreme zagrevanja peći
 - oprema bez detektora požara
 - minimalni energetske gubitci

5.2. Peć za kaljenje u vakuumu

Konstruisanje vakuum komora za termičku obradu je najkritičniji deo u projektovanju, sa stanovišta proizvodnosti i cene koštanja procesa. Postoji nekoliko tipova konstrukcije, a njihov odabir treba pažljivo analizirati.

Većina vakuum peći se sastoji iz pet glavnih komponenti:

- Grejnih elementa i delova na kojima su oni postavljeni
- Izolacionog sloja
- Noseće konstrukcije izolacionog sloja i grejača
- I noseće konstrukcije šarže
- Vodom hlađenog kućišta

Komora može biti pravougaonog ili kružnog oblika, a izbor tipa se vrši s obzirom na primenu.

5.2.1. Grejni elementi

Gotovo sve visokotemperaturne vakuum peći imaju elektrootporne grejače. Grejači mogu biti izrađeni od metala ili grafita, u zavisnosti od tražene temperature. Za niže temperaturne operacije kao što su niskotemperaturno otpuštanje se koristi jeftina legura hrom-nikl. Za visokotemperaturne operacije kao što su kaljenje i tvrdo lemljenje koriste se molibdenski i grafitni grejači. Za operacije od oko 1500°C koriste se grejači od tantala, a takođe i od grafita.

5.2.2. Izolacioni sloj

Molibden i grafit se takođe koriste u izolaciji vakuum peći. Ako je izolacija izrađena od metalne konstrukcije, ona se sastoji od više slojeva limova sa međusobnim razmakom. Za temperature do 1315°C koriste se molibdenski a za temperature oko 1650°C limovi od tantala. Izolacione mogućnosti ovog rešenja potiču od razmaka između ploča. Razmaci sprečavaju provođenje toplote iz središta komore. Sjaj molibdenske ploče takođe pomaže u sprečavanju provođenja zračeće toplote koja potiče od radnih predmeta.

Metalnu izolaciju je poželjno koristiti kod procesa kod kojih se traži visoka čistoća i veoma visok vakuum ali zbog veoma visoke cene molibdena i tantala ovaj tip izolacije se ređe koristi.

Drugo rešenje izolacija se bazira na grafitnim materijalima. Minimalna debljina zida izolacionog sloja je 4cm. Unutrašnja strana grafita je obložena slojem grafitne folije da bi se povećala refleksivnost materijala. Grafitni filc je porozan pa nije potreban razmak između slojeva. Ima visoke izolacione karakteristike, i jeftiniji je od metale izolacije. Grafitni filc je jeftiniji, jednostavniji za održavanje i ima duži vek trajanja od grafitnih ploča.

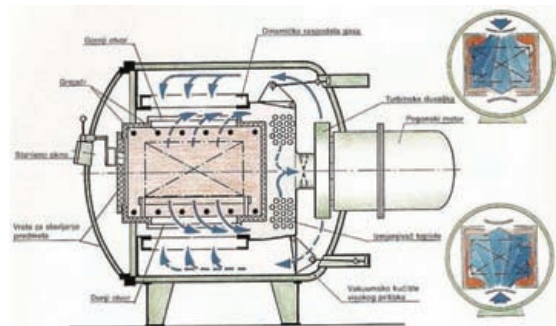
5.2.3. Kućište peći

Kućište peći je vodom hlađeno duplih zidova konstruisano da izdrži pritisak gasa do 5 bara. Zadihtovana na pritisak i vakuum, vrata se zatvaraju bajonet zatvaračem. Konstrukcija peći „hladnog zida“ garantuje normalne radne uslove bez toplotnog zračenja. Hlađenje se vrši azotom, koji se snabdeva iz centralne stanice.

U zavisnosti od načina hlađenja postoje dva konstrukciona tipa peći:

- Jednosmernog prodivavanja
- Dvosmernog (dinamičkog) prodivavanja

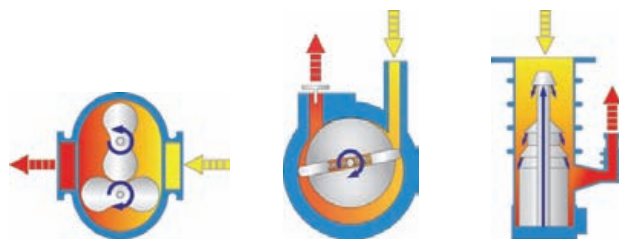
Sistem sa dinamičkim prostrujavanjem imaju bolji učinak jer se hladan azot usmerava u dva pravca naizmenično, sto ostvaruje bolje hlađenje komada na dnu i vrhu komore.



Slika 5. Peć sa dinamičkim prostrujavanjem

5.3. Vakuum pumpe

Postoji više tipova vakuum pumpi a najčešće se koriste ROOT, Rotaciona krilna i difuziona pumpa. Prve dve pumpe su mehaničke i koriste se za stvaranje gurbog vakuuma (do 10^{-3} mbar), dok se difuziona pumpa koristi za viši (finiji) vakuum (do 10^{-8} mbar). Kod procesa gde je potreban ultra visoki vakuum upotrebljavaju se turbomolekularne i kriogene pumpe.



Slika 6. Šema: ROOT, rotacione krilne i difuzione pumpe

5.4. Peć za otpuštanje

Koristi se za zagrevanje i otpuštanje radnih predmeta, a maksimalna temperatura iznosi 650°C. Termička obrada se vrši pomoću azota, tj. njegovim zagrevanjem i hlađenjem. Kada se proces završi azot se izbacuje u isparivač a zatim u atmosferu.

5.5. Uređaj za pranje i odmašćivanje

U ovom uređaju se vrši čišćenje šarži pre termičke obrade radnih predmeta. Uređaj radi sa vodenim rastvorom sredstva za pranje.

5.6. Hronologija radnog procesa

5.6.1. Punjenje

Komadi se ubacuju u šarže, i pomoću uređaja za transportovanje ubacuju u komoru peći.

5.6.2. Zagrevanje i kaljenje

Zatvaraju se vrata peći i ujedno se puštaju u rad vakuum pumpe. Grubi vakuum se postiže sa rotacionom krilnom i Root pumpom. Kada je postignut grubi vakuum uključuje se difuziona pumpa sa kojom se postiže fini vakuum. Njen rad potpomažu prve dve pumpe. Kada je željeni

vakuum postignut zagrevanje se vrši pomoću grafitnih grejača.

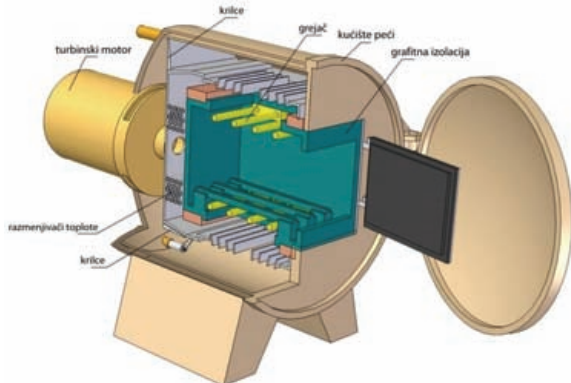
5.6.3. Otpuštanje

Komadi se vade iz vakuum peći za kaljenje i prebacuju se u vakuum peč za otpuštanje. Pumpe se puštaju u rad i pritisak se spušta na nivo grubog vakuuma. Kada se dostigne željeni vakuum u komoru se ubacuje azot koji se zagreva pomoću izmenjivača toplote, i tako zagrejan azot greje radni komad. Kada se dostigne radna temperatura komada azot se hladi putem istih izmenjivača toplote brzinom koja je u napred određena. Kada se radni komad ohladi azot se izbacuje iz peći i samim tim se završava proces termičke obrade.

6. IZBOR I PRORAČUN VAKUUM PEĆI

6.1. Izbor peći

Izabrana je IPSEN 224 vakuum peč, snage 60kW sa dinamičkim sistemom produvanja šarže. Korisne dimenzije su 450x610x350 mm, maksimalna bruto težina šarže iznosi 180kg. Snaga peći je znatno veća od proračunate, a pošto je peč standardni proizvod ostaje se pri izboru usvojene.



Slika 7. Peć konstruisana u programu Solid-Edge



Slika 8. Vakuum sistem (IPSEN)

7. PRORAČUN I CRTEŽ POGONA ZA TERMIČKU OBRADU

Pošto je zadata pojedinačna proizvodnja odabrani vakuum sistem čine jedna: vakuum peč za kaljenje, vakuum peč za otpuštanje, uređaj za pranje odmašćivanje proizvođača IPSEN, i kolica za transport. Usvojen broj peći je određen proračunom potrebnog broja uređaja.

7.1. Bilans potrebnog prostora

Ukupan prostor potreban za pogon termičke obrade je suma napred navedenih vrednosti površina:

• Za smeštaj opreme	34
• Za laboratorije	40
• Za skladišta	90
• Za poslovni prostor	60

Ukupno: $224 m^2$

Ukupan prostor za pogon termičke obrade je potrebno uvećati za veličinu prostora potrebnog za transport i manevrisanje materijalom u pogonu.

Osim toga, potrebno je predvideti i prostor za skladištenje osnovnih rezervnih delova za uređaje, rezervne pribore i razne potrošne materijale.

Usvojena je hala dimenzija: 29 x 18 m

8. ZAKLJUČAK

Izborom odgovarajućih materijala i tehnološkog postupka termičke obrade postizemo dobijanje željene strukture. Da ne bi došlo do neželjenih efekata, mora se usvojiti adekvatno vreme zagrevanja, zadržavanja i hlađenja, kao i odgovarajuće radne temperature. Projektovana oprema za ovaj pogon ima visok stepen iskorišćenja. Upravljanjem pomoću centralne računarske jedinice, ostvaruje se laka kontrola nad svim uređajima, kao i kontrola samog procesa termičke obrade. U pogonu, oprema treba da bude raspoređena tako da svaki uređaj bude pristupačan, kako bi se postiglo laže opsluživanje.

9. LITERATURA

- 1) Ilija Pantelić, "Tehnologija termičke obrade čelika I i II", Novi Sad, 1974.
- 2) Ipsen, Prospekti
- 3) Branko Škorić, Predavanja i vežbe iz predmeta „Projektovanje tehnologije termičke obrade”
- 4) Lesker, Prospekti
- 5) Đorđe Kozić, Vladimir Bekavac, Bogoslov Vasiljević, „Priručnik za termodinamiku”
- 6) Miroslav Plančak „Tehnologija plastičnog deformisanja”

Kratka biografija:



David Vasović rođen je u Gornjem Milanovcu 1984. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Proizvodnog mašinstva – Tehnologije projektovanja termičke obrade odbranio je 2009.god.

**PROJEKTOVANJE KONCEPCIJE PRENOSNIKA ZA GLAVNO KRETANJE
MAŠINA ALATKI ZA OBRADU ROTACIONIM ALATIMA****CONCEPT DESIGN OF THE GEARBOX FOR MAIN MOVEMENT OF THE MACHINE
TOOLS FOR MACHINING WITH ROTARY TOOLS**Vladimir Gavrilov, Milan Zeljković, Slobodan Tabaković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – MAŠINSTVO**

Kratak sadržaj – U radu su prikazane osnove projektovanja koncepcije proizvoda na primeru projektovanja koncepcija prenosnika za glavno kretanje mašina alatki za obradu rotacionim alatima. Prikazan je način modeliranja elemenata prenosnika, modeliranje sklopova kao i vizualni prikaz ostvarivanja različitog broja obrtaja prenosnika primenom programskog sistema **CATIA V**.

Ključne reči: projektovanje koncepcije, modeliranje delova, modeliranje sklopova, virtualni prikaz

Abstract – The paper presents the basis of design product concept with the example of gearbox design concept for the main motion machine tools for machining with rotary tools. We present a method of modeling gearbox elements, modeling of components and visual display of achieving different number of speed gearbox using the system **CATIA V**.

Keywords: design conception, part modeling, assembly modeling, virtual overview

1. UVOD

Danas se mašine alatke sa konvencionalnim upravljanjem primenjuju samo u uslovima pojedinačne proizvodnje sa relativno čestim i dugim tehnološkim zastojima (npr. remont, održavanje i sl.), dok se mašine alatke sa krutim nosiocima upravljačkih informacija (mašine na osnovnom nivou automatizacije) primenjuju samo na području masovne i donekle na području velikoserijske proizvodnje.

Na osnovu predhodnih konstatacija, koje potvrđuje dosadašnja praksa, kao i drugih tržišnih pojava, koje definišu markentiške konstatacije, može se zaključiti sledeće:

- da je vek proizvoda sve kraći, a pogodnih proizvoda za masovnu proizvodnju je sve manje, dok je ponuda određenih proizvoda na tržištu sve veća, iz čega proizilazi da je konkurencija na tržištu veoma velika;

- za poboljšanje položaja svojih proizvoda na tržištu proizvoda sličnih karakteristika, proizvođačima uglavnom stoje na raspolaganju sledeće mere:

1. fleksibilno koncipiranje proizvoda što dovodi do sistema proizvoda

NAPOMENA:

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

2. rezultat fleksibilnog koncipiranja proizvoda u tehnološkom smislu se ispoljava u povećanju stepena serijnosti proizvoda.

Prethodno navedeno ukazuje na potrebu skraćanja svih faza razvoja proizvoda, a time i faze projektovanja proizvoda. Navedeno skraćenje se postiže automatizacijom, kako faze projektovanja tako i faze proizvodnje. Automatizacija postupaka projektovanja, pored skraćanja vremena projektovanja, poboljšanja kvaliteta projektovanih rešenja i smanjenje cene, omogućuje smanjenje broja ljudi u fazi projektovanja, jednostavniju modifikaciju, lakše održavanje terminskog plana, lakše uočavanje nepravilnosti konstrukcionog rešenja, veći stepen standardizacije itd. [7].

2. PROJEKTOVANJE KONCEPCIJE PRENOSNIKA**2.1. Osnove projektovanje koncepcije proizvoda**

Proces razvoja sistema mašina, kao i mašina alatki uopšte, obuhvata sledeće faze [7]:

- definisanje tehničkih karakteristika,
- definisanje koncepcije,
- projektovanje sklopova,
- proveru i analizu konstrukcionog rešenja
- konstruisanje delova
- projektovanje tehnologije izrade i montaže
- proizvodnju mašina.

Projektovanje koncepcije je faza procesa projektovanja - gde se indentifikuju suštinski problemi, uspostavljaju funkcionalne strukture, traže odgovarajući principi i kombinuju u radne strukture - sve to predstavlja osnovu za izradu principijelnih rešenja [3]. Prethodno se postiže apstrakcijom suštinskih problema, uspostavljanje funkcionalne strukture, potraga za odgovarajućim radnim principima i zatim kombinovanjem tih principa u radnu strukturu. Rezultat projektovanja koncepcije je dokumentacija principijelnog rešenja (konceptiomo rešenje) [3].

Na slici 1 prikazane su pojedinačne aktivnosti pri definisanju koncepcionog rešenja [3].

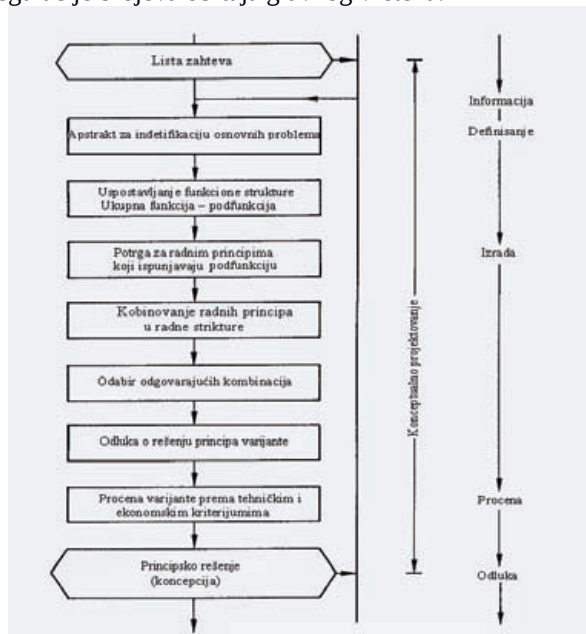
2.2. Definisanje koncepcije prenosnika za glavno kretanje

Koncepcija prenosnika se definiše dijagramom brojeva obrtaja i kinematskom šemom.

2.2.1. Dijagram brojeva obrtaja

U nastavku su prikazani primeri koncepcionih rešenja dijagrama brojeva obrtaja prenosnika za glavno kretanjene u zavisnosti od izmenjivih zupčanika „a“ i „b“.

Ovi zupčanici omogućavaju pomeranje položaja opsega regulacije brojeva obrtaja glavnog vretena.



Slika 1. Aktivnosti pri projektovanju konceptacionog rešenja [3]

Ako je :

n_0 - broj obrtaja elektromotora, onda su brojevi obrtaja glavnog vretena određeni sa: $n_i = k_i \cdot n_0$

$$k_i = \begin{pmatrix} k_1 \\ k_2 \\ \vdots \\ k_m \end{pmatrix} = f\left(\frac{z_1}{z_2}; \frac{z_3}{z_4}; \frac{z_5}{z_6}; \frac{z_7}{z_8}; \frac{z_9}{z_{10}}\right)$$

a opseg regulacije brojeva obrtaja glavnog vretena je:

$$S_n = \frac{n_{\max}}{n_{\min}} = \frac{n_m}{n_1} = \frac{k_m}{k_1}$$

Na osnovu brojeva obrtaja pogonskih motora :

$$n_M = n_0 = 910; \quad 1420; \quad 2830 [o/min]$$

i prenosnih faktora izmenljivih zupčanika

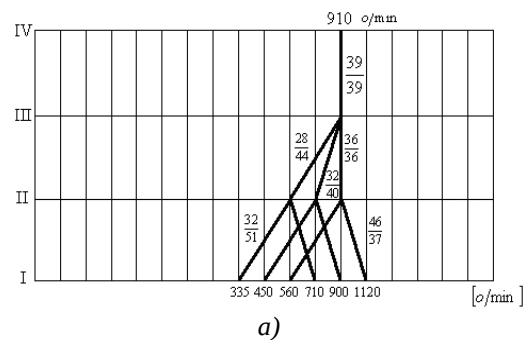
$$\left(\frac{39}{39}; \frac{34}{43}; \frac{30}{47}; \frac{26}{52}; \frac{22}{56}; \frac{19}{59}; \frac{15}{62}\right); \quad \frac{a}{b} = 1; 1/2; 1/5,$$

na slikama 2, 3, 4 prikazani su dijagrami brojeva obrtaja prenosnika za glavno kretanje [4].

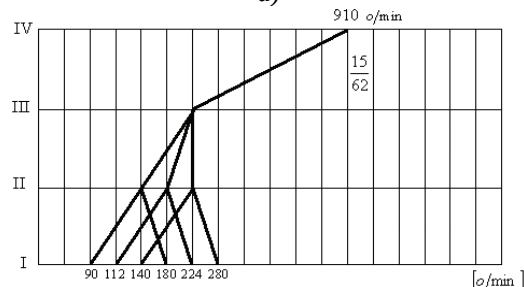
Za elektromotor ZK 100 L-6 [8] prikazana su dva granična dijagrama brojeva obrtaja u zavisnosti od izmenljivih zupčanika (Sl. 2 a, b) (prenosni faktor izmenljivih zupčanika $a/b = 1$ i $1/5$). Sa dijagrama se vidi da je broj stupnjeva brojeva obrtaja $m_n = 6$, broj vratila je $m_v = 4$, a ukupan broj zupčanika je $m_z = 12$.

Pri ugradnji elektromotora ZK 112 M-4 [8] dobijaju se dijagrami brojeva obrtaja kao što je prikazano na slici 3a, i 3b.

U slučaju ugradnje elektromotora ZK 112 M-2 [8] dijagrami brojeva obrtaja, za iste izmenljive zupčanike su prikazani na slici 4a i 4b.

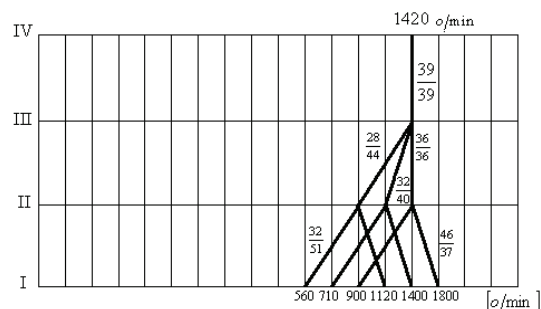


a)

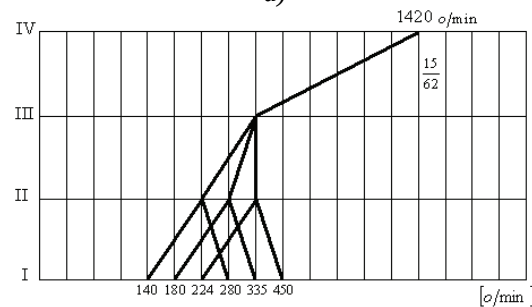


b)

Slika 2a, b. Dijagrami brojeva obrtaja za broj obrtaja elektromotora $n_m = 910 [o/min]$

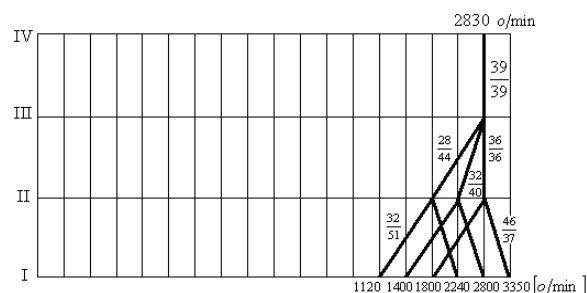


a)



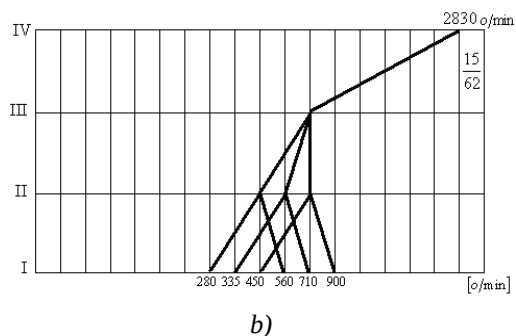
b)

Slika 3a, b. Dijagrami brojeva obrtaja za broj obrtaja elektromotora $n_M = 1420 [o/min]$



a)

Slika 4 a,b. Dijagrami brojeva obrtaja za broj obrtaja elektromotora $n_M = 2830 [o/min]$



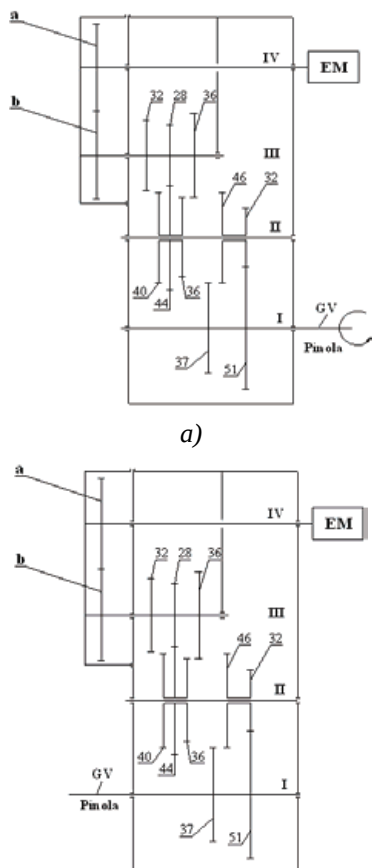
Slika 4. Nastavak

Manji brojevi obrtaja namenjeni su za rezanje navoja ureznicama i nareznicama, dok veći služe za ostale operacije obrade koje se izvode rotacionim alatima.

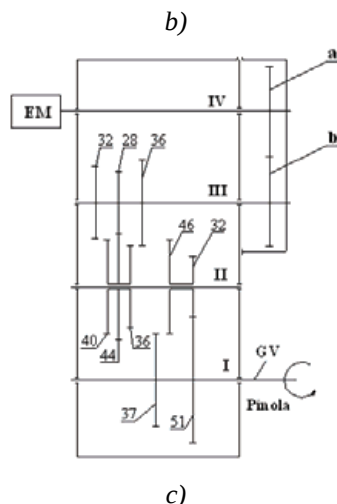
2.2.2. Kinematska šema prenosnika

Na slici 5 a,b,c prikazane su neke varijante kinematskih šema prenosnika prema dijagramima brojeva obrtaja prikazanim na slici 2a, 3a i 4a, koje omogućuju realizaciju glavnog obrtnog kretanja glavnog vretena ("GV"). Pogonsko-prenosna struktura za glavno kretanje pomoću elektromotora ("EM") omogućuje izbor potrebnog broja obrtaja glavnog vretena. Drugi i treći deo ovih prenosnika je ustvari tro- odnosno dvobrzinski elementarni prenosnik na bazi odgovarajućih grupa pomerljivih zupčanika, dok je prvi stepen jedan reduktor sa izmenljivim zupčanicima "a" i "b".

Šeme a, b i c na slici 5. razlikuju se po polažaju elektromotora, pinole i izmenljivih zupčanika "a" i "b". Prethodno uslovljava različita konstrukciona rešenja vratila III i IV.



Slika 5 a,b,c. Kinematska šema prenosnika za glavno kretanje (a = 39, b = 39)



Slika 5 Nastavak

3. MODELIRANJE PRENOSNIKA ZA GLAVNO KRETANJE

Proces modeliranja detaljno prikazuje razvoj proizvoda od prvobitne ideje do definisanja podloga za njegovu proizvodnju. Radi ispunjenja svih zahteva često su neophodne izmene u konstrukciji. Za podršku takvih izmena može se koristiti parametarsko modeliranje.

Postupci modeliranja odnosno oblikovanja baziraju se najčešće na jednostavnim geometrijskim elementima. Takav pristup vrlo često ne daje dovoljnu predstavu o samoj konstrukciji. Vrlo često konstruktor ima potrebu da razmišlja o samoj funkciji proizvoda i postupcima njegove izrade. Računarska nadogradnja ovakvog pristupa poznata je kao *Feature* (osnovni geometrijski modelski oblici) što omogućava fleksibilniji rad u procesu razvoja proizvoda [2]. Savremeni programski sistemi omogućavaju modeliranje konstrukcionih rešenja na ovom principu.

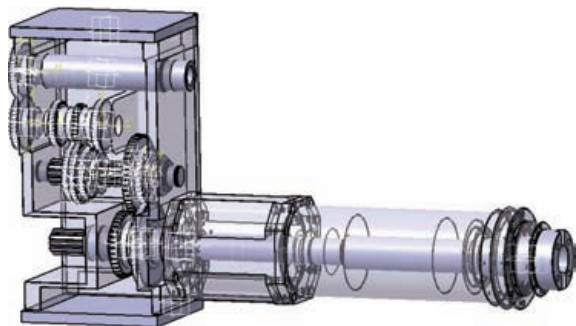
Postoje tri pristupa pri kreiranju modela sklopa. Svaki od njih ima svoje prednosti i mane [1]:

- od predhodno nezavisno modeliranih pojedinačnih delova ("Bottom-Up")
- stvaranjem i ograničavanjem komponenti u kontekstu sklopa ("Top-Down"), i
- kombinovano.

"Bottom-Up" pristup je najčešći i najviše podseća na tehnološki postupak montaže. Suština se ogleda u zasebnom modeliranju delova i njihovom naknadnom komponovanju u sklop. Pri tome se pokreće novi "prazan" dokument sklopa, a komponente se jedna po jedna, pozicioniraju i orijentišu u prostoru i međusobno. Prva komponenta sklopa naziva se osnovna ili bazna. U odnosu na nju montiraju se sve ostale.

"Top-Down" pristup povezuje principe inženjerstva sa principima konstruisanja. Organizacija i raspored elemenata sklopa čine osnovu za dalju razradu i proces modeliranja. Zato prva faza u "Top-Down" pristupu podrazumeva kreiranje opšte šeme rasporeda komponenata sklopa. Takvom šemom, koja u suštini predstavlja skeletni model sklopa, definisane su komponente u kontekstu sklopa.

Na slici 6 prikazan je model sklopa prenosnika za glavno kretanje kreiran na osnovu kinematske šeme prikazane na slici 5a.



Slika 6. Sklop prenosnika za glavno kretanje

3.1. Kreiranje mehanizma u okruženju *Digital Mockup*

Programska celina programskog sistema CATIA, pod nazivom *Digital Mockup*, sadrži modul *DMU Kinematics*, koji omogućava simulaciju rada mehanizama. Da bi se realizovala simulacija rada prenosnika za glavno kretanje mašina alatki, primenom ovog modula je neophodno prvo definisati odgovarajuća ograničenja između elemenata sklopa i zakonitosti prenosa kretanja na zupčastim spojevima, a zatim i pogonski element kome se dodeljuju brzina i smer rotacije. Nakon definisanja svih relevantnih parametara je moguće izvršiti simulaciju rada prenosnika i izvršiti njegovu analizu sa stanovišta mogućnosti nastanka kolizije i definisanja kinematskih veličina.

4. ZAKLJUČAK

Definisanje koncipiranje proizvoda je izuzetno kompleksan proces. Sami proizvodi moraju da ispune mnogobrojne zahteve, koji u celini često ne mogu da se obuhvate. Zbog toga se nameće potreba poznavanja faze projektovanja konceptnog rešenja koja se sastoje od više aktivnosti.

Elementi prenosnika za glavno kretanje koji su modelirani u programskom sistemu CATIA V5, odnosno u modulu za zapreminsko modeliranje (*Mechanical Design*) bazirani su na skicama (*Sketch – based features*), ili unapred definisane topologije (*dress – up features*). Za manipulisanje ovim elementima i za struktuiranje modela (*Transform Features*) takođe je raspoloživo više alata. Ovakav pristup modeliranja omogućuje veliku fleksibilnost u procesu projektovanja.

Ugradnja fleksibilnosti u model je ključno za uspešno izvođenje promena na modelu. Fleksibilnost olakšava upravljanje postojećih elementa u bilo kom trenutku modeliranja. Kombinovanjem strategije fleksibilnosti sa tehnikama kao što je primena parametara, formula i stepena asocijativnosti, omogućava dobijanje složene geometrije kao što je evolventa zupčanika.

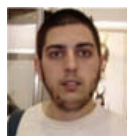
Modul za kreiranje sklopova podržava i top-down i bottom-up pristup modeliranja. Komponente mogu ali i ne moraju biti ograničene da bi sklop bio kompletan. Programski sistem CATIA pruža punu paletu ograničenja na nivou sklopa, koja je neophodna za kasnije kreiranje mehanizma i simulacije.

Prednosti ovakvog načina projektovanja su smanjenje ukupnog vremena i troškova razvoja proizvoda, a primena računarske simulacije je mnogo jeftinija i brža nego izrada fizičkog prototipa i njegovo testiranje.

5. LITERATURA

- [1] Davedžić, G.: CAD/CAM tehnologije, Univerzitet u Kragujevcu, Mašinski fakultet u Kragujevcu, 2009.
- [2] Miltenović, V.: Razvoj proizvoda, Univerzitet u Nišu, Mašinski fakultet, Niš, 2003.
- [3] Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, J., Grote, K.H.: Engineering design, Springer, Verlag London, 2007.
- [4] Rekecki, J., Zeljković, M., Rajšli, Z., Borojev, Lj., Novaković, D., Gatalo, R.: Razvoj modularne konstrukcije kružnog fleksibilnog sistema za obradu rotacionim alatima, elaborat projekta, I faza, Fakultet tehničkih nauka, Institut za proizvodno mašinstvo, Novi Sad, 1989.
- [5] Rekecki, J., Zeljković, M., Rajšli, Z., Borojev, Lj., Novaković, D., Gatalo, R.: Razvoj modularne konstrukcije kružnog fleksibilnog sistema za obradu rotacionim alatima, elaborat projekta, II faza, Fakultet tehničkih nauka, Institut za proizvodno mašinstvo, Novi Sad, 1991.
- [6] Zamani, G.N., Weaver, M.J.: CATIA V5 - Dizajn mehanizama i njihova animacija, Kompjuter biblioteka, Čačak, 2006.
- [7] Zeljković, M., Borojev, Lj.: Projektovanje mašina alatki i savremeni prilazi u projektovanju proizvoda, autorizovana predavanja, Fakultet tehnički nauka, Novi Sad, 2007/2008.
- [8] Katalog elektromotora, Sever

Kratka biografija:



Vladimir Gavrilov rođen je u Kikindi 1985. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Proizvodnog mašinstva iz predmeta Računarom integrisana proizvodnja (CIM), odbranio je 2009.god.



Milan Zeljković, dipl. mašinski inženjer doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 1996. god. U zvanje redovni profesor je izabran 2007.godine. Naučna oblast proizvodno mašinstvo, a uža naučna oblast mašine alatke, fleksibilni tehnološki sistemi i automatizacija postupaka projektovanja.



Slobodan Tabaković, dipl. mašinski inženjer doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 2008. god. U zvanje docent je izabran 2008.godine. Naučna oblast proizvodno mašinstvo, a uža naučna oblast mašine alatke, fleksibilni tehnološki sistemi i automatizacija postupaka projektovanja.

**PROJEKTOVANJE TEHNOLOGIJE I KONSTRUKCIJA ALATA
ZA IZRADU PVC POKLOPCA KUTIJE OD ROLETNE****TECHNOLOGY DESIGN AND INJECTION MOLD CONSTRUCTION FOR
PVC BOX COVER**Endre Đeri, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – MAŠINSTVO**

Kratak sadržaj – Ovaj diplomski - master rad, treba da dokaže da se autor tokom studija upoznao sa tehnologijama izrade plastičnih proizvoda a posebno tehnologijom injekcionog presovanja i sa procesom konstruisanja alata za injekciono presovanje. U ovom je radu detaljno razmatrana tehnologija injekcionog presovanja i konstruisan je kalup za injekciono presovanje PVC poklopca. Izabrana je odgovarajuća mašina za ovaj proces.

Abstract – This master work has to prove that the author during the studies got acquainted with the technologies of plastic design, especially with injection molding and injection molding tool design. In this work the projection of injection molding technology and injection mold design have done. Also the suitable machine for this process has chosen.

Ključne reči: tehnologije oblikovanja plastike, injekciono presovanje, kalupi za injekciono presovanje

Key words: technology of plastic design, injection molding, injection molds

1. UVOD

Polimerni materijali imaju širok spektar karakteristika i mogućnost kombinovanja osobina raznih vrsta polimera što doprinosi sve većoj primeni u oblastima privrede i svakodnevnom životu stanovništva. Neke industrijske grane kao što su npr. elektronska industrija, industrija automobila, proizvodnja tehničkih uređaja imaju relativno veliku primenu polimernih materijala.

Polimerima se nazivaju jedinjenja koja se sastoje iz atomskih grupa (merova) koji se ponavljaju, a koje su hemijskim vezama (kovalentnim) vezane u lanac i sadrže velike molekule pretežno formirane od ugljenika i vodonika.

Mnoštvo postupaka proizvodnje polimernih proizvoda može se sistematizovati prema raznim kriterijumima.

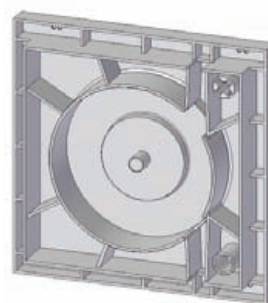
Osnovne metode kojima se najčešće prerađuju polimerni materijali u gotove proizvode su: ekstrudiranje, injekciono presovanje, oblikovanje duvanjem i ostali postupci prerade. Izrada mašinskih elemenata kao i proizvoda za široku potrošnju od polimernih materijala injekcionim presovanjem, ekstrudiranjem ili duvanjem je vrlo pogodna i ekonomična.

NAPOMENA:

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

2. KONSTRUKCIJA PLASTIČNOG POKLOPCA

Plastični proizvod, odnosno bočni PVC poklopac (slika 1.) je sastavni element PVC kutije sa osnovnim mehanizmima za podizanje i spuštanje roletni. Osnovna namena proizvoda jeste kao poklopac i kao element na koji se dograđuju drugi elementi mehanizma.



Slika 1. PVC poklopac

Elementi koji se dograđuju poklopcu su: kuglični ležaj, PVC završetak na osovinici, PVC osovina, doboš za namotavanje rolo – trake i opruga za ručno podizanje i spuštanje roletne. U drugoj koncepciji kada se roletna podiže električno, dodaje se elektromotor umesto doboša. Što se tiče ugradnje, celokupna kutija sa svim mehanizmima nalazi se iznad prozora ugrađen u zid.

2.1. Osvrt na konstrukciju i funkcionalnost

Dobro konstruisan proizvod treba pre svega da bude funkcionalan, da zadovoljava estetske zahteve, ekonomičnost proizvodnje, zahteve tržišta, da bude što više prilagođen psihofizičkim zahtevima čoveka kao krajnjeg korisnika proizvoda. U ovom slučaju gde je reč o plastičnom proizvodu, čija namena je prethodno objašnjena, može se zaključiti da je dizajn odnosno estetski izgled potpuno podvrgnut funkcionalnosti. Ono što treba istaći da oblik otpreska, koji se proizvodi injekcionim presovanjem, treba projektovati tako da se lako može vaditi iz alata. To najčešće podrazumeva dodavanje nagiba od nekoliko stepeni (tzv. tehnoloških nagiba) i zaobljene odnosno oborene ivice. Moguće su i neke posebne modifikacije kod složenih otpresaka. Na proizvodu se nalaze rebra za ojačavanje, koja služe da bi ojačali proizvod (dobili potrebnu krutost), nagibi i oborene ivice služe da bi pri izradi proizvoda olakšalo vađenje plastike iz kalupa. Dakle ovi detalji su projektovani iz funkcionalnih razloga odnosno zbog tehničke izvodljivosti pri proizvodnji.

2.2. Izbor termoplasta za izradu poklopca

Da bi se odabrao optimalan polimer za određenu primenu potrebno je imati informacije o uslovima eksploatacije i

primene predmeta koji bi se radio od polimera. Kod analize podataka karakteristika polimera iz priručnika i specifikacija proizvođača obično nije dovoljan kriterijum za ocenu vrednosti plastomera za neku primenu. Za optimalnu ocenu su pored ovakve analize potrebne i tehničke procene, iskustvo a često i eksperimentalne provere u direktnoj primeni. Poklopac koji je tema ovog rada izrađen je od polivinil-hlorida (PVC), ovaj polimer izabran je na osnovu prethodno opisanih kriterijuma.

PVC je jedan od najrasprostranjenijih polimera, materijal sa vrlo širokim područjem primene. Takođe je uverljivo prvi po količini ukupno proizvedenih finalnih proizvoda. Ima odličnu otpornost na vodu, hemikalije, habanje, ima neograničenu mogućnost bojenja, otpornost na atmosferske uticaje i može se koristiti kao izolator.

3. TEHNOLOGIJA IZRADE PVC POKLOPCA

Plastični poklopac izrađuje se tehnologijom injekcionog presovanja. Ova tehnologija predstavlja adekvatno rešenje za proizvodnju ovog predmeta i izabrana je na osnovu konstrukcije poklopca, složenosti površina i gabaritnih dimenzija proizvoda.

3.1 Definicija injekcionog presovanja

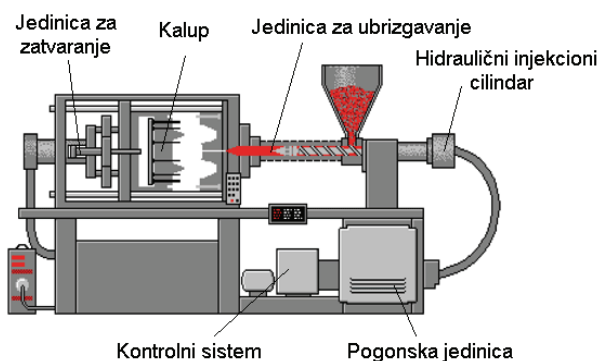
Injekciono presovanje predstavlja jedan od najrasprostranjenijih postupaka prerade polimera.

Može se definisati kao postupak prerade brzim ubrizgavanjem plastomernog rastopa u temperiranu kalupnu šupljinu i ujedno očvršćavanje u željeni oblik proizvoda, otpreska.

Najveću prednost ovog postupka predstavlja mogućnost da dimenzije otpreska možemo unapred odrediti primenom određenih zakonitosti koje važe za dobijanje gotovih otpresaka injekcionim presovanjem.

Osnovna funkcionalna šema mašine za injekciono presovanje može se videti na slici 2. Svaki sistem za injekciono presovanje sastoji se od četiri jedinice:

- Jedinica za zatvaranje kalupa
- Jedinica za ubrizgavanje
- Kalup (alat) za injekciono presovanje
- Pogonske i upravljačke jedinice



Slika 2. Sistem za injekciono presovanje

3.2 Analiza ciklusa injekcionog presovanja

Radni ciklus injekcionog presovanja podrazumeva vreme potrebno za izradu jednog otpreska ili više ukoliko je kalupna šupljina sa više gnezda. Ciklus počinje sa zatvaranjem alata odnosno kada se pomični deo alata počne približavati nepomičnom delu i ciklus se završava izbacivanjem otpreska.

3.3 Tipični problemi pri brizganju plastike

Problemi koji se mogu javiti tokom brizganja plastike mogu se primetiti na finalnom proizvodu, međutim problemi se ne vide sve do poslednje faze procesa. Rešavanje tih problema obuhvata analizu čitavog niza faktora što podrazumeva analizu konstrukcije proizvoda, materijala, konstrukcije kalupa, parametra procesa brizganja, itd. Problemi koji se najčešće javljaju su sledeći:

- Dimenzioni problemi – odnose se na skupljanje materijala.
- Linije stapanja – pojavljuju se na mestima gde se sreću dva toka plastike.
- Pojava mehurova i plikova – uzrok je nedovoljan pritisak u alatu tokom očvršćavanja otpreska.
- Izgoretine – prouzrokovane je nedovoljnom veličinom otvora za odvođenje vazduha iz alata.
- Pojava pruga na otpresku – najčešći uzroci su previsoka temperatura plastike i pojava vlage.
- Nedovoljno napunjen kalup – tipičan je za delove udaljene od ulaza rastopa.
- Nabori – pojava nabora javlja se kada tok plastike nekontrolisano krene da teče u kalup i dolazi u kontakt sa zidom kalupa.
- Izlivanje materijala – izlivanje se javlja na ivicama otpreska ili na delovima ivica.

4. PRORAČUN PARAMETARA I DEFINISANJE REŽIMA OBRADE

U ovom delu opisani su osnovni parametri koji se podešavaju na mašini za injekciono presovanje prilikom uvođenja novog proizvoda u proces brizganja.

4.1. Potrebna količina sirovine po ciklusu

Podrazumeva količinu plastike koja je potrebna za formiranje finalnog proizvoda, teoretska vrednost:

$$V_{th} = \frac{mn}{\rho} \quad (1)$$

Gde su:

$V_{th} [m^3]$ – teoretska zapremina po ciklusu

$m [kg]$ – teoretska masa polimera

n – broj gnezda u kalupnoj šupljini

$\rho [kg/m^3]$ – gustina polimera

Određivanje potrebne količine materijala po jednom ciklusu uzimanjem u obzir gubitaka koji se javljaju u ulivnim kanalima, odvodnim kanalima i zbog skupljanja materijala:

$$V_{st} = \frac{V_{th}}{M} \quad (2)$$

Gde su:

$V_{st} [m^3]$ – stvarna zapremina plastike po ciklusu brizganja

$M = 0,2...0,8$ – koeficijent povećanja zapremine, zavisi od preciznosti brizganja

4.2. Brzina obrtanja pužnog vijka

Brzina obrtanja pužnog vijka nakon određivanja obimne brzine (v_c) izračunava se:

$$n_v = \frac{v_c}{d_v \pi} \quad (3)$$

Za svaku mašinu poznat je prečnik pužnog vijka (d_v), na osnovu čega se iz tabele određuje brzina na obimu puža (v_c), koja varira od vrste polimera.

4.3. Sila za zatvaranje i otvaranje alata

Sila za zatvaranje je sila koja se mora ostvariti da bi alat ostao zatvoren tokom delovanja pritiska ubrizgavanja plastike. Sila otvaranja je manja od sile zatvaranja i treba da savlada otpore trenja i otpore kalupa zbog prisustva obratka u šupljini. Određuje se:

$$F_z = A k \quad (4)$$

Gde su:

F_z [N] – sila zatvaranja

A [m²] – površina projekcije gnezda

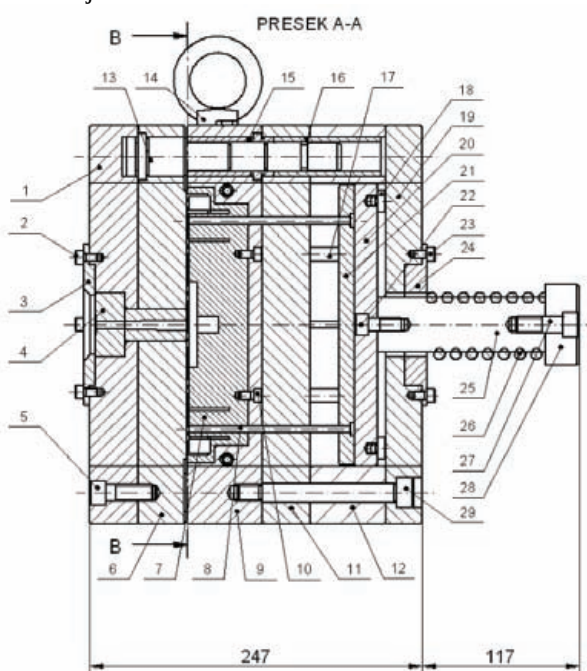
k [MN/m²] – koeficijent materijala

5. KONSTRUKCIJA ALATA ZA IZRADU PVC POKLOPCA

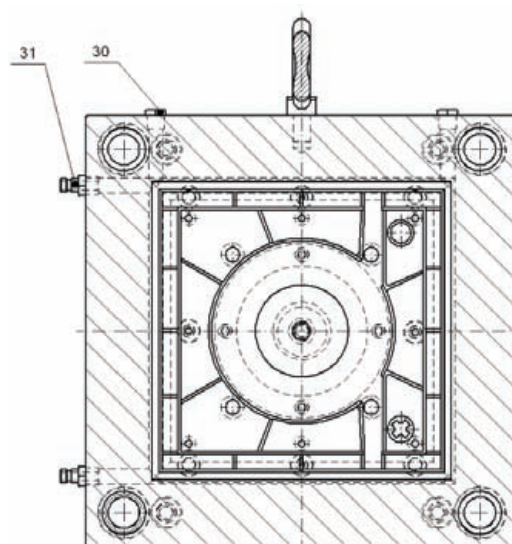
Alat odnosno kalup je sastavni element sistema za injeksiono presovanje i uglavnom služi za izradu jedne vrste proizvoda. Ima zadatak da formira proizvod. Delovi alata su standardizovani, međutim svaki alat se razlikuje u zavisnosti od proizvoda koji se izrađuje sa datim alatom.

5.1. Kalup za injeksiono presovanje PVC poklopca

Rešenje konstrukcije alata za izradu PVC poklopca koji je ranije prikazan, može se videti na slici 3. Alat je izrađen sa jednom podeonom ravni i sa jednom kalupnom šupljinom. Primenjeno je direktno (centralno) ubrizgavanje u kalupnu šupljinu. Za izbacivanje otpreska koriste se igličasti izbacivači (8) i (17). Preciznost vođenja izbacivača postiže se pomoću gornjeg dela izbacivačke ploče (20) koji klizi na unutrašnjoj površini distantne letve (15) čija površina je brušena sa sklopom tolerancije H7/f6.



Slika 3. Preseci kalupa za injeksiono presovanje PVC poklopca



PRESEK B-B
Slika 3. Nastavak

Za preciznost vođenja potrebno je obezbediti veliku preciznost spajanja svih ploča kalupa. Povratak izbacivača u početnu poziciju postiže se pomoću opruge (26). Formiranje otpreska vrši se u nepokretnoj ploči (6) i u gnezdu (7). Nema potrebe za primenu jezgra pošto cela gravura otpreska (negativ) izrađena je u gnezdu koja je smeštena u ploči, odnosno nosaču gnezda.

Hlađenje otpreska postiže se pomoću vode koja cirkuliše u otvorima koji su izbušeni na ploči sa gnezdom (9).

Na alatu se nalazi transportna kuka (14) koji služi da bi se alat lakše postavio na mašinu.

Na slici 3. pozicije alata su sledeće:

1 - osnovna nepokretna ploča, 2 - vijak M6x10 (4x), 3 - prsten za centriranje, 4 - ulivna čaura, 5 - vijak M12x35 (4x), 6 - nepokretna kokila, 7 - gnezdo, 8 - igličasti izbacivač 3x120 (8x), 9 - nosač gnezda, 10 - vijak M6x10 (4x), 11 - međuploča, 12 - distantna letva, 13 - stubna vodica, 14 - transportna kuka, 15 - čaura za vođenje (4x), 16 - čaura za centriranje (4x), 17 - igličasti izbacivač 10x120 (4x), 18 - odstojna pločica (4x), 19 - osnovna pokretna ploča, 20 - gornji deo izbacivačke ploče, 21 - donji deo izbacivačke ploče, 22 - vijak M10x25, 23 - vijak M6x10 (4x), 24 - ploča za centriranje alata, 25 - udarač, 26 - opruga, 27 - vijak M12x18, 28 - vrh udarača, 29 - vijak M14x120, 30 - zaptivni čep (2x), 31 - priključak za vodu (2x).

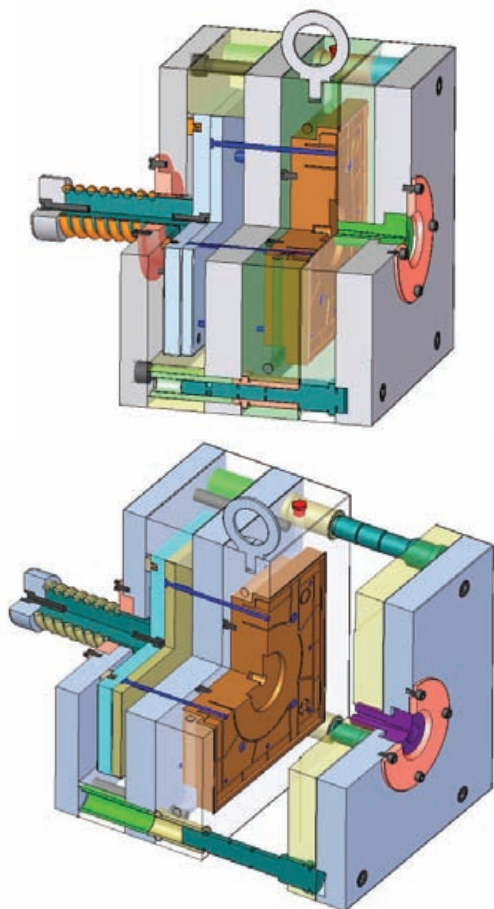
6. IZBOR MAŠINE ZA INJEKCIJONO PRESOVANJE PVC POKLOPCA

Izabrana mašina treba da zadovolji adekvatne parametre vezane za brizganje PVC poklopca. Podaci koji imaju prioritet pri odabiru adekvatne mašine za brizganje plastičnog proizvoda su:

- Sila zatvaranja kalupa
- Dimenzije ploče nosača alata
- Razmak između vodica mašine
- Maksimalna masa ubrizgavanja plastike u gramima za PVC

Izabrana je mašina Allrounder 470C 1300 - 800 proizvođača Arburg. Mašina može da ostvari dovoljan pritisak ubrizgavanja potrebnog za brizganje PVC otpreska čija

težina iznosi 200 g. Razmak između vodiča je 470 mm a dimenzija nosača kalupa je 728 x 728 mm i ovi podaci zadovoljavaju kriterijume potrebne za brizganje PVC poklopca.



Slika 4. 3D prikaz zatvorenog i otvorenog alata za izradu PVC poklopca

7. ZAKLJUČAK

U ovom radu opisan je proces izrade plastičnog proizvoda i to od konstrukcije predmeta, odabira tehnologije za proizvodnju, konstrukcije kalupa za injeksiono presovanje datog predmeta do izbora mašine za izradu otpreska. Tokom konstrukcije kalupa suština je bila na tome da se izabere najracionalnije rešenje sa jednostavnim elementima koji zadovoljavaju uslove za dobijanje kvalitetnog proizvoda. Ovim radom nije obuhvaćena tema reciklaže plastike ali pošto se radi o plastičnom proizvodu treba napomenuti potrebu za reciklažom finalnog proizvoda kao i ostalih elemenata pri proizvodnji, koji imaju štetan uticaj na životnu sredinu.

8. LITERATURA

- [1] Igor Čatić: Uvod u proizvodnju polimernih tvorevina, Zagreb
- [2] Dragiša Vilotić: Skripta – Tehnologije oblikovanja plastike, Novi Sad 2006
- [3] Katarina Gerić: Skripta – Svojstva plastičnih materijala, Novi Sad 2006
- [4] Boško Perošević: Kalupi za injeksiono presovanje, Beograd 1995
- [5] Dragiša Vilotić: Skripta – Mašine za injeksiono presovanje, Novi Sad 2006
- [6] F. Johannaber: Injection molding machines; A User's Guide, 1994
- [7] Velimir Todić: Skripta – Tehnologije izrade alata za plastiku, Novi sad 2007
- [8] Miroslav Plančak: Skripta – Alati za injeksiono presovanje, Novi Sad 2006

Kratka biografija:



Endre Đeri rođen je u Pančevu 1983. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Proizvodno mašinstvo – Tehnologije oblikovanja plastike odbranio je 2010.god.

PRINCIPI ZAŠTITE ELEKTROMOTORA U ELEKTROMOTORNIM POGONIMA

PRINCIPLE OF PROTECTION OF ELECTRIC MOTORS IN THE ELECTRIC MOTOR DRIVE

Predrag Glišović, Veran Vasić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu razmatrana su relevantna neželjena pogonska stanja u kojima se može naći niskonaponski motor u toku svoga rada. Razmotren je uzrok njihovog nastanka, njihovi štetni efekti po motor, kao i zaštitni elementi koji su adekvatni za rešavanje datog problema.

Abstract – This paper describes relevant unwanted driving conditions of low-voltage motor during his work. Also here are described the causes of this conditions, their harmful effects, and protection equipment which are adequate for solving this problem.

Ključne reči: Zaštita elektromotornog pogona, bimetal, Prekostrujna zaštita, Podnaponska zaštita.

Keywords: Protection of electric motor drive, overload, overcurrent protection, low-voltage protection

1. UVOD

Kako je svaki prirodni sistem izložen poremećajima, tako i kod elektromotornih pogona može doći do neželjenih stanja koji mogu direktno ugroziti bezbednost osoba ili oštećenjem određenih elemenata pogona ugroziti proizvodni proces a električnu mrežu, kao izvor napajanja, izložiti povećanim opterećenjima. Budući da se poremećaji i vreme njihovog nastupanja ne mogu predvideti, a neminovno se javljaju, radi sprečavanja većih šteta i povećanja sigurnosti predviđena je odgovarajuća zaštita, koja samostalno deluje pri nastanku neželjenih stanja.

U ovom tekstu je obrađena zaštita elektromotornog pogona u najužem smislu te reči, dakle, samo zaštita elektromotora i to od oštećenja ili uništenja u pogonskim stanjima koji mogu nastati iz različitih razloga.

2. PODELA POREMEĆAJA – NEŽELJENIH NAPONSKIH STANJA

U samom radnom mehanizmu, zbog različitih okolnosti, mogu nastupiti preopterećenja i dovesti motor u stanje kad naglo troši svoj životni vek ili preti da će u kratkom vremenu uništiti izolaciju vlastitih namota. Izvor opasnosti može biti i napojna mreža, gde zbog vrlo visokog ili vrlo niskog napona u nekim vrstama motora mogu nastati znatna strujna preopterećenja, a ponekad su izvor različitih opasnosti i neke prelazne pojave u mreži. Znatnije dodatne gubitke u motoru mogu izazvati i znatnija odsupanja naizmeničnog napona od sinusoidnog oblika.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Veran Vasić, vanred.prof.

Mehanička oštećenja izolacije namota mogu nastati zbog ulaska oštih mehaničkih tela u motor, čestica ili vodene prašine s rashladnim vazduhom, a mogu nastati i zbog vibracija koje potiču od radnog mehanizma. Sve gore navedene pojave mogu izazvati probij izolacije na nekim mestima, pa treba zaštititi motor da se kvar ne bi dalje raširio. Zaštita je najčešće koncipirana tako da prilagodi pogon novim uslovima ili da ga isključi sa mreže pre nego što nastanu štete na izolaciji.

Ako se gore navedeni poremećaji posmatraju zavisno od mesta nastanka opasnog stanja, odnosno, ako se napravi podela prema poretku poremećaja, zaključuje se da oni mogu biti unutrašnji i spoljašnji [1].

Unutrašnji poremećaj kod motora predstavlja kratak spoj i prekid faza, a u grupu spoljašnjih poremećaja spadaju: smetnje koje potiču od izvora napajanja, smetnje koje su izazavane delovanjem okoline i tehnološke sredine i smetnje koje potiču od radne mašine.

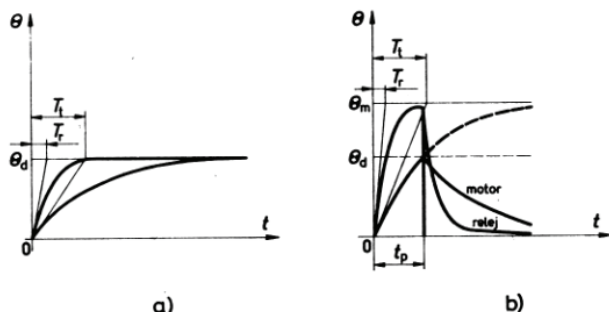
3. TERMIČKA I TEMPERATURN ZAŠTITA

Glavni zadatak termičke zaštite jeste zaštita motora od nedozvoljenog zagrevanja nastalog zbog preopterećenja. Kod jednostavnijih varijanti termičke zaštite, informacija o razvijenoj toploti u motoru dolazi preko struje napajanja. Nazivna struja napajanja zagreva motor ispod dozvoljene temperature i zaštita ne reaguje. Prekoračenje nazivne struje u dovoljno dugom vremenskom periodu uzrokuje delovanje zaštite. Naravno da povećanje temperature motora zbog poremećaja u strujanju rashladnog medija kod nezavisno hlađenih motora, ili zbog smanjene brzine obrtanja kod zavisno hlađenih motora sa konstantnim momentom opterećenja, ovaj vid termičke zaštite ne može identifikovati jer struja ostaje u dozvoljenim granicama. Termička zaštita koja direktno reaguje na temperaturu zove se temperaturna.

Temperaturna zaštita zasniva svoje delovanje na stvarnoj temperaturi štićenog objekta i u tome je ključna razlika. Iz naslova bi se moglo pogrešno zaključiti da se i bimetalni releji mogu uvrstiti u temperaturnu zaštitu jer deluju na toplotnom principu. Ali oni "mere" vlastitu temperaturu izazvanu strujom koja protiče kroz njih, a ne temperaturu štićenog objekta, namota elektromotora, pa im je delovanje zavisno od struje, kao da deluju na strujnom principu. Dakle elektromotorni pogoni sa čestim dinamičkim stanjima uspešno se štite samo takvom zaštitom koja direktno reaguje na temperaturu namota.

U opštim dinamičkim stanjima bimetalni relej se pokazao neprikladnim zbog velike razlike toplotnih vremenskih konstanti releja T_r i motora T_t . Konstanta T_r je mnogo puta manja od konstante T_t . Pojave će se u principu odigrati prema slici 1., mada je na njoj zbog vidljivosti

pretpostavljeno da je $T_t \approx 4T_r$ a u stvarnosti je taj odnos mnogo veći. Pri opterećenju nazivnim teretom u trajnom radu (slika.1.a) relej će se doduše brže zagrijati, ali će konačno imati temperaturu θ_d koja odgovara dopuštenom zagrevanju motora θ_d . Za kratkotrajni pogon u trajanju t_p na slici 1.b), koji zapravo još i nije pravo dinamičko stanje, relej će se znatno brže grejati od motora i nepotrebno će prerano isključiti.



Slika 1. Razlika u vremenskom toku zagrevanja releja i motora: a) za nominalno konstantno opterećenje; b) za kratkotrajna opterećenja - oba sa početkom pojave iz hladnog stanja

Prednost elektronskih releja se ogleda u tome da su otporniji na rad u agresivnim sredinama od bimetalnih releja koji su zbog posedovanja dve metalne trake skloniji koroziji. Takođe su elektronski releji i tačniji od bimetalnih zasnovanih na mehaničkom principu. Prednost se ogleda i dugotrajnosti jer se kod bimetalnih releja menja karakteristika tokom vremena i pokazuju histerezis.

4. PRINCIPI IZBORA ZAŠTITNE OPREME OD STRUJE KRATKOG SPOJA I PREOPTEREĆENJA

Za zaštitu niskonaponskih motora od kratkih spojeva koriste se:

- osigurači,
- automatski zaštitni prekidači (tipa G ili D), odnosno motorne zaštitne sklopke.

Struje pri puštanju u rad, bilo asinhronih ili sinhronih motora pri punom naponu, variraju između vrednosti 5 do 10 puta veće od nazivne struje, zavisno od veličine, broja pari polova i drugih zahteva. Faktor snage pod uslovom puštanja u rad sa ukočenim rotorom može da varira od 25% do 50%. Za približna računanja može se uzeti da je struja puštanja 6 puta veća od nazivne pri 35% faktoru snage. Tamo gde se mogu očekivati veća odstupanja od ovih vrednosti, trebalo bi upotrebljavati uvek posebne podatke kada su raspoloživi.

Pri izboru osigurača i automatskih prekidača u elektromotornim pogonima, ne uzimaju se u obzir navedene prekomerne struje pri puštanju motora u rad. U praksi se koriste sledeća pravila:

- Ako se koriste tromi osigurači, za direktno puštanje motora u rad, topljivi umeci treba da budu približno $(2-3) I_n$ za motore manjih snaga, odnosno približno $1,3 I_n$ za motore većih snaga (gde je I_n – nazivna struja motora). Pri

projektovanju kaveznih motora pomoću preklopke zvezda trougao odnosno drugih laganih zaleta, odgovaraju umeci $1,0 I_n$. Ako se koriste brzi osigurači (što se ne prporučuje), koriste se topljivi umeci za još jedan red viši.

- Ako se koriste automatski prekidači, nazivna struja automatskih prekidača treba da je približno $1,3 I_n$ (gde je I_n – nazivna struja motora).

Raspoloživost i životni vek motora veoma zavise od izbora odgovarajuće vrste zaštite od preopterećenja. Prema Pravilniku o tehničkim normativima za električne instalacije niskog napona ("Sl. List SFRJ", br. 2/1973) koji je van snage, osnovne zaštite motora od preopterećenja koje se koriste u praksi su:

- osigurači,
- automatski zaštitni prekidači (tipa G ili D), odnosno motorne zaštitne sklopke (sa bimetalnim okidačima),
- termistori (ili primarna termička zaštita).

U posebnim slučajevima, tj. teškim uslovima prekidanja nije moguće dati opšta pravila, već se moraju konstatovati proizvođači opreme.

Osigurači koji se koriste kao prekostrujna zaštita za opremu i vodove, nisu efikasna zaštita za motore od preopterećenja. Odgovarajuća zaštita od preopterećenja postiže se pomoću motornih zaštitnih sklopki (sa bimetalnim okidačima) i termistorima. Motorne zaštitne sklopke sa bimetalnim okidačima imaju inverznu karakteristiku vremestruja. Pod teškim uslovima zaletanja, bimetalni okidači bi isključili još za vreme trajanja zaleta, što se odgovarajućim podešavanjem može izbeći primenom vremenskih releja. Prednost motornih zaštitnih sklopki se ogleda u tome što sadrže elektromagnetni okidač za zaštitu od kratkih spojeva.

5.SMETNJE KOJE POTIČU IZ NAPOJNE MREŽE

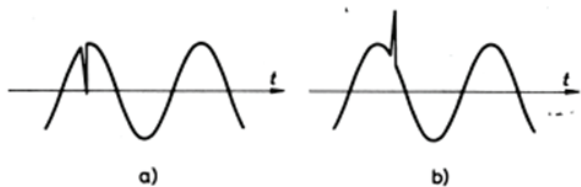
Smetnje iz napojne mreže javljaju se kao posledica činjenice da nijedan sistem u praksi nije idealan.

Oblik napona u naizmeničnoj mreži redovno odstupa od sinusnoga. Propisi dopuštaju samo neznatna odstupanja od sinusnog oblika, obično ne više od 5%, i taj se zahtev održava u većini mreža na strani višeg napona prenosa (visokonaponskoj strani) ili razvodu električne energije.

Na niskonaponskim stranama te, propisima dopuštene granice odstupanja, vrlo se često premašuju, a sadržaj viših harmonika zna biti i znatno veći. Tome je dobrim delom doprino i sve veći broj pogona napajanih statičkim pretvaračima napona i statičkim konvertorima frekvencije (uređajima energetske elektronike) koji uzrokuju pojavu obilja viših harmonika u mreži, i već se gotovo odomacio naziv da takvi pogoni „zagađuju“ mrežu. Naizmenični motori priključeni na takvu mrežu ne samo da gube na efikasnosti zbog pojave parazitnih momenata već se u njihovim namotima kao i u feromagnetnom jezgru pojavljuju dodatni gubici. Ukratko, motori se više zagrevaju. Budući da su efektivne struje motora u takvoj mreži samo neznatno povećane, to normalni prekostrujni ili bimetalni releji ne pružaju nikakvu zaštitu, pa ostaje jedino termička zaštita kojom se može uspešno štititi

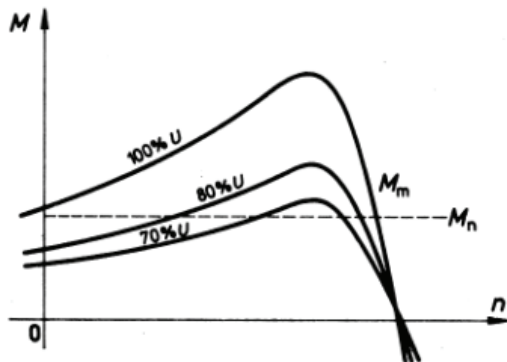
motor od uticaja prouzrokovanog jakim izobličenjima oblika napona u napojnoj mreži.

Protiv takvog delovanja nema zaštite koja bi bila dovoljno efikasna, već se u takvoj (slaboj) mreži moraju ukloniti uzroci (neadekvatno upravljanje, uključivanje, nesimetrija izvora napajanja itd.).



Slika 2. Snažni pad (a) ili porast (b) napona, flikeri, prolomi, kao rezonantne pojave u slabim naizmeničnim mrežama – principna skica

Za naizmenične mreže su propisima definisane vrednosti osnovnih parametara: visine napona i ustaljenosti frekvencije. Načelno su svi motori konstruisani da mogu trajno da izdrže učestana odstupanja parametara mreže. Propisi zahtevaju da motori bez štetnih posledica izdrže promenu frekvencije i priključenog napona u iznosu od nekoliko procenata, obično $\pm 5\%$ za napon i $\pm 1\%$ za frekvenciju; mada su pojedini propisi u pogledu frekvencije i znatno strožiji.



Slika 3. Momentne karakteristike asinhronog motora pri smanjenom pogonskom naponu

Stvarne promena frekvencije u pogonu su u suštini toliko male da i ne stvaraju probleme. Što se tiče napona, na visokonaponskoj strani transformatora prenosne mreže vrednost napon se održava na propisanoj visini, tačnije u zahtevanim granicama. Međutim, u distributivnoj mreži (na niskonaponskoj strani transformatora), obično je pad napona veći od dopuštenog. Problem je još izraženiji ako je razvod duži, odnosno ako je udaljenost od transformatora velika. Ova pojava je posebno učestala u mrežama nedovoljne snage, gde se mogu očekivati dugotrajna odstupanja napona od propisane vrednosti, što bi moglo biti veoma opasno za motore. Postoje dve mogućnosti. Prva je da napon bude znatno niži (70 - 80%) od nominalne vrednosti napona, a druga je da bude znatno viši (120 - 130%) od nominalne vrednosti napona. Prvi slučaj je znatno ne povoljniji po asinhronu motore. Na slici 3. je prikazana momentna karakteristika asinhronog motora. Sa nje se jasno vidi da će u slučaju sniženja napona na

motoru doći do pada brzine i stoga kao direktna posledica sniženja napona javiće se pad vrednosti fluksa.

Ako je motor opterećen konstantnim momentom opterećenja, pri sniženom naponu, odnosno fluksu, on će morati vući veću struju iz mreže da bi mogao razviti potrebni moment, dakle biće strujno preopterećen. Ne ulazeći dublje u ostale nepravilnosti, a to su da npr. ne može krenuti zbog premalog momenta ili može ispasti iz pogona kad mu prevadni moment padne ispod momenta opterećenja, vidi se da su termičke posledice jako sniženog napona jednake posledicama mehaničkog preopterećenja na osovini. Ako je, dakle, motor termički zaštićen od preopterećenja, onda ta zaštita u načelu služi i kao zaštita od priključenja na preniski napon. Ipak se često postavlja i podnaponska zaštita koja reaguje kad priključeni napon duže vreme ima prenisku vrednost. U drugom slučaju, onome sa previsokim naponom, asinhroni motori bi morali biti strujno rasterećeni, a nešto bi im se povećali gubici u gvožđu. Sa povećanjem napona narastao bi i fluks pa bi uz isti otporni moment trebala manja radna struja. Može se ipak dogoditi da kod jako zasićenih motora struja toliko poraste magnetizacije da ukupna struja u statoru ipak raste. To je npr. pojava kod sporohodnih motora manje snage, kojima je struja magnetizacije prirodno velika. Dakle, i u tom slučaju gde će se uporedo sa porastom napona povećati i struja, efikasno deluje zaštita od strujnog ili termičkog preopterećenja.

6. SMETNJE IZAZVANE DELOVANJEM SPOLJAŠNJE OKOLINE

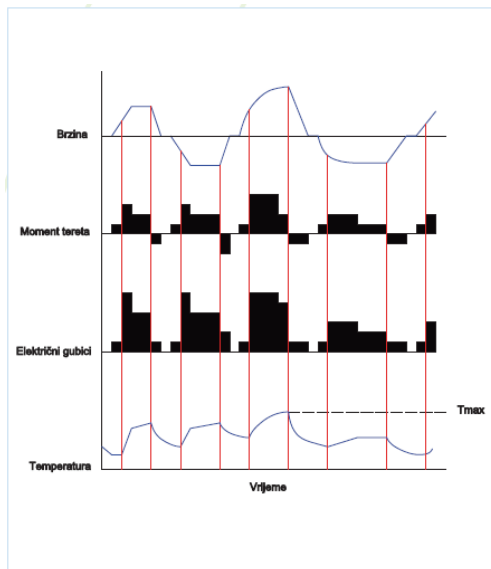
S obzirom na smeštaj elektromotornog pogona, na njegovu okolinu i karakter tehnološkog procesa koji on obavlja, moguće su takođe smetnje u pogonu motora. Pri tome se, govoreći o smeštaju, ne misli na nadmorsku visinu ili okolinu različite temperature, već se misli na smeštaj u okolini koja može promeniti način ili efikasnost hlađenja pogonskog elektromotora. U rudnicima, na transportnim trakama, u skladištima može se npr. prekriti motor slojem prašine ili čak delimično zatrpati. Za motore koji se hlade preko površine kućišta to je bitno pogoršanje uslova hlađenja. Zapršenim motorima raste pad temperature na prelasku sa površine motora na rashladni vazduh, a kod delimično zatrpanih smanjuje se efektivna rashladna površina. Stoga se motor više zagreva i obično pregrejava pri nazivnom a i manjem opterećenju. Jedina efikasna zaštita tada je temperaturna zaštita jer ostale ne reaguju adekvatno.

7. FREKVENTNI REGULATOR KAO ZAŠTITNI UREĐAJ

Razvoj mikroprocesorske tehnike i energetske elektronike doprineo je razvoju uređaja visokih performansi koji su rešili mnoge zahteve elektromotornog pogona za čije je izvedbe ranije bilo neophodno mnogo robusne tehnike koja je zauzimala ogroman prostor a imala značajno slabije mogućnosti. Tako su frekventni regulatori kao kompaktniji i jeftiniji uređaji dali mogućnost masovne automatizacije pogona i uveli niz pogodnosti u pogledu regulacije i upravljanja elektromotornim pogonima. Povećali su njihovu efikasnost, poboljšali proces, s uz to smanjili broj potrebnih elemenata za konačno rešenje pogona.

Frekventni regulator u sebi sadrži mnoge zaštitne funkcije, a najčešće prisutne zaštite su od: greške pomoćnog napajanja, strujnog preopterećenje, detekcija kratkog spoja, preopterećenje motora, zaštita od blokade rotora i zaštita od prevelike brzine, greške u komunikaciji (I/O nadzor), zemljospoja, ispada jedne faze, nadzora i upravljanje glavnim prekidačem, nadzora signala za nužno isključenje, eliminacije viših harmonika, itd.

Komponente pogona se štite i samom činjenicom da se upotrebom soft-starta (laganog zaleta) smanjuju i struje pokretanja, odnosno kao direktna posledica toga smanjuju su dinamičke sile i momenti, a shodno tome i zagrevanje u toku zaleta i drugih dinamičkih stanja pogona.



Slika 4. Pogon promenive brzine i promenljivog momenta

Pogon elektromotora preko frekventnog regulatora opisan je vrstom pogona S9 kao pogon promenive brzine i promenljivog momenta tereta, kao što je vidljivo na slici 4. Iz dijagrama opterećenja vidljivo je da je teško predvideti tačnu vrednost nadtemperture namota elektromotora kao jednog od najbitnijih parametara za kontrolu odabira elektromotora za pogon.

Zbog toga se za elektromotore koji su upravljani preko frekventnog regulatora preporučuje da uz uobičajnu prekostrujnu zaštitu imaju ugrađenu i termičku zaštitu (termosonde, termoprotektore ili sl.) u samim namotima kao zaštitne elemente koji isključuju pogon u slučaju pregrevanja elektromotora. Zavisno od vrste frekventnog regulatora, navedena termička zaštita se može spojiti kao jedan od ulaznih signala ili kao jedan od uslova za uključivanje obrtanja elektromotora.

Dodatna ventilacija pridodata na elektromotor omogućuje bolje hlađenje kod okretanja elektromotora brzinama manjim od nazivne. U tom slučaju motor će se manje grejati i može se opteretiti s većim momentom nego kad ima vlastitu ventilaciju. To je korisno kod pogona gde se često koristi obrtanje na manjim brzinama uz konstantni moment tereta (dizalice, dizala, pomična vrata,...).

8. ZAKLJUČAK

Ovaj rad je kroz konkretne primere obradio problematiku svih relevantnih neželjenih pogonskih stanja niskonaponskih motora. U njemu je pojedinačnim razmatranjem karakteristika zaštitnih komponenti pokazana njihova upotrebljivost u različitim pogonskim stanjima. Jasno je navedeno gde se njihova upotreba može smatrati opravdanom i svrsishodnom a gde se preporučuje korišćenje drugih uređaja, uz navođenje adekvatnih zamena. Obradene su kako stare tradicionalne komponente koje se već duže vreme koriste u zaštiti tako i modernije komponente zasnovane na novim elektronskim i mikroprocesorskim rešenjima.

9. LITERATURA

- [1] B. Jurković: Elektromotorni pogoni, Školska knjiga, Zagreb 1983.
- [2] B. Skalicki: Elektrotehnika u strojarstvu, Zagreb 1988.
- [3] G. Dotlić: Elektroenergetika, SMEITS, Beograd 2006.
- [4] ABB Electronic Products and Relay Catalogue 2004
- [5] B. Lebar Elektroenergetika www.eti.si 2008

Kratka biografija :



Predrag Glišović rođen je u Gornjem Milanovcu 1983. god. Apsolvent je na master studijama na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu.



Veran Vasić diplomirao je 1994. godine na smeru elektroenergetika Fakulteta tehničkih nauka sa prosečnom ocenom 9,09. Magistarski rad odbranio 1996 na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu. Doktorsku disertaciju odbranio 2001 na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu

MPLS : MULTIPROTOKOLI SA KOMUTACIJOM LABELA

MULTIPROTOCOL LABEL SWITCHING

Darko Žerajić, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu opisan je skup tehnika baziranih na komutaciji labela pod nazivom MPLS (Multiprotocol Label Switching). Dat je prikaz MPLS mreže. Objašnjene su tehnike inženjeringa saobraćaja (Traffic Engineering), i Differentiated Service koji na platformi MPLS nude efikasno i skalabilno rešenje kvaliteta servisa (QoS) u mrežama. Simulacija MPLS mreže.

Abstract – This paper presents a detailed description of the various techniques of label swapping called MPLS (Multiprotocol Label Switching). The MPLS network has been presented. Traffic Engineering and Differentiated Service (which offers a very effective and scalable solution to the quality of service in networks) techniques have been described. The Simulation of MPLS networks.

Ključne reči: MPLS, komutacija labela, MPLS TE, DiffServ, QoS

1. UVOD

Multiprotocol Label Switching (MPLS) ili multiprotokoli sa komutacijom labela je tehnologija koja obezbeđuje tradicionalni model prosleđivanja paketa kroz mrežu, na mnogo elegantniji, efikasniji i brži način nego što su to uspevale ranije tehnike poput ATM-a ili Frame Relay-a. U tradicionalnom modelu usmjeravanja zaglavlje svakog paketa koji prolazi mrežom se analizira pri svakom koraku na njegovom putu od rutera (eng. router) do rutera. Za razliku od tog načina MPLS tehnologija prilikom transporta paketa kroz mrežu koristi postupak zamene labela (eng. label swapping). Bitna prednost tog postupka je da se zaglavlje paketa analizira samo jednom, a dalje se postupak usmeravanja paketa zasniva samo na proveravanju labela koje zapravo predstavljaju identifikacione oznake paketa i fiksne su dužine.

2. MPLS MEHANIZMI

MPLS predstavlja tehniku komutacije labela između lin-kova kojom se podržava više različitih protokola (engl. multiprotocol) sa mrežnog OSI modela, dok odrednica (engl. Label Switching) označava upotrebljenu tehniku komutacije labela.

On objedinjuje dobre osobine protokola sa virtuelnim kolima (obezbeđenje kvaliteta servisa) i protokola sa datagram komutacijom (dinamičko rutiranje)

NAPOMENA:

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

Kao takav, MPLS ne predstavlja samostalnu zatvorenu celinu koja se implementira nezavisno, nego je u stvari nadogradnja na već postojeće tehnologije čija je osnovna uloga da pomiri protokole sa virtuelnim kolima kao što su ATM ili Frame Relay, i datagram protokole kao što su IP i obezbedi njihovu jednostavnu integraciju u okviru mreže. Ova tehnika ne pripada ni mrežnom ni sloju veze podataka u odnosu na referentni OSI model, zato se u literaturi često koristi naziv protokol 2,5 nivoa.

Prilikom transporta paketa kroz mrežu, MPLS paketima se dodaju labela (eng. label) na osnovu kojih se vrši komutiranje. Labela predstavlja identifikacionu oznaku paketa i fiksne je dužine, ona se smešta između zaglavlja sloja podatak i sloja mreže. Treba napomenuti da je značaj labela na lokalnom nivou. Na ovaj način se izbegava veliko kašnjenje pri prenosu paketa.

Pri usmeravanju paketa kroz čvor, labela se skida sa paketa i menja odgovarajućom kojom se dalje usmerava kroz mrežu. Ovim mehanizmom se postiže velika brzina prenosa kroz kičmu (eng. backbone) MPLS mreže. MPLS smanjuje iznos procesiranja po paketu koji je potreban kod svakog rutera u mreži sa IP, povećavajući još više performanse rutera.

Struktura MPLS labela prikazana je na slici 1.



Sl. 1. MPLS labela

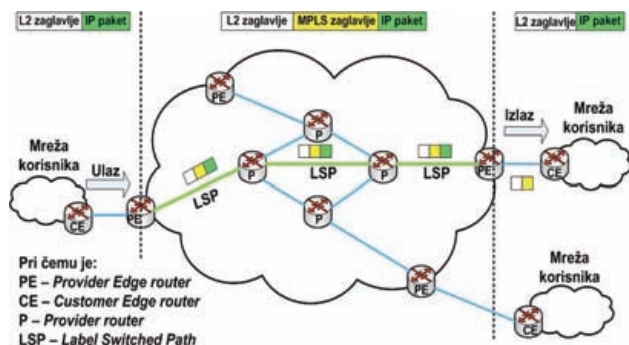
Polje Oznaka ima 20 bita, na osnovu njega se vrši prosleđivanje kroz mrežu. Eksperimentalni biti zauzimaju 3 bita i služe za definisanje kvaliteta servisa (QoS). BS ima veličinu jednog bita, služi kao oznaka za prisustvo više labela (nudi osobinu ugnježdavanja labela). TTL označava životni vek paketa (sprečava nastanak beskončnih petlji) [5]

3. MPLS MREŽA

Osnovna karakteristika MPLS mreže jeste da omogućava tunelovanje različitih vrsta saobraćaja kroz nju. Pod tunelovanjem podrazumevamo enkapsulaciju nekog protokola drugim protokolom mrežnog nivoa, čime se omogućava prenos mrežom preko koje inače ne bi mogao.

Struktura jednostavne MPLS mreže prikazana je na slici 2. Ruteri koj se nalaze na obodu mreže se nazivaju Label Edge Router (LER), oni služe za dodeljivanje i uklanjanje labela iz paketa, dok se ruteri u jezgri mreže nazivaju Label Switching Router (LSR), funkcija im je brzo prosleđivanje paketa na osnovu labela kroz mrežu.

U literaturi se koriste nazivi *Provider Edge* (PE), i *Provider* (P) za LER i LSR respektivno [4].



SL.2 MPLS mreža

Prenos podataka kroz MPLS mrežu se vrši preko putanja komutiranih na osnovu labele LSP (eng. *Label Switched Paths*). To je sekvenca labela na svakom pojedinačnom čvoru duž puta od izvora do odredišta.

Rad MPLS mreža, bazira se na sledećim funkcijama:

1. Pre nego što se saobraćaj prosledi kroz MPLS mrežu, PE (LER) ruteri uspostavljaju LSP putanje prema ostalim ruterima.
2. Saobraćaj koji ne pripada MPLS domenu (*Frame Relay*, *ATM*, *Ethernet* i dr.) šalje se od strane korisničke mreže preko CE rutera ka ulaznom PE ruteru na granici MPLS mreže.
3. PE ruter dodeljuje paket određenoj klasi FEC (engl. *Forwarding Equivalence Class*), a zatim dodaje odgovarajuću MPLS labelu (labele) paketu.
4. Paket se dalje šalje preko LSP, pri čemu svaki unutrašnji P (engl. *Provider*) ruter menja labele shodno informaciji iz LIB-a (engl. *Label Information Base*) radi prenosa paketa prema sledećem skoku.
5. Na izlaznom PE ruteru se uklanja poslednja labela i paket se dalje prosleđuje na bazi tradicionalnih postupaka rutiranja.
6. Na kraju paket se prenosi ka odredišnom CE ruteru i dalje ka korisničkoj mreži.

Pošto je uspostavljena signalizacija u mreži, svaki MPLS ruter stvara informacionu bazu o labeli (LIB), odnosno tabelu koja određuje kako se paketi prosleđuju. Ova tabela povezuje svaku labelu sa odgovarajućim FEC-om i izlaznim portom kako bi se usmeravali paketi kroz mrežu. LIB se uspostavlja sa sličnom ulogom kao i informaciona baza prosleđivanja FIB (engl. *Forwarding Information Base*) koja se javlja kod tradicionalnih rutera.

4. MPLS INŽINJERING SAOBRAĆAJA (TE)

MPLS TE (MPLS Traffic Engineering) [2] jeste tehnologija koja igra veoma bitnu ulogu u implementaciji mrežnih servisa koji zahtevaju određene garancije za kvalitet usluge (QoS). Mreže bazirane na MPLS tehnologiji koriste prirodne TE mehanizme da bi minimizovali zagušenja u mreži i na taj način poboljšali mrežne performanse. TE je u stanju da izmeni postojeće šeme rutiranja u cilju efikasnijeg raspoređivanja saobraćajnih tokova prema raspoloživim mrežnim resursima. Efikasnije šeme za raspoređivanje mogu u značajno redukovati pojavu zagušenja na mreži i poboljšati kvalitet usluge u vidu smanjenja

kašnjenja prilikom pristizanja paketa na odredište, redukovanja broja pogrešno poslatih i izgubljenih paketa.

IP mreže se oslanjaju na optimizaciju osnovne mrežne infrastrukture ili na posebna podešavanja IGP protokola u cilju zadovoljavanja zahteva inženjeringa saobraćaja.

Umesto toga MPLS tehnologija koristi postojeću infrastrukturu IP mrežnih protokola te koristi ugrađene sposobnosti prosleđivanja da bi obezbedila naizgled prirodan TE mehanizam.

Osnovna ideja inženjeringa saobraćaja uzima u obzir način usmeravanja mrežnog saobraćaja tako da se pokušaju izbjeći sva moguća zagušenja unutar mreže te se poveća ukupna propusnost. Da bi se ispunio pomenuti cilj moguće je koristiti nekoliko tehnika inženjeringa saobraćaja, a jedna od njih svakako je i tehnika bazirana na MPLS tehnologiji.

Za razliku od IP koji koristi metodu prosleđivanja sa zadanom odredišnom IP adresom, MPLS tehnologija podržava simultano korišćenje prosleđivanja baziranog na odredišnoj adresi i eksplicitnog prosleđivanja koje je moguće koristiti zahvaljujući RSVP odnosno LDP protokolu. Naime, pre nego što se izvrši mapiranje paketa na LSP, vrši se kompletno uspostavljanje i signalizacija LSP od ulaznog do izlaznog čvora tako da se tačno odrede unutrašnji čvorovi te izvrši alokacija resursa na njima pomoću nekog od signalizacionih protokola [3].

Svaki zahtev za uspostavljanjem LSP-a stiže do rutera koji određuje eksplicitnu rutu za LSP. Zahtev prema ruteru stiže direktno ili preko ulaznog rutera koji prvi dobija ovaj zahtev. Nakon toga se vrši predstavljanje informacija o eksplicitnoj ruti preko svih čvorova koji se nalaze duž predviđene putanje, te se uz pomoć signalizacionih mehanizama vrši rezervacija propusnog opsega (eng. *bandwidth*) na svakom od linkova. Za izračunavanje eksplicitnih ruta uzima se pretpostavka da ruteri imaju znanje o trenutnoj topologiji mreže i dostupnim kapacitetima. Ove informacije obezbeđuju se kroz postojeće protokole rutiranja odnosno njihove ekstenzije.

Osnovna ideja MPLS TE-a je da se iskoristi postojeće TE LSP puteve ili tunele za prosleđivanje mrežnog saobraćaja i da se pri tome uzmu u obzir ograničenja vezana za mrežnu topologiju i dostupnost mrežnih resursa, a sve u cilju maksimalnog iskorišćavanja mrežnih kapaciteta.

4.1. MPLS TE algoritmi rutiranja

MPLS TE vodi brigu o optimizaciji mrežnih putanja u cilju efikasnijeg raspoređivanja mrežnog saobraćaja, izbjegavajući pri tome nastajanje zagušenih linkova. Drugačije rečeno, MPLS TE podrazumeva prilagodavne načina usmjeravanja mrežnog saobraćaja trenutnim uslovima na mreži, pri čemu teži da simultano zadovolji dva osnovna cilja, a to su ispunjavanje pristiglih korisničkih zahteva i efikasno iskorišćavanje mrežnih resursa. Jedna od mogućih podjela interesnih sfera TE po pitanju performansi je na:

- saobraćajno orijentisan i
- resursno orijentisan.

Saobraćajno orijentisan TE po pitanju performansi stavlja naglasak na QoS informacionih tokova uključujući: minimizovanje gubitka paketa, kašnjenja, maksimizovanje

propusnog opsega, naglašavanja SLA (*Service Layer Agreement*), varijacije kašnjenja paketa u periodu maksimalnog opterećenja mreže, procenat izgubljenih paketa i maksimalnog transprtnog kašnjenja.

Resursno orjetnitisano TE naglašava generalni cilj optimizovane upotrebe resursa, odnosno ujednačeno iskorištavanje mrežnih resursa čime se sprječava moguća situacija u kojoj bi pojedini mrežni resursi bili preopterećeni dok bi u isto vrijeme alternativni resursi bili u potpunosti zapostavljeni. Zajednički primarni cilj i saobraćajno i resursno orjetnisanog TE je minimizacija zagušenja saobraćaja na mreži. Da bi se prevazišao pomenuti problem koriste se odgovarajuće polise kojima se se vrši balansiranje opterećenja saobraćaja.

5. MPLS TE i DIFFSERV ARHITEKTURA

Differentiated Service (DiffServ) arhitektura predstavlja efikasno i skalabilno rešenje koje osigurava QoS u Internet Protocol (IP) mrežama, a osnovni cilj mu je diferenciranje servisa na nivou mreže, tako da različite aplikacije uključujući i realtime dobiju garanciju o kvaliteti usluge. U cilju optimizacije prenosnih resursa, ovoj arhitekturi se moraju dodati efikasni TE mehanizmi. Kombinovana upotreba DiffServ i MPLS arhitekture predstavlja atraktivno rješenje problema osiguranja QoS za multimedijalni saobraćaj uz efikasno iskorištenje mrežnih resursa. Rezultat ove integracije je DiffServ Traffic Engineering (DS-TE).

Ovaj model omogućava da MPLS-TE prepozna klase servisa (*Class of Service, CoS*) i osigura rezervaciju resursa sa CoS segmentacije, i MPLS toleranciju na greške na CoS nivou. U cilju omogućavanja DS-TE funkcionalnosti, potrebna je razmena DiffServ, MPLS i TE informacija između rutera u kontrolnoj ravni uz pomoć dinamičkog signalizacionog protokola. Jedan od najvećih izazova ove arhitekture je odabir signalizacionog protokola, s obzirom da ne postoji generički signalizacioni protokoli. Standardna su tri signalizaciona protokola koja se mogu koristiti u MPLS mrežama:

- Label Distribution Protocol (LDP)
- CRLDP i
- RSVP-TE

Kako LDP pruža jedino osnovne funkcionalnosti i ne podržava TE mehanizme, ne može se koristiti u DS-TE mrežama. Preostala dva rešenja omogućavaju TE funkcionalnosti kao što su uspostava *Label Switched Path* (LSP), rezervacija propusnog opsega za LSP, te *Fast Rerouting* (FRR) mehanizmi, što predstavlja ključ za ispunjavanje QoS zahtjeva. Za razliku od CR-LDP, RSVP-TE je najčešće korišteni signalizacioni protokol. U praksi se preferira proširivanje postojećih protokola kada god je to moguće, prvenstveno zbog napora koji je potrebno uložiti u dizajn, standardizaciju, razvoj i otklanjanje greški novih protokola.

Iz tog razloga je RSVP-TE odabran kao MPLS signalizacioni protokol, dok je od februara 2003. godine MPLS IETF radna grupa odustala od daljnjeg razvoja CRLDP protokola. IETF je u okviru radnih grupa pokrenuo istraživačke aktivnosti u svrhu razvoja proširenja RSVP

protokola kako bi podržao funkcionalnosti DiffServ-a MPLS mreža.

RSVP-TE predstavlja proširenje RSVP protokola koji je razvijen u okviru *Integrated Services* (IntServ) arhitekture. S obzirom na nedostatke osnovnog RSVP protokola kao QoS signalizacionog protokola, potrebno je izvršiti njegovu optimizaciju. RSVP-TE je signalizacioni protokol za MPLS TE, koji se zasniva na RSVP protokolu uz dodatak proširenja za MPLS TE i MPLS DiffServ. RSVP-TE koristi RSVP poruke za uspostavu, održavanje (osvežavanje) i prekid TE LSP-a, te signalizaciju grešaka. RSVP-TE se koristi u MPLS okruženju koje se razlikuje u odnosu na okruženje za koje je dizajniran originalni RSVP. U MPLS mrežama ne dolazi do česte i brze promjene LSP-a. Kao rezultat, RSVP-TE ne mora manipulisaati sa velikim brojem novih ili modifikovani poruka. Većina razmjenjivanih poruka predstavljaju poruke osvežavanja koje se upravljaju mehanizmima definisanim u RFC 2961. Definsanje ovog dodatka čini RSVP-TE idealnim za TE LSP unutar MPLS mreže. Iako se uz TE dodatak može razmatrati izvan QoS konteksta, RSVP protokol predstavlja primarni QoS signalizacioni protokol u IP mrežama.

DiffServ model omogućava diferenciranje usluga u mreži tako da se različitim aplikacijama dodeli odgovarajući nivo usluge uz zadržavanje visokog stepena skalabilnosti. Osnovna pretpostavka DiffServ mreža je da ruter u jezgru mreže upravlja paketima različitih saobraćajnih ruta vršeći njihovo prosljeđivanje upotrebom različitih *Per-Hop Behavior* (PHB).

Per Hop Behaviors (PHB) – predstavlja klase kojima se definiše način obrade paketa paketa: čekanje (eng. *queuing*), vremenski prioritet (eng. *scheduling*) i prioritet odbacivanja paketa tj. definiše se QoS. On se određuje na osnovu Differentiated Services Codepoint (DSCP) oznake u IP polju zaglavlja. Ruteri na obodu mreže pridružuju DSCP oznaku paketima na ulazu u DiffServ mrežu. Prednost ove šeme leži u činjenici da se više saobraćajnih ruta može grupisati u jednu rutu i prosljediti korištenjem istog PHB-a.

DS-TE predstavlja proširenje MPLS-TE koje treba da omogući simultano korištenje mahanizama TE-a kao što rutiraje na osnovu postavljenih ograničenja i kontrola pristupa, ali na dosta precizniji način, tako da se navedeni menahizmi direktno primenjuju na različite klase usluga. Zapravo, DS-TE ekstenzija doprinosi činjenici da MPLS TE mehanizam smešten u kontrolnoj ravni postane "svjestan" DiffServ arhitekture, i da svoje mehanizme može primjeniti direktno na DiffServ klase saobraćaja. Osnovni cilj DS-TE ekstenzije je da nametne različita ograničenja po pitanju propunog opsega za različite tipove saobraćaja kroz mrežu.

Skup DS-TE LSP-ova za koje vrede ista ograničenja propusnog opsega određuju tip klase (*class type, CT*). DS-TE podržava do osam različitih tipova klasa (CT). Model zasnovan na ograničenjima propusnog opsega definiše relaciju između CT-ova i ograničenja propusnog opsega (*engl.bandwith constraints, BC*). DSTE ekstenzija trenutno pruža podršku ta tri ovakva modela: *Russian Dolls*

Model (RDM), Maximum Allocation Model (MAM) i Maximum Allocation Model with Reservation (MAR).

6. SIMULACIJA

Za potrebe ovog rada napravljena je simulacija MPLS mreže u OpenSimMPLS-u sa različitim nivoima kvaliteta saobraćaja (QoS). Implementirana je komunikacija između Narodne banke kao odredišta sa jedne strane i Ministarstva finansija (sa najvišim stepenom kvaliteta servisa QoS 3), Banke (QoS 2), Pošte (QoS 1) i mjenjačnice (ostvaruje komunikaciju klasičnim pristupom (ADSL, kablovski internet...) kao izvora sa druge strane. U ovoj simulaciji realizovano i poštovano je sve što je do sada rečeno o MPLS mrežama u ovom radu.



Slika 3.3 Rezultati simulacije

Informacije o pristiglim paketima na odredištu (Narodnoj banci) prikazani su na slici 3. Broj pristiglih paketa na grafikonu predstavljen je različitim bojama i to redom plavom od Ministarstva finansija (QoS 3), crvenom od banke (QoS 2), žutom od pošte (QoS 1), zelenom od mjenjačnice (klasičan IP).

Simulacija je potvrdila sve teorijski izloženo u ovome radu, saobraćaj određene grupe korisnika prolazi transparentno kroz mrežu na način koji ga uspešno razvrstava od ostalih paketa u mreži, pružajući garancije u pogledu performansi i sigurnosti.

Saobraćaj sa nivom usluge (QoS 3) daje najbolji, dok klasični IP saobraćaj ima najlošiji kvalitet. Korisnicima ostaje da u svojim ekonomskim okvirima, potrebama i načinu poslovanja izaberu koji će nivo usluge implementirati i kakvu komunikaciju izabrati unutar svoje mreže.

7. ZAKLJUČAK

MPLS je unio mnoge prednosti u svet prenosa podataka, pre svega je uspio da objedini dobre osobine protokola sa virtuelnim kolom (obezbeđenje kvaliteta servisa) i protokola sa datagram komutacijom (dinamičko rutiranje) i obezbedi njihovu jednostavnu integraciju u okviru mreže.

Primena MPLS-a povezana je sa sposobnošću nivelisanja podataka (*scalability*), odnosno mogućnošću jednostavnih izmena u mreži, kako bi se omogućio rad sa novijim tehnologijama i platformama, rutiranjem (zasnovane na QoS i metrici kvaliteta servisa), a može egzistirati preko postojećih ATM i FR. Pored toga, MPLS smanjuje potrebno procesiranje po paketu koje je potrebno kod svakog rutera u mreži sa IP, povećavajući još više performanse rutera. Još značajnije, MPLS omogućava nov kvalitet u četiri oblasti koje obezbeđuju njegovu popularnost: QoS podrška, upravljanje saobraćajem (TE), mogućnost realizacije VPN i multiprotokolska podrška.

MPLS se javlja kao ključna tehnologija za mreže nove generacije, posebno u optičkim mrežama. VPN bazirane na MPLS obezbeđuju fleksibilnu povezanost i skalabilnost, što su odlike mreža sa IP, kao i tajnost i QoS [1].

8. LITERATURA

- [1] Luc De Ghein, *MPLS Fundamentals*, Cisco Press, 2007.
- [2] RFC 3272 - Overview and Principles of Internet Traffic Engineering www.rfc.net
- [3] RFC 2702 - Requirements for Traffic Engineering Over MPLS, www.rfc.net
- [4] J.Guichard, I.Pepelnjak, *MPLS and VPN architectures*, Cisco Press, 2000.
- [5] RFC 3031- Multiprotocol Label Switching, Architecture, www.rfc.net

Kratka biografija:



Darko Žerajić rođen je u Mostaru 1981. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Računarske komunikacije odbranio je 2009.god.

**PROJEKTOVANJE BEŽIČNE MEŠ MREŽE NA UNIVERZITETU U NOVOM SADU:
PRORAČUN POKRIVENOSTI RADIO SIGNALOM UZ POMOĆ COST 231 MODELA****DESIGN OF WIRELESS MESH NETWORK AT UNIVERSITY OF NOVI SAD:
CALCULATION OF RADIO COVERAGE USING COST 231 PROPAGATION MODEL**Ilija Pecelj, Dragan Bošković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast - ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – Ova master teza je deo većeg projekta koji ima za cilj projektovanje i realizaciju bežične meš mreže na području kampusa Univerziteta u Novom Sadu. Rad se odnosi na proračun pokrivenosti radio signalom, u šta spada izbor odgovarajućeg modela prostiranja elektromagnetnih talasa i njegova primena u konkretnoj situaciji.

Abstract – This master thesis is a part of a bigger project that has for objective to design and install wireless mesh network covering the university campus. Particular problems addressed here concerns radio signal coverage analysis. The major challenge associated with this task relates to the selection of appropriate model for modeling radio propagation and its application to calculating radio coverage for the mesh network, both at the access and backhaul frequencies.

Ključne reči: Meš mreža, COST 231 Walfitch-Ikegami, mreže, prostiranje, Wi-Fi.

1. UVOD

Projekat, čiji je deo ova master teza, ima za zadatak da projektuje i realizuje eksperimentalnu bežičnu meš mrežu na području kampusa Univerziteta u Novom Sadu. Cilj mreže je da obezbedi bežični pristup internetu svim studentima univerziteta koji imaju otvoren studentski nalog kod administratora Akademske Računarske Mreže Univerziteta u Novom Sadu – ARMUNS. Pošto se radi o novim tehnologijama na polju bežičnih mreža, mreža će služiti i za testiranje novih protokola namenjenih meš mrežama. U tu svrhu biće napravljen poseban domen, a za logovanje na taj domen biće potrebna posebna prava odobrena od strane administratora. Takođe će postojati treći domen za potrebe eksperimentalnog video nadzora. Uređaje i ostalu opremu neophodnu za realizaciju mreže obezbedila je firma La Citadelle, dok su pristup internetu obezbedili JKP „Informatika“ i ARMUNS.

U ovom radu obrađen je postupak proračuna pokrivenosti radio signalom uz pomoć COST 231 Walfisch-Ikegami empirijsko-statističkog modela prostiranja radio signala. Rad je konceptijski podeljen u dve celine. U prvom delu govori se o različitim modelima prostiranja radio signala, ukratko su obrađeni neki postojeći modeli prostiranja radio signala i navedene njihove prednosti i mane.

NAPOMENA:

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

U drugom delu obrađen je izabrani model prostiranja radio talasa, uz ilustraciju proračuna pokrivenosti na idealizovanom primeru gradskog naselja.

2. MEŠ MREŽE

Bežične računarske mreže postaju sve popularnije, kako javne tako i privatne. Najrasprostranjeniji standard za bežično povezivanje trenutno je IEEE 802.11 (tzv „Wi-Fi“), a sve više u upotrebu ulazi IEEE 802.16 (tzv „WiMAX“). U javnim bežičnim mrežama pristupne stanice koje pokrivaju određeni prostor radio signalom su povezane uz pomoć kablova na Internet.

Neophodnost kablova kojim se pristupne stanice povezuju na javnu Internet mrežu ima za posledicu dva velika nedostatka.

Prvo, svaka pristupna stanica mora biti opremljena kablovskim priključkom ka Internetu, čime se narušava osnovna osobina ovih mreža, a to je - odsustvo kablova!

Drugo, zbog potrebe povezivanja pristupnih stanica uz pomoć kablova, teži se smanjenju broja pristupnih stanica, što u slučaju gradske sredine dovodi do pojave senki (podučja koja nisu pokrivena radio signalom) značajnih veličina.

Kao rezultat nastojanja da se prevaziđe problem potrebe povezivanja pristupnih stanica kablovskim putem na Internet, u poslednje vreme su se pojavile meš mreže [1].

Meš mrežu u osnovnim možemo posmatrati kao neku vrstu tzv. „ad hoc“ mreže. Iako su meš mreže nastale unapređenjem „ad hoc“ mreža, razlike koje postoje između ovih mreža su velike [2]. U osnovi meš mreža se nalaze protokoli rutiranja preuzeti iz „ad hoc“ mreža, koji su za potrebe meš mreža prilagođeni novim uslovima korišćenja. Prema tome, meš mreže predstavljaju jednu modernu tehnologiju na polju bežičnih mreža i umrežavanja. Upotrebom meš mreža značajno je smanjena potreba za upotrebom kablova za povezivanje usmerivača i pristupnih stanica, čime se cena postavljanja i održavanja mreže značajno smanjuje.

U topologiji meš mreža razlikujemo više vrsta stanica [3]: Meš kapija (eng. Mesh gateway) predstavlja stanicu preko koje meš mreža ima izlaz na Internet. Celokupan saobraćaj sa mreže usmerava se na meš kapije, kojih može biti jedna ili više. Meš kapija je sa ostalim delom mreže povezana preko jednog ili više radio linkova, najčešće IEEE 802.11a standarda, dok je na Internet povezana uz pomoć kablova. Meš kapija takođe može da radi i kao pristupna stanica za korisnike.

Meš usmerivač (eng. Mesh router), služi za usmeravanje paketa u zavisnosti od željene destinacije a u skladu sa odgovarajućim protokolima meš mreža. Povezuju se sa

ostatkom mreže isto kao i meš kapija tj. uz pomoć radio veze.

Meš pristupna stanica raspolaže sa radio primopredajnikom koji je naječešće IEEE 802.11 b/g, a služi za pristup korisnika mreži. Takođe raspolažu sa jednim ili više radio uređaja pomoću kojih komuniciraju sa ostalim ruterima u mreži.

Klijenti su korisnici usluga mreže. To su naječešće prenosni računari, mobilni telefoni opremljeni uređajem za bežično povezivanje itd.

Pored prethodno navedenih ekonomskih aspekata, meš mreže imaju i niz drugih pogodnosti koje se se ogledaju u velikoj pouzdanosti i robusnosti mreže (mreža može da nastavi nesmetano da funkcioniše i u slučaju otkazivanja određenog broja rutera – dokle god postoji bar jedna putanja od klijenta do meš kapije).

Posledica međusobne komunikacije bežičnim putem je moguća interferencija između stanica - da komunikacija sa jednom stanicom izaziva smetnje u komunikaciji neke druge stanice. Da bi se ovakva situacija kontrolisala, naročito u slučajevima gde se predviđa postavljanje više predajnika na malom geografskom prostoru, potrebno je uraditi pažljivo planiranje izbora frekventijskih kanala i proračun radio pokrivenosti. Time se postiže bolja ukupna efikasnost sistema.

Kod projektovanja meš mreža potrebno je odrediti položaj pristupnih stanica tako da se pokrije celokupno područje neke oblasti minimalnim brojem pristupnih stanica, uz istovremeno održavanje njihove međusobne veze. Za to je potrebna neka analitička metoda koja će što preciznije odrediti zonu pokrivanja svake stanice.

2.1. Modeli prostiranja radio signala

U ovom odeljku biće opisane neke metode za proračun prostiranja radio signala koje su danas u upotrebi. Cilj pregleda je da se utvrdi koja je metoda najbolja u datoj situaciji za proračun prostiranja elektromagnetnih talasa.

Prva metoda zasniva se na preciznoj analizi prostiranja za sasvim precizno utvrđeno okruženje. Ovaj metod je nazvan „ray tracing“. Za izračunavanje prostiranja ovom metodom koristi se veoma složen algoritam, koji zahteva i veoma preciznu mapu okruženja u kome se računa prostiranje. Naječešće su potrebne digitalizovane 3D mape područja, sa precizno unetim rasporedom svih objekata i detaljnim opisom fasadnih površina.

Druga metoda proračuna prostiranja zasniva se na obimnim merenjima uslova prostiranja sprovedenih u nekoliko svetskih gradova, kao i na drugim lokacijama od interesa. Tako se došlo do relativno jednostavnih formula za proračun prostiranja koje imaju empirijsko-statistički karakter, i koje rezultuju zadovoljavajućim nivoom tačnosti koji je dovoljan u mnogim praktičnim situacijama.

U ovome radu korišten je empirijsko-statistički model prostiranja.

2.2.1. Opis izabranog modela prostiranja

Postoji više empirijsko-statističkih modela prostiranja. Za potrebe ovog rada usvojen je model prostiranja COST 231 Walfisch-Ikegami podržan od strane Evropskog udruženja za nauku i tehnologiju (European Cooperation for Science and Technology – COST) [4]. Ovaj model je posebno prilagođen za potrebe proračuna prostiranja u gradskim

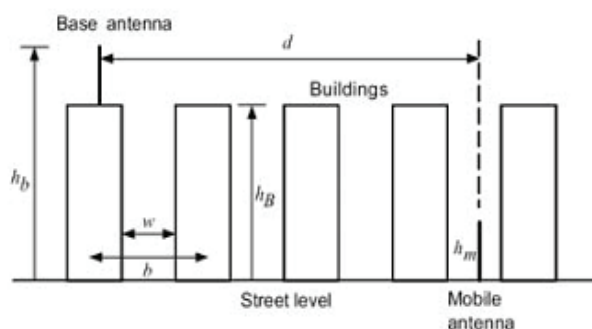
sredinama, mada uz određene korekzione faktore može da se koristi i za prigradska i ruralna naselja.

- Model prostiranja radio talasa po gradskim ulicama

Izrazi kojima se izračunava slabljenje signala usled prostiranja uz pomoć ovog modela dati su detaljnije u [4]. U ovom odeljku biće navedeni samo osnovni parametri koji su neophodni da bi se izračunalo slabljenje. Model razlikuje dva slučaja prostiranja u gradskim ulicama: kada postoji optička vidljivost predajnika i prijemnika signala (eng. „line-of-sight“ – LOS); kada ne postoji optička vidljivost između prijemnika i predajnika signala (eng. „non-line-of-sight“ – NLOS).

U LOS slučaju, parametri koji su potrebni da bi se izračunalo slabljenje su rastojanje prijemnika signala od predajnika (d) i frekvencija (f).

U NLOS slučaju, parametri neophodni za proračun prostiranja radio signala dati su na slikama (Slika 1. i Slika 2.);



Slika 1. Objašnjenje parametara COST 231 Walfisch-Ikegami

h_b - visina bazne stanice, [m] (4 do 50 m)

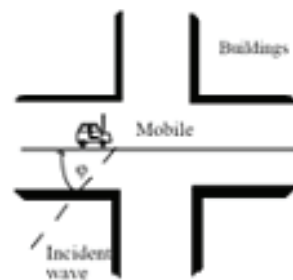
h_m - visina prijemne stanice, [m] (1 do 3 m)

h_B - srednja vrednost visine krovova, [m]

b - rastojanje između zgrada [m]

w - širina ulica

ϕ - ugao orijentacije ulica

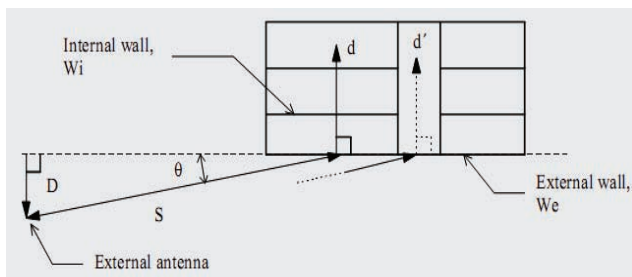


Slika 2. Definicija orijentacije ulica

- Model prodiranja radio talasa sa ulica u zgrade

Ovaj model daje dva različita izraza za slabljenje, za dva različita slučaja: za slučaj kada postoji optička vidljivost predajne antene i zida kroz koji se računa prodiranje – LOS slučaj; za slučaj kada ne postoji optička vidljivost – NLOS slučaj.

U LOS slučaju slabljenje se računa na osnovu parametara koji su dati na slici (Slika 3.)

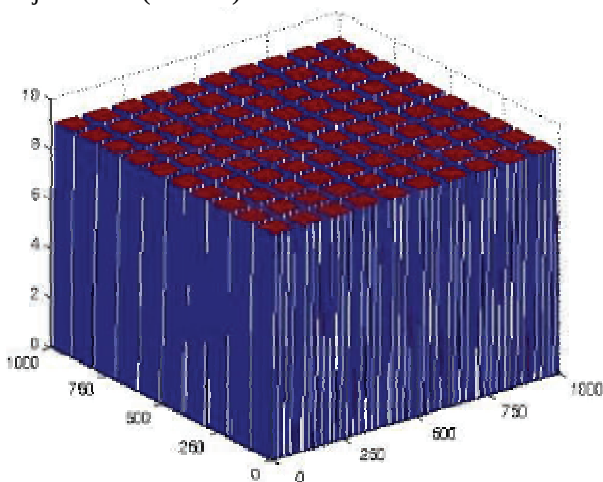


Slika 3. Parametri neophodnih pri proračunu slabljenja u LOS slučaju

U NLOS slučaju, polje unutar zgrade se računa na osnovu polja van zgrade, koje se dobija uz pomoć već navedenog modela prostiranja duž NLOS ulica [4]. Kao što se vidi sa slike (Slika 3.), parametri značajni za jačinu signala su upadni ugao u LOS slučaju, i dubina prodiranja u zgradu u LOS i NLOS slučaju. Konačna formula koja povezuje sve ove parametre data je u [4].

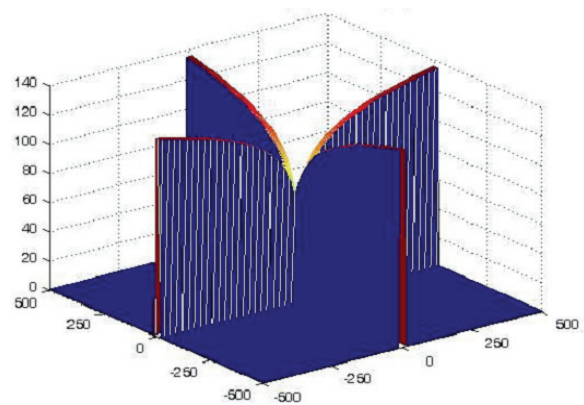
3. PRIMENA MODELA ZA PRORAČUN ZONE POKRIVANJA JEDNE PRISTUPNE STANICE

U ovom delu biće objašnjen način proračuna prostiranja baziran na modelu opisanom u glavi 2, uz primenu tzv „standardnog okruženja radne“ prijemne stanice [5]. Opis okruženja u kome se nalazi prijemna stanica je statističke prirode, tj. baziran je na usrednjenoj vrednosti parametara realnog okruženja (srednja vrednost visine zgrada, razmaka između zgrada i širine ulica). Na osnovu ovoga definišemo „standardno okruženje“ kao niz ulica iste širine koje se seku pod pravim uglovima i koje uokviruju blokove zgrada kvadratne osnove sa istim međusobnim rastojanjem. Primer standardnog okruženja dat je na slici (Slika 4.)



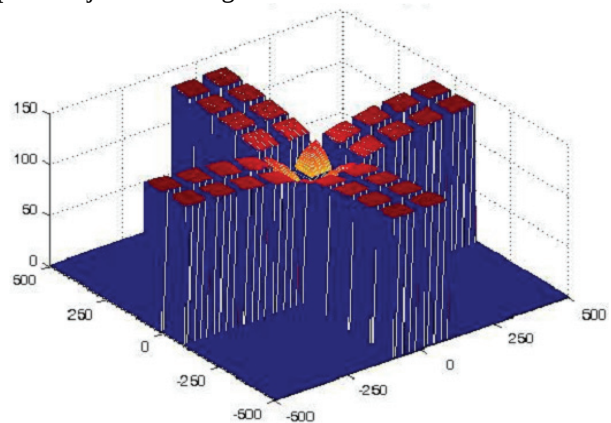
Slika 4. Primer „standardnog okruženja“ pristupne stanice. Ose X i Y predstavljaju rastojanje dato u [m], dok osa Z predstavlja visinu zgrada u [m]

Svi parametri neophodni za proračun prostiranja osim rastojanja (d), orijentacije ulica (ϕ), dubine prodiranja (d_z) i upadnog ugla (θ) su konstantni. Pomenute nepoznate veličine se u konkretnom slučaju mogu izračunati uz pomoć jednostavne geometrije. Primenom LOS modela prostiranja, dobija se slabljenje radio signala duž LOS ulica (Slika 5.), dok se primenom NLOS modela dobija slabljenje duž NLOS ulica.



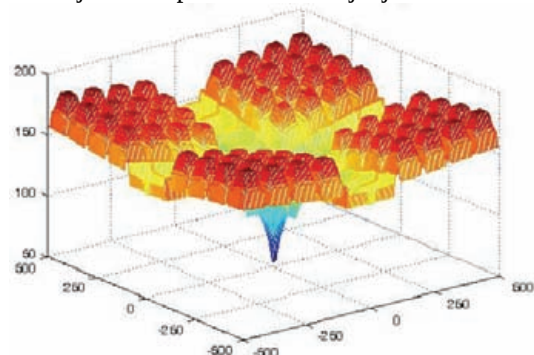
Slika 5. Primer slabljenja signala duž LOS ulica
Na osama X i Y dato je rastojanje u [m], dok je na osi Z dato slabljenje u [dB]

Primenom LOS modela prodiranja dobija se dubina prodiranja signala u LOS zgrade (Slika 6.) dok se primenom NLOS modela prodiranja dobija dubina prodiranja u NLOS zgrade.



Slika 6. Primer prodiranja radio signala u LOS zgrade
Na osama X i Y dato je rastojanje u [m], dok je na osi Z dato slabljenje u [dB]

Ukupno slabljenje signala usled prostiranja duž LOS i NLOS ulica, kao i usled prodiranja unutar LOS i NLOS zgrada dato je na slici (Slika 7.). Dobijeno je kombinacijom svih prethodnih slabljenja.



Slika 7. Ukupno slabljenje signala. Na osama X i Y dato je rastojanje u [m], dok je na osi Z dato slabljenje u [dB].
Pristupna stanica se nalazi u koordinatnom početku (x,y) = (0,0)

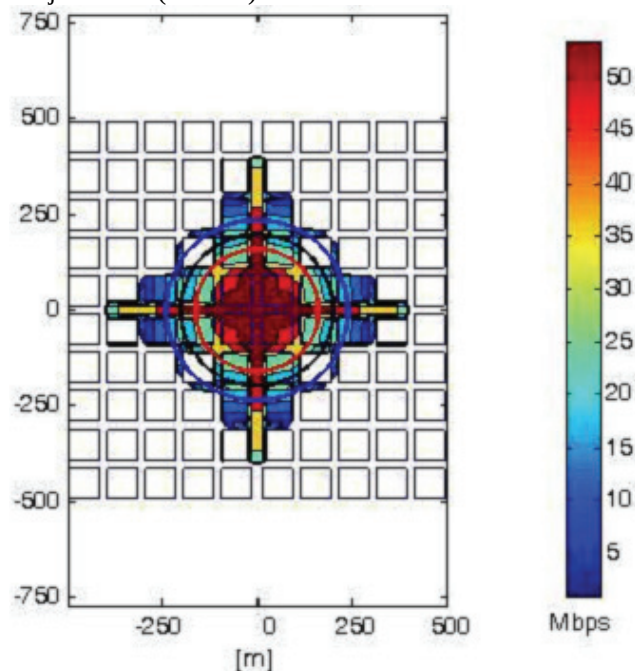
Pored ukupnog slabljenja signala koje je izračunato primenom datog modela, da bi izračunali zonu pokrivanja jedne pristupne stanice potrebno je još da poznajemo snagu emitovanja signala, osetljivost prijemnika, kao i

dobitke predajne i prijemne antene. Tipične vrednosti za „budžet linka“ za IEEE 802.11g standard date su u tabeli (Tabela 1).

TABELA 1: TIPIČAN "BUDŽET LINKA" ZA IEEE 802.11G.

Protok [Mb/s]	6	12	18	24	36	48	54
Dozvoljeno							
Slabljenje [dB]	137.67	136.92	135.92	131.92	128.92	122.92	117.82

Tipičan primer zone pokrivanja jedne pristupne stanice dat je na slici (Slika 8.).



Slika 8. Primer zone pokrivanja jedne pristupne stanice.

Da bi se ovaj model mogao upotrebiti u realnoj situaciji potrebno je obezbediti mapu područja koje je potrebno pokriti radio signalom i izvršiti raspored pristupnih stanica. Kao alat u tom postupku možemo iskoristiti programski paket „Matlab®“, dok kao polaznu tačku proračuna možemo iskoristiti satelitski snimak područja dobijen programom „Google Earth®“. Datu mapu je potrebno konvertovati u matricu, a zatim dodati matrice koje sadrže podatke o visini zgrada i njihovom međusobnom rastojanju. Nakon toga je potrebno uneti podatke o širini ulica. Usrednjavanjem datih vrednosti za oblast pokrivanja svake stanice, dolazimo do parametara neophodnih za proračun prostiranja uz pomoć modela predloženog u 2.

4. ZAKLJUČAK

Pimenom predloženog modela izvršen je proračun za idealizovani slučaj. Broj stanica na određenom prostoru koji je dobijen ovakvim postupkom u saglasnosti je sa očekivanim brojem pristupnih stanica, što ide u prilog statističkoj opravdanosti predloženog metoda.

5. LITERATURA

- [1] A. Raniwala, „Capacity, Fairness, and security Issues in IEEE 802.11-based Wireless Mesh Networks“, CEWIT Third Annual Tech Conference, Dec 2005.
- [2] Ekram Hossain, Kin K. Leung, „Wireless Mesh Networks-Architectures and Protocols“, 2008.
- [3] Mihail L. Sichitiu, „Wireless Mesh Networks Challenges and Opportunities“, Electrical and Computer Eng. Dept. NC State University, Raleigh, NC, USA, 2006.
- [4] COST 231 Final Report, Digital Mobile Radio Towards Future Generation Systems, COST231, November 1999, ch. 4., available: www.lx.it.pt/cost231/docs/PDFfiles
- [5] Kovačević dr Milan, „Postupak za raspoređivanje pristupnih stanica u „Metro-mesh“ Wi-Fi mrežama na bazi COST 231 modela prostiranja, Telfor 2006

Kratka biografija:



Ilija Pecelj je rođen u Ljubinju 1985. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva na katedri za Mikroročunarsku elektroniku odbranio je 2009 godine.



Dragan Bošković je direktor Motorola Inc, SAD i rukovodi grupama za razvoj bežičnih i multimedijalnih mrežnih sistema u Evropi, Americi i Aziji. Doktorirao je 1991 na Univerzitetu u Bath-u (VB), a za vanrednog profesora na Fakultetu tehničkih nauka je izabran 2009.

ВЕРИФИКАЦИЈА СИМУЛАТОРА ЕЛЕКТРОМОТОРНОГ ПОГОНА У РЕАЛНОМ ВРЕМЕНУ МЕТОДОМ КОСИМУЛАЦИЈЕ

Тодор Тодорчевић, Ласло Нађ, Владимир Катић, Никола Челановић
Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Нови Сад, Србија

Сажетак: Нагло повећање потражње за уређајима енергетске електронике ствара потребу за усавршавањем метода тестирања њиховог управљачког софтвера и хардвера, налик методама које су већ развијене и усавршене у аутомобилској и авио индустрији. Кључни елемент у том процесу је такозвана HIL (хардвер у симулацијској петљи) метода чија примена у енергетској електроници захтева дигитални симулатор екстремних перформанси по питању брзине.

У овом документу дата је, у кратким цртама, архитектура једног таквог симулатора и предложена верификација њене имплементације методом косимулације са два програмска пакета: Matlab/Simulink и ModelSim.

Кључне речи: Хардвер у симулацијској петљи/ Архитектура симулатора у реалном времену заснованог на FPGA технологији/Верификација симулатора/Косимулација

1. УВОД

HIL (hardware in the loop) је важна метода за смањење циклуса дизајна уз истовремено повећање квалитета производа. Применљива је у многим сегментима индустрије, а посебно је овде значајна област енергетске електронике. HIL је окарактерисан употребом стварних компоненти са компонентама симулираним у реалном времену. Под стварне компоненте спада управљачки хардвер и њему придружени софтвер, односно контролер.

HIL представља моћан и флексибилан алат за верификацију и валидацију перформанси контролера. Применом ове методе стваран хардвер, које је регулисан од стране контролера који се тестира, бива замењен дигиталним симулатором базираним на математичком моделу. Математички модел се мора извршавати у реалном времену и мора да буде довољно детаљан да се могу репрезентовати сва стања контролисаног система, укључујући кварове [1].

НАПОМЕНА:

a) Ovaj rad proistekao je iz istoimenog diplomskog-master rada čiji mentor je bio prof. dr Nikola Čelanović.

b) Rad je prethodno objavljen na simpozijumu Energetska elektronika, Novi Sad, oktobar 2009.

Пошто ради у реалном времену, симулатор мора у свакој периоди свог установљеног радног такта да рачуна излаз на основу математичког модела и улаза. На слици 1 дат је дијаграм HIL симулације са које се види да излаз контролера управља радом симулираних актуатора, а затим се на основу ових сигнала прорачунава модел и контролеру шаљу сигнали са симулираних сензора. На овај начин је затворена симулацијска петља. Део система који се замењује симулатором мора бити тако дизајниран да контролер "мисли" да управља стварним системом.



Сл. 1. Дијаграм HIL симулације

Како би се даље унапредиле перформансе оваквих уређаја, или прецизније како би се постигла времена одабирања испод $1 \mu s$ неопходно је применити технологију FPGA кола [2,3]. Овим приступом могуће је симулирати широк опсег енергетских претварача променом садржаја уграђене меморије на FPGA платформи.

У процесу развоја симулатора битно место заузима верификација самог модела. Пошто је коришћена технологија FPGA кола, коначни модел реализован је у VHDL-у. Из тог разлога косимулација је погодан метод за верификацију.

Појавом све моћнијих процесора перформансе HIL система се такође повећавају, али само до одређене границе зато што је за симулирање претварача енергетске електронике минимизација кашњења процесора неупоредиво важнија него број операција које процесор може да изврши у јединици времена.

2. МОДЕЛОВАЊЕ И АРХИТЕКТУРА ЕЛЕКТРОМОТОРНОГ ПОГОНА

У овом параграфу представљен је укратко начин моделовања електроmotorног погона како би се добио модел који је могуће имплементирати у оквиру симулатора у реалном времену. На основу овог модела предложена је архитектура симулатора.

2.1. Моделовање електроmotorног погона

Симулација електроmotorног погона у реалном времену, са врхунским перформансама по питању кашњења, подразумева дискретизован математички модел са фиксним кораком интеграције. Као метод интеграције коришћен је *forward Euler* упркос слабијој стабилности од методе *backward Euler* и мањој тачности. Али мања тачност је прихватљива у овом случају, јер се врши велика уштеда у рачунању. Уштеда се огледа у изостанку инверзне матрице великих димензија, што доводи до смањења времена рачунања [4].

Посматрани систем, заснован на ABB-овом претварачу ACS150, садржи:

- диодни монофазни исправљач заједно са напоном електричне мреже
- трофазни инвертор са два нивоа са једносмерним међуколом и излазним LRC филтром
- асинхронни мотор.

Ова подела система је урађена да би се раздвојили прекидни од линеарних делова система, а са становишта моделовања [4].

За сам математички модел оваког система потребно је направити систем алгебарских и диференцијалних једначина у времену (1), тј. модел у простору стања. Затим се врши дискретизација таквог система једначина (2), чиме се врши прилагођавање за рад у реалном времену.

$$\begin{aligned} \dot{x}(t) &= A(t) \cdot x(t) + B(t) \cdot u(t) \\ y(t) &= C \cdot x(t) + D \cdot u(t) \end{aligned} \quad (1)$$

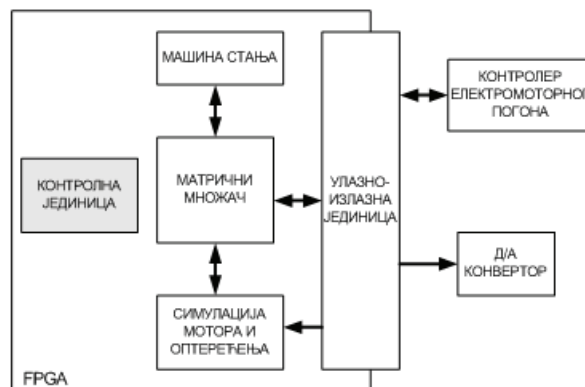
$$\begin{bmatrix} x(n) \\ y(n) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} K(n-1) & M(n-1) \\ C & D \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x(n-1) \\ u(n-1) \end{bmatrix} \quad (2)$$

Матрица датог система је ретка матрица, односно има око једну деветину ненултих елемената. Из тог разлога неопходно је извршити прилагођење матрице како би се уштедело на ресурсима FPGA кола. То се постиже елиминацијом нултих елемената, што доводи до смањења броја множења и акумулација за отприлике две трећине у односу на случај када би се множење вршило и са нултим елементима. Димензије вектора улаза, излаза и вектора стања, као и број ненултих елемената одређују периоду система.

2.2. Архитектура симулатора

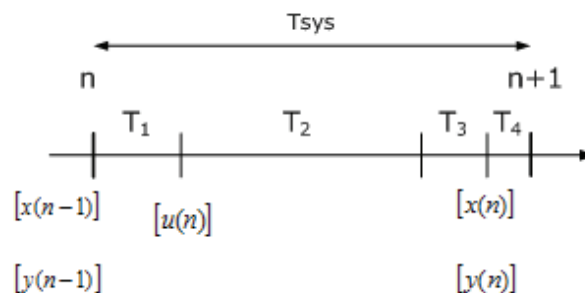
На основу модела, који је претходно укратко описан, се види колика је величина система и то

директно утиче на архитектуру. Као што је приказано на слици 2, архитектура симулатора електроmotorног погона, који је овде разматран, се састоји из следећих функционалних блокова или подсистема: контролна јединица, матрични множач, улазно-излазна јединица, машина стања и подсистем који симулира мотор и оптерећење [5]. Остали делови система су спољашњи и веза са њима је обезбеђена помоћу улазно-излазне јединице.



Сл. 2. Архитектура симулатора у реалном времену

На слици 3 приказана је једна периода система. У периоду T_1 улазно-излазна јединица врши одабирање улазних сигнала и формира вектор улаза $u(n)$. Затим у периоди T_2 рад почињу матрични множач и машина стања. Они раде паралелно како би се постигао бржи рад читавог система, с тим да рад матричног множача траје доста дуже, тако да он диктира трајање периоде T_2 . Улаз оба ова блока, поред осталог, је вектор улаза текуће периоде $u(n)$. Затим у T_3 почиње да ради блок за симулацију мотора и оптерећења, а затим следи кратка пауза T_4 до краја периоде система.



Сл. 3. Периода одабирања

3. VERIFIKACIJA METODOM KOSIMULACIJE

Развој модела електроmotorног погона захтева прецизну процедуру којом се поред дизајнирања одређује и поступак верификације. У делу рада који следи дат је такав један поступак. Да би се дошло до што квалитетније процедуре развоја потребно је применити одређене алгоритме, што ће бити решено у будућности. Сам поступак захтева златну референцу, што је индустријска пракса, јер се помоћу ње верификује модел погона. Златна референца треба да се понаша бит по бит исто као и коначни модел.

3.1. Развој и верификација симулатора

Смањење броја грешака у процесу развоја и олакшано тестирање постигнути су имплементацијом кроз пет развојних фаза. Свака од фаза представља један тип модела симулатора, имплементиран на различите начине, а сви заједно су усмерени ка коначном моделу описаном у *VHDL*-у.

Први тип модела израђен је у *Matlab/Simulink*-у помоћу већ постојећих, готових модела у оквиру овог програмског пакета. Његова улога је да специфицира проблем, односно да опише систем који се симулира. Овом моделу се на основу улаза, који ће бити исти за сваки модел, снимају излази и памте у циљу поређења. Сви симулатори имплементирани у *Matlab*-у не могу се извршавати у реалном времену, па је њихова сврха само тест карактера. Тек ће коначни симулатор радити у реалном времену и то зато што он представља засебан систем, независан од рачунара и оперативног система.

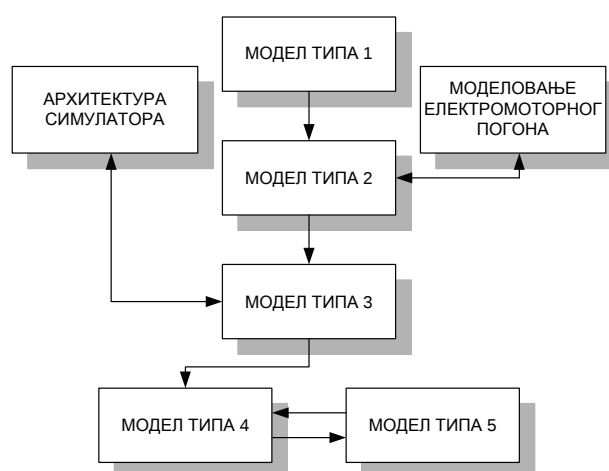
Други тип је моделован такође у оквиру *Matlab/Simulink*-а, што значи да и он ради *off-line* као и први тип. Али за разлику од првог, моделован је коришћењем математичког модела који је развијен специјално за овај електромоторни погон и прилагођен имплементацији на *FPGA* колу. За опис је употребљен *Embedded Matlab* језик. На основу већ одређених улаза снимају се излази и овај тип са својим одзивима представља референцу за скоро сваки модел овог симулатора. Разлог тога лежи баш у томе што је израђен на основу изведеног математичког модела, који се на овај начин и верификује. За модел у *VHDL*-у он не представља референцу, јер им се аритметике разликују.

Трећи тип је још један корак ближе хардверској имплементацији у односу на други тип. Овај модел добија облик установљене архитектуре, која се овим моделом верификује. Самим тим, убацују се и програмирају по задатом алгоритму контролна јединица и множач-акумулатор. Остали блокови по задатој архитектури се добијају развијањем другог типа модела на посебне функционалне блокове описане у *Embedded Matlab*-у. Такође је изведена и комуникација међу новонасталим блоковима. Овим кораком у развоју одређени су контролни сигнали и комуникације међу подсистемима који ће даље бити коришћени. Такође, овај тип мора дати исти одзив као референтни модел да би верификација била успешна.

Четврти тип модела симулатора управо има за сврху верификацију и тестирање *VHDL* модела. *VHDL* модел је пети тип и он представља коначни модел који ће бити имплементиран на *FPGA* колу. Ова два типа модела се развијају паралелно. Сваки готов подсистем описан *VHDL*-ом се посебно тестира у моделу типа четири, који има велики број сигнала и комуникација међу блоковима наметнутих *VHDL* начином описа хардвера, али по структури личи на тип три. То значи да су сви блокови описани *Embedded Matlab*-ом, али су допуњени додатним сигнаlima тако да се сваки од њих може заменити *HDL* блоком, односно блоком који комуницира са другим симулатором (програмским пакетом). И као

такав, овај модел мора дати исти одзив као референтни да би верификација била успешна. Паралелан развој ова два типа потиче од немогућности да се убаце додатни комуникациони и контролни сигнали у *Embedded Matlab* блок док се не развије *VHDL* подсистем. Након развоја сваког подсистема врши се тестирање и његова верификација, а затим се развија следећи подсистем и тд.

На слици 4 дата је процедура развоја оваквог једног симулатора, одакле се види смер у ком се развија модел и он иде ка коначном *VHDL* моделу и имплементацији. Стрелице које су усмерене у супротном смеру дају повратну информацију о неуспешној верификацији модела и тада се морају начинити исправке које су неопходне све док одзив не буде задовољавајући.



Сл. 4. Поступак развоја симулатора

3.2. Косимулација

Косимулација је широко распрострањена као метод симулације, јер омогућава повезивања различитих делова симулатора, односно различитих програмских пакета који се користе за симулацију модела. Описивање модела је могуће коришћењем различитих програмских језика, а опет они могу да комуницирају и чине целину, односно један систем.

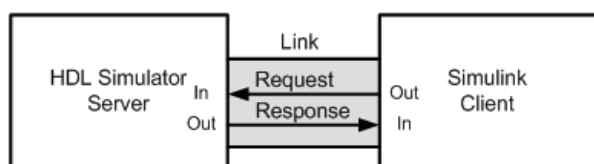
Косимулација као метод у процесу тестирања *VHDL* модела има за предност лакше генерисање улазних тест функција и стварање окружења у ком се налази описани модел, а затим и лако обрађивање резултата симулације. За лако генерисање сигнала и даљу обраду резултата погодан програмски пакет је *Matlab/Simulink*, док је са њим као интегрисану опцију могуће повезати *ModelSim*.

Развој једног модела помоћу *VHDL*-а захтева писање кода који га описује, али и *testbench* кода који представља стимулус — тест функцију. На основу добијених резултата врши се дебаговање и преправка кода. Само писање тест функције захтева пуно времена и стручност од стране лица које га пише. Са друге стране, *Matlab/Simulink* је захваљујући свом графичком интерфејсу много лакше и интуитивније окружење за тестирање модела.

Моделу развијени у *Matlab/Simulink*-у не задовољавају описивање система на ниском

хардверском нивоу, због немогућности које његов програмски језик нуди, па се зато користи *VHDL*. *VHDL* моделе је могуће описивати и симулирати у *ModelSim* програмском пакету, а сам програмски језик представља изузетно моћан алат за детаљно описивање хардвера. Овај програмски језик је развила америчка војска у сврху спецификације интегрисаних кола које су им производеле друге фирме [6]. Из очигледног разлога, веома добро би било укључити *VHDL* модел у *Simulink* окружење. А то је и омогућено *EDA Simulator Link MQ* програмом који је интегрисан у *Matlab*.

EDA Simulator Link MQ програм повезује *Matlab* и *ModelSim*, тако да је остварена веза бидирекциона и повезивање ради на принципу сервер-клијент, као на слици 5.

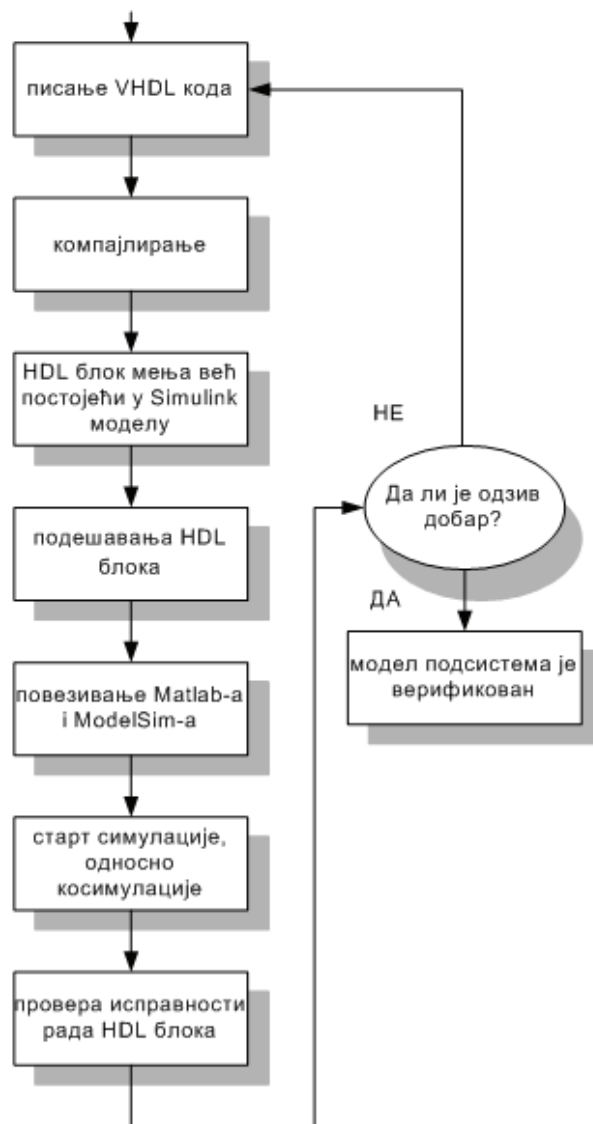


Сл. 5. Сервер-клијент комуникација између *Matlab*-а и *ModelSim*-а

Комуникација између два пакета остварена је преко *TCP/IP* портова. Као што се види са слике 5, *HDL* симулатор (*ModelSim*) одговара на захтеве које прима од симулационих блокова у моделу *Simulink*-а и на тај начин он се понаша као сервер. Симулација се стартује из *Simulink*-а, а за то време се у њему и у *ModelSim*-у могу пратити резултати. Такође, више блокова *Simulink*-а може слати више захтева ка више инстанци *HDL* симулатора преко посебних *TCP/IP* портова.

Поступак верификације помоћу косимулације представљен је на слици 6. Као први корак треба написати код у *VHDL*-у којим описујемо дати део система. Наравно код мора бити искомпјилиран у *ModelSim*-у, у оквиру ког ће и бити симулиран дати модел. Затим се у оквиру *Simulink*-а, у модел типа четири, убацује из посебне библиотеке *HDL* блок, који представља *ModelSim* симулатор-сервер. Сви улази и излази овог блока морају се ускладити са *Simulink* окружењем како би могли правилно да функционишу. Ово окружење сада је тест функција *VHDL* модела са свим изворима сигнала који потичу од блокова и подсистема модела у *Simulink*-у. Посебна подешавања *HDL* блока морају бити таква да одговарају коду који је написан у *ModelSim*-у, односно сви портови морају имати иста имена и потицати од тачно одређеног ентитета. У овим подешавањима су и подешавања радног такта, порта за комуникацију итд. Након свих усклађивања сигнала и портова потребно је из *Matlab*-а покренути повезивање два програмска пакета, посебним навођењем порта који ће се користити за комуникацију. Затим се и у *ModelSim*-у покреће *vsim* симулатор који је спреман да симулира одговарајући ентитет. Симулација се покреће и снимају се одзиви. Одзив целог система мора бити као референтни, али се посебно посматрају и излазни сигнали *HDL* блока. Сада, пошто је тест функција обезбеђена, излазни

сигнали овог блока се могу пратити и у *ModelSim*-у, али и у *Simulink*-у ради поређења са ранијим одзивима. Ако је уочена грешка, одмах се врши преправка кода, компајлирање и поновна симулација. Треба напоменути да се за цео поступак повезивања преко *EDA Simulator Link MQ* програма налази упуство унутар *Matlab*-а.



Сл. 6. Поступак верификације модела подсистема описаног у *VHDL*-у

4. ЗАКЉУЧАК

Потреба за дигиталним симулаторима енергетске електронике је неизбежна са становишта скраћивања времена развоја управљачког софтвера и хардвера уређаја енергетске електронике.

Метод верификације приказан у овом раду представља корак ближе ка квалитетнијем и бржем развоју дигиталног симулатора екстремних перформанси дефинисаних потребама симулирања претвараача енергетске електронике. Суштина описане методе је у примени косимулације између два програмска пакета *Matlab/Simulink*-а и *ModelSim*-а, где је први широко распрострањени симулациони

пакет широког спектра примене док је други моћан али уско специјализован пакет. Комбиновањем ова два пакета долази се до тест процедуре која је истовремено и лака за коришћење и веома високих перформанси.

5. ЛИТЕРАТУРА

- [1] David Maclay, "Simulation gets into the loop", IEEE Review, мај 1997
- [2] Д. Мајсторовић, З. Пеле, А. Ковачевић, Н. Челановић, "Computer based emulation of power electronics hardware", IEEE ECBS-EERC 2009, Септембар 2009
- [3] З. Пеле, Д. Мајсторовић, Н. Теслић, Н. Челановић, "Избор хардверске и софтверске платформе за реализацију ултра брзог симулатора претварача енергетске електронике", Конференција Енергетске електронике 2009 (Ее2009), Нови Сад, Србија, Октобар 2009
- [4] М. Векић, З. Ивановић, С. Грабић, Н. Челановић, И. Челановић, "Моделовање претварача енергетске електронике поступком мјешовитих аутомата", Конференција Енергетске електронике 2009 (Ее2009), Нови Сад, Србија, Октобар 2009
- [5] С. Зељковић, Н. Теслић, В. Катић, Н. Челановић, "Архитектура симулатора електро моторног

погона у реалном времену", Конференција Енергетске електронике 2009 (Ее2009), Нови Сад, Србија, Октобар 2009

- [6] <http://en.wikipedia.org/wiki/VHDL>, Септембар 2009

VERIFICATION OF A MOTOR DRIVE REAL-TIME SIMULATOR USING METHOD OF CO-SIMULATION

Abstract: Rapidly increasing demand for power electronics devices creates a need for improvement of methods of testing their control software and hardware, similar methods that have already been developed and improved in the automotive and airline industry. A key element in this process is called HIL (hardware in the loop simulation) method, whose application in power electronics requires a digital simulator of extreme performance in terms of speed. This document describes, briefly, architecture of such a simulator and proposed verification of its implementation using the method of co-simulation with two software packages: Matlab/Simulink and ModelSim.

Key words: Hardware in the loop, architecture of a real time simulator based on FPGA technology, simulator verification, co-simulation

PRIMENA GIS-A U PRAĆENJU NEKIH MALIGNIH BOLESTI U VOJVODINI

APPLICATION OF GIS IN CANCER MONITORING IN VOJVODINA

Igor Popović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U ovom radu prikazana je mogućnost primene geografskih informacionih sistema (GIS) za analizu neke bolesti i njenog razvoja na određenom prostoru. Primer upotrebe GIS-a dat je kroz istraživanje razmatranog malignog oboljenja na teritoriji Vojvodine.

Abstract – This study is illustrating use of geographic information systems (GIS) in analyzing of some disease and otuspread of that disease thru some area. Example of GIS usage is given thru research about malignant disease in Vojvodina.

Ključne reči: geografski informacioni sistemi, maligno oboljenje, mapiranje, vizuelizacija

1. UVOD

GIS se uspešno koristi u oblasti medicine i zdravstva kao alat za analizu medicinskih podataka o određenoj bolesti [1,2]. Podaci o bolesnicima se organizuju u formi tabela kojima se zatim, pomoću GIS-a, pridružuje prostorna dimenzija. GIS time omogućava posmatranje raspodele bolesti na geografskom prostoru od značaja.

U ovom radu izvršeno je istraživanje razmatranog malignog oboljenja na teritoriji Vojvodine. Na osnovu podataka koji su nastali slučajnim generisanjem, odnosno, nisu stvarni već izmišljeni, formirano je softversko okruženje u kome je moguće pravljenje različitih mapa po zahtevu korisnika. Na ovaj način posmatra se rasprostranjenost bolesti na teritoriji Vojvodine i na osnovu toga je moguće izvoditi određeni zaključci.

2. GEOGRAFSKI INFORMACIONI SISTEMI**2.1. Osnovni pojmovi o GIS-u**

Geografski informacioni sistem (GIS) integriše hardver, softver i podatke za prikupljanje, obradu, analizu i prikazivanje svih formi geografski orjentisanih (prostornih) podataka. GIS nam omogućava da vidimo, razumemo, ispitamo, interpretiramo i vizuelizujemo podatke na više načina, koji otkrivaju veze, obrazce i tendencije u formi mapa, izveštaja i dijagrama. GIS nam pomaže da pronademo odgovore na pitanja i rešimo probleme posmatrajući podatke na način koji je lako razumljivi i jednostavno se prezentuje [1,2].

2.2. Istorija GIS-a

Važno je istaći da je neki od prvih napora za geografsku interpretaciju podataka upravo vezan za medicinu, godine 1854. John Snow je opisao izbijanje epidemije kolere u Londonu koristeći tačke položaja kako bi prikazao neke individualne slučajeve ove bolesti.

NAPOMENA:

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

Godine 1962. razvijen je prvi GIS na svetu u Otavi (Ottawa), Kanada od strane Federal Department of Forestry and Rural Development. Tokom 1970-tih, privatni trgovci počinju da nude GIS pakete za širu distribuciju. 1981, ESRI izbacuje Arc/Info, softverski GIS paket. Tokom 80-tih računari se razvijaju i postaju sve dostupniji a samim tim GIS postaje sve vidljivija i češće upotrebljavana tehnologija. Godine 1992, ESRI izbacuje ArcWiev, sistem za mapiranje sa grafičkim interfejsom koji je napravio veliki napredak u korišćenju u odnosu na interfejs gde se koristi komandna linija. Pored ovih komercijalnih paketa postoje open-source rešenja koja se široko koriste u praksi.

2.3. Komponente GIS-a

Geografski informacioni sistem integriše pet ključnih komponenti: hardver, softver, podatke, korisnike i metode.

2.4. Osnove funkcionisanja GIS-a

Standardne GIS aktivnosti čine: unos podataka, kreiranje mape, obrada podataka, upravljanje datotekama, upiti i analize kao i vizuelizacija i prikazivanje rezultata. Podaci o prostoru smeštaju se u formi digitalnih mapa predstavljenih kao niz različitih tematskih slojeva. Svaka informacija kojoj se može pridružiti koordinata, adresa, poštanski kod ili naziv oblasti, time stiče prostorno određenje i može se predstaviti na karti. GIS radi sa dva fundamentalno različita modela za predstavljanje realnog sveta u digitalnom obliku: vektor i raster. Vektorski model predstavlja naše okruženje u formi tačaka, linija ili poligona (površina). Rasterska slika je nalik matrici, gde svaka ćelija ima određene atribute i vrednosti. I rasterski i vektorski modeli imaju svojih prednosti i mana. Savremeni GIS u sve većoj meri integriše obe tehnologije.

3. OSNOVNI PRINCIPI MAPIRANJA KOD VIZUELIZACIJE**3.1. Metode mapiranja**

Postoje dva osnovna načina formiranja mapa: choropleth¹ mapiranje i mapiranje pomoću proporcionalnih simbola. Choropleth mape predstavljaju oblasti (kao države, okruzi, opštine, određene površine) popunjene bojom koja simbolizuje raspon u podacima.

Choropleth mape koriste stepen osvetljenosti boje za predstavljanje kvantitativnih podataka dok proporcionalni simboli koriste veličinu za prikaz kvantitativnih podataka u određenoj tački ili za oblast. Drugi način za predstavljanje kvantitativnih podataka je pomoću simbola koji variraju u veličini proporcionalno vrednosti podataka koje predstavljaju. Kao simboli najčešće se koriste krugovi ili kvadrati. [3]

¹ Choropleth – Grčki $\chi\omega\rho\alpha + \pi\lambda\eta\theta\alpha\iota\nu$, ("oblast" + "vrednost")

3.2. Mapiranje višestrukih varijabli

Serijska mapa koristi se za poređenje mapa srodnih podataka. Izvodi se korišćenjem istih raspona klasa na svim mapama u seriji. Standardne metode mapiranja su često unapređene dodavanjem preklapanja slojeva. Ovaj način prikaza omogućava korisniku da fokusira svoju pažnju na vrednosti od značaja. Mapa takođe može kombinovati varijable uključujući ih u jednu reprezentaciju.

3.3. Finiširanje mape

Radovi ne tekstualnom delu mape odnose se na izbor naziva mape koji treba da predstavi osnovnu temu mape kao i na legendu koja daje detalje o načinu interpretacije podataka na mapi. Bira se tip datoteke, odnosno format u kom će podaci biti sačuvani. Još jedna od stvari kojom se bavimo prilikom kreiranja mape jeste izbor projekcije mape.

4. GIS U MEDICINI I ZDRAVSTVU

4.1. Primena GIS-a u medicini i zdravstvu

GIS ima široku primenu u modernoj medicini. Većina zdravstvenih problema sa kojima se svet danas suočava poseduje geografsku dimenziju i bilo koja analiza mora to uzeti u obzir. GIS je postao alat od vitalnog značaja za naučnike i medicinsko osoblje koje se bavi proučavanjem uzroka kao i načina širenja smrtonosnih bolesti aktuelnih u svetu.

4.2. Primer upotrebe GIS-a za istraživanje malignih oboljenja

Kao primer primene GIS-a kod malignih oboljenja posmatrana je studija o povezanosti intenziteta saobraćaja sa razvojem dečije leukemije u Los Angeles-u (Traffic Density and the Risk of Childhood Leukemia in Los Angeles, Bryan Langholz, Kristie L. Ebi, Duncan C. Thomas, John M. Peters and Stephanie J. London). Svrha ove studije jeste utvrđivanje povezanosti i pronalaženje potencijalnih veza između intenziteta saobraćaja i rizika za razvoj slučajeva dečije leukemije na teritoriji grada Los Angeles, USA [4].

4.3. Primeri dobre istraživačke prakse

Prikazaćemo način na koji se vrši istraživanje vezano za oboljenje od raka na primeru sledeće studije: "Using GIS to Produce Cancer Incidence Maps: A Case Study of Trabzon, Turkey". [5] U ovom primeru jasno su prikazani koraci koje je potrebno izvršiti prilikom istraživanja:

- **Uvod:** Prvi korak u svakom istraživanju, uvod, treba detaljno da predstavi temu i da ponudi razloge za opravdanost istraživanja.

- **Ciljevi istraživanja:** Potrebno je, zatim, definisati ciljeve koji žele da se postignu.

- **Materijali i Metode:** Prvo se određuje oblast od značaja, prostor na koji se istraživanje odnosi i prikupljaju se podaci za tu oblast. Pošto je određena oblast koja se posmatra sledi prikupljanje podataka o bolesti raka na tom prostoru (Cancer Data) kao i dobijanje geografske mape prostora na kom se vrši istraživanje (Base Map).

- **Kreiranje Mapa korišćenjem GIS-a:** Podaci o slučajevima raka po kojim se vrši studija su organizovani u vidu baze podataka napravljene u Microsoft Office Excel programu. Zatim su ti podaci promenjeni u 'dbase' format kako bi se koristili u ArcGis softveru. Ovaj softver je korišćen kako bi se podaci o oboljenju raka prebacili na

baznu mapu. Svaki slučaj raka je markiran na mapi kao tačka kreirana pomoću informacija o njegovoj adresi generišući na ovaj način novi sloj distribucije raka. Na ovaj način dobijena je mapa koja prikazuje distribuciju slučajeva raka na posmatranoj oblasti. Zatim se računa stopa incidencije² za svaku administrativnu jedinicu.

- **Zaključak:** Na kraju svakog istraživanja sumiraju se zaključci do kojih se došlo.

4.4. Registri za rak

Registar za rak predstavlja bazu podataka koja sadrži prikupljene podatke o bolesti raka za posmatranu oblast. Podaci se formiraju tako što se za svakog pacijenta radi kompletno prikupljanje podataka o njegovoj istoriji, dijagnozi, tretmanu i statusu. Ovi podaci se zatim smeštaju u jedinstvenu bazu podataka. Podaci neophodni za sprovođenje istraživanja o raku dobijaju se iz registara raka. Postoje dve vrste registara za rak: populacijski i bolnički.

5. PRIMER ISTRAŽIVANJA NEKIH MALIGNIH OBOLJENJA NA TERITORIJI VOJVODINE POMOĆU GIS-a

Svi podaci i vrsta malignog oboljenja koji se ovde razmatra namerno su izmenjeni i nemaju veze sa stvarnim podacima. Konkretan tip malignog oboljenja nije eksplicitno naveden da ne bi izazvalo nedoumice i zablude oko interpretacije rezultata, mada je iz literature nedvosmisleno utvrđeno da se prostiranje ove bolesti može povezati i sa faktorima rizika koji su prostorno (geografski) iskazani.

5.1. Softverski alati

Prilikom istraživanja korišćeni su sledeći softverski paketi: PostgreSQL/PostGIS, GeoServer i uDig. Baza podataka koja sadrži sve informacije o bolesnicima formirana je u PostgreSQL/PostGIS-u. Baza se zatim povezuje na GeoServer, Java-bazirani softverski server koji omogućava korisnicima da vide i edituju geoprostorne podatke. Sa servera se podaci distribuiraju do krajnjeg korisnika preko uDig-a koji omogućava pristup, obradu i pregled geografskih podataka.

5.2. Arhitektura GIS-a

Koristi se višeslojna arhitektura koja podrazumeva klijentsku i serversku aplikaciju i bazu podataka. Klijentska aplikacija (uDig) je zadužena za interpretaciju korisničkih zahteva i slanje tih zahteva serveru (Geoserver) koji taj zahtev treba da obradi i pošalje nazad odgovor klijentu. Za pristup i dobavljanje podataka serverska aplikacija se obraća bazi podataka (PostgreSQL/PostGIS).

5.3. Analiza podataka

Polazna osnova za istraživanje predstavljaju podaci o 117 zabeleženih novih slučajeva razmatranog malignog oboljenja na teritoriji Vojvodine u vremenskom periodu od decembra 2003. godine do aprila 2008. godine. Podaci za svakog bolesnika sadrže informaciju o inicijalima bolesnika, njegovoj starosti, matičnom broju pod kojim se

² Stopa incidencije (cancer incidence rate) predstavlja broj novih slučajeva raka određenog tipa koji se pojavljuje u specifičnoj populaciji u toku godine, najčešće se predstavlja kao broj obolelih od raka na 100.000 stanovnika.

vodi u registru za rak, mesecu i godini kada je utvrđena dijagnoza, tipu malignog oboljenja (definisan brojem od 0 do 7), podatku da li je izvršen tumor marker (0 nije, 1 jeste) kao i o adresi i mestu stanovanja bolesnika.

5.4. Kreiranje layer-a

Na osnovu datih podataka u bazi podataka (Postgres/PostGIS) je formirana tabela koja sadrži navedene informacije za svakog bolesnika. Učitavanjem ovih podataka u uDig omogućeno je pridruživanje prostornih podataka svakom bolesniku. Prostorni podatak za svaki slučaj malignog oboljenja pridružuje tačku (point) koji određuje položaj mesta prebivališta bolesnika na teritoriji Vojvodine. Na ovaj način formiran je layer³ "tačke".



Slika 1. Layer "tačke"

Pored ove tabele u bazi je formirana još jedna tabela koja sadrži prostorne podatke za svaku opštinu kao i informacije o broju bolesnika na teritoriji date opštine kao i stepenu incidencije za tu opštinu. U uDig-u ova tabela je predstavljena kao layer "opštine", gde je svaka opština definisana kao jedan poligon.



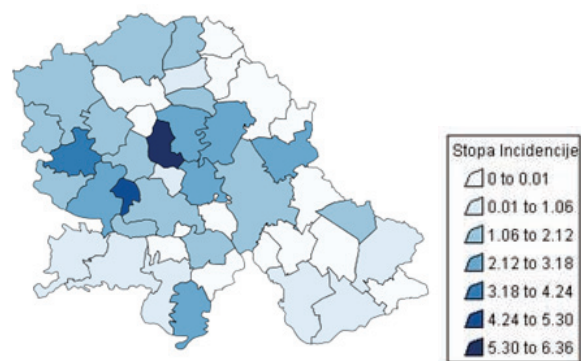
Slika 2. Layer "opštine"

5.5. Style editor

Za definisanje klasifikacije kao i izbora boja kod izrade mape u uDig-u koristi se style editor.

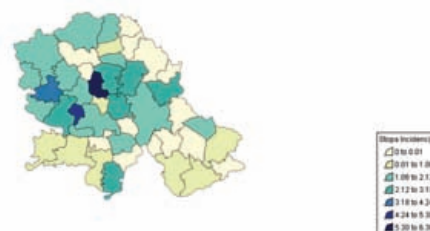
5.6. Kreiranje mapa korišćenjem layera opštine

Korišćenjem layera opštine podaci se mogu prezentovati na više različitih načina kreiranjem mapa. Klasifikacija se vrši izborom broja klasa i određivanjem graničnih vrednosti između klasa. U zavisnosti od načina na koji se biraju ovi parametri razlikujemo više vrsta klasifikacije. Kao primer, kreirane su mape korišćenjem nekih od standardnih vrsta klasifikacije kao što su klasifikacija jednakim intervalima, quantile klasifikacija i optimizovana klasifikacija. Kao parametar po kom se vrši klasifikacija koristi se podatak o stopi incidencije za svaku opštinu.



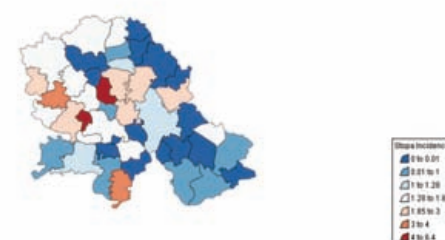
Slika 3. Sekvencijalna šema sa jednom bojom (plava), klasifikacija jednakim intervalima

U zavisnosti od izbora palete boja ista klasifikacija se može predstaviti na različite načine. Slike 3 i 4 prikazuju klasifikaciju jednakim intervalima korišćenjem različitih paleta boja.



Slika 4. Sekvencijalna šema sa promenom boje (žuta-zelena-plava), klasifikacija jednakim intervalima

Kao još jedan primer kreirana je divergentna mapa koja koristi klasifikaciju prilagođenu tako da prosečna vrednost stope incidencije za celu Vojvodinu, koja iznosi 1.28, predstavlja graničnu vrednost između klasa (Slika 5). Opštine sa stopom incidencije oko prosečne vrednosti su grupisane u klase označene belom i svetlo plavom bojom, one ispod prosečne vrednosti se kreću ka tamno plavoj a one iznad ka tamno crvenoj.



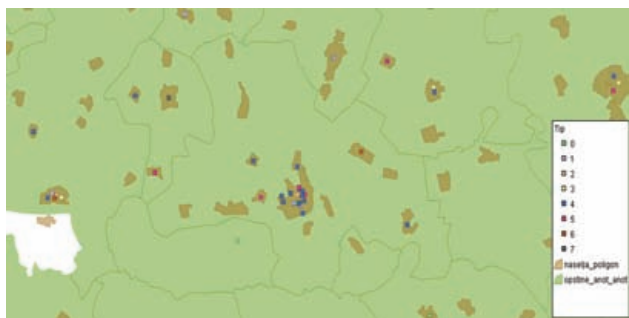
Slika 5. Divergentna šema sa promenom boje (crvena-bela-plava)

5.7. Kreiranje mapa korišćenjem layera tačke

Pomoću ovog layera kreiraju se mape koje prikazuju raspodelu obolelih na teritoriji Vojvodine u odnosu na neku karakteristiku po zahtevu korisnika. Pored layera opštine i layera tačke pri izradi mapa korišćen je i layer naselja poligon koji prikazuje granice većih naselja. Moguće je kreirati mapu koja prikazuje sve obolele koji su određenog tipa malignog oboljenja (Slika 6). Na sličan način moguće je kreirati mape i prema drugim vrstama podataka

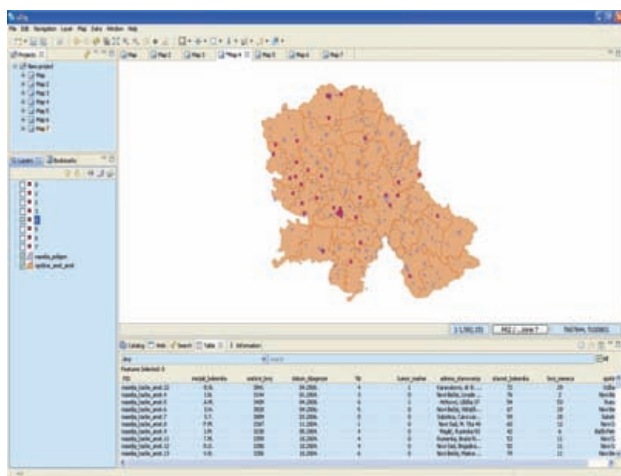
³ Layer (sloj) - predstavlja jedan sloj kod grafičkog prikaza podataka. Mapa može sadržati više različitih slojeva. Grafički podaci sadržani u layer-u mogu se prezentovati na različite načine u zavisnosti od potrebe izrade određene mape.

iz baze. Na primer, prikaži sve bolesnike u datoj starosnoj granici, ili sve koji su oboleli u definisanom vremenskom periodu itd.



Slika 6. Oboleli na teritoriji Novog Sada gde je svaki tip malignog oboljenja predstavljen drugom bojom

Moguće je kreirati mape u uDigu u formi više različitih prikaza istog layera, gde onda korisnik ima mogućnost da izborom layera koji su aktivni sam kreira prikaz kakav želi. Slika 7 prikazuje mapu koja sadrži više različitih prezentacija layera tačke. Kao što se vidi u listi layera (sa leve strane) svaki layer prikazuje drugi tip razmatranog malignog oboljenja. Uključivanjem određenog layera dobija se rapodela svih obolelih koji pripadaju definisanom rasponu godina za dati layer. U primeru je kao aktivan prikazan layer koji sadrži bolesnike tipa 4. Na isti način moguće je praviti mape na osnovu drugih kriterijuma kao što je vreme ili starost.



Slika 7. Primer korišćenja layera "tačke"

5.8. Ažuriranje podataka

Ažuriranje podataka u bazi se odnosi na određivanje broja bolesnika na teritoriji svake opštine i zatim, na osnovu tog broja i broja stanovnika opštine, izračunavanja stope incidencije za svaku opštinu. Vršiti se izvršenjem prethodno napisanog SQL koda u bazi podataka.

5.9. Dodavanje novog bolesnika

Bazu je moguće proširiti dodavanjem novog bolesnika iz korisničkog interfejsa, odnosno iz uDig-a. Kreira se novi point koji se pozicionira na mapi, zatim se unose podaci o bolesniku i izmene se snimaju u bazu.

5.10. Prostorne operacije (Spatial operations)

U sklopu mogućnosti uDig-a nalaze se i prostorne operacije. Layer-i se posmatraju kao skupovi prostornih tačaka ili poligona između kojih se mogu obavljati operacije kao presek, unija, razlika itd. Na ovaj način moguće je posmatrati razvoj novih slučajeva bolesti u određenom prečniku oko kritičnih tačaka koje definiše korisnik. Kod epidemioloških bolesti na ovaj način se definišu potencijalna izvorišta zaraze. Kod analize bolesti za koju uzročnici nisu tačno poznati moguće je pronaći moguće izazivače bolesti, odnosno izvore koji utiču na razvoj date bolesti.

6. ZAKLJUČAK

Istraživanje o razmatranom malignom oboljenju se može posmatrati kao jedna prezentacija mogućnosti koje GIS nudi krajnjem korisniku. GIS sistem kreiran za potrebe istraživanja ove bolesti može se uspešno primeniti kod analize bilo koje bolesti za koje korisnik poseduje podatke.

Ovakava prezentacija podataka omogućava medicinskom osoblju koje istražuje posmatranu bolest da izvede zaključke do kojih je daleko teže ili skoro nemoguće doći posmatranjem podataka bez prostorne dimenzije. Ovi zaključci su obično vezani za distribuciju bolesti, kao i uzročnike razvoja bolesti itd.

7. LITERATURA

- [1] <http://www.gis.com/whatisgis/index.html>
- [2] *GIS for health and environment*, Edited by Don de Savigny and Pandu Wijeyaratne, IDRC 1995.
- [3] Cynthia A. Brewer, PhD, *Basic Mapping Principles for Visualizing Cancer Data Using Geographic Information Systems (GIS)*, American Journal of Preventive Medicine (2006)
- [4] Bryan Langholz, Kristie L. Ebi, Duncan C. Thomas, John M. Peters and Stephanie J. London, *Traffic Density and the Risk of Childhood Leukemia in Los Angeles*, New York, (2002)
- [5] Ebru Colak, Tahsin Yomralioglu, Trazbon, *Using GIS to Produce Cancer Incidence Maps: A Case Study of Trabzon, Turkey*, Karadeniz Technical University Department of Geodesy and Photogrammetry Engineering, GISLab, Trabzon, Turkey, (2006)

Kratka biografija:



Igor Popović rođen je u Sisku 1982. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Geografski informacioni sistemi odbranio je 2009.god.

SIMULACIJA OPTIČKIH KOMUNIKACIONIH SISTEMA SIMULATION OF OPTICAL COMMUNICATION SYSTEMS

Nataša Ilkić, Željens Trpovski, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu predstavljen je postupak simulacije optičkog telekomunikacionog sistema. Prikazan je njen značaj za realizaciju optičkih sistema. Opisana je primena softvera OptiSystem 7.0.

Abstract – A method for the simulation of optical communication system is presented in this paper. Importance of the simulation for the realization of optical systems is presented. OptiSystem 7.0 simulation software is used for this purpose.

Ključne reči: simulacija, optički sistemi, OptiSystem 7.0

1. UVOD

Optičke komunikacije predstavljaju granu telekomunikacija koja je doživela veliki pomak u svom razvoju. Razvijale su se na svim nivoima, od naučnih istraživanja do tehnologija sa mnogo ozbiljnijim i masovnijim značajem. Naglu ekspanziju doživele su poslednjih godina.

Razvoj ove oblasti mnogo je doprineo u olakšavanju veza - njihovom lakšem uspostavljanju, boljem kvalitetu i jednostavnijoj realizaciji.

Posmatrano sa raznih aspekata može se uočiti značaj ove oblasti telekomunikacija. Najveći akcenat stavlja se na razvoj širokopojasne mreže koji je moguće ostvariti upravo primenom optičkih kablova. Cilj je da se optičko vlakno dovede do samog korisnika i samim tim omogućiti nove, bolje telekomunikacione usluge i uticaj na integraciju već postojećih, sve je u skladu sa težnjom opšte digitalizacije.

Telekomunikacione mreže su nekada omogućavale samo jednostavan telefonski saobraćaj preko lokalnih operatera, a danas predstavljaju mnogo složeniji „mehanizam“. Broj prenetih poruka je ogroman, ali i same mreže su složenije.

2. WDM I DWDM MREŽE

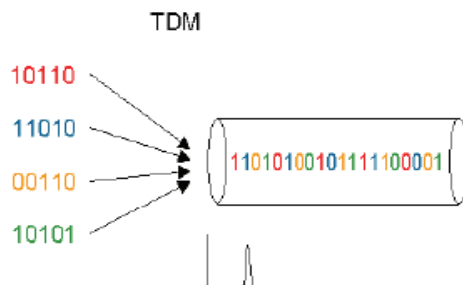
Krajem devedesetih godina prošlog veka zahtevi za povećanje kapaciteta komunikacionih mreža postali su veliki, a optičko vlakno predstavljalo je medijum koji je mogao preneti tu količinu saobraćaja.

Primena vremenskog multipleksiranja (*TDM-Time Division Multiplexing*) predstavljala je uobičajeni način kojim se kapacitet jednog optičkog vlakna mogao podeliti u komunikacione kanale. TDM je metod gde se više električnih signala prvo vremenski multipleksira.

Posle toga se taj signal pretvara u optički i prenosi po fiber optičkom vlaknu po jednoj talasnoj dužini, slika 1.

NAPOMENA:

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

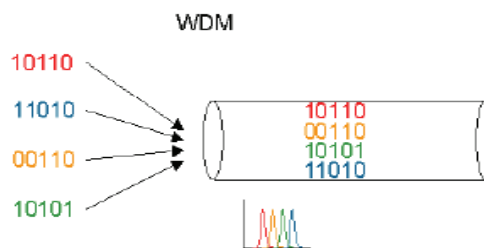


Slika 1. Multipleksiranje po vremenu

Međutim, za visoke protoke ova tehnologija je ograničena problemom brzine elektronske opreme za modulaciju, kao i opreme za multipleksiranje.

Pravo rešenje za višestruko iskorišćenje vlakna, dalje povećanje brzine i protoka omogućila je primena nove tehnologije: multipleksiranje po talasnim dužinama (WDM). Ona se zasniva na prenošenju svakog optičkog linka na drugoj talasnoj dužini po jednom optičkom vlaknu.

Ovakav prenos, gde svaka talasna dužina predstavlja jedan optički kanal unutar vlakna, predstavlja prenos bez interferencije. Svaki kanal je nezavisan od ostalih kanala i to u smislu bitske brzine, ali i protokola koji se njime prenosi. Tako je omogućena kombinacija raličitih signala po istom optičkom vlaknu, slika 2.



Slika 2. Multipleksiranje po talasnim dužinama

WDM kanal prenosi digitalni signal nezavisno od protoka i formata. On deli raspoloživi spektar vlakna na nepreklopajuće intervale oko talasnih dužina na kojima se vrši prenos.

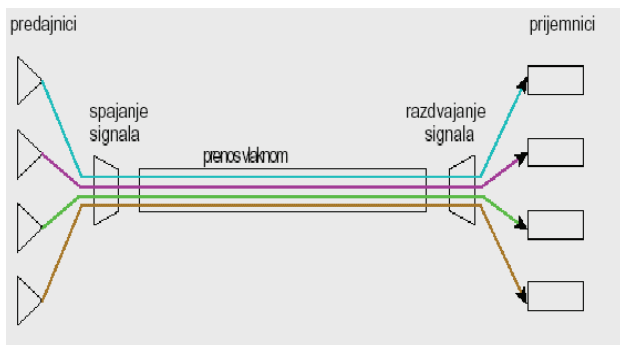
Vrste WDM-a:

- WDM
- CWDM (Coarse Wavelength Division Multiplexing)
- DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing)

Razvoj WDM tehnologije omogućio je veoma male razmake između talasnih dužina (deo nanometra), što je dovelo do otkrića i DWDM tehnologije (multipleksiranje sa gustom raspodelom talasnih dužina), slika 3. Sa protocima reda Tb/s ova tehnologija nam je pružila mogućnost

da zakoračimo u "tera eru". Naravno ovde se otvaraju novi zahtevi koje moraju da ispune optičke komponente u lancu za prenos signala.

Najveća prednost DWDM tehnologije, kako sa tehničkog tako i sa ekonomskog stanovišta jeste ta što omogućava potencijalno neograničen kapacitet prenosa. To se postiže ili unapređenjem opreme ili povećanjem broja talasnih dužina u vlaknu, bez skupe nadogradnje.



Slika 3. Funkcionalna šema DWDM-a

Na početku 32-kanalni, a sada i 40-kanalni DWDM omogućava prenos velikog broja različitih tipova signala po jednom optičkom vlaknu. DWDM tehnologija koristi talasne dužine koje se nalaze oko 1550 nm, odnosno u opsegu 1530-1565 nm (C-band).

Najveća prednost u korišćenju ove tehnologije jeste primena talasnih dužina, odnosno opsega za prenos optičkih signala tamo gde je slabljenje najmanje.

Kao i kod CWDM tehnologije, i ovde je međunarodna unija za telekomunikacije (ITU - International Telecommunication Union), preporukom ITU-T G.694.1. propisala noseće talasne dužine za primenu u DWDM sistemima.

DWDM polako prestaje da bude samo jedna od novih tehnologija za prenos velikog broja optičkih signala, već postaje osnova sve-optičkog umrežavanja, sa obezbeđivanjem talasnih dužina i zaštitom zasnovanom na topologiji tipa mreže. Ove i još mnoge druge prednosti daju mogućnost realne vizije potpuno optičke mreže.

3. ZNAČAJ METODE SIMULACIJE

Količina informacija koja se prenosi, povećanje broja raznovrsnih komunikacionih servisa i veći broj i tip poruka koje se prenose postavljaju sve ozbiljnije i strože zahteve za savremene mreže.

Pri projektovanju komunikacionih sistema potrebno je odgovoriti na mnoga pitanja koje sama kompleksnost komponenti i njihovih karakteristika nalažu. Simulacija predstavlja pogodan alat za bolje razumevanje i optimizaciju performansi sistema kao i za proveravanje tačnosti projekta.

Pre proizvodnje, većina sistema se prvo simulira kako bi se identifikovale i otklonile sve greške u projektu. Računarska simulacija posebno je važna u ranim fazama projektovanja, jer troškovi popravljivanja grešaka značajno rastu ako se greške otkriju u kasnijim fazama životnog ciklusa proizvoda.

Računarske simulacije se već dugo koriste u telekomunikacijama. Međutim, najčešće podrazumevaju simulaciju

na osnovu komponenti. Time se rešavaju parcijalni problemi komunikacionih sistema. Pošto se sve češće stvarala potreba za simulacijom na nivou čitavog sistema, problem su se rešavali tehnikama masovnog opsluživanja. Telekomunikacioni sistemi su predstavljeni kao jednokanalni ili višekanalni sistemi sa ili bez otkaza. U velikom meri se ovaj metod pokazao zadovoljavajućim, ali imao je par početnih nedostataka:

- homogenizacija elemenata – svi elementi imaju iste karakteristike,
- zanemarivanje prostornog faktora (u najboljem slučaju modelovan je različitim verovatnoćama),
- relativno visok nivo apstrakcije.

Novi tip simulacije predstavlja adekvatno rešenje ovih problema – multiagentne simulacije u telekomunikacijama. Kod ove vrste simulacije eksplicitno se zadaju samo elementi sistema dok će dinamika nastati spontano, kao posledica međusobnog uticaja sopstvenih elemenata.

Osnova ovih simulacija bazira se na teoriji kod koje ne postoji centralni element, odnosno element koji upravlja celokupnom dinamikom. Ona nastaje spontano. Eksplicitnim zadavanjem elemenata i bez upravljanja dinamikom sistema ostvaren je veliki korak za dalji razvoj ove tehnike predviđanja ponašanja optičkih i drugih kompleksnih sistema.

4. OPTISYSTEM 7.0

Rad sa simulacijom i dizajniranjem sistema u svakodnevnom je opisu posla inženjera optičkih telekomunikacija. Optiwave laboratorija nudi mogućnost učenja i upoznavanja na ovom softveru. Takođe, pogodna je za sumiranje i primene teorije koju korisnik poznaje iz ove oblasti. Cilj laboratorije jeste da to znanje dopuni i upotpuni jer je simulacioni paket veoma kompleksan softver i uvek će biti novih, nepoznatih stvari za korisnika. Ne postoji sveobuhvatan priručnik za upotrebu ovog softvera, već uputstvo za postizanje prvih koraka.

4.1. Simulacija OptiSystem-om i projektovanje softvera

Porast potražnje za komercijalnim softverom za simulaciju i projektovanje optičkih komunikacionih sistema imao je za posledicu pojavu velikog broja simulacionih programskih paketa. Programi imaju slične funkcije i računanje se bazira na sličnim algoritmima i modelima komponenti.

Za upotrebu u studentskim laboratorijama OptiSystem se pokazao kao najbolje rešenje. Jedan od glavnih razloga za izbor baš ovog programskog paketa jeste jasnoća grafičkog korisničkog interfejsa. Uz korišćenje ovog softvera dostupna je i veoma dobra dokumentacija.

4.2. Funkcionalnost OptiSystem-a

Nivo simulacije sistema zasniva se na realnom modelovanju optičkih komunikacionih sistema, novoj moćnoj podršci i vernom definisanju komponenti i sistema. Snažan grafički korisnički interfejs kontroliše izgled optičkih komponenti, modele komponenti i predstavlja grafike. Postoje bogate biblioteke aktivnih i pasivnih komponenti realnih parametara, zavisne od talasne dužine. *Parametar sweeps* omogućavaju korisniku da ispita uticaj specifikacija određenog uređaja na performanse sistema.

Glavne karakteristike OptiSystema-a:

- Biblioteka komponenti sadrži stotine proverenih komponenti. Korisnici ih mogu prilagoditi tako što će uneti različite vrednosti parametara. Takođe, mogu uključiti i nove komponente na osnovu podsistema i korisnički definisane biblioteke.
- Integracija sa Optiwave softver alatima na nivou podsistema i komponenti: OptiAmplifier, OptiBMP, OptiGrating and OptiFiber.
- Integracija sa softverom Aglient grupe.
- OptiSystem obuhvata forme različitih optičkih i električnih signala u biblioteci komponenti, a izračunava signale koristeći odgovarajuće algoritme pogodne za postizanje potrebne preciznosti i efikasnosti
- Performanse sistema predviđaju se računanjem BER-a i Q-faktora korišćenjem numeričkih analiza ili poluanalitičkih tehnika za sisteme ograničenog šuma i intersimbolske interferencije
- Napredne alatke za vizuelizaciju proizvoda OSA spektra, osciloskopa i dijagrama oka. Takođe, uključuju i alate za WDM analizu snaga signala, pojačanja, šum i OSNR.
- Simulacije se mogu ponavljati sa varijacijama parametara. OptiSystem može i optimizovati svaki parameter da bi minimizovao ili maksimizovao rezultat ili može tražiti određeni rezultat. Korisnici mogu da kombinuju optimizaciju više parametara.

4.3. Grafički korisnički interfejs (GUI-Graphical User Interface)

Ovaj softver omogućava intuitivno korišćenje jer je sačinjen od različitih prozora, dugmića i menija, a funkcionalnost je veoma prepoznatljiva korisnicima koji su upoznati sa Windows operativnim sistemom.

4.4. Kako dizajnirati sistem

Postupak je ilustrovan jednostavnim primerom za projektovanje optičkog komunikacionog sistema pomoću OptiSystem-a. Sledi osnovnih par koraka.

Prvo, specifikacija sistema:

Poreklo – München	Modulacioni format - NRZ
Destinacija – Augsburg	Tip modulacije – direct mod.
Rastojanje – 61.80 km	Tip detekcije – direct det.
Bitska brzina – 10Gbit/s	Max BER – 10^{-12}

1) OptiSystem se startuje pritiskanjem na ikonu OptiSystem-a na Desktop-u ili pozivom preko Start menu-a (Start menu→Programs→Optiwave Software→OptiSystem)

2) Otvaranje novog projekta

3) Pristup parametrima projekta za upisivanje odgovarajuće bitske brzine i imena projekta. Ostali parametri su podešeni i nije potrebno da se regulišu.

4) Kretanjem kroz biblioteku komponenti dodaju se komponente za dizajniranje sistema. Zahtevana komponenta se prevlači i spušta u prozor projekta koji se kreira.

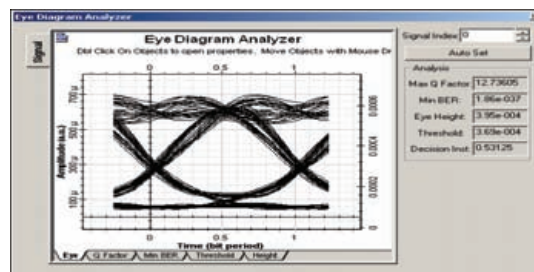
Na ovaj način dodaju se komponente, korak po korak.

Komponente se mogu povezati ručno, klikom na jedan port i crtanjem veza do željene komponente. Ako se automatski aktivira bilo koji od tastera *Autoconnect*, komponente se automatski povezuju.

5) Sva svojstva komponenti ostavljaju se nepromenjena, osim za optičko vlakno gde je potrebno podesiti dužinu iz specifikiranih vrednosti.

6) Sada se može simulirati prenos preko linka pseudoslužajnom sekvencom za određivanje kvaliteta prenosa. Otvara se opcija *Calculate* i pritiskom na taster *Play* pokreće se simulacija.

7) Nakon završenog računanja, zatvara se prozor za računanje. Sada se mogu videti rezultati simulacije pomoću Eye Diagram Analyzer (slika 4.). Dvostrukim klikom na komponentu iz projekta grafik postaje vidljiv.



Slika 4. Rezultat simulacije predstavljen preko dijagrama oka

8) Iz podataka iz dijagrama oka očigledno je da se zadate specifikacije poklapaju jer bi u suprotnom pogrešan BER prouzrokovao mnogo nižu vrednost.

Naravno, ovo je prikaz veoma jednostavnog dizajna sistema. U dizajnu praktičnih komunikacionih sistema i uključuje se mnogo više komponenti, a mnogo truda troši se na optimizaciju parametara. Ovo je primer koji je proizvođač naveo u cilju što lakšeg i bržeg upoznavanja sa ovim programom.

5. AUTOMATIC CONTROL SIMULATION

OptiSystem omogućava korisniku da optimizuje izlaz na različite načine. Optimizacije koje definiše sam korisnik nude mogućnost odabira nekog parametra, a zatim i izbor rezultata. Parametrom se dalje manipuliše kroz broj iteracija da bi se pogodio ciljani rezultat. Korisnik može da izabere ciljno pojačanje ili izlaznu snagu merenu WDM analizatorom i OptiSystem će odrediti ulaznu snagu kojom se postižu ciljane vrednosti.

Ovaj projekat ima tri verzije:

1. Automatska Regulacija Pojačanja (AGC)

AGC održava EDFA na fiksnoj nivou u toku smetnji ili promena usled gubitaka sistema. Implementacija AGC-a pomoću OptiSystem-a zahteva umetanje WDM analizatora između dve tačke od interesa (za izračunavanje dobiti) i dodavanje i konfigurisanje optimizacije.

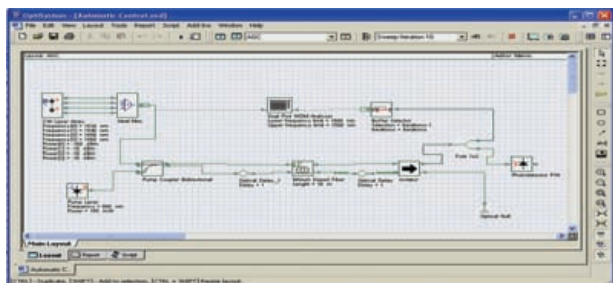
Pošto želimo da održimo ukupno pojačanje konstantnim u toku kontrole ulazne snage, potreban nam je WDM analizator za računanje pojačanja i optimizacija aparata za izračunavanje ulazne snage da bi se postiglo to pojačanje.

2. Automatska Kontrola Snage (APC)

Postupak za dobijanje APC-a je isti kao i za dobijanje AGC-a. Međutim, umesto praćenja pojačanja ćemo pratiti ukupnu izlaznu snagu. Pretpostavljamo da se ukupna izlazna snaga održava konstantnom kontrolom ulazne snage. Potrebno je ubaciti WDM analizator u formu za izračunavanje izlazne snage signala i postaviti optimizaciju za računanje ulazne snage da bi se postigao ciljani nivo izlazne snage.

3. Automatska Kontrola Pikova Snaga (APPC)

Procedura za postizanje APPC ista je kao i za dobijanje APC i AGC, ali umesto praćenja ukupnog dobitka ili ukupne izlazne snage, pratimo izlaznu snagu jednog signala na određenoj talasnoj dužini. Pretpostavljamo da se ukupna izlazna snaga održava konstantnom kontrolom ulazne snage. Potrebna nam je proba za računanje snage signala i optimizacija za računanje ulazne snage za postizanje željene snage signala.



Slika 5. Izgled projekta "Automatic Control" (AGC)

Optimizacija:

Podešavanja za AGC:

- o parametar za optimizaciju (ulazna snaga)
- o rezultat koji se prati (ukupno pojačanje)
- o opseg sa cilnom vrednošću

Druge dve vrste kontrole postavljaju se u skladu sa osnovnim koracima.

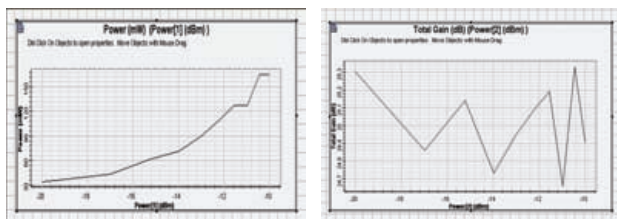
Korisnik postavlja tip optimizacije – *goal attaining* ("željeni cilj"). Cilj je kontrola parametara *Power from the Pump Laser* za dobijanje traženog *Total Gain* iz WDM analizatora.

Ulazna snaga varira od 15 do 165 mW, a željeno pojačanje je 25dB. Iste promene pravimo i kod ostala dva parametra sa tom razlikom što se umesto total gain pojavljuje output: total signal kod APC-a i power output: signal power 1 kod APPC-a. Upisujemo vrednost 10 i završena je optimizacija parametara. Selektuje se taster za izvršavanje zadatih parametara optimizacije i pokreće se simulacija. Na oglasnoj strani OptiSystem programa prikazani su rezultati.

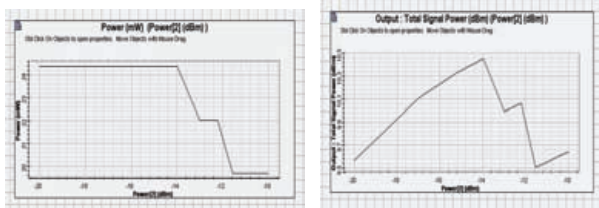
Slika 6. a) ulazna snaga i b) pojačanje za AGC

Slika 7. a) ulazna snaga i b) ukupna izlazna snaga za APC

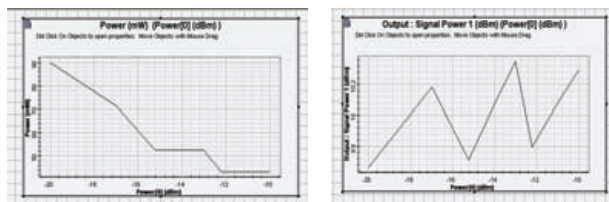
Slika 8. a) ulazna snaga i b) snaga signala za APPC



Slika 6. AGC Ulazna snaga a) i pojačanje b)



Slika 7. APC Ulazna snaga a) Izlazna snaga b)



Slika 8. APPC Ulazna snaga a) Izlazna snaga b)

AGC pruža stalno pojačanje od 25 dB, APC omogućava konstantnu izlaznu snagu od 10 dBm i APPC konstantnu snagu od 10 dBm na 1530 nm.

6. ZAKLJUČAK

U ovom radu ukazano je na faktore koji su izazvali potrebu za navedenom metodom - zamena vlakana optičkim, napredak u savremenim mrežama i kao neizostavan - ekonomski faktor.

Simulacija se pokazala kao odličan metod "imitiranja" sistema i dovela do lakšeg donošenja zaključaka vezanih za projektovanje sistema. Zbog predviđanja ponašanja određenog sistema sve greške koje bi se javljale od samog starta dostupne su programeru koji ih, bez ikakvih gubitaka, osim vremenskih, otklanja ili izbegava.

7. LITERATURA

- [1] Dr Aleksandar Marinčić, "Optičke telekomunikacije", Univerzitet u Beogradu, Beograd, 1997.god.
- [2] <http://www.optiwave.com/>
- [3] Dragan Žujović, Lazar Petrović, "Multiagentne simulacije u telekomunikacijama", 13. Telekomunikacioni forum TELFOR, Srbija, Beograd, 2008.god.

Kratka biografija:



Nataša Ilkić rođena je u Splitu 1983. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Telekomunikacija odbrnila je 2009.god.



Željen 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.

PRIMER PRIMENE TRANSAKCIJA U SAVREMENIM NADZORNO-UPRAVLJAČKIM SISTEMIMA**AN APPLICATION OF TRANSACTIONS IN MODERN SUPERVISORY AND CONTROL SYSTEMS**Miloš Krstin, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj - Savremeni nadzorno-upravljački sistemi odlikuju se sve izraženijom međuprocenom komunikacijom, pri čemu klijenti često zahtevaju od servisa niz operacija nad deljenim podacima, koje je potrebno izvršiti kao jednu nedeljivu operaciju. Ovaj rad razmatra primer čuvanja podataka i njihovu izmenu u Microsoft SQL bazi podataka upotrebom mehanizma transakcija u Windows Communication Foundation (WCF), kao i analizu rada tog mehanizma sa različitim tipovima bindinga. Problem je rešen pomoću .NET Framework-a 3.5 i programskog jezika C# sa akcentom na WCF tehnologiji.

Abstract - Modern SCADA systems are characterized by growing inter-process communication, where clients often require of the services a number of operations over the shared data, which is necessary to be executed as one indivisible operation. This paper discusses the example of storing data and their changes in Microsoft SQL database using the transaction mechanism in the Windows Communication Foundation (WCF), and the analysis of this mechanism with different types of bindings. The problem is solved by using .NET Framework 3.5 and C# programming language with emphasis on WCF technology.

Ključne reči: nadzorno-upravljački sistemi, Windows Communication Foundation (WCF), transakcije

1. UVOD

Razvoj računarskih mreža, pre svega komunikacionih tehnologija utiče na sve aspekte života, pa isto tako i na sve segmente industrijske proizvodnje. Paralelno sa razvojem tehnologije, razvijaju se i distribuirani sistemi. Motivacija za uvođenje i korišćenje distribuiranih sistema proističe iz sve veće potrebe za deljenjem resursa. Tehnologije razvijene u poslednje 2-3 decenije, kao što su međuprocena komunikacija, pozivanje udaljenih objekata, mehanizmi distribuiranih transakcija itd., predstavljaju osnovu za razvoj današnjih distribuiranih aplikacija. Takav razvoj se oslanja na *middleware* podršku posredstvom softverskih *framework*-a, i na servise koji podrazumevaju bezbednu komunikaciju, transakcije i perzistentna skladišta podataka [1].

Pre .NET Framework-a 3.0, u *enterprise* rešenjima korišćeno je nekoliko Microsoft-ovih komunikacionih tehnologija. ASP.NET Web servisi su korišćeni za

platformski nezavisnu komunikaciju. Za naprednije veb servise neophodna je bila pouzdanost, platformski nezavisna bezbednost i atomske transakcije, tako da je ASP.NET Web servisi dodat kompleksni sloj, Web Service Enhancement (WSE). Ako su postojale potrebe za bržom komunikacijom, .NET Remoting je bila tehnologija od izbora, ali su u tom slučaju i klijent i servis bili .NET aplikacije. .NET Enterprise Service sa svojom automatskom podrškom za transakcije je koristio DCOM protokol koji je bio brži od .NET Remoting-a. DCOM je bio jedini protokol koji je dopuštao prolaz transakcija preko mreže putem potpuno integrisanog transakcionog servisa zvanog Microsoft Transaction Server (MTS). Sve ove tehnologije imaju različite programske modele koji zahtevaju mnoge veštine od programera.

Microsoft .NET Framework 3.0 koji je objavljen u decembru 2006. godine uveo je novu komunikacionu tehnologiju koja obuhvata sve prednosti prethodnih tehnologija i kombinuje ih u jedinstven programski model: Windows Communication Foundation (WCF) [2]. Pored Microsoft-a, problemom transakcija bavilo se više kompanija, pa tako postoji više rešenja za realizaciju transakcija. CORBA Object Transaction Service (OTS) specifikacija pruža mnoštvo servisa za podršku distribuiranim transakcijama. Druga interesantna platforma jeste J2EE (Java 2 Platform Enterprise Edition) koja upravlja transakcijama na dva načina. Prvi, Bean Managed Transactions (BMT) je programski način, gde se upravlja transakcijama preko *bean*-ova (komponente server strane). Koriste se Java Transaction API (JTA) i Java Transaction Service (JTS) - baziran na CORBA OTS-u, uz označavanje početka, kraja i *rollback* transakcije u kôdu. Drugi, automatski način Container Managed Transactions (CMT), gde kontejner (interfejs) upravlja transakcijama, a atributi transakcije se podešavaju u XML *Deployment Deskriptor*-u za *bean* u celini ili posebno za svaku operaciju *bean*-a [3]. Međutim, pravi konkurent WCF tehnologiji je stigao 2007. god., kada je OSOA (Open Service Oriented Architecture) predstavila finalnu verziju Service Component Architecture (SCA) specifikacije, koja je ugrađena u Javu i podržava iste transakcione protokole kao i WCF [4].

SCADA sistemi se u poslednje vreme ne baziraju samo na prikupljanju vrednosti veličina i njihovom izmenom već su deo šireg distribuiranog sistema - Utility Management System (UMS). Pri integraciji sa ostalim sistemima potrebno je održati konzistentnost podataka kada se izvršavaju kompleksne operacije (sastavljene iz više pojedinačnih operacija), pa su u tom slučaju transakcije neophodne. SCADA sistemi su do nedavno rešavali samo probleme očitavanja i izmene vrednosti veličina i nisu bili

NAPOMENA:

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

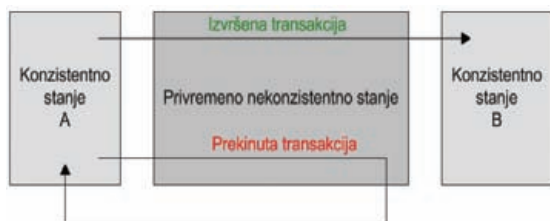
fokusirani na transakcije. Pored toga i tehnologije koje su bile korišćene (DCOM i CORBA) nisu podržavale transakcije u meri u kojoj to podržavaju nove tehnologije (pre svega WCF), tako da i nije bilo moguće jednostavno razviti SCADA sistem koji podržava transakcije. Zbog popularnosti WCF-a se očekuje da će se sve veći broj SCADA sistema razvijati za Windows operativne sisteme i uz upotrebu .NET razvojnog okruženja, pa su stoga u ovom radu iskorišćene mogućnosti WCF tehnologije u upravljanju transakcijama.

2. TRANSAKCIJE

Transakcije su ključne za razvoj robusnih, visoko kvalitetnih aplikacija. Najbolji način za očuvanje konzistentnosti podataka u sistemu i ispravan oporavak od grešaka je upotreba transakcija. Transakcija je skup potencijalno složenih operacija nad deljenim resursima, gde otkaz barem jedne operacije uslovljava opoziv svih ostalih.

U toku izvršenja transakcije sistem privremeno može biti u nekonzistentnom stanju, ali kad se transakcija izvrši garantuje se konzistentno stanje sistema.

U slučaju neuspele primene transakcije sistem ostaje u polaznom stanju (pre primene prve operacije) (Slika 1.) [6].



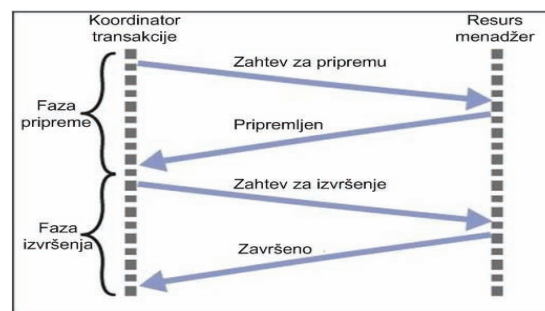
Slika 1. Stanje sistema u zavisnosti od ishoda transakcije

Transakcija mora biti - ACID:

- atomska (*atomic*) – spolja gledano to je jedna nedeljiva operacija,
- konzistentna (*consistent*) – izvršenje transakcije ne narušava ispravnost podataka,
- izolovana (*isolated*) – ako se pokrene nekoliko jednovremenih (konkurentnih) transakcija rezultat je isti kao da su se sekvencijalno izvršavale,
- trajna (*durable*) – kada se transakcija uspešno završi sve promene koje je izazvala ostaju trajno zabeležene.

Dva primarna elementa svakog transakcionog sistema su menadžer transakcija - koordinator (poznat i kao monitor procesiranja transakcije) i resurs menadžer. Upravljanje transakcijama je zahtevan posao koji izvršava koordinator transakcije. On koristi dvofazni *commit* protokol (2PC) (Slika 2.) i tako odlučuje o ishodu transakcije. Resurs menadžer je bilo koji resurs koji je sposoban da prepozna da će mu pristupiti transakcija i automatski se upisuje u nju, i koji podržava dvofazni *commit* protokol. U prvoj fazi 2PC-a koordinator transakcije pita resurs menadžere da li mogu da primene promene. Nakon glasanja, u drugoj fazi počinje izvršenje transakcije, ako su svi resursi spremni ili dolazi do prekida transakcije, ako bar jedan resurs nije spreman.

Veoma bitna stvar je da se u toku transakcije direktno menjaju originalni podaci i beleže se sve izmene u transakcijski log. Ako transakcija ne uspe (*rollback*), obrnutim redosledom se primenjuju promene iz log-a.



Slika 2. Dvofazni commit protokol

3. WINDOWS COMMUNICATION FOUNDATION

WCF je tehnologija prvenstveno namenjena za razvoj servisa na Windows operativnim sistemima, kojima mogu pristupiti aplikacije iz drugih procesa i računara. S obzirom da su servisi jezgro globalnih distributivnih mreža, WCF nudi najlakši način za projektovanje i korišćenje servisa.

Tri glavna cilja za razvoj WCF-a su:

1. objedinjavanje postojećih tehnologija;
2. interoperabilnost između platformi;
3. servisno-orijentisani razvoj [5].

3.1. Transakcije u WCF

Često je u distribuiranim sistemima potrebno izvršiti niz operacija nad deljenim podacima. Te operacije se mogu nalaziti na različitim servisima, kako u okviru istog računara tako i na različitim udaljenim računarima. WCF tehnologija na jednostavan način prenosi transakcije van granica servisa. To omogućuje da servis učestvuje u klijent transakciji, i da klijent obuhvata operacije sa više servisa u okviru iste transakcije.

Upravljanje transakcijom obavlja Microsoft Distributed Transaction Coordinator (DTC), koji uz pomoć resurs menadžera omogućava ACID.

U WCF-u je moguće upravljati transakcijama na dva načina:

- eksplicitno – programer je odgovoran da pokrene i upravlja transakcijom (*Commit*, *Rollback*),
- implicitno – deklarativni programski model koji podrazumeva automatsko izvršenje transakcije (*Complete*).

Zbog sve većeg broja transakcija koje je potrebno izvršavati, implicitno upravljanje transakcijama se nameće kao najbolje rešenje, jer omogućuje da se programer oslobodi razmišljanja da li je pokrenuo (*Commit*) ili prekinuo transakciju (*Rollback*). Implicitni model zamenjuje *Commit* i *Rollback* metode, jednom jedinom *Complete* metodom.

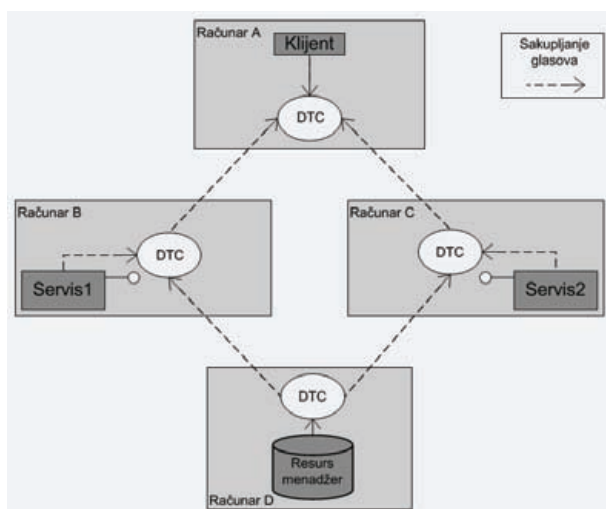
Moguće je podesiti i transakcijski protokol u servis konfiguracionom fajlu. Postoje tri protokola u WCF-u:

- ✓ *Lightweight* (koristi se u okviru servisa, nikad između servisa);
- ✓ *OleTransactions* (upravljanje transakcijama unutar intraneta);
- ✓ *WS-AtomicTransaction* (transakcije preko interneta, koje uključuju više koordinatora transakcija).

Jedna od prednosti WCF-a, koja je iskorišćena u ovom radu je da obezbeđuje jednostavnu, deklarativnu podršku za upravljanje transakcijama. Druga prednost bitna za ovaj rad je što WCF servisi mogu komunicirati preko različitih *binding*-a. *Binding* opisuje način na koji servis želi da komunicira. Pomoću njega se mogu specificirati transportni protokol, bezbednost, format kodiranja, pouzdanost, tok transakcija itd.

4. PRIMENA MEHANIZMA TRANSAKCIJA

U ovom radu implementirana su dva servisa i test klijent koji u okviru jedne transakcije poziva operacije oba servisa. Takođe, bitan transakcioni resurs obuhvaćen u ovom radu je i MS SQL baza podataka, koja se nalazi na računaru D (Slika 3.).



Slika 3. Konceptualna šema realizovanog sistema

Da bi se uvidele mogućnosti WCF tehnologije u upravljanju i propagiranju transakcija, razvijeno rešenje obuhvata primer dodavanje novih potrošača i izmenu podataka o brojlilu u SQL bazi podataka.

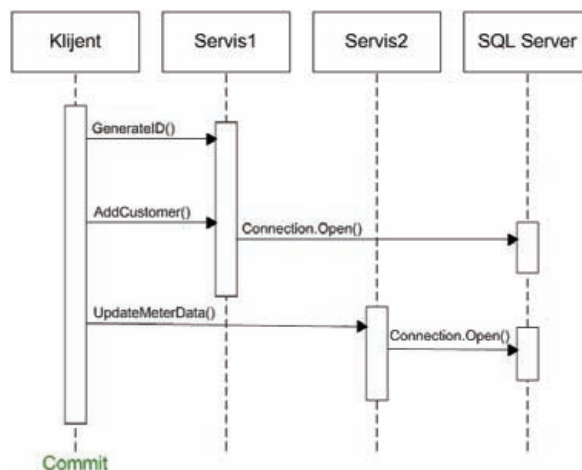
Servis1 implementira dve operacije: *GenerateID()*, *AddCustomer()*. Servis2 implementira operaciju *UpdateMeterData()*.

Test klijent je jednostavna Windows forma preko koje se unose potrebni podaci kako bi se simulirao transakcijski rad (Slika 4.).

Slika 4. Test klijent forma za unos podataka

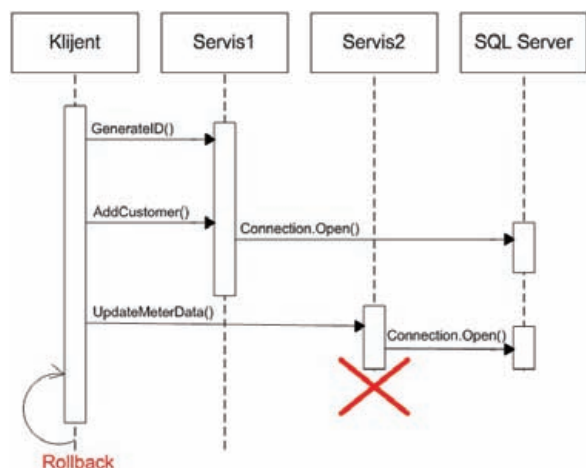
Metoda *GenerateID()* otvara konekciju ka SQL bazi podataka i iščitava polje ID kako bi generisala jedinstveni identifikacioni broj potrošača. Zatim se taj ID prosleđuje operaciji *AddCustomer()*, koja dodaje podatke o novom potrošaču u bazu podataka i inicijalno ubacuje nule u polja za serijski broj i stanje brojlila. Nakon toga, test klijent poziva operaciju drugog servisa *UpdateMeterData()* koja ažurira navedena polja u bazi podataka i ubacuje vrednosti iz test klijent forme. Na taj način je zadovoljena definicija transakcije: niz operacija (*GenerateID()*, *AddCustomer()*, *UpdateMeterData()*) nad deljenim podacima (baza podataka).

Prilikom testiranja korišćena su dva moguća scenarija. Prvi scenario opisuje transakciju koja se odvija bez grešaka (*commit*) (Slika 5.). Tada klijent otpočinje transakciju pozivanjem lokalnog koordinatora (u ovom slučaju to je glavni koordinator), koji komunicira sa koordinadorima na ostalim računarima. Svaki koordinador pamti događaje vezane za transakciju u svom log-u. Takođe, SQL Server pamti izmene u svom transakcijskom log-u. Ako nema grešaka, oba servisa i resurs menadžer (SQL Server) glasaju za izvršenje transakcije tokom dvofaznog *commit* protokola. Tada glavni koordinador inicira izvršenje transakcije na ostalim koordinadorima, pri čemu SQL Server primenjuje promene napravljene prilikom izvršenja transakcije.



Slika 5. Tok transakcije (bez otkaza)

Drugi scenario opisuje situaciju kada dolazi do otkaza drugog servisa (*rollback*) (Slika 6.). Otkazi mogu biti različitog karaktera: programske greške, prekid komunikacije, nestanak napajanja itd [1]. Programska greška testirana je forsiranjem greške na drugom servisu. U tom slučaju prilikom otvaranja konekcije ka SQL bazi i pokušaja izmene podataka dolazi do greške, pri čemu servis glasa za prekid transakcije. Tada lokalni koordinador slanjem poruke glavnom koordinadoru ukazuje na prekid transakcije, koji zatim inicira prekid transakcije na ostalim koordinadorima. U tom slučaju primenjuju se inverzne operacije upisane u SQL Server transakcijski log. Prekid komunikacije testiran je isključivanjem mrežnog kablova, a nestanak napajanja isključivanjem računara, prilikom poziva drugog servisa. U oba slučaja glavni koordinador prekida transakciju, jer nije u mogućnosti da dobije odgovor drugog servisa u okviru konfigurisanog vremena (*timeout*).



Slika 6. Tok transakcije (u slučaju otkaza)

U ovom radu testirana je i mogućnost rada WCF mehanizma transakcija sa različitim tipovima *binding*-a (*basicHttpBinding*, *wsHttpBinding*, *wsDualHttpBinding*, *netTcpBinding*, *netNamedPipeBinding*), sa ciljem da se potvrde navodi iz literature, pošto je primećeno da se za neke osobine WCF-a koje Microsoft opisuje kao dostupne, naknadno otkrije da su tek u planu za sledeću verziju. Tako da je tokom istraživanja jedan od zadataka bio da se proveriti i da li su transakcije stvarno podržane u pojedinim tipovima *binding*-a. Rezultati testa su prikazani u Tabeli 1.

Tabela 1. Spisak testiranih WCF bindinga koji podržavaju rad sa transakcijama

Naziv bindinga	Transportni protokol	Tok transakcije
<i>basicHttpBinding</i>	HTTP/HTTPS	-
<i>wsHttpBinding</i>	HTTP/HTTPS	DA (WS-AT)
<i>wsDualHttpBinding</i>	HTTP	DA (WS-AT)
<i>netTcpBinding</i>	TCP	DA (OleTx)
<i>netNamedPipeBinding</i>	Named Pipe (IPC)	DA (OleTx)

WCF podržava još nekoliko *binding*-a, ali je u radu analizirano pet koji se najčešće koriste u industrijskim sistemima. *basicHttpBinding* se koristi za komunikaciju sa Web servisima kao što su standardni ASP.NET (ASMX) servisi, ali ne podržava transakcije. *wsHttpBinding* služi za komunikaciju preko interneta i obezbeđuje pouzdanost, bezbednost i interoperabilnost. Podržava transakcije preko WS-AtomicTransaction protokola. *wsDualHttpBinding* je sličan *wsHttpBinding*-u s' tim što obezbeđuje bidirekcionu dupleks komunikaciju između servisa i klijenta. *netTcpBinding* i *netNamedPipeBinding* podržavaju transakcije. *netTcpBinding* se koristi za komunikaciju između udaljenih računara, optimizovan za WCF-WCF komunikaciju. *netNamedPipeBinding* je pouzdan, bezbedan, ali namenjen za komunikaciju u okviru istog računara. Bitno je naglasiti da *netTcpBinding* i *netNamedPipeBinding* mogu da koriste WS-AtomicTransaction protokol, ali to nema praktičnu vrednost jer su namenjeni za komunikaciju unutar intraneta.

5. ZAKLJUČAK

Razvoj transakcionih servisa i propagiranje transakcija van granica servisa predstavlja težak zadatak, pre svega zato što u savremenim industrijskim sistemima transakciju čini veliki broj učesnika. Potrebno je uskladiti rad više: klijenata, servisa i resursa. Transakcije su osnovni instrument u mnogim distribuiranim aplikacijama, koji osigurava pravilan oporavak sistema posle grešaka. U ovom radu je na jednom primeru pokazana bitna prednost WCF tehnologije i standarda koje podržava u vidu mogućnosti grupisanja aktivnosti više servisa u jedinstvenu atomsku transakciju. Time se osigurava da će celokupan sistem ostati u ispravnom stanju i nastaviti sa radom, čak i u slučaju delimičnih otkaza (pad mreže, prekid komunikacije, nestanak napajanja, kvar diska).

U drugom delu rada testirani su različiti tipovi bindinga koji se najčešće upotrebljavaju u WCF i podržavaju transakcije.

Poznato je da su *wsHttpBinding* i *wsDualHttpBinding* najsporiji, jer koriste HTTP transportni protokol, ali je njihova velika prednost što omogućuju komunikaciju preko interneta. *netNamedPipeBinding* koristi imenovane cevi (*named pipe*) kao transportni protokol pa je zato najbrži, ali je njegova mana to što je namenjen samo za komunikaciju u okviru jednog računara. Stoga se TCP protokol nameće kao najbolji izbor za industrijske sisteme, tj. *netTcpBinding* koji omogućuje brzu komunikaciju između računara.

Razvojem aplikacije na .NET platformi pokazano je da je WCF veoma fleksibilan za potrebe savremenih nadzorno-upravljačkih sistema, jer nudi jedinstven programski model koji briše granice između različitih platformi - interoperabilnost.

6. LITERATURA

- [1] George Coulouris, Jean Dollimore, Tim Kindberg, *Distributed Systems: Concept and Design*, 3rd Edition, China Machine Press, 2001.
- [2] Christian Nagel, Bill Evjen, Jay Glynn, Morgan Skinner, Karli Watson, *Professional C# 2008*, Wiley Publishing, 2008.
- [3] Subrahmanyam Allamaraju, *Java Server Programming: Principles and Technologies*, Mighty Words, 2001.
- [4] Service component architecture, http://en.wikipedia.org/wiki/Service_component_architecture
- [5] Chris Peiris, Dennis Mulder, *Pro WCF: Practical Microsoft SOA Implementation*, Apress, 2007.
- [6] Juval Löwy, *Programming WCF Services*, 2nd Edition, O'Reilly Media, 2008.

Kratka biografija:



Miloš Krstin rođen je u Novom Sadu 1984. god. Diplomski - master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva - Automatika i upravljanje sistemima odbranio je 2009. god.

PRIMENA MICROSOFT LINQ ZA PRISTUP PODACIMA ORGANIZOVANIM PO DAF/RDF MODELU**MICROSOFT LINQ APPLIANCE ON DATA ORGANIZED ACCORDING TO DAF/RDF MODEL**Veljko Radenković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – Savremeni nadzorno-upravljački sistemi sadrže brojne programske pakete čije podatke treba očitati i povezati. U ovom radu je opisana primena Microsoft LINQ za pristup izvorima podataka preko DAF Query interfejsa u okviru DAF specifikacije. Na taj način se omogućava jednostavno formiranje složenih upita nad podacima iz programskih paketa gde su implementirani standardni DAF/GDA interfejsi. Iako je predloženo rešenje usmereno na jednostavnost formiranja upita, u radu je pokazano da dodatna optimizacija LINQ upita daje solidne performanse koje opravdavaju upotrebu LINQ.

Abstract – This paper describes Microsoft LINQ appliance on data access using DAFQuery interface. In this manner, it creates capability to simply form compound queries over data taken from utility packages in which are implemented standard DAF/GDA interfaces. Although suggested solution is aiming at simplicity of query design, this paper shows that additional query optimization gives proper performance results which justifies LINQ employment.

Ključne reči: nadzorno-upravljački sistemi, generički pristup podacima, Microsoft tehnologije

1. UVOD

Za većinu industrijskih sistema, kao imperativ javlja se primena softvera za nadzor, upravljanje i prikupljanje podataka – SCADA koji obezbeđuje metode za grafičku vizuelizaciju stanja i upravljanje sistemima. Složeniji sistemi, kao što su sistemi distribucije vode, gasa ili energije zahtevaju mnogo kompleksnija rešenja. Za potrebe ovih, često referenciranih kao *Utility Management* sistema (UMS) [1], stvoreni su kompleksniji softverski modeli koji omogućavaju njihovo planiranje, simulaciju i upravljanje.

Važno je definisati standardan pristup podacima, sa aspekta korisnika gotovog modela jer je to garancija sigurnosti da se na jednostavan način dođe do željenih podataka, koji su različito tipizirani. Tako su razvijeni standardi koji definišu interfejse za generički pristup podacima, kao što su *Utility Management System Data Access Facility* (UMS DAF) [1] koji je izdat od strane Open Management Group (OMG). Cilj UMS DAF specifikacije je da poboljša interoperabilnost uvođenjem jednoobraznog

jednobraznog načina za pristup podacima prema RDF modelu [8].

Primeri primene UMS su u elektro-energetskim sistemima gde se u svakodnevnom poslovanju uporebljavaju složeni softverski sistemi. Komercijalni softverski paketi za elektro-energetske sisteme, iako bazirani na standardnom hardveru i na standardnim operativnim sistemima do skora nisu bili međusobno kompatibilni što je zahtevalo dosta napora oko njihovog povezivanja. To je iziskivalo i konačno rezultiralo definisanjem apstraktnog modela elektro-energetskog sistema *Common Information Model* (CIM) [7]. Pomenuti model podataka, kao i postupci za razmenu i upotrebu tih podataka su opisani u seriji standarda IEC 61970 i IEC 61968. Među tim standardima se nalazi i opis generičkog pristupa podacima *Generic Data Access* (GDA) [2] - nastalog kao proširenje DAF specifikacije.

Sa druge strane, Microsoft je *Language-Integrated Query* (LINQ) konceptom uveo niz proširenja razvojnog okruženja Visual Studio .NET 2008 sa mogućnostima formiranja upita nad podacima iz raznih izvora. Proširenje programskih jezika i .NET Framework-a omogućava upite ka brojnim izvorima informacija (relacionim, XML strukturanim podacima) kao i upotrebu upita nad objektima u memoriji. Pored toga, LINQ se može prilagoditi pristupu proizvoljno organizovanim podacima.

Ovaj rad se bavi primenom LINQ-a za pristup podacima organizovanim prema DAF/RDF modelu sa željom da se ispita mogućnost da se podaci UMS-a dostupni preko DAF interfejsa upotrebe u LINQ upitima. U radu je opisana implementacija osnovnih metoda za pristup podacima u okruženju Visual Studio.NET 2008, Framework 3.5. Implementirane metode za pristup podacima su definisane u okviru *ResourceQueryService* interfejsa koji je opisan u DAFQuery modulu u okviru DAF specifikacije. Stoga je nakon ovog, uvodnog dela, ukratko opisan DAF/RDF model podataka. U poglavlju 3 je ukratko opisan LINQ, a načini povezivanja LINQ i podataka dobijenim preko DAFQuery servisa prikazani su u poglavlju 4. Poglavlje 5 opisuje mogućnost dodatne optimizacije LINQ upita sa ciljem poboljšanja performansi. U poglavlju 6 je dato poređenje LINQ performansi sa ostalim metodama pristupa podacima i na kraju su izneta zaključna razmatranja.

2. RESOURCE DESCRIPTION FRAMEWORK

DAF se u formalnoj predstavi podataka oslanja na *Resource Description Framework* koji je po svom opsegu sličan relacionom modelu i prilagodljiv objektim skladištima podataka. Osnove ovog modela, primenjene su u DAF standardu i odnose se na termine resursa

NAPOMENA:

Ovaj rad poistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Aleksandar Erdeljan, docent.

(*Resource*), atributa (*Property*) i vrednosti (*Value*) i njima se definišu upiti. Resurs može biti konkretna instanca opreme, merenja ili fizičkog objekta i jednoznačno se identifikuje uz pomoć vrednosti strukture *ResourceID*. Struktura *ResourceID* se sastoji od dva polja long int vrednosti: *container* i *fragment*. Klase resursa se predstavljaju strukturama *ClassID* i one su identične po formi sa strukturama *ResourceID*. Atribut se opisuje strukturom *PropertyID* i ona je po formi identična kao i *ResourceID* i predstavlja neki aspekt određene klase resursa (primer: nominalni napon releja). *PropertyValue* je je struktura sastavljena od dva člana: identifikatora atributa (*PropertyID*) i vrednosti tog atributa (*SimpleValue*). *SimpleValue* je predstavljan kao unija osnovnih CORBA tipova kojima je pridružen tip *ResourceID*. Struktura koja pruža informacije o resursima zove se *ResourceDescription* i sastoji se od dva člana: identifikatora konkretnog resursa i niza struktura *PropertyValue* koje sadrže identifikatore i vrednosti atributa za dati resurs.

3. MICROSOFT LINQ

Gledajući sadašnje i buduće generacije tehnologija u programiranju, postalo je jasno da je sledeći veliki izazov u tehnologiji programiranja jeste da se na neki način smanji kompleksnost pristupa i integrisanja informacije koja nije prirodno definisana preko objektno-orijentisane tehnike [4]. Dva najčešća izvora ne objektno-orijentisanih informacija su relacije baze podataka i XML.

Umesto dodavanja relacionih ili XML specifičnih osobina datim programskim jezicima, sa LINQ projektom Microsoft je uveo generalniji pristup dodajući sveobuhvatne olakšice za upite u .NET Framework i one se odnose na sve izvore informacija, ne samo relacije ili XML podatke.

Takvu olakšicu omogućava tehnologija *.NET Language Integrated Query* i ona pruža mogućnost dobijenim rezultatima da se organizuju na konzistentan način, nezavisno od toga o kom izvoru podataka se radi.

Koristi se termin *Language Integrated Query* da nagovesti da je upit integrisana osobina primarnog programskog jezika (poput C#, VB...). LINQ izrazi upita mogu da iskoriste sve pogodnosti metapodataka, provere sintaksne ispravnosti u vremenu izvršavanja, statičkog kucanja i *IntelliSense*-a koje su ranije bile dostupne samo imperativnom kodu.

Dozvoljene su pojedinačne deklarativne upitne olakšice i one se mogu primeniti na sve informacije iz memorije, a ne samo na informacije koje dolaze iz eksternih izvora.

LINQ definiše set sveobuhvatnih standardnih operatora upita u pružanju mogućnosti filtriranja i projekciju operacija koje se izvršavaju u imperativnom okruženju, ali opet na deklarativan način i u svakom .NET-baziranom programskom jeziku.

Standardni operatori omogućuju upitima primenu na svakoj *IEnumerable* informaciji ili izvoru podataka. Korisnik ima mogućnost da dodaje setu standardnih operatora upita sopstvene implementacije obezbeđujući dodatne servise (poput optimizacije upita).

Takve implementacije uživaju istu jezičku integraciju i podršku raznih alata kao i standardni operatori upita.

4. PRISTUP DAF IZVORU PODATAKA UPOTREBOM LINQ

Sušтина samog LINQ projekta sastoji se u pozivanju već definisanih proširivih metoda [4] od strane kompajlera koje pripadaju *System.Linq* datoteci sa izvornim kodom. Pored jednostavnosti upitne sintakse, jedna od prednosti LINQ-a je ta da izrazi za upite mogu biti proveravani od strane kompajlera tokom izvršavanja, i na taj način se eliminišu *run-time* greške nastale iz upita formulisanih kao string.

Na slici 1 je prikazana LINQ sintaksa upita za čitanje podataka metodom *get_values()* i ona za jedan dati resurs i niz atributa od interesa, zadatih od klijentske strane, vraća opis resursa sa vrednostima tih atributa. Ostale tri metode za povratnu vrednost imaju objekat *ResourceDescriptionIterator*, jer je rezultat njihovog izvršavanja skup resursa. Klijent koristi taj objekat za sekvencijalno preuzimanje traženih opisa resursa. Dati resurs se identifikuje iz izvora podataka na osnovu odgovarajućeg polja strukture *ResourceID* upotrebom klauzule za filtriranje *where* i takav se dodeljuje *IEnumerable* promenljivoj *query*. Rezultat prvog upita se prosleđuje na drugi gde se, pomoću ugnježdene *from-select* klauzule i na osnovu zadatih identifikatora atributa datog resursa, određuju vrednosti atributa od interesa. Rezultat se dodeljuje *IEnumerable* promenljivoj *query_final*.

```
var query=
from t in s.Source
where (t.id.fragment==resource.fragment)
select t;
var query_final=
from q in query
from v in q.values
from p in properties
where (v._property.fragment == p.fragment)
select q;
```

Slika 1. Opis LINQ upita metodom *get_values()*

Za razliku od metode *get_values()*, metoda *get_extent_values()* vrednost zadatih atributa traži u okviru date klase resursa, tj. za svaki pojedinačni resurs koji pripada datoj klasi resursa. Klasa resursa se identifikuje poljem *container* strukture *ClassID* a svaki pojedinačni resurs se identifikuje poljem *fragment*. Upit ostaje isti osim što se umesto jednog konkretnog resursa, vrednost zadatih atributa traži u okviru klase resursa. Klasa resursa se identifikuje poljem *container* strukture *ResourceID*.

Metode *get_related_values()* i *get_descendent_values()* vrše upit uzimajući u obzir asocijacije između resursa. Asocijacije predstavljaju veze između resursa u sistemu ili pripadnost određenog resursa u okviru drugog resursa gde član *property* strukture *Association* sadrži identifikator atributa izvornog resursa *source* a član *type* predstavlja identifikator klase resursa. Na slici 2 je prikazan LINQ upit metode *get_related_values()*. Na osnovu prosleđene strukture *association* i izvornog resursa *source* tipa *ResourceID* određuje se klasa resursa kojoj pripada dati resurs. Rezultat se smešta u promenljivu *query1*. Operacija se izvodi pomoću *where* klauzule za filtriranje i upotrebom polja *type* strukture *association* kao i identifikatora *source* izvornog resursa.

Rezultati drugog upita, nadovezuju se na rezultat prvog upita, i smeštaju se u promenljivu *query2*. Rezultati se dobijaju filtriranjem identifikatora atributa konkretnog resursa upotrebom polja *property* i polja *inverse* [1] strukture *association*. Poslednji rezultati su vrednosti atributa od interesa zadati svojim identifikatorima i smešteni u promenljivu *query3*.

```
var query1=
from n in s.Source
where(association.type.container==
source.container && source.container==
n.id.container)
select n;
var query2=
from q in query1
from i in q.values
where(association._property.fragment==
i._property.fragment &&
association.inverse==true)
select q;
var query3=
(from q in query2
from i in q.values
from p in properties
where(i._property.fragment==p.fragment)
select q;
```

Slika 2. Opis LINQ upita metodom *get_related_values()*

Metoda *get_descendent_values()* se razlikuje od prethodne metode po tome što od niza asocijacija i niza izvornih resursa formira niz rezultujućih resursa i oni se smeštaju u dodatnu promenljivu. Kao i kod ostalih metoda, omogućen je pregled njihovih opisa putem objekta *ResourceDescriptionIterator*. Niz rezultujućih resursa formira se upitom upoređujući sekvencu asocijacija *path* sa sekvencom izvornih resursa *sources* upotrebom klauzula za filtriranje. Kao i kod prethodnih primera, rezultat se smešta u privremenu *IEnumerable* promenljivu. Dalji tok upita je isti kao kod metode *get_related_values()*.

```
var query_join =
from i in s.Source1
join j in ss.Source2 on i.id.container
equals j.id.container into left_result
let right_result=
(from r in ss.Souce2
join t in s.Source1 on r.id.container
equals t.id.container into right_result
from o in right_result
select o)
let result_final=
right_result.Union(left_result).Distinct()
from g in result_final
from p in g.values
select p;
```

Slika 3. Opis LINQ upita sa dva izvora podataka

Na slici 3 je opisana LINQ sintaksa upita i ona se odnosi na čitanje sekvence zajedničkih struktura tipa *ResourceDescription* sa dva izvora podataka upoređivanjem identifikatora resursa. Rezultat upita je sekvenca atributa i rezultat se smešta u promenljivu tipa *IEnumerable<ResourceDescription>* naziva *result_final*. Na osnovu zajedničke filtrirajuće logike, upotrebom

klauzule *where*, vrši se pretraživanje zajedničkih struktura na prvom izvoru podataka i rezultat se smešta u privremenu promenljivu *left_result*.

Isto pretraživanje, na osnovu date filtrirajuće logike, radi se i na drugom izvoru podataka i rezultat se smešta u privremenu promenljivu *right_result*. Sledeći rezultat je unija zajedničkih struktura iz oba izvora i taj rezultat se smešta u promenljivu *result_final*.

Konačni rezultat, kao i kod ostalih metoda, jesu vrednosti atributa od interesa.

Primer pokazuje da je uz relativno male izmene moguć pristup podacima i njihovo filtriranje sa dva različita izvora čime se dobija na transparentnosti.

Jedna od karakteristika LINQ projekta je kasno izvršavanje upita [4], tj. *lazy evaluation*, što znači da se upit izvršava onda kada krene iteracija i evaluacija rezultata upita. Takva mogućnost ostavlja prostor za dodatne operacije kao što su dodatno filtriranje novonastalih rezultata prosleđivanjem rezultata prvog upita na drugi upit.

Drugi upit izvršava svoje operacije i prosleđuje rezultate na sledeći upit što se vidi iz primera metoda *get_values()* i *get_related_values()*. Izvršavanje kompletnog upita se obavlja kada se uradi iteracija rezultata poslednjeg upita. U ovom slučaju će se iteracija rezultata odigrati na klijentskoj strani pozivom *ResourceDescriptionIterator* objekta pomoću koga je moguće sekvencijalno preuzimanje rezultata.

Uzimajući u obzir jednostavnost pisanja LINQ upita, pitanje koje se nameće samo po sebi je kakve performanse LINQ nudi?

Ako izuzmemo *Linq To Objects* memorijski pristup podacima, čija je brzina čitanja podataka objektnog modela nesumnjivo kraća od metoda pristupa podacima u bazi, dolazimo da zaključka da LINQ nikada nije bio napravljen kao način za pristup bazi sa najboljim performansama. Ono što čini LINQ projekat bitnim su strogo tipizirani objekti, mogućnost upita u samom jeziku kao i lakoća upotrebe.

5. OPTIMIZACIJA LINQ UPITA

Linq To SQL ne daje zadovoljavajuće rezultate u odnosu na druge metode pristupa bazi, a razlog leži u tome da osnovna LINQ konstrukcija rezultuje u ponovnim evaluacijama upita svaki put kada se upit izvrši. Činjenica je da postoji opterećenje u toku prevođenja LINQ sintakse upita i sintakse same baze podataka. Prevođenje zahteva *refleksiju* [5] na mapirajuće metapodatke, parsiranje upita na drvo izraza [4] i konstrukciju SQL izraza u vidu stringa. Jedno od poboljšanja performansi odnosi se na keširanje struktura upita pri učestalom korišćenju. U ponovljenim upitima, struktura upita analizira se jednom i posle se koristi više puta bez dodatnog opterećenja. Za definisanje takvih upita, upotrebljava se *CompiledQuery.Compile* metoda čija je povratna vrednost generička definicija funkcije prikazane na slici 4. Funkcija se definiše kao rezultat *CompiledQuery.Compile* metode gde *Compile* metoda, uz pomoć *Lambda* izraza [5], definiše upit i radi evaluaciju strukture i pripremu funkcije za upotrebu.

```
private static Func<DataClassesDataContext,
IQueryable<ResourceDescription>>
SelectCompiledQuery =
CompiledQuery.Compile(
(DataClassesDataContext contextLocal) =>
    from q in contextLocal.ResourceDescription
    select q);
```

Slika 4. Optimizovan upit

Kako je funkcija definisana kao statička, njeno izvršavanje i evaluacija će se odraditi samo jedanput u toku svog ciklusa u svom aplikacionom domenu. Posle toga može se koristiti više puta bez brige o dodatnom opterećenju performansi. U tom slučaju framework više ne radi ponovnu procenu mapiranja između baze i objekata, niti ponovo parsira upit u drvo izraza, jer je taj postupak već urađen.

6. POREĐENJE LINQ PERFORMANSI SA OSTALIM METODAMA PRISTUPA PODACIMA

Na slici 5 prikazani su rezultati testiranja pristupa bazi SQL Server Express 2005 metodama pristupa *Linq To SQL*, *SQLDataReader*-a [9], tipiziranom *DataSet* [9] metodom i *CompiledQuery.Compile* metodom. Metode su testirane po tri puta zbog raznolikosti rezultata. Merenje vremena pristupa je izvršeno u milisekundama. Poslednja kolona u tabeli na slici 5 predstavlja srednju vrednost sva tri merenja po metodi pristupa. Treba napomenuti da bi rezultati testiranja u realnim uslovima sa većim ili na drugi način organizovanim brojem podataka bili drugačiji od prikazanih, ali je cilj rada da se pokažu prednosti i mane celokupnog LINQ pristupa podacima u odnosu na druge metode.

Metode pristupa podacima	Brzina pristupa podacima merena u milisekundama			
	Prvo merenje	Drugo merenje	Treće merenje	Srednja vrednost
<i>Linq To SQL</i>	6,323 ms	6,254 ms	6,045 ms	6,207 ms
<i>CompiledQuery</i>	2,177 ms	1,926 ms	2,010 ms	2,049 ms
<i>SQLDataReader</i>	1,905 ms	2,081 ms	2,002 ms	1,996 ms
<i>DataSet</i>	3,105 ms	2,881 ms	3,032 ms	3,006 ms

Slika 5. Rezultati testiranja

Linq To SQL operatori upita preko relacionih podataka nude mogućnost održavanja interakcije između relacionih izvora podataka i aplikacione logike bazirane na objektima tokom celog ciklusa objekta. Kada se jedanput uspostave strukture mapiranja sa objektima, koristi se ista sintaksa upita kao kod *Linq To Objects* provajdera. Framework održava ceo životni ciklus objekta i objekti se

kreiraju kada se prvi put postavi upit za njih. Upit se definiše koristeći poznatu sintaksu upita ili poziv metoda. Rezultati testiranja upita metodom *CompileQuery.Compile* pri istim uslovima testiranja kao i kod prethodne tri metode daju mnogo bolji rezultat koji je približan rezultatu testiranja kod tipiziranog *DataSet*-a (Slika 5.).

7. ZAKLJUČAK

LINQ je prvenstveno napravljen u cilju pojednostavljenja pristupa ne-objektnim izvorima podataka, kao što je prikazano u primerima *DAFQuery* metoda u poglavlju 4, a manje kao izvor dobrih performansi. Pored očigledne jednostavnosti, još jedna karakteristika LINQ projekta je transparentnost prema podacima jer je moguće kombinovati različite LINQ provajdere (poput *Linq To SQL* i *Linq To Objects*) sa različitim izvorima podataka, bilo da se radi o izvoru podataka iz baze ili iz memorije. U poglavlju 4 prikazano je kombinovanje podataka sa dva izvora podataka upotrebom klauzule *join*. U poglavljima 5 i 6 su ispitane performanse LINQ u odnosu na druge metode pristupa podacima i vidi se da LINQ daje zadovoljavajuće performanse posle dodatne optimizacije upita. Ono što je bitno je to da je ostavljen je veliki prostor za poboljšanja i napredak performansi što se i očekuje u bliskoj budućnosti od strane *Microsoft*-a.

8. LITERATURA

- [1] *Utility Management System (UMS) Data Access Facility Specification*, Version 2.0.1, OMG, 2005.
- [2] IEC 61970-403 Ed.1: *Energy management system application program interface (EMS-API) - Part 403: Generic Data Access*
- [3] J.S. Ratz, "Pro Linq, Language Integrated Query in C#", APress, 2007.
- [4] Don Box, Anders Hejlsberg, "The Linq Project", Microsoft, 2006.
- [5] "C# Language Specification", Version 3.0, Microsoft, 2007.
- [6] Fabrice Marguerie, Stevie Eichert, Jim Wooley, "Linq In Action", Manning Publications, 2008.
- [7] Common Information Model (CIM): CIM Version 10, EPRI, Palo Alto, CA
- [8] Resource Description Framework (RDF): www.w3.org/RDF/
- [9] Rebecca M. Riordan, "Microsoft ADO.NET", Microsoft Press, 2002.

Kratka biografija:



Veljko Radenković rođen je u Beogradu 1982. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i Računarstva – Automatika i Upravljanje Sistemima odbranio je 2009.god.

OPTIMIZACIJA RADA SISTEMA ČILERA POMOĆU GENETSKOG ALGORITMA

APPLYING GENETHIC ALGORITHM IN CHILLER SYSTEM OPTIMIZATION

Tihomir Vučković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U svakom sistemu centralnog hlađenja čileri su najveći potrošači električne energije, tako da je optimizacija upravljanja čilerima od velikog značaja za ostvarivanje uštede električne energije. U ovom istraživanju angažovani su genetski algoritmi za određivanje broja čilera koji će u datom momentu raditi u zavisnosti od temperature fluida u sistemu i spoljašnje temperature vazduha. Centralni sistem hlađenja konstruisan je kao razdvojeni, postoji primarni i sekundarni deo.

Abstract – In each central cooling systems chillers are the biggest electric energy consumers, so with optimal chiller control very high energy savings can be achieved. In this research genetic algorithm will be employed to determine how many chiller will work depending on fluid and external air temperature. Central cooling system is decoupled, there exist primary and secondary part.

Ključne reči: Genetski algoritam, Sistem čilera, Primarni/Sekundarni sistem

1. UVOD

U umerenim vremenskim uslovima poslovne zgrade troše više od 30% ukupne električne energije države i oko 50% do 60 % te energije se koristi za HVAC (Heating, Ventilation and Air Conditioning) sistem [1].

Istraživanja [2] su pokazala da poboljšanje od 10% u efikasnosti sistema čilera vodi ka smanjenju od 3-4% ukupne potrošnje električne energije objekta. Potrošnja električne energije u sistemima sa čilerima može da bude jako velika ako je upravljanje ne adekvatno.

Optimizacijom upravljanja čilerima u HVAC sistemima postiže se značajna ušteda energije. U srednje velikim i velikim HVAC sistemima mnogo su češći multi-čiler sistemi [3] nego sistem sa samo jednim čilerom. U multi-čiler sistemima svaki čiler je nazavisan jedan od drugog, tako da se javlja problem koliko je u datom momentu potrebno čilera da radi.

Promenljiva u proračunima je broj uključenih čilera, a kako je to diskretna promenljiva kao metoda optimizacije nameće se genetski algoritam.

Uz pomoć odgovarajućeg kriterijuma optimalnosti genetski algoritmi [4, 5] dokazano su efikasni u rešavanju ovakvog tipa optimizacionih problema.

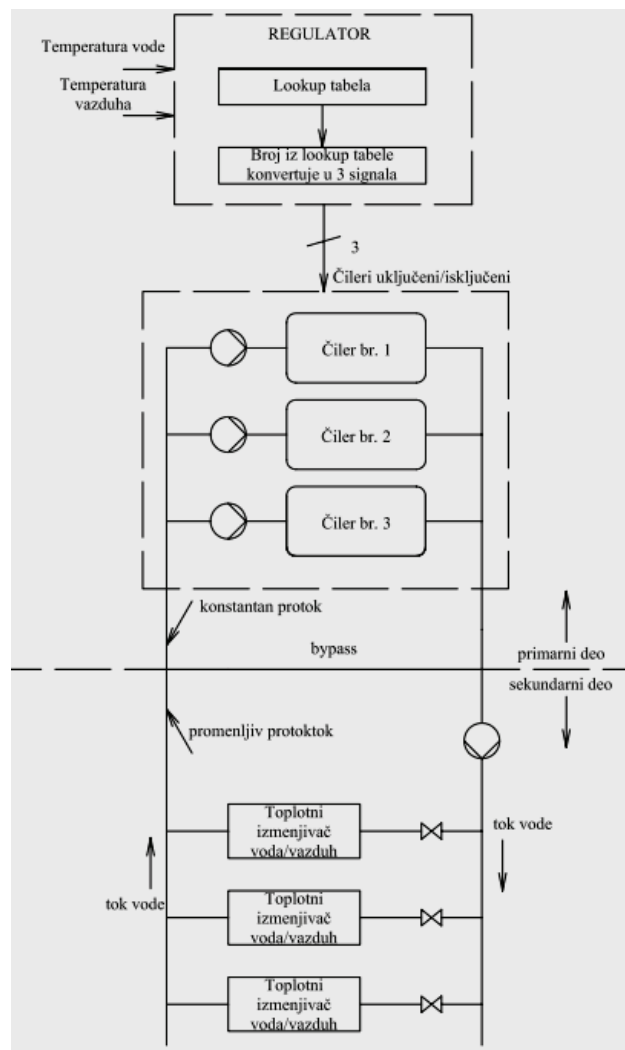
Ovaj rad predstavlja pokušaj optimizacije rada multi-čiler sistema pomoću genetskog algoritma.

NAPOMENA:

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

2. MULTI-ČILER SISTEMI

Multi-čiler sistemi sastoje se od dva ili više čilera koji su cevovodom povezani paralelno ili serijski.



Slika 1. Multi-čiler sistem

Korišćenje ovakvih sistema omogućava veću fleksibilnost u radu kao npr. prilikom održavanja, kada je moguće jedan od čilera isključiti, a da sistem nastavi sa normalnim radom; tokom starta rada sistema kada su potrebne veće količine fluida ili u uslovima kada su zahtevi za hladnim fluidom smanjeni opterećenje se raspoređuje na više čilera tako da svi rade u optimalnom režimu.

Na slici 1. prikazan je sistem koji je korišćen u ovom istraživanju. Radi veće stabilnosti u radu čilera preporučljivo je da protok fluida kroz čiler bude konstantan. To se ostvaruje tako što se koristi (decoupled) razdvojeni sistem, koji se sastoji od dva dela, jednog kroz koji je tok

fluida konstantan (primarni deo) i drugog dela kroz koji je tok fluida promenljiv (sekundarni deo), odnosno može da se reguliše. Čilera se nalaze u primarnom delu dok se u sekundarnom nalaze toplotni izmenjivači fluid-vazduh. Ovako organizovan sistem se naziva primarno/sekundarni sistem [6].

3. FORMULACIJA PROBLEMA

Cilj optimizacionog problema jeste da se minimizuje potrošnja električne energije uz zadovoljavanje zahteva za hlađenjem. Performanse sistema se povećavaju ako se koeficijent EER (Energy Efficiency Ratio) svakog čilera maksimizuje. Koeficijent EER definiše se kao količnik snage hlađenja i ukupne apsorbovane snage. U sistemu koji je korišćen čilera su sa vazдушnim hlađenjem. Matematički model ovog čilera [6] može se opisati sledećim jednačinama (1):

$$P_{e_ukupno} = a_{e_i} + b_{e_i} T_{hvp} + c_{e_i} T_{vazduha} + d_{e_i} \dot{m}_w \quad (1)$$

$$P_{c_ukupno} = a_{c_i} + b_{c_i} T_{hvp} + c_{c_i} T_{vazduha} + d_{c_i} \dot{m}_w$$

U datim jednačinama vrednosti P_{e_ukupno} je potrošnja električne energije, a P_{c_ukupno} je snaga hlađenja u uslovima punog opterećenja. $\dot{m}$ predstavlja maseni protok fluida kroz čiler. Vidi se da su date jednačine funkcije vrednosti temperatura povratnog fluida T_{hvp} i spoljašnje temperature vazduha $T_{vazduha}$.

Vrednosti koeficijenata $a_{e_i}, b_{e_i}, c_{e_i}, d_{e_i}, a_{c_i}, b_{c_i}, c_{c_i}, d_{c_i}$ dobijaju se od proizvođača čilera.

Kako potrošnja električne energije zavisi od temperature povratnog fluida i vazduha u ovome radu biće prezentovan jedan način optimizacije rada ovakvih sistema, tako što će vrednosti temperature fluida i vazduha određivati koliko čilera je potrebno da radi kako bi se dobila minimalna potrošnja električne energije uz zadovoljavanje postavljenih uslova za hlađenjem.

Ideja je da rezultat optimizacije predstavlja broj čilera koji rade za pretpostavljene vrednosti temperatura vode i vazduha.

Za optimizaciju su odabrani genetski algoritmi, a razlog za izbor genetskih algoritama bio je taj što će se optimizacija vršiti nad diskretnim skupom vrednosti, tj. brojem uključenih čilera. Da bi se GA prilagodili za rad sa diskretnim vrednostima bilo je potrebno napisati funkciju za stvaranja inicijalne populacije celobrojnih vrednosti i funkciju za mutaciju.

Rezultat rada GA predstavlja broj čilera koji rade za prethodno definisane vrednosti parametara. Ideja je da se napravi Lookup tabela iz koje bi se kasnije na osnovu trenutne vrednosti temperatura fluida i vazduha određivalo koliko čilera treba da radi u tom momentu.

Pretpostaviće se da se spoljašnja temperatura vazduha menja od 20 do 32 °C. Zadana vrednost temperature fluida u sistemu je 7 °C uz dozvoljeno odstupanje od ±2 °C.

Celokupna izrada Lookup tabele sastojala se od 12 simulacija, za svaku celobrojnu vrednost temperature vazduha po jedna.

4. MATEMATIČKI MODEL SISTEMA I SIMULACIJA

4.1. Opis modela

Simulacioni model sistema je urađen u Matlab-Simulinku. Na slici 1 prikazan je izgled multi-čiler sistema koji je predmet analize u ovome radu. U sistem postoje tri čilera od kojih je svaki snage 60 kW, tako da je ukupna snaga sistema 180kW. Korišćeni su čilera sa vazдушnim hlađenjem opisani jednačinama (1), a vrednosti koeficijenata date su u tabeli 1:

(Tabela 1. Koeficijenti čilera)

a_e	b_e	c_e	d_e	a_c	b_c	c_c	d_c
1.98	0.67	1.57	42.59	0.14	0.39	0.14	5.61

Centralni sistem hlađenja organizovan je kao razdvojeni, odnosno sa primarnim i sekundarnim delom. Čilera u primarnom delu su povezani paralelnim cevovodom i svaki ima svoju pumpu kao što se vidi na slici. Maksimalno opterećenje (snaga) objekta je 180 kW, funkcija po kojoj se menja opterećenje objekta je jedna poluperioda sinusne funkcije. Funkcija po kojoj se menja vrednost temperature spoljašnjeg vazduha predstavlja jednu periodu sinusne funkcije.

U sistemu se prvobitno nalazio regulator koji je radio tako što je upoređivao trenutnu temperaturu fluida sa zadatom i na osnovu toga se uključuje ili isključuje jedan čiler. Na svakih 5 minuta se vršilo poređenje temperature fluida i menjanje stanja čilera.

4.2. Simulacija

Kao što je rečeno, urađeno je 12 simulacija, za svaku celobrojnu vrednost spoljašnje temperature vazduha (20, 22, 23...32) po jedna. U toku jedne simulacije, temperatura vazduha je konstantna, dok se temperatura fluida menja, tj. zavisila je od uslova u zgradi, odnosno opterećenja zgrade.

Temperatura fluida se kontinualno menja u sistemu, tako da je morala da se kvantizuje da bi se mogla koristiti lookup tabela. Kvantizacija se vrši na pola stepena. S'obzirom da je zadana temperatura fluida 7 °C uz offset od 2 °C znači da su od interesa vrednosti temperatura od 5 do 9 °C, sa tim što je pretpostavljeno da za vrednost temperatura od 5 °C i manje ne treba da radi ni jedan čiler, a za vrednosti temperature 9 °C i više treba da rade sva tri čilera. Kako je od interesa interval od 5 °C do 9 °C rezultat rada genetskog algoritama predstavlja sedam vrednosti i to za: 5.5, 6, 6.5, 7, 7.5, 8, 8.5 °C. Promena stanja sistema odnosno uključivanje / isključivanje čilera se vrši na svakih 5 minuta. Kriterijum optimalnosti, koji je korišćen za genetski algoritam je dat jednačinom (2)

$$F = \sum P + K * \sum ((T_{tr} - T_{zad})^2) \quad (2)$$

Vrednost težinskog faktora K je 25. U datoj jednačini P predstavlja utrošenu električnu energiju, dok je T_{tr} trenutna vrednost temperature vode, a T_{zad} zadana temperatura fluida.

Tabela 2. Rezultati simulacije

		Spoljašnja temperatura vazduha [°C]												
Temperatura vode na izlazu iz čilera [°C]		20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5.5	0	0	0	1	1	0	2	1	0	1	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6.5	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	7	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	7.5	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	8	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	8.5	2	2	2	2	3	2	3	2	3	3	3	3	2
	9	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

5. REZULTATI SIMULACIJE

Nakon izvršenih svih 13 simulacija, dobijeni su rezultati koji su prikazani u tabeli 1. Utrošena električna energija u toku 24 časa prilikom korišćenja regulatora baziranog na lookup tabeli, koja je formirana na osnovu tabele broj 1, je 2692.96 kWh. Na mesečnom nivou potrošnja je 80788.8 kWh.

Regulator koji se prethodno nalazio u sistemu i čiji je način rada objašnjen, za 24 časa, ostvario je potrošnju od 2897.5 kWh, odnosno 86925kWh na mesečnom nivou. To znači da je u toku jednog dana ostvarena ušteda od 182.54 kWh, to jest 5476.2 kWh mesečno, što predstavlja uštedu od 7.059 %. Ako se zna da je cena jednog kWh industrijske struje 3.42 din/kWh lako se izračuna da je ostvarena mesečna ušteda od 20985.8 dinara.

6. ZAKLJUČAK

Većina zemalja širom sveta će se u bliskoj budućnosti suočiti sa ozbiljnim nedostacima energije. Velika potrošnja i porast broja stanovnika u svetu primorace stanovnike velikog broja zemalja da se suoče sa problemom kritičnog smanjenja zaliha domaćih fosilnih energetske izvora. Ono što je preostalo da se uradi jeste da se pređe na alternativne izvore energije i da se u već postojećim sistemima uspostavi racionalna potrošnja i time ostvari značajna energetska ušteda.

Predmet optimizacije ovog rada jeste sistem čilera koji se već nalazi u komercijalnoj upotrebi, ali ne radi na najefikasniji način, posmatrano sa ekonomskog aspekta. Primenjen je jedan novi pristup u postizanju optimalnog upravljanja radom sistema čilera i svođenje potrošnje električne energije pri radu sistema na najmanju moguću vrednost.

7. LITERATURA

- [1] ASHRAE. (1996). ASHRAE "Handbook—Fundamentals". Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.
- [2] Chou, S.K. and Chang, W.L. (1993). "Effects of Multi-Parameter Changes on Energy Use of Large Buildings". In: International Journal of Energy Research. Vol. 17. pp. 885-903. John Wiley & Sons.
- [3] Dragan A.S. and Godfrey, A.W. (1995). "Genetic Operators and Constraint Handling for Pipe Network Optimization". In: Lecture Notes in Computer Science. AISB Workshop Sheffield U.K., Springer.
- [4] Goldberg, D.E. (1989). "Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning". Addison-Wesley. Massachusetts. USA.
- [5] Gunther, M., Dragan, A.S. and Godfrey, A.W. (1995). "Application of Genetic Algorithms to Pump Scheduling for Water Supply. In: Genetic Algorithms in Engineering Systems": Innovations and Applications. IEE.
- [6] McQuay International (2002): "Chiller Plant Design". Minneapolis, Mn.
- [7] E. Bettanini, A. Gastaldello, and L. Schibuola. „Simplified models to simulate part load performances of air conditioning equipments“. In Eighth International IBPSA Conference Eindhoven, Netherlands, August 11-14, 2003.

Kratka biografija:



Tihomir Vučković rođen je u Vrbasu 1984. god. Završio je srednju elektrotehničku školu "Mihajlo Pupin" u Kuli. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Building Management Systems, sa temom "Optimizacija rada sistema čilera pomoću Genetskih Algoritama" odbranio je 2009 godine.

ZNAČAJ QoS PROTOKOLA U 3G/4G MOBILNIM MREŽAMA

IMPORTANCE OF QoS PROTOCOL IN 3G/4G CELLULAR NETWORKS

Danko Garić, Željen Trpovski, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast - ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Sadržaj - Značaj obezbeđivanja kvaliteta usluga (QoS) predstavlja jedan od ključnih elemenata analize i projektovanja 3G/4G mobilnih mreža. Mobilne multimedijalne aplikacije imaju velike zahtjeve u pogledu raspoloživih mrežnih resursa, dizajna opreme i QoS performansi. Jedna od aktuelnih istraživačkih aktivnosti jeste i projektovanje adaptivnog aplikacionog QoS protokola koji bi omogućio postizanje optimalnih QoS performansi. U radu je dat pregled ključnih elemenata u oblasti adaptacije aplikacionih QoS protokola.

Abstract - The importance of providing quality of service (QoS) is one of the key elements of analysis and design of 3G/4G mobile networks. Mobile multimedia applications have high demands in terms of available network resources, design of equipment iQoS performance. One of the current research activities is the design of adaptive application QoS protocol that would enable optimal QoS performance. The paper is an overview of the key elements in the adaptation of the application of QoS protocol.

Ključne riječi: mobilne mreže, kvalitet usluga, aplikacija, protokol, adaptacija, evaluacija performansi

1. UVOD

Mobilni telekomunikacioni sistemi, kada se posmatra kontinuitet njihovog razvoja od prve generacije (1G) analognih mobilnih sistema do današnjih digitalnih mobilnih sistema treće (3G) i četvrte generacije (4G), značajno su promijenili svoja primarna obilježja.

Nova generacija mobilnih telekomunikacionih sistema omogućila je ne samo poboljšanje kvaliteta govornih komunikacija, već i pristup novim globalnim telekomunikacionim uslugama. Paralelno sa stalnim porastom broja pretplatnika, razvijaju se i mobilni multimedijalni sistemi, korisnički terminali, uvode nove aplikacije, usluge itd. Povećanje broja korisnika i usluga podrazumijeva veću potrošnju komunikacionih resursa, pa je neophodan kontinualni razvoj i projektovanje novih arhitektura i mehanizama u okviru mobilne telekomunikacione mreže.

Treća generacija univerzalnih mobilnih telekomunikacionih sistema – UMTS (Universal Mobile Telecommunication Systems) razvijena je kao odgovor na pomenute zahtjeve i potrebe korisnika u pogledu novih usluga. Uvođenje 3G sistema podrazumijevalo je suštinske promjene u mrežnoj infrastrukturi korištenjem naprednih tehnolo-

gija kao što su: asinhroni način transfera (ATM), višestruki pristup na bazi kodnog multipleksa (CDMA, WCDMA), IP (Internet Protocol) platforma prenosa i komunikacije itd. Razvojni put bežičnih mrežnih tehnologija usmjeren je ka tzv. "all-IP" arhitektura, čime je naglašena težnja da se IP-bazirani protokoli koriste za sve namjene, uključujući prenos, mobilnost, aspekte sigurnosti, kvalitet usluga, signalizaciju na aplikacionom nivou, podršku multimedijalnim uslugama i dr.

Dva vrlo važna aspekta realizacije IP baziranih multimedijalnih usluga u 3G mrežama jesu IMS (IP Multimedia Subsystem) i MBMS (Multimedia Broadcast/Multicast Service). IMS omogućava kreiranje složenih IP multimedijalnih sesija uz QoS podršku za svaku pojedinu komponentu sesije. MBMS koncept obezbeđuje uvođenje IP broadcast i multicast usluga u 3G mrežu, čime se na ekonomičan način nude širokopolasne usluge većem broju korisnika [1,2].

Primjeri su aplikacija video-streaminga realizovana multicast prenosom i implementacija LBS (Location Based Services) usluge primjenom broadcast prenosa. Na osnovu 3GPP (Third Generation Partnership Project) preporuka definisana su dva važna razvojna segmenta WCDMA (Wideband CDMA): HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) i HSUPA (High Speed Uplink Packet Access).

Uvođenjem WCDMA/HSPA u radio-mrežu omogućena su sljedeća poboljšanja u realizaciji novih usluga (service) i aplikacija:

- Veće brzine prenosa, teoretski do 14.4 [Mb/s] na osnovu 3GPP Release 5 i do 28.8 [Mb/s] u 3GPP Release 7. Praktična rješenja su omogućila postizanje brzina od 1 do 2 [Mb/s], na osnovu Release 5.
- Smanjeno je ukupno ("round-trip") kašnjenje paketa: uvođenjem Release 5 ovo kašnjenje je manje od 100 [ms], a uvođenjem Release 6 manje je i od 50[ms].
- Efikasna podrška mobilnosti za paketski prenos podataka.
- QoS diferencijacija za podršku visokom kvalitetu usluga u mreži.

Takođe, 3GPP specifikacijama definisan je i novi radio-sistem pod nazivom Long-Term Evolution (LTE) koji bi trebalo da omogući brzine prenosa od 100 [Mb/s] u downlink smjeru i 50 [Mb/s] u uplink smjeru, korištenjem 20 [MHz] propusnog opsega. Buduće širokopolasne mobilne mreže treba da omoguće jednostavan pristup uslugama bez obzira na vrstu pristupne mreže ili tip mobilnog terminala. Funkcionalni aspekti i karakteristike performansi 3G aplikacija predstavljaju važan segment za cjelovitu analizu kvaliteta usluga QoS (Quality of Service), ali i QoE (Quality of Experience) krajnjeg korisnika.

Značaj obezbeđivanja QoS-a posebno je izražen u oblasti projektovanja i analize mobilnih mreža treće i četvrte generacije. Uvođenje kvaliteta usluga u mobilnu mrežu

NAPOMENA:

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

mora biti zasnovano na konceptu realizacije "od kraja do kraja". Pri prenosu mobilnih multimedijalnih aplikacija potrebno je ispuniti stroge zahtjeve u pogledu raspoloživih mrežnih resursa, projektovanja uređaja i QoS karakteristika (performansi).

Uvođenje novih aplikacija (video-telefonija visoke definicije, distribucija TV programa, tele-inženjering, medicinske aplikacije, itd.) u savremene mobilne mreže zahtijeva preciznu i konzistentnu analizu. Svaka od aplikacija je zasnovana na specifičnom protokolu, sa različitim parametrima i atributima, na osnovu kojih se treba uspostaviti odgovarajući QoS profil. Pojava grešaka u prenosu i gubitak paketa značajno degradiraju performanse aplikacija. U mobilnim sistemima gubitak paketa je uzrokovan pojavom interferencije u bežičnom kanalu prenosa. Nivo interferencije može se kontrolisati primjenom odgovarajućih mehanizama upravljanja snagom i prenosom. Aplikacije u realnom vremenu (audio i video) posebno su osjetljive na pojavu varijacija kašnjenja (džiter). Korekcija džitera se može obezbijediti postupkom baferovanja. Zahtjevi različitih vrsta aplikacija predstavljaju osnovni kriterijum za izbor QoS parametara. Iz ovih razloga je od značaja detaljnije analizirati aplikacije/usluge i njihove karakteristike.

Istraživačke aktivnosti u oblasti kvaliteta usluga najvećim dijelom su bazirane na analizi sistemskog, mrežnog i prenosnog QoS-a. Mehanizmi QoS-a na mrežnom i transportnom sloju, kao i rezervacija resursa, upravljanje pristupom, rutiranje, handoff procedure i modeli saobraćaja predstavljaju predmet detaljnih studija. Tradicionalni transportni protokoli kao što su TCP i UDP ne mogu u potpunosti podržati QoS zahtjeve novih mobilnih multimedijalnih aplikacija. Pored adaptacije postojećih protokola za primjenu u mobilnom okruženju, predloženi su i protokoli, kao npr. *DCCP* i *SCTP*.

Mehanizmi adaptacije aplikacionih protokola su razmatrani uglavnom na nivou QoS signalizacije. U toku je nekoliko istraživačkih projekata koji imaju za cilj implementaciju arhitekture i protokola zasnovanih na adaptivnoj QoS podršci na aplikativnom sloju.

2. POTREBA ZA ADAPTACIJOM PROTOKOLA KVALITETA USLUGA – DEFINICIJA PROBLEMA I MOTIVACIJA

Kvalitet usluga (QoS) se, prilikom projektovanja i testiranja performansi aplikacija, često analizira kao "*top-down*" proces u smislu primjene različitih metodologija za definisanje performansi "od tačke do tačke", pri čemu se u opštem slučaju ne uzimaju u obzir karakteristike prenosa "od kraja do kraja". Da bi se ispunila očekivanja krajnjih korisnika u smislu realizovanog kvaliteta određene usluge (aplikacije), neophodno je da implementacija QoS-a "od kraja do kraja" u aktuелnoj mreži bude zasnovana na obezbjeđivanju visokog nivoa performansi usluge.

Polazeći od ovih pretpostavki, izvode se odgovarajući zahtjevi za specifične QoS mehanizme (funkcije) u okviru pojedinačnih mrežnih domena, interfejsa i aplikacija. Mehanizmi implementacije QoS-a na nižim slojevima OSI modela (L2, L3, L4) podrazumijevaju složena rješenja, jer zahtijevaju primjenu novih standarda za hardverske komponente (ruterski uređaji, baferi, memorijske komponente). Prednost implementacije QoS upravljanja

na višim slojevima zasniva se na primjeni softverskih modula.

Opšti pristup za adaptaciju QoS-a na nivou aplikacije uzima u obzir primjenu teorije upravljanja. Postupak adaptacije zasniva se na posmatranoj aplikaciji i karakteristikama mreže koja prenosi datu aplikaciju. Aplikacija mora posjedovati mogućnost adaptacije na promjene raspoloživog QoS-a, a mreža se mora prilagoditi na promjene u QoS zahtjevima podržanih aplikacija. Adaptacija postojećih mehanizama QoS-a temelji se na konceptu poboljšanja performansi nosilaca usluga u mobilnoj mreži, u smislu da postoji interakcija određenih slojeva arhitekture sa većim brojem aplikacija. Kontinualno razvijanje novih aplikacija i njihova raznolikost čine problem kreiranja jedinstvenog aplikacionog QoS protokola izuzetno složenim zadatkom. Svaka pojedina aplikacija kreirana je na bazi specifičnog protokol-steka, sa odgovarajućim parametrima koji zavise od QoS profila, a pri tome se interakcija sa nižim slojevima arhitekture razlikuje od aplikacije do aplikacije. Struktura sloja transportne mreže bazirana je na primijenjenoj tehnologiji, pri čemu realizacija protokol-steka zavisi od usvojenog QoS profila za određenu aplikaciju, kao i od raspoloživih QoS funkcija u mrežnim elementima.

Nova generacija mobilnih mreža (4G) treba da pruži podršku za uvođenje raznovrsnih telekomunikacionih usluga u heterogenim bežičnim okruženjima. Da bi se omogućila distribucija višekorisničkih sesija, neophodno je realizovati preslikavanje QoS zahtjeva pojedinih tokova sesije na odgovarajuće mrežne klase usluga. Pri tome, šema preslikavanja treba biti nezavisna od izbora QoS modela i primijenjene transportne tehnologije.

Elementi koji se moraju analizirati pri postupku adaptacije protokola su sljedeći:

- Uticaj QoS profila na percepciju krajnjeg korisnika (kvalitet usluge koji se isporučuje korisniku).
- Podešavanje parametara koji definišu određenu aplikaciju.
- Saobraćajne karakteristike aplikacija i njihova interakcija sa fizičkim slojem.
- Upravljanje saobraćajnim tokom između elemenata radio-mreže i jezgra mreže.

Jedan od ključnih zahtjeva za uspostavljanje arhitekture određene usluge jeste definisanje adekvatnog okvira za analizu QoS performansi. Izbor odgovarajućeg aplikacionog QoS protokola, kao i mehanizama za njegovu adaptaciju i optimizaciju, predstavlja aktuелnu istraživačku oblast u mobilnim mrežama nove generacije. Proces optimizacije bi se trebao primijeniti na određene komponente medija, s obzirom na agregaciju heterogenih tipova saobraćaja. Softverska realizacija adaptacionog modula omogućava lakše izmjene i restrukturiranje. Na taj način bi se poboljšao i ukupan postupak analize performansi.

3. PRIMJER ARHITEKTURE APLIKACIJE : "MULTIMEDIA BROADCAST/MULTICAST SERVICE" (MBMS)

MBMS obezbjeđuje podršku za IP broadcast i multicast prenos uz omogućenje širokog propusnog opsega za pristup većeg broja korisnika određenoj usluzi. Primjeri aplikacija su video-streaming i "location based" usluge. "Location based" predstavlja novu vrstu aplikacije u UMTS-u

koja obezbeđuje automatsku distribuciju lokalnih informacija i lokalizaciju odgovarajućih poziva u mreži. 3GPP Rel.6 MBMS specifikacije uvode podršku za "point-to-multipoint" prenos. MBMS koristi standardne elemente UMTS mreže, a uvodi se i novi element BM-SC (Broadcast and Multicast Service Centre), sl.1. BM-SC podržava funkcije kao što su upravljanje i autentikacija usluga, zaštita sadržaja itd. Nosioći MBMS usluga korisničke ravní podržavaju "point-to-point" (unicast) i "point-to-multipoint" (broadcast) konekcije. MBMS specifikacije obuhvataju QoS podršku za streaming i background klase saobraćaja.

Tabela 1. Protokol-stek za MBMS aplikaciju

streaming aplikacije		download aplikacija (MMS, video-klip)	
RTP payload (CODEC)	3GPP download fajlova	kreiranje usluge	
RTP	FLUTE		
	ALC/FEC		
	LCT		
UDP			
IP (multicast)			
MBMS nosioci (bearer)			

BM-SC obezbeđuje informaciju o QoS klasi koju treba koristiti MBMS nosilac, a koja je sadržana u okviru poruke o početku sesije. Mrežni elementi (GGSN, SGSN i RAN) odlučuju o daljem tretiranju MBMS nosilaca na osnovu rezervisanih resursa. Protokol-stek koji obezbeđuje realizaciju MBMS aplikacija predstavljen je u tabeli 1. U okviru rada IETF Reliable Multicast Transport grupe, razvijen je FLUTE (File Delivery over Unidirectional Transport) standard sa ciljem da se podrži prenos aplikacija za veliku grupu prijemnika. Kao protokol, FLUTE je definisan u okviru slojevitog kodnog bloka LCT, kao sloj iznad ALC protokola.

Tabela 2. QoS profil za streaming aplikaciju

upravljanje profilom	opis	
Class	klasa saobraćaja	streaming
Order	redoslijed isporuke	ne
DelErr	isporuka SDU sa greškama	da
SduMax	maksimalna veličina SDU (bajtova)	1500
DwnMax	max bitska brzina za downlink (kb/s)	256
UpMax	max bitska brzina za uplink (kb/s)	32
Ber	rezidualni BER	10 ⁻⁶
SduErr	SDU vjerovatnoća greške	10 ⁻⁶
prior	upravljanje prioritetom saobraćaja	1

Prenos fajlova je podržan primjenom odgovarajućih objekata i FDT (File Description Table) instanci. ALC je protokol za adaptaciju koji omogućava proširenje LCT za multicast primjene. LCT je projektovan kao skalabilni multicast protokol za pouzdan i asinhroni prenos sadržaja. Jedna LCT sesija objedinjuje nekoliko kanala iz predajnika za prenos jednog ili više objekata koji su od interesa za prijemnik. FEC blok omogućava izbor odgovarajućeg FEC (npr. Reed-Solomon) koda koji će se koristiti unutar ALC. Primjer definisanja QoS profila za streaming aplikaciju dat je u tabeli 2.

4. REZULTATI SIMULACIJE ZA VIDEOKONFERENCIJSKU APLIKACIJU

Simulacija videokonferencijske aplikacije u UMTS-u realizovana je primjenom komercijalnog softvera *OPNET* (OPTimum NETwork Performance) koji omogućava modelovanje komunikacionih mreža, aplikacija, protokola i distribuiranih sistema. Za razliku od modelovanja govorne aplikacije (VoIP), koje je podržano standardizovanim skupom simulacionih parametara i atributa, simulacija videokonferencije predstavlja složen problem, posebno imajući u vidu varijabilne parametre mobilnog okruženja. To je bio i jedan od razloga zbog kojeg se autor odlučio na analizu ove aplikacije i uslova pod kojima se ona može realizovati u mobilnoj mreži, posebno sa stanovišta QoS-a.

S obzirom na ograničenja u pogledu raspoložive bitske brzine prenosa u UMTS okruženju, problem koji se javlja prilikom simulacije jeste opterećenje na IP sloju prenosa. Zbog toga je neophodno značajno redukovati saobraćajno opterećenje (smanjenjem brzine prenosa ramova, broja korisnika, itd.) ili povećati kapacitet bafera, propusnog opsega i razmotriti putanje prenosa. Na osnovu modela za simulaciju koji je opisan u nastavku, mjerene su QoS performanse uz varijaciju specifičnih sistemskih i aplikacionih parametara. Neki od sistemskih parametara, koji su bili uzeti u obzir prilikom simulacije, jesu: uticaj saobraćajnog opterećenja u sistemu (background system utilization), upravljanje pristupom na bazi korisnog protoka (throughput-based admission control) i dr. Aplikacioni parametri, mjereni kao pokazatelji QoS performansi, jesu kašnjenje "od kraja do kraja" i varijacija kašnjenja "od kraja do kraja" (džiter), uz varijaciju veličine korisnog podatka (payload), QoS klase, parametara raspodjele, maksimalno raspoložive brzine prenosa na uplinku i downlinku, itd. ToS izabran za potrebe simulacije u ovom slučaju jeste 'interactive multimedia' i 'background', sa ciljem da se pokažu razlike u performansama različitih QoS klasa saobraćaja za istu vrstu aplikacije.

Na sl.1. prikazan je simulacioni model za analizu prenosa videokonferencijske aplikacije u UMTS mreži. Pored standardnih elemenata UMTS mreže (Node B, RNC, CN), definisana su dva mobilna klijenta (video_tr1 i video_rc1) između kojih se prenosi videokonferencijski saobraćaj.



Slika 1. Simulacioni model u OPNET-u

Saobraćaju, koji se prosljeđuje sa viših slojeva, pridružuje se IP ToS vrijednost, a UMTS sloj koristi odgovarajuće preslikavanje za klasifikaciju različitih saobraćajnih tokova. Svaka QoS klasa sadrži određeni profil ili skup karakteristika koji se mogu podešavati sa ciljem postizanja što kvalitetnijeg prenosa aplikacija u mreži. Karakteristike videokonferencije i specifični parametri simulacije sadržani su u blokovima *applications_def* i

profile_def. Blok applications_def, omogućava definisanje saobraćajnih parametara videokonferencije (frame interarrival time, frame size, ToS, itd.). U posmatranom slučaju, izabran je ToS sa vrijednošću "background".

Veličina rama je 1000 bajtova.

Ako se kao QoS profil izabere *background*, onda se prioritetu upravljanja saobraćajem dodjeljuje najniži nivo (nivo 4) [3]. Takođe, u okviru polja allocation/retention priority (u kojem se konfiguriraju parametri za dodjelu RAB u toku upravljanja pristupom) može se definisati stepen prioriteta u prenosu, kao i to da li je dozvoljeno baferovanje podataka. Maksimalna veličina SDU je 1500 bajtova. Opseg vrijednosti za srednje paketsko kašnjenje je od 0 - 65535 [ms]. Definisanje strožijih zahtjeva u pogledu QoS-a podrazumijeva i veći stepen iskorištenja mrežnih resursa. Tako, npr. postavljanjem QoS profila aplikacija kao "interactive", čime se aplikaciji dodjeljuje visok stepen prioriteta, povećava se i ukupno kašnjenje u mreži. Generisani su sljedeći profili aplikacije:

- Prvi profil (video_background_smallpayload) ima sljedeće karakteristike:

incoming/outgoing stream frame size = 1000 bajtova; ToS = background (1).

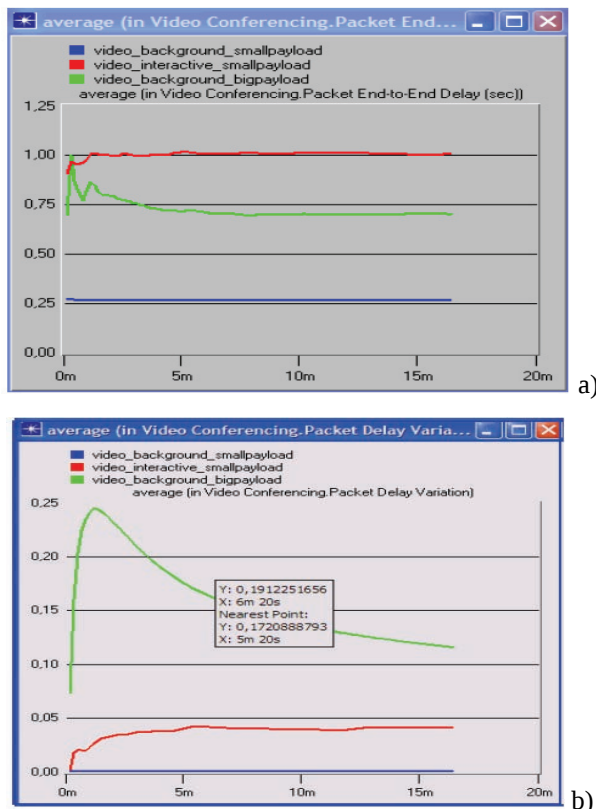
- Drugi profil (video_interactive_smallpayload):

incoming/outgoing stream frame size = 500 bajtova; ToS = interactive multimedia (5).

- Treći profil (video_background_bigpayload):

incoming/outgoing stream frame size = 9000 bajtova; ToS = background (1).

Poređenje rezultata za tri profila aplikacije (kašnjenje i varijacija kašnjenja "od kraja do kraja") predstavljeno je na sl.2.



Slika 2. Rezultati simulacije: a) kašnjenje i b) varijacija kašnjenja "od kraja do kraja" za različite QoS profile
Rezultati simulacije jasno ukazuju da je mogućnost adaptacije profila za karakterizaciju saobraćaja, kao i adek-

vatne predikcije ponašanja sistema, od velikog značaja za postizanje optimalnih QoS) performansi. Odgovarajuća selekcija aplikacionih parametara je važna za efikasno korištenje mrežnih i sistemskih parametara. Svaka pojedina aplikacija kreirana je na bazi specifičnog protokol-steka, sa odgovarajućim parametrima koji zavise od QoS profila, a pri tome se interakcija sa nižim slojevima arhitekture razlikuje od aplikacije do aplikacije.

5. ZAKLJUČAK

Aktuelni istraživački problemi u oblasti aplikacionih QoS protokola mogu se podijeliti u tri osnovne grupe:

- optimalno preslikavanje parametara kvaliteta aplikacionog sloja na parametre kvaliteta nižih slojeva;
- mogućnost adaptacije mehanizama QoS protokola mobilnih multimedijalnih aplikacija za vrijeme različitih događaja u mreži;
- smanjenje računarske kompleksnosti primjenom postupaka transkodovanja medija, transskaliranja ili drugih adaptacionih tehnika.

Implementacija adaptacionog modula na aplikacionom sloju ima prednosti u odnosu na njegovu implementaciju na nižim slojevima. Niži slojevi su u značajnoj mjeri opterećeni različitim sistemskim zadacima i izvršavaju veliki broj funkcija, pa se po pravilu adaptacione procedure implementiraju u hardverskim elementima. S obzirom na kontinuitet razvoja mobilnih mreža, neophodno je usvojiti i odgovarajuće standarde koji će omogućiti uvođenje novih usluga i aplikacija. 4G mreže će biti zasnovane na novom konceptu usluga ('session roaming, transfers and discovery') koji zahtijeva implementaciju novih funkcija upravljačke ravni.

Aplikacije će morati da se prilagode brzim promjenama sistemskih parametara heterogenog mrežnog okruženja, koje postojeći protokoli ne mogu podržati. Adaptacioni mehanizam treba omogućiti da se parametric sesije konfiguriraju automatski po njenom uspostavljanju na osnovu korisničkih preferenci, lokacije, mrežnih mogućnosti i kontekstualnih informacija. Na taj način se obezbjeđuje adekvatna reakcija sistema u smislu podrške obezbjeđivanju optimalnog QoS-a posmatrane aplikacije.

6. LITERATURA

- [1] Xiaoming Fu, Dieter Hogrefe, Sathya Narayanan, Rene Soltwisch: "QoS and Security in 4G Networks", Global Mobile Congress, China, oktobar 2004
- [2] D. Soldani, and M. Li, R. Cuny, QoS and QoE Management in UMTS Cellular Systems, John Wiley & Sons, Ltd, 2006.
- [3] Online Documentation, OPNET Modeler 8.0.

Kratka biografija:



Danko Garić rođen je u Doboju 1983. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Telekomunikacije odbranio je 2009.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.

ПРИМЕНА АМІ ИНФРАСТРУКТУРЕ У DMS СИСТЕМУ

APPLICATION AMI INFRASTRUCTURE IN DMS SYSTEM

Младен Остојић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област – ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И РАЧУНАРСТВО

Кратак садржај – У ради је објашњена функција АМІ система, његова конструкција, комуникација са осталим уређајима у систему и наведене су предности и недостаци оваквог начина читавања и управљања потрошњом електричне енергије. Такође је приказан конкретан пример из праксе.

Abstract – This paper explains the function of Advanced Metering Infrastructure, and its construction, communication with other devices in the system and lists the advantages and disadvantages of such readings and ways of managing energy consumption. Exemplifies the practical usage.

1. УВОД

Систем за даљинско читавање и управљање потрошњом електричне енергије подразумева даљинско прикупљање података са бројила тј. читавање бројила без физичког или визуелног приступа бројилу. Овај систем обухвата скуп мерне, комуникационе и рачунарске опреме и софтвера који омогућава мерење параметара испоручене електричне енергије на мерним местима. Такође омогућава пренос, складиштење и обраду информација о истим на удаљеној локацији, као и касније коришћење датих информација и података у прорачунима и прогнози потрошње. Предности које пружа су многобројне, а његова примена у електроенергетским системима је вишеструка.

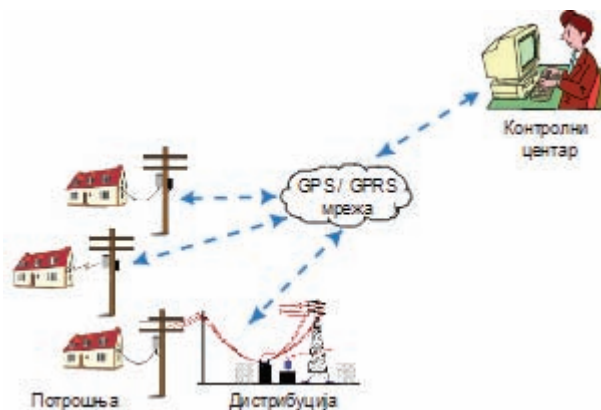
2. КОНЦЕПЦИЈА СИСТЕМА ЗА ДАЉИНСКО ОЧИТАВАЊЕ ПОТРОШЊЕ ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ

Концепт напредног управљања дистрибутивном мрежом (Smart Grid концепт), односно технологија система за даљинско читавање потрошње као део целог концепта су кључни елементи у постизању бенефита о примени аутоматизације процеса и нових решења у електроенергетици. Прекиди у напајању потрошача електричном енергијом представљају економски губитак не само за дистрибутивно предузеће него и за целу државу. Удео економских губитака на нивоу једне државе је велики у случају разних прекида и грешака у мрежи. Интелигентном аутоматизацијом мреже могуће је побољшати њен рад и подићи га на виши ниво. Стога свако дистрибутивно предузеће треба да креира план који ће чинити више различитих, али подједнако битних делова.

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из дипломског-мастер рада чији ментор је био проф.др Душко Бекут.

Претварањем сваког појединачног елемента у стварност отвара се могућност за сигурније, квалитетније и поузданије напајање сваког потрошачког чвора унутар дистрибутивне мреже.



Слика 1. Основна структура система за даљинско читавање потрошње електричне енергије

Примарни циљ покретања Smart Grid концепта, односно система за даљинско читавање потрошње јесте оптимизација потрошње за обе стране и дистрибутивно предузеће и потрошаче. Дакле циљ је да се обезбеди максимизација ефикасности дистрибутивних предузећа и квалитета услуга које пружају, а у исто време и минимизација трошкова испоручене електричне енергије, као и да се потрошачима олакша интеракција са дистрибутивним предузећем и на тај начин омогући увид у потрошњу. Такође један од циљева јесте отварање могућности да потрошачи у дерегулисаном електроенергетском систему могу да бирају дистрибутивно предузеће преко којег ће се напајати, а самим тим могу бирати неку од потрошачких тарифа. Потрошачке тарифе дефинишу приоритетни ниво потрошача, односно дефинишу да ли и колико дати потрошач сме да остане без напајања. Потрошачке тарифе дефинишу и цену испоручене електричне енергије.

3. ADVANCED METERING INFRASTRUCTURE (AMI)

Advanced Metering Infrastructure (AMI) односно напредна инфраструктура мерног система је систем који мери, сакупља, анализира и прати потрошњу електричне енергије од стране потрошача помоћу напредног мерног и комуникационог система, као и система за управљање мерним и немерним подацима. AMR систем омогућава дистрибутивним предузећима да даљински и аутоматски прикупљају податке о

мерењима, што се одвија у једном смеру (једносмерна комуникација), док се у оквиру АМІ система пружа могућност потпуне двосмерне комуникације. АМІ систем прикупља податке о потрошњи (смер је од потрошача ка контролном центру), а сигнали могу бити послати и од стране контролних центара ка потрошачима.

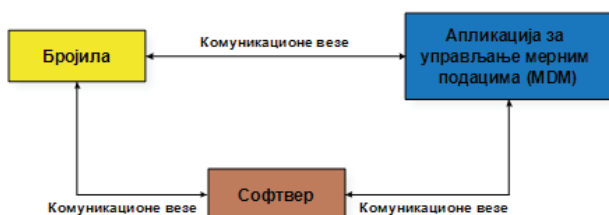
Услов за реализацију АМІ система јесте структура коју чине развијени интелигентни мерни системи и управљање мерним подацима. АМІ систем подржава двосмерну комуникацију са потрошачима, подржава сигуран и поуздан систем комуникације чинећи тако основу паметних мрежа. То значи да ће дистрибутивна предузећа ангажовати потрошаче путем двосмерне размене информација и енергије, као и путем других аутоматизованих средстава.

АМІ систем нуди замену традиционалних бројила са интегрисаним системом чији су основни елементи хардвер, софтвер и људи у циљу бољег управљања електричним сервисима који побољшавају животни век и рад потрошача, а самим тим у исто време смањују сопствене трошкове дистрибутивног предузећа, који се огледају у смањењу трошкова насталих услед изласака екипа на терен ради читања потрошње, трошкова услед крађе електричне енергије, трошкова цурења струје, итд.

Повећањем софистицираности бројила АМІ система, додајући двосмерну комуникацију и повећавајући ниво управљања подацима, АМІ систем додаје виши ниво функционалности за подршку читању и манипулацији у реалном времену, као и другим потрошачким и компанијским сервисима. На тај начин је могуће током испада много брже и тачније урадити реставрацију напајања, на основу мерних података и рада у реалном времену.

Основну структуру АМІ система чине:

- бројила,
- комуникационе везе,
- софтвер и
- апликације за управљање мерним подацима



Слика 2. Структура АМІ система

Мерна бројила у АМІ систему су један од најзначајнијих елемената структуре АМІ система. Да би се АМІ систем могао реализовати од дистрибуције се захтева да инсталира паметна бројила, или уколико је то изводљиво прилагоди постојећа бројила захтевима напредних. На електро тржишту се могу пронаћи различити типови бројила која обезбеђују захтеване апликације и имају способност да дају тачније резултате у свим радним условима. Уз то већина бројила која се појављује на тржишту има способност да произведе нисконапонеке аларме. На тај начин се повећава поузданост и услуге потрошачима, тако што

идентификују и врше дијагностику испада много брже и бележе услове у којима се може наћи опрема потрошача и предузећа. На слици 3. приказани су различити типови бројила која се могу наћи на тржишту.



Слика 3. Различити типови бројила АМІ система

Комуникациона и мрежна опрема омогућава пренос мерних података у различитим временским интервалима као и података о испадима и алармима у готово реалном времену од самог бројила до оперативног центра.

АМІ систем је конфигурисан тако да у себи садржи фиксну комуникациону мрежу. Фиксна мрежа користи једну мрежну архитектуру која је у складу са инсталираним бројилима и захтевима оперативног центра. Фиксна мрежа је један од најбитнијих елемената АМІ система. Комуникациона архитектура укључује хијерархијску структуру, упетљане мреже и водове.

У зависности од примењених комуникационих технологија као и саме способности мерача и модула, систем се класификује на једносмерни и двосмерни. Двосмерни систем је у техничком смислу сложенији и захтева више опреме из чега следи да је овакав систем скупљи.

Оправданост примене двосмерног система се огледа у предностима које пружа као што су: могућност прикупљања података у различитим интервалима времена, могућност даљинског програмирања итд.

Постоје четири различите структуре комуникационе мреже ове мерне инфраструктуре:

- радио фреквентне мреже,
- телефонски заснован систем,
- енергетски водови и
- хибридни систем.

Апликација за управљање мерним подацима (Meter Data Management (MDM)) повезана је са системом мерне инфраструктуре за прикупљање и чување података, као и са системом за рад са тим подацима, као и са другим апликацијама као што је GISC, апликације за аутоматизацију дистрибутивне мреже идр. У зависности од функционалности и типа система за наплаћивање који се користи, ова апликација се може користити за процену рачуна, за процену времена коришћења енергије, за процену цене енергије када се достигне дневни врх потрошње, за процену сервиса при прекиду или за неке друге комплексне процене. Ова апликација се користи за вођење рачуна о потрошњи у свим различитим временским интервалима укључујући и операције које подржавају надметање на малопродајном нивоу.

4. ПРИМЕНА AMI У SMART GRID КОНЦЕПТУ И DMS СИСТЕМУ

4.1 Примена AMI у Smart Grid концепту

Smart Grid је програмска концепција која се бави истраживањем, развојем и демонстрацијом са циљем да се оствари боља производња, пренос и дистрибуција као и рационалније коришћење електричне енергије уз примену најновијих технологија. Smart Grid у техничком смислу није искључиво решење проблема, већ је везан и за друштво, нове законе и стандарде, нове пословне прилике, економију једне државе али и Европе, очување околине, побољшање животног стандарда људи итд. Постизање високе ефикасности напајања је остварено применом технологија које ће редуковати губитке и појачати пренос електричне енергије. Побољшање квалитета напајања се постиже применом нових технологија у области електронике и информационих технологија.

Унапређењем алата за симулацију је омогућено да се што пре нова сазнања претваре у практична решења која ће донети обострану корист, како потрошачима електричне енергије тако и дистрибутивним предузећима. Развојем комуникационих и пословних система, као и развојем система за мерење и праћење потрошње електричне енергије омогућена је добра техничка и економска ефикасност на сваком нивоу ЕЕС-а.

Свакако најбитнији циљ за унапређење целокупног Smart Grid концепта, као и унапређења оптимизације целокупног процеса, полазећи од производње па све до потрошње електричне енергије јесте повећано учешће потрошача у раду ЕЕС-а.

AMI систем је управо у тој потреби пронашао највећу примену. Употреба AMI система се пре свега огледа у могућности да потрошачи сами дефинишу своју потрошњу, односно потрошачку групу којој припадају, да у сваком моменту имају увид у своју потрошњу, да у оквиру већих потрошача буду уграђени контролно-управљачки уређаји за регулацију датих потрошача при великим оптерећењима, итд.

4.2 Примена AMI у DMS систему

DMS (Distribution Management System) је софтвер који је саставни део Smart Grid концепције. DMS софтвер је софтверски систем двадесетпрвог века који пружа могућност обављања свих техничких послова унутар дистрибутивног предузећа на ефикасан и оптималан начин који испуњава све захтеве тендера широм света.

Овај моћан софтверски алат пружа запосленима у дистрибутивном предузећу читав низ напредних функција.

DMS систем аналитичких функција је "мозак" DMS софтвера. Овај систем је потпуно свеобухватан скуп софтвера и алгоритама који омогућавају оптимално управљање, доношење одлука као и најефикаснији дизајн целокупне опреме инсталиране у дистрибутивној мрежи.

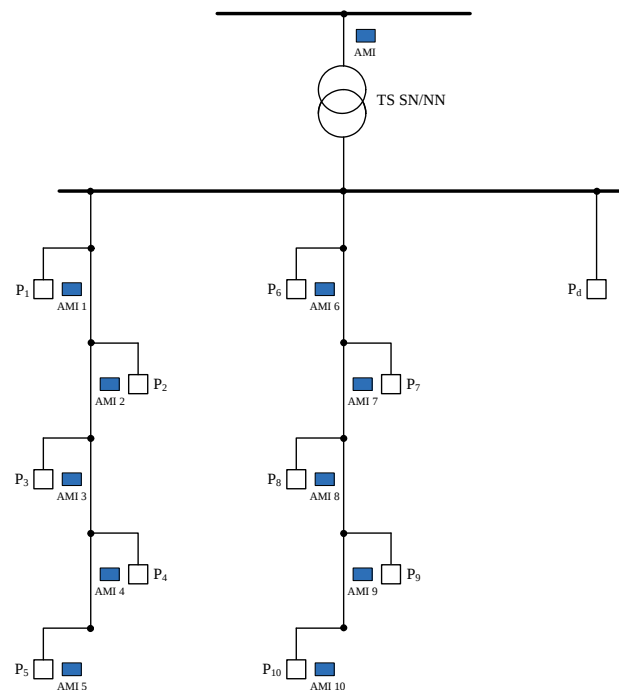
У оквиру DMS софтвера постоје многе функције, али овде ће бити наведене само оне које налазе примену AMI-ја. То су следеће функције:

- анализатор топологије,
- естимација стања,
- токови снага,
- регулација напона/снаге,
- управљање оптерећењем

5. ПРАКТИЧАН ПРИМЕР ПРИМЕНЕ AMI ИНФРАСТРУКТУРЕ

Примери примене система за даљинско очитавање потрошње електричне енергије су многобројни. Како би смањили сопствене трошкове плаћања електричне енергије сви велики потрошачи прате своју потрошњу и спроводе читав низ студија са циљем да дођу до начина на који могу смањити своју потрошњу. Кроз дате студије добијају дијаграме потрошње на бази којих могу проценити своју потрошњу у неком наредном периоду.

Као један од многобројних примера примене система за даљинско очитавање потрошње електричне енергије (AMI) биће приказана примена AMI инфраструктуре на праћењу потрошње електричне енергије нисконапонских потрошача. На слици 4 је приказана шема тест мреже коју чини десет нисконапонских потрошача у које су уграђена напредна бројила и један додатни (скривени) потрошач чија потрошња није регистрована. За дату тест мрежу у DMS софтверу је пуштена симулација токова снага за два случаја: када је додатни потрошач искључен и када је укључен. За све потрошаче су усвојени дијаграми потрошње.

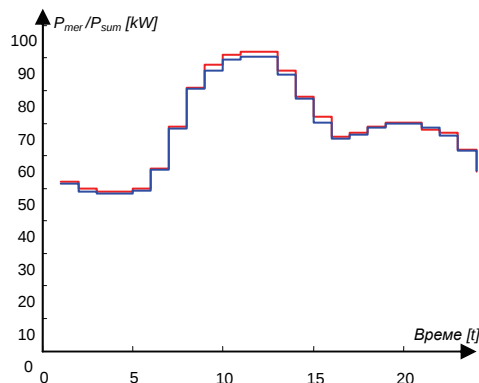


Слика 4. Шема тест мреже

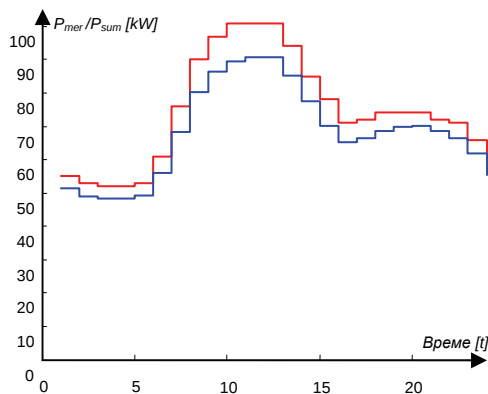
Очитане вредности потрошње су приказане на наредним дијаграмима.

На слици 5. приказан је упоредни приказ измерене потрошње (вредности потрошње очитане на примару трансформатора) и сумарне потрошње (збир очитних вредности потрошње свих потрошача уз уважавање губитака). Са дијаграма видимо да су ове две вредности у нормалном случају (када је искључен додатни потрошач) приближно исте, са малим одступањима.

Укључењем додатног потрошача, чија потрошња није регистрована, доћи ће до значајнијег одступања између потрошње измерене на примару трансформатора и сумарне потрошње, слика 6. На тај начин релативно лако можемо закључити да негде у мрежи имамо нерегистровану потрошњу, односно крађу електричне енергије.



Слика 5. Упоредни приказ P_{mer} (црвени график) и P_{sum} (плави график) за случај када је додатни потрошач искључен



Слика 6. Упоредни приказ P_{mer} (црвени график) и P_{sum} (плави график) за случај када је додатни потрошач укључен

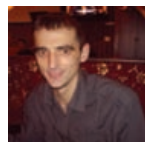
6. ЗАКЉУЧАК

У данашњим либералним тржиштима, дистрибутивна предузећа су суочена са прикупљањем и обрадом података који потичу из више различитих извора, са дистрибуирањем података другим корисницима у интегрисаном систему и проналажењем најбољих веза. Најбоље решење за обављање оваквог проблема је употреба ефикасне апликације за управљање прикупљеним подацима која пружа могућност веома брзе интеграције са новим мерним системима и изворима података. AMI инфраструктура испуњава претходне захтеве, и обезбеђује читав низ предности које за циљ имају повећање квалитета услуга потрошача и смањење сопствених трошкова дистрибутивног предузећа.

7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] H.Lee Willis, Lorrin Philipson: "Understanding Electric Utilities and De-Regulation", Published by Marcel Dekker, 1998.
- [2] Michael Wiebe: "A Guide to Utility Automation: AMR, SCADA and IT Systems for Electronic Power", Published by Penn Well Book, 1999.
- [3] L.Duran, T.Ebrahim "CleanTX Analysis on the Smart Grid", University of Texas at Austin, 2007.

Кратка биографија:



Младен Остојић рођен је у Бијељини 1985. године. Дипломски-мастер рад на Факултету техничких наука из области Електротехника и рачунарство – Електроенергетски системи одбранио је 2009. године.

EXPANDING AN EXISTING DC MOTOR DRIVER WITH A CURRENT CONTROL LOOP

Kalman Babković, Damir Krklješ, László Nagy, Aleksandar Šuletić

University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Novi Sad, Serbia

Abstract: In this paper an improvement of a previously designed small DC motor driver is presented. The drawback of the original design is the lack of the current control loop. Only the current limit has been implemented. The previous design has two nested digital control loops. The inner one for the speed and the outer one for the position control. The output of the digital controller, either for speed or position, produces the PWM signal which in turn directly controls the full bridge that feeds power to the DC motor. Changing the existing hardware as little as possible, an improved version has been developed. This new version includes hardware current control loop and also the possibility to implement a digitally controlled current loop.

Key Words: DC motor, driver, control loop

1. INTRODUCTION

Small, low inductance DC motors have a significant role in robotics and mechatronics. Very small and accurate motions can be achieved using these motors, if high quality drivers and control algorithms are used. In this manner, a small DC motor driver has been developed [1, 2]. Its main advantages are that it is fully digital, controlled by a contemporary 8-bit microcontroller (AVR series), it can be controlled by different digital systems via serial or I2C interfaces. One of its greatest advantages is that it incorporates a fully programmable PID controller. Its parameters can be set using either one of the digital interfaces. Motion commands can also be sent the same way.

Since the DC motors for which the driver has been developed have low inductance, the rotor current can have considerable current ripple. In this situation a cycle-by-cycle current limit effectively protects the motor from over-currents, but the average motor current can be very low, as well as the produced torque. As a result, the motion control gets seriously compromised. This makes the driver practically unusable for applications where high torques and finer motion control are needed. The driver had to be upgraded to include current control loop.

NAPOMENA:

- a) Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio prof. dr Laslo Nad.
- b) Rad je prethodno objavljen na simpozijumu Energetska elektronika, Novi Sad, oktobar 2009.

2. THE FIRST VERSION OF THE DRIVER

The main reason for developing the small DC motor driver was to provide the students participating on the European small autonomous robot competition – Eurobot [1]. Simplicity and low cost were of paramount importance because of the high number of participants from our university who the drivers were developed for. Another important point was that the same driver should easily be adapted to different robotic applications ranging from wheeled locomotion to powering small mechanism inside the autonomous robot. This adaptation is achieved by altering the parameters of the digital PID controller implemented in the firmware of the microcontroller – the heart of this system. The controller can be fine-tuned by user friendly software.

The effectiveness of this driver turned out to be extraordinary, at least for most of the applications in these student projects. But soon emerged the need to use the driver in other scientific projects in the field of robotics, where high demands are put on the driver. Therefore, the idea to expand the driver with current control appeared – not to change the existing driver at all, but expand it with an add-on printed circuit board (PCB).

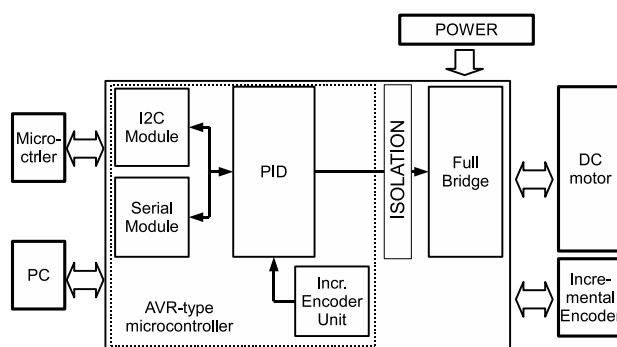


Fig. 1 Structure of the first version of the DC motor driver. The inside area of the dotted rectangle represents the part implemented in AVR microcontroller hardware and software

In Fig. 1, the structure of the first version driver can be seen. It is easy to notice that almost all the functionality is contained within the microcontroller: its hardware capabilities are utilized to communicate with a PC computer via serial asynchronous interface, with another microcontroller via I²C bus. One of the timers

helps obtaining positional and speed data from the DC motor's incremental encoder. A mosfet-implemented full-bridge delivers power to the DC motor itself. The bridge is isolated from the controller part in order to avoid noise propagation and ground level shifting because of the high currents the motor can draw in certain situations.

The most important thing to notice is that the PID affects the pulse width (PWM) delivered to the motor, effectively controlling the voltage between the motor's terminals. No current control is involved in any form, except for the current limitation implemented in the full bridge. This current limitation simply shuts down the bridge for the rest of the PWM cycle, when a preset current level is exceeded, thus preventing the damaging of the bridge components, the PCB connections or the motor itself.

The described driver implements positional and speed control of the motor. The current limitation mentioned above makes practically impossible all applications where the positional controller is required to hold its position under load or low speeds are demanded from the speed controller. Such situations are common in robotic applications, what led us into thinking about a current control upgrade.

3. THE UPGRADED DRIVER

Since the inductance of the DC motors for which the driver was meant to power is very low (in the range of hundreds of μH), current changes rapidly in the rotor windings. To implement current control in pure software in these conditions requires a microcontroller with a very high speed core. Although chips of the required capabilities are available today, we decided not to use them. We decided to keep the existing AVR microcontroller and to implement current control using analog circuits. This way, the already proven existing software needs practically no changing and additional high processing power processor is not needed. This way, the simplicity and low cost of the device remain unchanged.

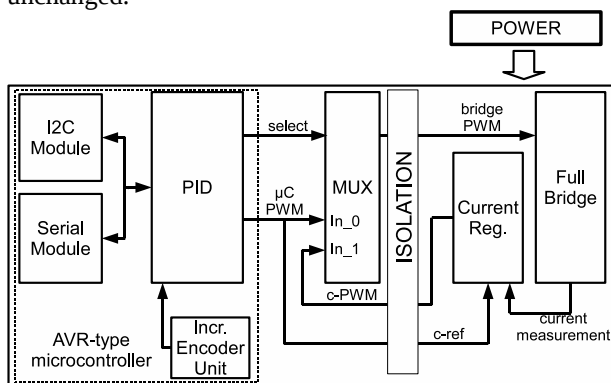


Fig. 2 Structure of the upgraded motor driver. A choice between direct bridge PWM control and current control is provided

In Fig. 2 the structure of the upgraded motor driver is shown. Isolation is preserved, although it complicates the electronic circuit of the system.

An additional multiplexer unit (MUX) is added that enables the microcontroller software to disable or enable

the current control. If the first case (select=0) the microcontroller-generated PWM signal (μC PWM) is directly routed to the bridge and the current control is effectively disabled. The driver can use its previous control algorithm.

However, if the select=1, the PWM signal generated by the current controller (c-PWM) is routed to the bridge. The microcontroller-generated PWM signal (μC PWM) is low-pass filtered (Fig. 4) and it is used by the current controller as a reference signal. Based on the motor current measured at the bridge, the current controller produces its PWM signal (c-PWM).

The current measurement is achieved by using a contemporary integrated circuit (IR2175) which allows the measuring of a floating voltage over a 0.1Ω resistor (R_m) connected in series with the DC motor (Fig. 3). The measured current is converted to a PWM signal (50% duty-cycle for zero current). By low-pass filtering this signal (Fig. 4) the current measurement signal is obtained.

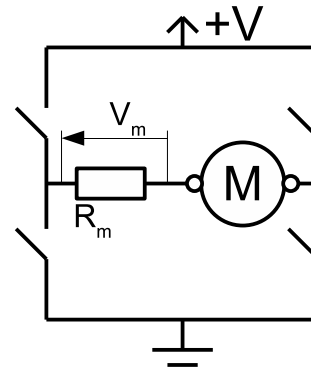


Fig. 3 The motor current is measured using a resistor connected in series with the motor

Current control is implemented by the SG3525 integrated circuit. The circuit is primarily designed as a switching power supply controller, but here it has been used in a non-specific way. The PWM generator works at a fixed frequency while the error amplifier output determines the duty-cycle. Instead of the usual voltage reference, output from the microcontroller is used (low-pass filtered PWM). The abovementioned current measuring circuit provides the feedback. As output, the IC provides another PWM signal that can be routed to the bridge when current control mode is selected by the microcontroller.

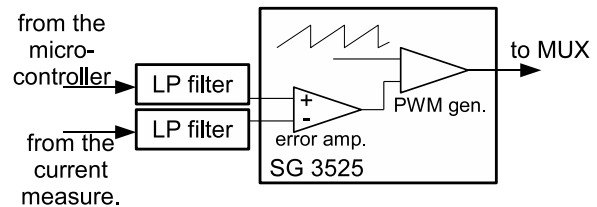


Fig. 4 Details of the current control

4. TEST RESULTS

To investigate the behavior of the designed additional current feedback loop some tests were conducted. The tests considered the closed loop speed control behavior of the system with and without current feedback loop.

During the experiment the PID parameters were the same in both cases. The response of the motor shaft speed with current loop is shown on Fig. 5, while the response with current feedback loop omitted from the speed control loop is shown on Fig. 6.

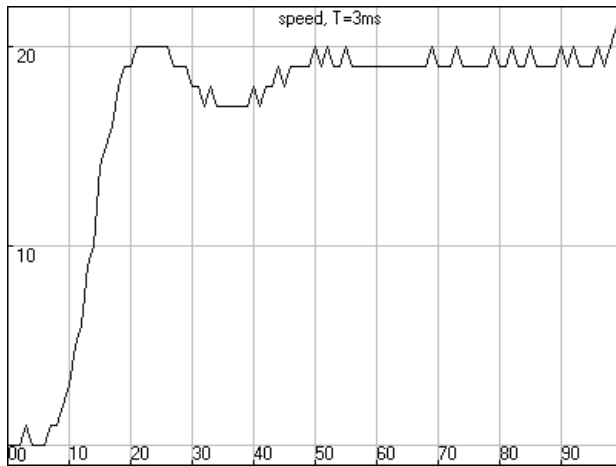


Fig. 5 Motor shaft speed response with current loop

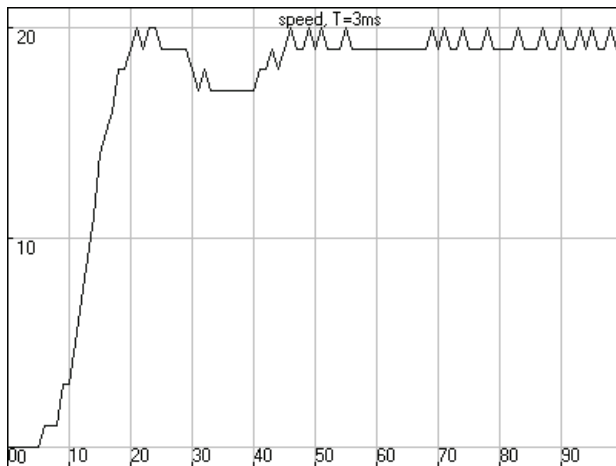


Fig. 6 Motor shaft speed response without current loop

We can see two almost identical responses. In other word additional current loop fits well in the control chain. The benefits of the current loop are not seen from this response but there are at least two. The first one is that now the motor current and therefore motor torque is directly controlled and the current limit circuit acts only for very excessive currents. Additional benefit is an easy implementation of the software current limit by simply limiting the voltage controller output that serves as the input to the current controller.

Additional tests included current sense circuitry. The contemporary current sense integrated circuit IR2175 is used to measure the motor current. The output of this circuit is PWM signal whose duty factor defines measured current. The frequency of the signal is 120 kHz. This signal is filtered and fed to the error amplifier of the analog current controller. To have a nice filtration we must put the filter corner frequency to about 1/10 of the PWM frequency. Therefore the electrical time constant of the motor must also produce the corner frequency lower then defined by the filter. In other case the control will be either unsatisfied or impossible. The

lower signal on Fig. 7 and Fig. 8 is the voltage on the shunt resistor on which the H-bridge current is measured by the current limiting circuit. An additional fine two-port resistor that measures motor current is placed at H-bridge terminals in series to the motor. The voltage across the resistor is measured by the IR2175 and the output is the upper signal on the figures. The Fig. 7 presents the situation when no load is applied and the current is small. In contrast to that situation, the signals with the applied load are shown on Fig. 8.

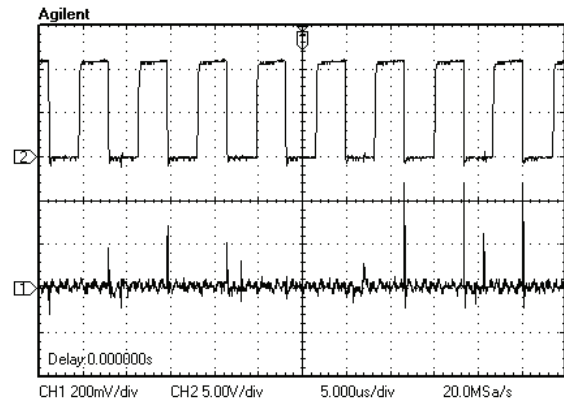


Fig. 7 Voltage of the current sensor and on the current sense resistor with no load

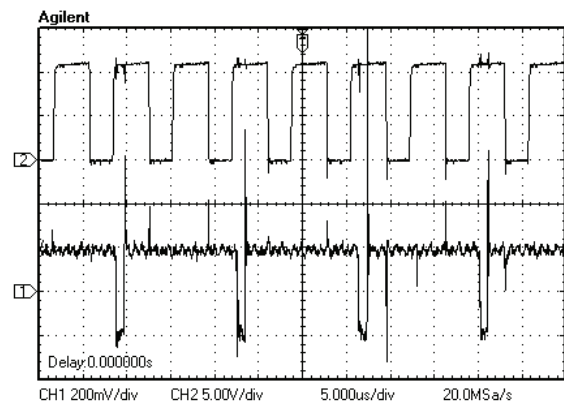


Fig. 8 Voltage of the current sensor and on the current sense resistor with a load

The current sense circuit output signal is then filtered and the results are shown on Fig. 9 and Fig. 10. The upper signal is the sensor output signal and the lower one is filtered signal. Two situations are shown, the first with the positive current and the second with the negative current. Here, as said, there is a trademark between degree of filtration and the transient response to the sudden current change. If the filtration is poor the control will suffer. If the filtration is good the filter may not be appropriately fast to follow the motor current rate of change. This also badly influences the control. This restrictions presents the lower limit to the motor electrical time constant so that the $L/R < 10/(2\pi 120 \cdot 10^3)$. The motor used in this experiment satisfied the restriction and the control was good.

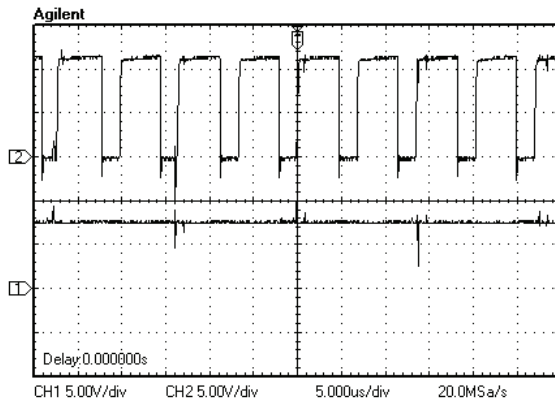


Fig. 9 Voltage of the current sensor before and after filtration with a load and a positive rotation direction

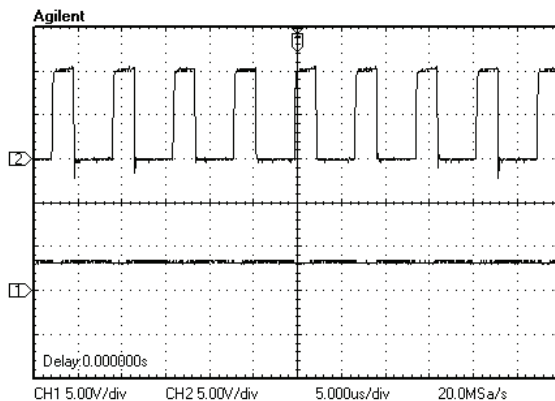


Fig. 10 Voltage of the current sensor before and after filtration with a load and a negative rotation direction

5. CONCLUSION

An updated version of the small DC motor driver is constructed and tested. It proved effective in the whole working range of the motor, especially when high torques and low speeds are required.

ACKNOWLEDGEMENT

The present work was partially supported by the Provincial Secretariat for Science and Technological Development, Autonomous Province of Vojvodina, Republic of Serbia, on project no. 114-451-00742/2009.

6. REFERENCES

- [1] Damir Krklješ, Kalman Babković, László Nagy, Branislav Borovac and Milan Nikolić, *DC Motor Drive for Small Autonomous Robots with Educational and Research Purpose*, Eurobot 2009 Conference, La Ferté Bernard, France, May 21-23
- [2] Damir Krklješ, Laslo Nađ, Kalman Babković, *Parametric DC Motor Drive*, International Symposium on Power Electronics - Ee 2007, Novi Sad, 7th - 9th November, 2007, pp. 1 - 5, ISBN 86-7892-065-3.

OPEN OFFICE CALC PROŠIRENJE ZA PRIKAZIVANJE VREDNOSTI IZ
SINAUT SPECTRUM SCADA-EOPEN OFFICE CALC EXTENSION FOR DISPLAYING VALUES FROM
SINAUT SPECTRUM SCADA

Slobodan Pešić, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu predstavljeno je proširenje za Open Office Calc, koje prikazuje vrednosti za zadate tehnološke adrese SINAUT Spectrum SCADA-e. Opisan je opšti postupak pisanja Open Office proširenja, komunikacija korišćenjem XMPP protokola, čitanje vrednosti iz SCADA-e i konkretna implementacija rešenja.

Abstract – This paper presents Open Office Calc extension, which displays values for specified technological address from SINAUT Spectrum SCADA. The paper describes usual procedure of writing Open Office extensions, communication using XMPP protocol, fetching values from SCADA and concrete solution implementation.

Ključne reči: SINAUT Spectrum SCADA, Open Office Calc Extension, UNO, XMPP, Java

1. UVOD

Zadatak ovog rada je napisati **OpenOffice.org Calc** proširenje, koje bi u tabeli prikazivalo vrednosti merenja, za zadate tehnološke adrese SINAUT Spectrum SCADA-e.

Za implementaciju je korišćen programski jezik **Java**, kako bi se omogućila portabilnost rešenja na različite platforme (**Windows** i **Solaris**).

Pošto je komunikacija sa SCADA-om asinhrona, rešenje je zamišljeno kao razmena poruka dva **chat** klijenta. Za komunikaciju je korišćen XMPP (**Extensible Messaging and Presence Protocol**), prvenstveno jer je XMPP protokol osmišljen za razmenu manjih strukturiranih podataka u realnom vremenu, što u potpunosti odgovara prirodi ovog problema.

Najvažniji deo zadatka je samo **OpenOffice.org Calc** proširenje, u svrhu čije implementacije je bilo potrebno izučiti **OpenOffice.org** API sa aspekta pisanja **Add-On** proširenja i **Calc** aplikacije.

2. OPEN OFFICE API

2.1. UNO koncepti

Osnova **OpenOffice.org** aplikacija je UNO (**Universal Network Object**) čiji je cilj da obezbedi okruženje za mrežne objekte nezavisno od programskog jezika i ograničenja platforme.

UNO postiže ovaj cilj zasnivajući se na sledećim konceptima [1]:

- UNO objekti su specificirani u apstraktnom meta jeziku, nazvanom UNOIDL (**UNO Interface Definition Language**). Iz UNOIDL specifikacije mogu se generisati datoteke i biblioteke koje implementiraju UNO objekte u nekom konkretnom programskom jeziku. UNO objekti u kompajliranoj formi nazivaju se komponente. Te komponente moraju podržavati neke osnovne interfejsse, da bi se mogle koristiti u UNO okruženju.
- Istanciranje komponenti u cilnom okruženju UNO se zasniva na **factory** konceptu. On se naziva servis menadžer (**service manager**). On pristupa bazi podataka registrovanih komponenti identifikovanih imenom i kreira ih po imenu. Ovo je transparentno za programera i on nema potrebe da brine o jeziku u kome je implementirana komponenta. Komunikacija se odvija isključivo preko poziva interfejsa specificiranog u UNOIDL. UNO obezbeđuje vezu (**remote bridge**) između osnovnog procesa i objekata pisanim različitim programskim jezicima.

UNO koristi specijalni **remote** protokol (URP) koji podržava sokete (**sockets**) i cevi (**pipes**) u svrhu komunikacije. Obe strane mosta moraju biti UNO okruženje, čime se omogućava bilo kom UNO izvršnom okruženju da se poveže na drugi UNO proces koji je implementiran u bilo kom od podržanih jezika.

Osnovni UNO elementi su interfejsi i servisi. Pored njih postoje još i prosti tipovi, strukture, konstante, enumeracije, sekvence i izuzeci. Oni se koriste za definisanje interfejsa i servisa, i mapiraju na ekvivalente u nekom konkretnom programskom jeziku. **OpenOffice.org** u svojoj instalaciji sadrži biblioteke kojima omogućava programiranje korišćenjem UNO u programskim jezicima **Java**, **C++** i **Python**.

2.2. Interfejsi

Komunikacija između UNO objekta se bazira na interfejsima objekata. Interfejs se može posmatrati spolja ili iznutra u odnosu na objekat.

Posmatran spolja, interfejs obezbeđuje funkcionalnost ili specijalni aspekt objekta. Interfejs omogućuje pristup objektu, objavljujući skup operacija koje pokrivaju neki od aspekata objekta, skrivajući kako je objekat implementiran. S unutrašnje strane ili iz perspektive onog koji implementira UNO objekat, interfejs je apstraktna specifikacija, koja ustvari predstavlja „ugovor“ između korisnika i programera koji rezultuje interfejs specifikacijom.

Po konvenciji sva interfejs imena počinju sa velikim slovom **X**, kako bi se razlikovali od drugih tipova.

NAPOMENA:

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

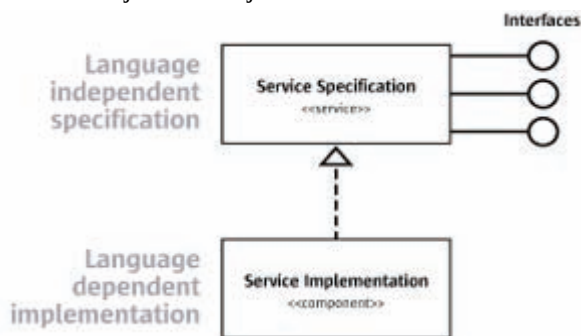
Svi interfejs tipovi moraju naslediti **com.sun.star.uno.XInterface** korenski interfejs bilo direktno, bilo preko drugih interfejsa.

Interfejs omogućuje pristup podacima unutar objekta preko metoda koje enkapsuliraju podatke objekta. Metode imaju listu parametara, vraćaju vrednost i mogu da definišu izuzetke za napredno rukovanje greškama.

2.3. Servisi

Jedan interfejs opisuje samo jedan aspekt objekta. Međutim, uobičajeno je da objekti imaju više od jednog aspekta. UNO koristi višestruko nasleđene interfejse i servise da bi specificirao kompletne objekte sa više aspekata. U prvom koraku se svi različiti aspekti objekta grupišu zajedno u jedan tip interfejsa, koji nasleđuje više interfejsa.

U sledećem koraku treba obezbediti opis servisa. Ovaj opis servisa obezbeđuje mapiranje imena servisa na tip višestruko nasleđenog interfejsa. Servisi vrše uslugu preko poziva metoda grupisanih u interfejse, kao i preko obeležja kojima se takođe rukuje kroz specijalne interfejse. Pošto je pristup funkcionalnosti omogućen samo preko interfejsa sama implementacija je nebitna korisniku koji koristi objekat.



Slika 1. Interfejsi, servis i implementacija

Iz perspektive programera višestruko nasleđeni interfejsi se koriste da definišu funkcionalnost nezavisnu od programskog jezika, i bez davanja informacije o internoj implementaciji objekta. Implementiranje objekata znači da on mora da podrži sve specificirane interfejse i obeležja (Slika 1).

2.4. Servis menadžer i kontekst komponente

UNO uvodi koncept servis menadžera koji se mogu posmatrati kao fabrike za kreiranje servisa. Servis menadžer je glavni deo svake aplikacije, koji instancira servise po njihovom imenu, enumeriše sve implementacije određenog servisa, dodaje i uklanja **factory**-je za određeni servis.

Servis postoji u zavisnosti od konteksta komponente, prisutnog u servis menadžeru koji kreira servis i druge podatke potrebne za korišćenje servisa. **OpenOffice.org** u tom smislu predstavlja servis koji ima sopstveni kontekst i sopstveni servis menadžer kome se može pristupiti iz klijent programa da bi se koristile **office** funkcionalnosti.

Klijentski program inicijalizuje UNO i uzima kontekst komponente iz **OpenOffice.org** procesa. Interno ova inicijalizacija procesa kreira lokalni servis menadžer, uspostavlja konekciju sa **OpenOffice.org** procesom i preuzima **remote** kontekst komponente. Nakon ovog koraka može se koristiti metoda **getServiceManager()** iz

konteksta komponente (**XComponentContext**) da bi se preuzeo **remote** servis menadžer iz **OpenOffice.org** procesa, koji omogućava pristup kompletnoj **office** funkcionalnosti.

3. OPEN OFFICE APLIKACIONO OKRUŽENJE

3.1. Frejm-kontroler-model

FCM (**frame-controller-model**) paradigma deli određeni aspekt sa MVC (**model-view-controller**), ali ima različitu upotrebu i stoga je najbolje pristupiti FCM-u nezavisno od MVC. FCM paradigma u **OpenOffice.org** deli aplikaciju na tri oblasti: objekat dokumenata (**model**), interakciju sa modelom (**controller**) i vezu između kontrolera i prozora (**frame**) [1].

Model sadrži podatke dokumenta i ima metode za menjanje ovih podataka bez korišćenja kontrolera. Tekst, crteži i tabele su pristupačni direktno preko modela.

Kontroler ima znanje o trenutnom pogledu na dokument i manipuliše prezentacijom dokumenta na ekranu, ali ne i podacima dokumenta. On nadgleda promene napravljene u modelu i može biti multipliciran čime dobijamo više kontrolera za isti model.

Frejm sadrži kontroler za jedan model i, zna koji prozor je korišćen za njega, ali nema funkcionalnost prozora.

3.2. Framework API

Ukoliko komponenta treba biti pozivana iz **OpenOffice.org** korisničkog interfejsa, ona mora biti uključena u komunikaciju između UI sloja i objekata aplikacije. **OpenOffice.org** koristi URL komande u ovu svrhu. Kada korisnik odabere stavku iz korisničkog interfejsa, URL komande se prosleđuju aplikaciji i procesiraju u lancu odgovornosti, dok konačni objekat ne prihvati komandu i izvrši je na osnovu URL komande. Ovaj mehanizam se naziva **dispatch framework**. On se može koristiti implementiranjem servisa **com.sun.star.frame.ProtocolHandler** i registrovanjem te implementacije u **OpenOffice.org** konfiguraciju.

4. XMPP PROTOKOL

XMPP je aplikacioni XML prikaz za tokove podataka koji se prenose u približno realnom vremenu, između bilo koja dva ili više mrežnih entiteta. XMPP se tipično koristi za razmenu poruka, deljenje informacija o prisutnosti i u razmeni struktuiranih zahteva i odgovora.

Svrha XMPP je da omogući razmenu relativno malih količina struktuiranih podataka, koji se zovu XML **stanza**, preko mreže između dva ili više entiteta. XMPP je implementiran korišćenjem klijent-server arhitekture. To znači da je klijentu potrebno da se poveže na server da bi dobio pristup mreži i time bio u mogućnosti da razmenjuje XML **stanza**-e sa drugim entitetima koji mogu biti pridruženi drugim serverima. U okviru XMPP jedan server se može povezati na druge servere, čime je omogućena interna komunikacija između servera.

Dva osnovna elementa XMPP protokola su XML tok i XML **stanza** i oni su definisani na sledeći način [2]:

- XML tok je kontejner za razmenu XML elemenata između bilo koja dva entiteta mreže. Početak XML toka je označen jednoznačno otvaranjem zaglavlja toka **<stream>** tagom, dok je kraj XML toka označen

jednoznačno zatvarajućim XML `</stream>` tagom. Tokom života toka, entitet koji je inicirao tok može da pošalje neograničeni broj XML elemenata preko toka.

- XML *stanza* je diskretna semantička jedinica struktuirane informacije koja se šalje od jednog entiteta ka drugom preko XML toka, i osnovna jedinica značenja XMPP protokola. XML *stanza* postoji kao direktan podelement korenskog `<stream/>` elementa. Početak bilo koje XML *stanza*-e je definisan jednoznačno otvarajućim tagom elementa na dubini =1 XML toka, a kraj XML *stanza*-e je označen odgovarajućim zatvarajućim tagom na dubini =1. Za sada jedine definisane XML *stanza*-e su `<message/>`, `<presence/>` i `<iq/>`, elementi kvalifikovani podrazumevanim nejmspejsom (*namespace*) toka.

5- SCADA XMPP klijent

SCADA klijent je implementiran kao jednostavan XMPP *Chat* klijent, po MVC paternu. Zapravo to je *chatbot* klijent, koji simulira XMPP *Chat* klijent automatski šaljući odgovore na poruke koje sadrže *message* XML *stanza* proširenja [2]. Pošto je aplikacija implementirana po MVC paternu, ona se sastoji iz tri dela:

- **Model:** sastoji se iz jednostavne *state* mašine, *chat* modula i modula za rekonekciju, i repozitorijuma vrednosti na koje su se pretplatili klijenti sa kojima komunicira. Model je u velikoj meri automatizovan, tako da korisnik ima uticaj samo nad *state* mašinom.
- **View:** sastoji se iz glavnog *Java* prozora koji menja izgled u zavisnosti od stanja modela i *tray* ikone, ukoliko postoji mogućnost njenog kreiranja u operativnom sistemu. Ikona takođe menja izgled u zavisnosti od stanja modela i služi da se glavni prozor sakrije ili ponovo prikaže.
- **Controller:** Predstavlja kontejner koji sadrži *View* i *Model* nad kojim vrši kontrolu, kao i skup akcija (operacija) koje korisnik može pozvati da bi izvršio promenu stanja modela.

5.1 Čitanje adresa i vrednosti sa SCADA-e

Tehnološke adrese su dekomponovane na hijerarhijsku

strukturu, od 5 nivoa: „*Base 1*“, „*Base 2*“, „*Base 3*“, „*Element*“, „*Info*“. U Javi je svaka komponenta adrese predstavljena klasom *SpecUI.UInim.NimTaPart*. Cela adresa je predstavljena *SpecUI.UInim.NimTa* klasom. Da bi bilo moguće pročitati vrednost sa nje, potrebno je da ima svih 5 elemenata.

Pristupanje ovoj strukturi se obavlja preko sekvence upita, koji liče na standardne *select* SQL upite. Sva komunikacija sa SCADA-om u Javi je asinhrona. To znači da je potrebno implementirati interfejs koji očekuje odgovor i čija instanca se prosleđuje prilikom slanja zahteva. Za selekciju komponenti adresa treba implementirati *SpecUI.UInim.NimQueryClient* interfejs, u čijoj metodi *takeResultSet()* očekuje odgovor od SCADA-e. Upit se formira pomoću klase *SpecUI.UInim.NimQueryRequest*, koja ima metode za dodavanje posebnih komponenti upita, kao što su *select* klauzula ili *where* klauzula. Upit se šalje metodom *execute()* kojoj se prosleđuje implementacija *NimQueryClient* interfejsa.

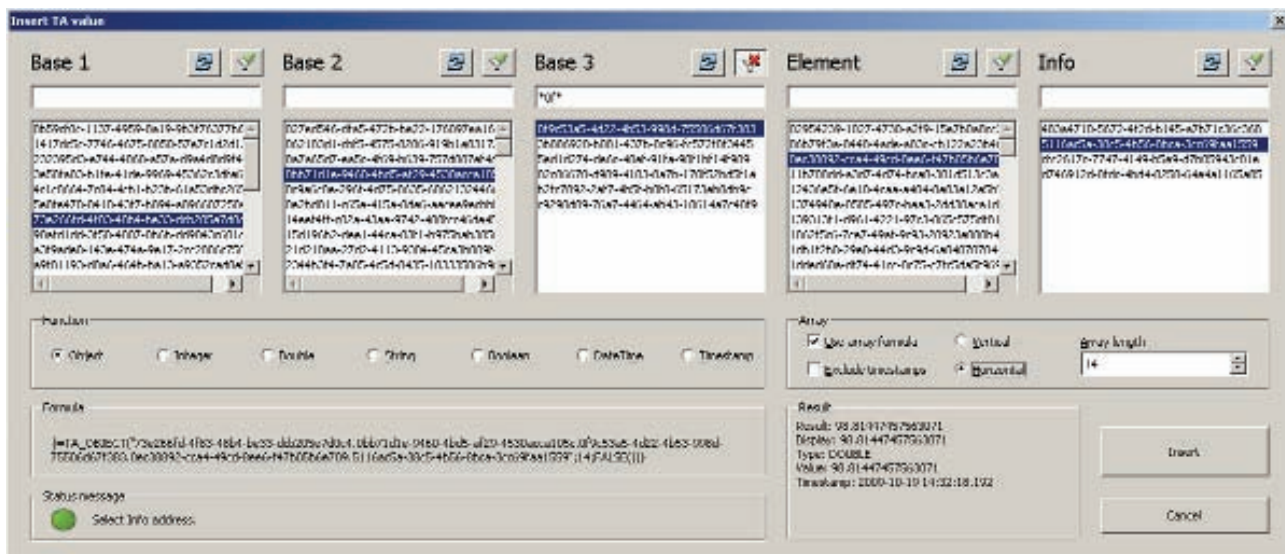
Kada se pribavi kompletna adresa, moguće je pročitati vrednost sa nje. U tu svrhu prvo je potrebno implementirati klasu koja nasleđuje *SpecUI.UIconnect.AbstractUIClientApplication*. Ova klasa služi da se aplikacija registruje u *SpecUI.UIvalue.ValueManager* singletonu, koji čita vrednosti sa SCADA-e. Ova registracija je obavezna. Isto tako, pre zatvaranja, aplikacija bi trebala da se odjavi iz *ValueManager*-a, kako bi se oslobodili zauzeti resursi.

6. IMPLEMENTCIJA CALC PROŠIRENJA

OpenOffice.org proširenje se sastoji iz *add-on* i *add-in* proširenja, kao i od baze (modela), koja su u međusobnoj sprezi tako da su implementirana u jednom zajedničkom projektu.

6.1. OpenOffice.org Calc SCADA Add-On

Centralna klasa *add-on* proširenja je *ScadaExtension AddOn*, koja implementira *com.sun.star.frame.ProtocolHandler* UNO servis. Implementacija *add-on* proširenja podržava 4 komande: „*Login*“, „*Logout*“, „*Select*“ i „*Insert*“. Svaka od njih kreira dijalog sa određenom funkcijom, i na osnovu interakcije sa



Slika 2. Dijalog za dodavanje formula

korisnikom menja model proširenja ili model **OpenOffice.org Calc** dokumenta.

Addons.xcu sadrži opis **add-on** proširenja, odnosno kako se ono prikazuje u korisničkom okruženju **OpenOffice.org Calc** aplikacije. Preko ovog konfiguracionog fajla u **OpenOffice.org Calc** dodat je novi toolbar i nova stavaka glavnog menija, sa imenom SCADA.

Add-On dodaje 4 dijaloga u **Calc** aplikaciju:

- **Login** dijalog služi da se korisnik poveže na XMPP server. Dijalog ima polja za unos imena ili adrese servera, porta preko koga se povezuje, korisničkog imena i šifre i **check box**-ove za korišćenje SASL autentifikacije i čuvanje šifre.
- **Logout** dijalog je najjednostavniji dijalog projekta i samo zahteva potvrdu korisnika za prekid veze sa XMPP serverom.
- Dijalog za izbor SCADA-e, sadrži listu kontakata koji predstavljaju SCADA klijente, uz mogućnost da se dodaju novi i uklanjaju postojeći. Svrha dijaloga je da se izabere SCADA sa kojom će **Calc** proširenje komunicirati. Za sada je u jednom trenutku moguća samo jedna **chat** sesija.
- Dijalog za dodavanje formula (Slika 2) je najkompleksniji dijalog projekta i služi za dodavanje novih funkcija, definisanim u **add-in** proširenju. Najvažnija uloga dijaloga je sastavi adresu iz pojedinačnih komponenti: **Base 1**, **Base 2**, **Base 3**, **Element** i **Info**. Pored sastavljanja adrese, korisnik u ovom dijalogu bira funkciju koju će postaviti u trenutno selektovane ćelije **spreadsheet** tabele, i druga dva parametra funkcije, dužinu niza i orijentaciju rezultata niza.

6.2. OpenOffice.org Calc SCADA Add-In

SCADA **add-in** dodaje novi UNO interfejs u **OpenOffice.org** i UNO servis u **Calc** kontekst, koji su definisani u **XScadaExtension.idl** i **ScadaExtension.idl**, respektivno. Implementacija novog servisa se nalazi u klasi **ScadaExtensionImpl**, koja je i osnovana klasa SCADA **add-in** dela projekta.

Kod implementacije **add-in** funkcija, potrebno je voditi računa da svaki poziv funkcije mora da vrati isti objekat, odnosno istu instancu, za poziv funkcije sa istim argumentima. Ovde je to omogućeno tako što se svi rezultati mogu jednoznačno identifikovati (imaju metodu koja vraća identifikator) i što se čuvaju u zajedničkom kontejneru u kome se mogu pronaći na osnovu podataka prosleđenim u parametrima funkcije. Ukoliko funkcija pronađe rezultat u kontejneru, vraća njegovu instancu, a ukoliko ne pronađe kreira novi, dodaje ga u kontejner i vraća.

Za implementaciju **add-in** proširenja bitna je i klasa **TAVolatileResult**, koja predstavlja i vezu između SCADA **add-in** funkcija i osnovnog modela proširenja. Ova klasa implementira **com.sun.star.sheet.XVolatileResult** interfejs [1] i za sada predstavlja jedini tip rezultata koje vraćaju SCADA **add-in** funkcije. Stvarna vrednost može biti **any** ili **any[]**, u zavisnosti od atributa konkretnog objekta. Ova vrednost se kreira kada se promeni vrednost u repozitorijumu na koji se odnosi objekat rezultata. U svrhu slušanja ove promene, **TAVolatileResult** klasa implementira interni

interfejs **TAValueChangeListener**. Rezultat se formira u pomoćnoj metodi **getResult()**, kojoj se kao argument prosleđuje kontejner u kome se dogodila promena, iz koga se čitaju vrednosti. Nakon toga se o tome obavesti **com.sun.star.sheet.XResultListener**, što rezultuje osvežavanjem prikaza u **Calc** tabeli.

6.3. Model proširenja

Model se može podeliti na dve celine, **chat** klijent i repozitorijum vrednosti i adresa. Zapravo ceo model leži na 4 singleton klase i komunikaciji između njih:

- **MainClient** je XMPP klijent, preko koga se povezuje na XMPP server i razmenjuju XML poruke.
- **StateMachine** je automat sa četiri stanja koja predstavljaju status modela.
- **AddressCache** je repozitorijum korišćenih adresa.
- **TAValueRepository** je repozitorijum vrednosti korišćenih adresa.

Interakcija sa korisnikom, koja se obavlja u prva tri dijaloga: **login**, **logout** i dijalog za izbor SCADA-e, se reflektuje na **chat** klijent, odnosno **MainClient** i **StateMachine**. Interakcija sa korisnikom, u dijalogu za dodavanje formula, se reflektuje samo na repozitorijume vrednosti i adresa, odnosno na **AddressCache** i **TAValueRepository**. **Add-in** funkcije su povezane sa modelom samo preko repozitorijuma vrednosti, tako da je sam model **spreadsheet** dokumenta direktno povezan sa proširenjem samo preko **TAValueRepository** singletona. Međutim, sva četiri singletona komuniciraju međusobno, tako da nemoguće striktno razdvojiti komponente modela.

7. ZAKLJUČAK

OpenOffice.org pruža velike mogućnosti za proširenja radi dodavanja novih svojstava. Na primer, mogu se dodati novi dijagrami, koji bi osvežavali prikaz, ili dijalog za selekciju SCADA elemenata sa geografske mape. Komunikacija preko XMPP protokola se isto može proširiti novim porukama. Moguće je implementirati klijente, nezavisno od **OpenOffice.org**, koji bi komunicirali sa SCADA XMPP klijentom, i prikazivali promene vrednosti sa SCADA-e.

U radu su iskorišćene ove mogućnosti radi tabelarnog prikaza vrednosti merenja, za zadate tehnološke adrese SINAUT **Spectrum** SCADA-e

8. LITERATURA

- [1] OpenOffice.org Developer's Guide, http://wiki.services.openoffice.org/wiki/Documentation/DevGuide/OpenOffice.org_Developers_Guide
- [2] XMPP: Core - Jabber Software Foundation, <http://www.ietf.org/rfc/rfc3920.txt>
- [3] Power System Control SCADA and Energy Management System SINAUT Spectrum

Kratka biografija:



Slobodan Pešić rođen je u Somboru 1984. godine. U Odžacima je završio osnovnu i srednju školu. Fakultet tehničkih nauka upisao je 2003/04, Odsek računarstvo i automatiku, smer Računarske nauke i informatika.

VIDEO STRIMING

VIDEO STREAMING

Vladimir Džanga, Željens Trpovski, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – Video striming kao servis omogućava korisnicima Interneta da preko svog računara prate sadržaj koji se uživo emituje sa udaljene lokacije „live streaming“ ili da prate unapred pripremljeni program kao „video on demand“. Program se može emitovati u više nivoa kvaliteta da bi se omogućilo praćenje programa korisnicima sa različitim brzinama Internet konekcija. S obzirom na povećanje brzine Internet pristupa broadband korisnika u Srbiji, striming projekti se realizuju sa sve većim i većim kvalitetom slike i zvuka. Realizuje se sve više i više projekata i multimedijalni sadržaj postaje dominantan sadržaj na Internetu.

Abstract – Video streaming as a service allows Internet users to monitor content that is broadcast live from a remote location "live streaming" or follow pre-arranged program as video on demand. " The program may be broadcast in various levels of quality to enable tracking of users with different Internet connection speeds. Given the increasing access speed to broadband Internet users in Serbia, streaming projects are implemented with good picture and sound quality. More projects are on air and multimedia content becomes the dominant content on the Internet.

Ključne reči: streaming, video on demand (vod), live streaming

1. UVOD

Brz razvoj Interneta, kao i dramatično povećanje video sadržaja u ukupnom udelu sadržaja na Internetu, dovelo je do razvoja različitih video striming (engl. *streaming*) servisa (direktni prenosi na Internetu, video on demand, E-learning i sl.).

Striming kao servis nije nov u Srbiji (prvi prenos je realizovan u jesen 2006), ali se tek sada sve češće različita dešavanja prenose uživo putem striming servisa.

2. OPIS SISTEMA ZA STREAMING

U samoj realizaciji streaming-a postoji više elemenata koji se nadovezuju jedan na drugi.

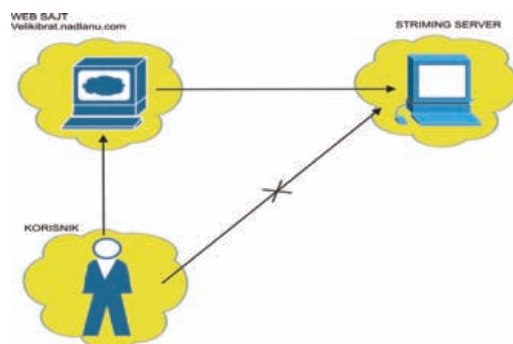
Prvo, potrebno je da postoji izvor sadržaja. To može biti kamera ili mikseta koja obezbeđuje analogni signal. Takav signal se zatim dovodi do encoding servera, odnosno kartice za obradu video signala u realnom vremenu. U našem slučaju koriste se Osprey 230 i Osprey 530 kartice (kasnije objašnjene) za obradu video signala. Signal se enkoduje pomoću Windows Media Encoder softvera.

NAPOMENA:

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

U njemu se podešavaju kvalitet videa (broj piksela po x osi, broj piksela po y osi, broj frame-ova u sekundi, bandwidth...), kvalitet zvuka (mono ili stereo, bandwidth...) - da pomenemo samo najvažnije attribute, od kojih najviše zavisi kakav će korisnik imati utisak o kvalitetu samog stream-a.

Na slici 1. predstavljena je komunikacija korisnika sa streaming serverom pri čemu korisnik nema posredan kontakt sa serverom, već to čini preko sajta.



Slika 1. Dozvoljena komunikacija korisnika sa streaming serverom

Na streaming serverima se u okviru Windows Media Services-a formiraju tzv. publishing point-i odnosno logički elementi koji se povezuju sa odgovarajućim portom na encoding serveru po kome se „vidi“ određeni „kanal“ odnosno sadržaj. Serveri na kojima se nalaze publishing point-i, učlanjuju se u NLB (network load balancing) koji funkcioniše tako što se dodeljuje jedna IP adresa po kojoj se može prići sadržaju koji „emituje“ taj publishing point.

Komunikacija streaming servera sa encoding serverom može biti „push“ ili „pull“. „Push“ znači da encoding server uspostavlja vezu sa streaming serverom i gura mu signal čak i ako nema korisnika. „Pull“ znači da striming server uspostavlja komunikaciju sa encoding serverom kad se pojavi prvi korisnik koji traži željeni sadržaj. U našem slučaju smo se odlučili da koristimo „pull“ varijantu arhitekture komunikacije servera s obzirom da svaki publishing point uspostavlja sopstvenu konekciju sa encoding serverom [1]. Sami publishing point-i podešeni su tako da ukoliko nema dolaznih konekcija budu „oboreni“, a da se „podignu“ čim prvi korisnik zatraži striming. Na njima se, takođe, ograničava broj istovremenih korisnika koji mogu pristupiti preko istog noda u NLB-u. Korisnici uspostavljaju konekciju sa striming serverima preko web stranice i linka koji ukazuje na NLB adresu koja je dodeljena određenom publishing point-u i njegov naziv.

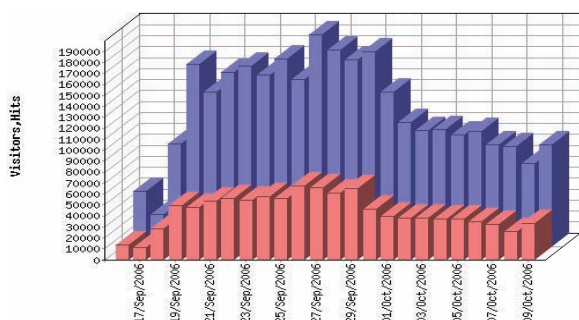
Postoje dve mogućnosti u pristupu korisnika: u prvom slučaju, korisnik može pristupiti direktno publishing point-u dok je u drugom slučaju to sprečeno i korisnik

može sadržaju pristupiti samo preko nekog sajta kome se dodele takva prava.

Drugi slučaj je realizovan korišćenjem *plug-in-a* za *Windows Media Services* koji je razvijen u saradnji sa *Microsoft-om* za potrebe striming -a prve sezone Velikog Brata. Sam *plug-in* uvodi promenljivi URL pomoću koga se pristupa sadržaju, a za čije se pravilno izračunavanje mora prići preko određenog sajta.

Live streaming predstavlja direktan prenos koji traje kontinuirano ili duži vremenski period sa promenljivim brojem gledalaca u zavisnosti od vremena. Primer ovog tipa je prenos Velikog brata 2006 i VIP Veliki brat 2007., 2008 i 2009 godine kao i prenos Operacije Trijumf 2008. Specifičnost ovog tipa jeste dugotrajnost prenosa sa velikim pikovima i padovima u broju gledalaca tako da je potrebno pažljivo pratiti i prilagođavati broj dozvoljenih konekcija na različitim *publishing point*-ima tako da svi (ili makar većina) zainteresovani gledaoci mogu pristupiti *stream-u*, a da se ne ugrozi dodeljena količina propusnog opsega za taj projekat.

U ovom slučaju najveći broj gledalaca je bio u vremenskom intervalu od 20 do 24 časa uz apsolutni minimum gledanosti u 4 časa ujutro i relativni u popodnevnom časovima (slika 2). Naravno i sama dešavanja unutar kuće su imala svoj veoma izražen uticaj na Internet gledanost.



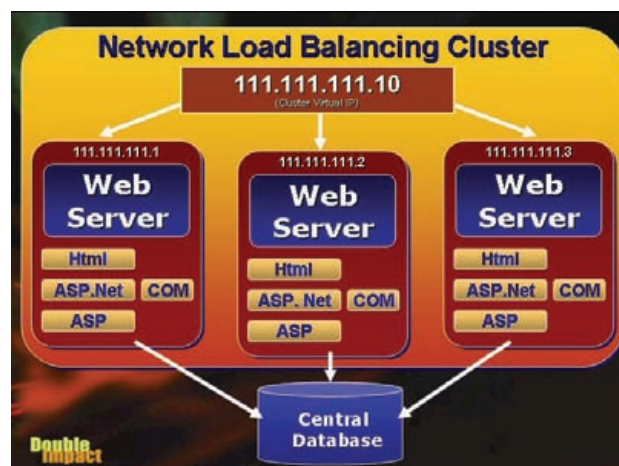
Slika 2. Gledanost prvog ciklusa Velikog brata po danima (prvih mesec dana), gde je plavom bojom predstavljen broj konekcija u večernjim satima i to od 20-24h, a crvenom bojom broj konekcija u ostalom delu dana i noći

3. NLB –NETWORK LOAD BALANCING

Kada određeni server nije u stanju da isprati internet saobraćaj tj. kada dolazi do opterećenja servera usled velikog broja konekcija od strane korisnika, koristi se farma servera koja se bazira na većem broju servera koji se ponašaju kao jedan.

NLB predstavlja softver koji omogućava preraspodelu resursa kao i njeno rasterećenje. Osnovna prednost NLB-a ogleda se u sposobnosti da usled preopterećenja jednog servera ne dolazi do prestanka streaming-a. Farma servera u NLB-u ima identično konfigurisane servere, pa tako otkaz jednog servera neće prouzrokovati gotovo nikakve posledice. Ostali serveri u pool-u će nesmetano procesirati zahteve korisnika. Svaki server u load balancing cluster-u konfigurisan je sa virtuelnom ip adresom. Ova ip adresa je konfigurisana na svim serverima u farmi koji učestvuju tj. koji su uneti (load-ovani) u klaster. Kada se napravi zahtev za tu IP adresu, mrežni drajver na svakoj od mašina (servera), presreće zahtev za IP adresu i rutira zahtev na neku od mašina u NLB-u baziranih na

pravilima po prioritetima koji su konfigurisani na svakoj mašini u klasteru Na slici 3 predstavljen je prikaz NLB-a.



Slika 3. Grafički prikaz NLB-a

Farma servera je redundantni klaster za više servera koji rade sa jednom IP adresom. Svaka mašina ima svoju kopiju svega što je potrebno za rad na aplikacijama (u našem slučaju to su publishing point-i u aplikaciji windows media services). Svaki server u klasteru je autonoman što znači da može da funkcioniše nezavisno od ostalih servera u klasteru.

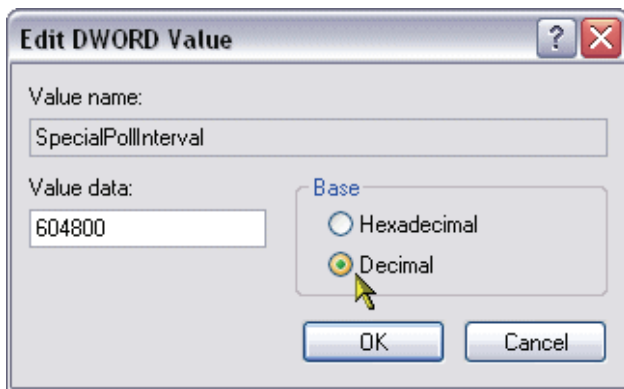
Ključ redundantnosti ogleda se u tome da ako neka mašina „padne“, NLB će rebalansirati dolazeće zahteve na servere koji su i dalje u funkciji: serveri imaju mogućnost da međusobno komuniciraju i razmenjuju informacije o opterećenju procesora i mreže i izvršiti osnovnu proveru da li je neki server van funkcije.

4. PODEŠAVANJE VREMENSKE SINHRONIZACIJE

Pored NLB-a kao bitnog faktora za funkcionisanje usluge streaming-a, druga činjenica koju ne smemo zanemariti jeste vremenska sinhronizacija servera koji vrše streaming i web sajta na kome su postavljeni linkovi za streaming. Windows operativni sistemi imaju sposobnost da automatski sinhronizuje vreme na našem sistemu sa vremenskim sistemom na internetu [1].

Posmatraćemo vremensko ažuriranje na npr. 7 dana. U praktičnom slučaju, korišćena je vremenska sinhronizacija na 1 h zbog korišćenja zaštitnog plug-ina. Ovde ćemo objasniti slučaj sinhronizacije od 7 dana. Podešavanje vremenskog intervala se obavlja u registry editor-u. Procedura je sledeća:

- 1) pokrenemo registry editor
- 2) dolazimo do putanje:
**HKEY_LOCAL_MACHINE \ SYSTEM \ CurrentControlSet \ Services \ W32Time \ TimeProviders \ NtpClient **
- 3) dvostruki klik na vrednost **Special Poll Interval** i promenimo vrednost **value data** na **decimal**
- 4) zatim promenimo vrednost **value data** na vremenski interval koji želimo (za jedan dan vrednost u sekundama je 86400 sekundi, dok će vrednost za 7 dana biti 604800 sekundi), slika 4.
- 5) Zatvorimo registry editor.



Slika 4. Određivanje vremena sinhronizacije

Vremenska sinhronizacija je posebno važna u slučaju striminga. Vrlo je važno da vremenska sinhronizacija tj. vreme na striming serverima odgovara web serverima na kojima se hostuju linkovi za striming. U slučaju da je vremenska sinhronizacija razdešena za više od 2 minuta, striming na sajtovima se prekida, iako striming radi neprekidno na serverima.

5. VIDEO KARTICE ZA STREAMING

Vrlo često, striming signala se obavlja preko različitih video kartica i pomenute video kartice prenose analogne signale.

Video kartice se preko break out kablova povezuju na SCOPUS koji u stvari predstavlja AD tj. DA konvertor. Ponekad je potrebno koristiti i INVERZNI MULTIPLESER koji ima ulogu da podeli signal npr. ako dobijamo signal od 4mb/s, mi taj signal delimo na po 2mb/s. Obratimo posebnu pažnju na karticu koja se pokazala kao izuzetna u praksi i to je Osprey kartica, pri čemu će biti predstavljena dva modela: 230 (starije generacije) i 530 (novije generacije), slika 5.



Slika 5. Osprey 530 video kartica

Razlika između 530 i 230 kartice jeste u tome da 230 emituje isključivo analogni signal, dok 530 vrši prenos analognog i digitalnog signala. Kao i 230, kartica 530 koristi sledeće streaming aplikacije: windows media encoder, adobe premier pro, flash, real producer... Osprey kartice 230 i 530 kompatibilne su sa Windows OS i to Windows XP, Windows Server 2003 i Windows Vista.

6. KREIRANJE VOD-A (VIDEO ON DEMAND) - EMISIJA NA ZAHTEV

U praktičnom primeru prikazuje se kako se obrađuje emisija na zahtev (video on demand). U pitanju je emisija koja se radi za televiziju RTV. Prvo se ulogujemo na FTP

server preko **Remote Desktop Connection**-a na koji se dostavlja emisija [2,3,4].

Prethodno dobijamo mail iz RTV-a sa detaljnim informacijama o publishing point-u koga kreiramo. Informacije o emisiji izgledaju ovako:

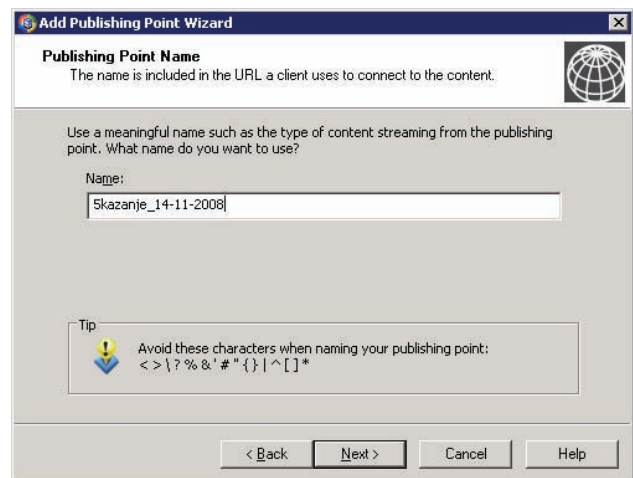
5kazanje 14.11.2008. –postavljen na server 15.11.2008.
path: video\5kazanje\2008\11\5kazanje 14-11-2008.wmv
pub. point: **5kazanje_14-11-2008**

Pokrećemo program **Windows Media Services**, desni klik na **Publishing Points** i odaberemo **Add Publishing Point** (Wizard) slika 6.



Slika 6. Pravljenje publishing point-a

Zatim kliknemo na **next** i upišemo naziv publishing pointa u našem slučaju : **5kazanje_14-11-2008** (slika 7).

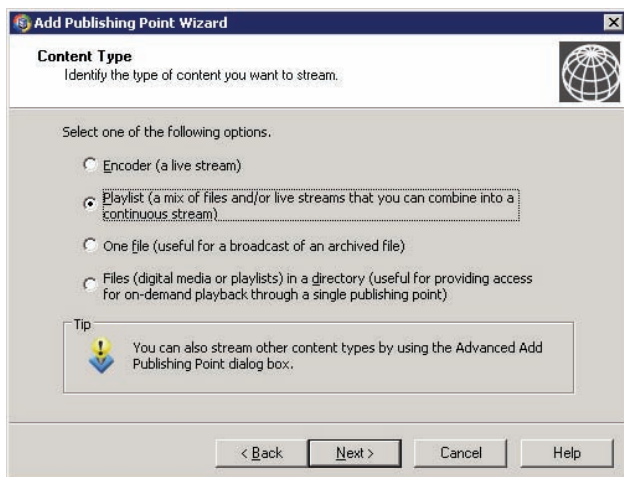


Slika 7. Unos imena publishing point-a

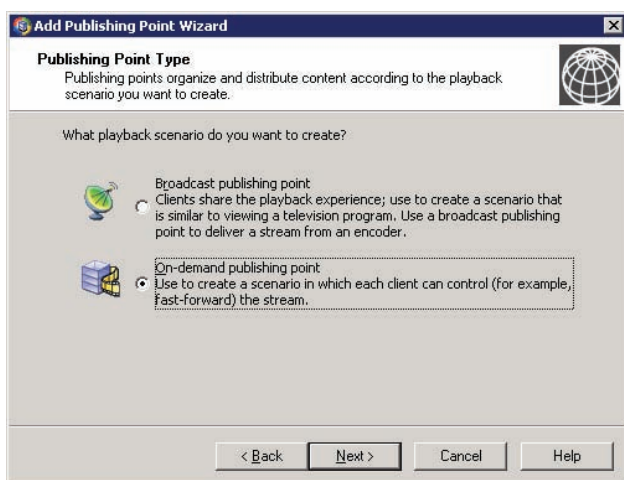
Zatim odaberemo drugu opciju **Playlist** (slika 8).

Kliknemo na **next** i odaberemo opciju **On-demand publishing point**, slika 9.

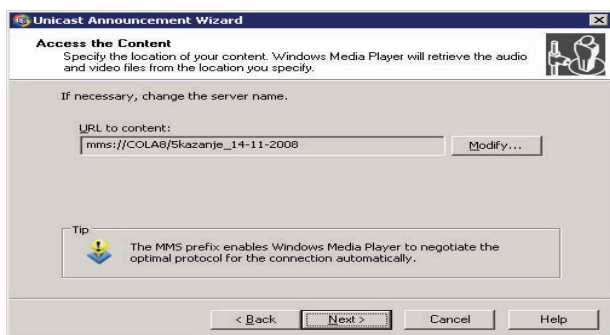
Kliknemo na **next**, odaberemo **New Playlist** i kliknemo na **next** i kliknemo na opciju **Add Media**. U Browse-u nađemo putanju emisije, kliknemo na ok, pa na **next** i ponovo na **next** pri čemu kreiramo potrebnu playlist-u. Sledeći prozor ima dve opcije **Loop** (sadržaj se pušta kontinuirano) i **Shuffle** (sadržaj se pušta neodređeno), obično se odabere **Loop**. Kliknemo na **next** i čekiramo opciju za logovanje korisnika. Ova opcija je ključna zbog logova koji se šalju korisniku zbog evidencije saobraćaja. Kliknemo na **next**, zatim **finish** i dolazimo do kreiranja **mms** linka koji omogućava postavljanje streaming sadržaja na web stranicu, slika 10.



Slika 8. Odabiranje emisije iz liste



Slika 9. On demand publishing point

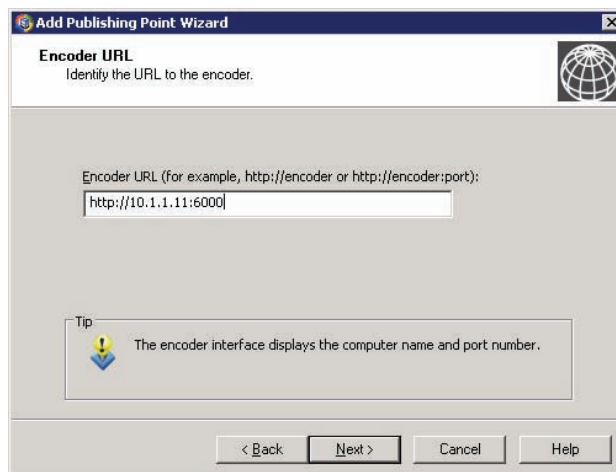


Slika 10. Pravljenje mms linka

Kliknemo 2 puta na **next** i na kraju **finish**. Na kraju se pojavljuje prozor kojim testiramo da li u našem slučaju Windows Media Player učitava kreirani publishing point.

6. KREIRANJE UŽIVO STREAMINGA (LIVE STREAMING)

Kreiranje live streaminga obavlja se na sličan način, pri čemu je jedina razlika u konfigurisanju enkodera po određenoj IP adresi i po određenom portu, slika.11.



Slika 11. Upis url enkodera po određenom portu

7. ZAKLJUČAK

Streaming predstavlja budućnost u načinu komunikacije, s obzirom da ne postoje vremenske ni prostorne ni infrastrukturne granice. Usluga *streaming*-a omogućuje brojnim korisnicima Interneta iz celog sveta da prisustvuju događajima koji se dešavaju u drugim gradovima, zemljama ili kontinentima. Na ovaj način ljudi u celom svetu mogu „prisustvovati“ dešavanjima koja, ma kako mala bila globalna, njima mogu značiti veoma mnogo. Korisnici se mogu predstaviti daleko većem gledalištu i promovirati svoje usluge i proizvode.

Usluga *streaming*-a predstavlja kompleksni i zahtevni servis koji pruža izuzetne mogućnosti u oblasti marketinga i prezentacija i vrlo brzo će predstavljati obavezu za firme i pojedince koje žele da se predstavu u pravom svetlu. Nadamo se da ćemo i u budućnosti razvijanjem ovog servisa pokušati i uspeti da zakoračimo korak dalje u inovativnosti i uvođenju novih internet i multimedijalnih servisa.

8. LITERATURA

- [1] www.microsoft.com
- [2] www.sk.rs
- [3] <http://service.real.com>
- [4] www.vmware.com

Kratka biografija:



Vladimir Džanga rođen je u Beogradu 1978. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – odbranio je 2010.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.

PROJEKTOVANJE NAMENSKIH PROCESORSKIH SISTEMA I RAZLIČITI NAČINI KONFIGURISANJA FPGA**DESIGNING EMBEDDED SYSTEMS AND DIFFERENT WAYS TO CONFIGURE FPGAs**Vladimir Zdravković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U ovom radu prikazani su različiti načini konfigurisanja programabilnih sekvencijalnih matrica (FPGA) na primeru Xilinx Spartan 3A familije koristeći razvojni sistem Spartan-3A Starter Kit. Dat je i kratak prikaz metodologije projektovanja namenskih procesorskih sistema u programskom paketu Xilinx EDK.

Abstract – Different FPGAs configuration methodologies are presented in this paper using Xilinx Spartan 3A Starter Kit. Embedded system design methodology in Xilinx EDK is illustrated.

Ključne reči: Xilinx, FPGA, , konfigurisanje FPGA

1. UVOD

Programabilne sekvencijalne mreže FPGA (*Field Programmable Gate Array*) uređaji su poluprovodnički uređaji koji se konfigurišu od strane korisnika. Specifičnost FPGA je u tome što su programabilni, tj. mogu se ponovo programirati u cilju izmene njihove funkcije ili dodavanja novih funkcija, što predstavlja značajnu prednost u odnosu na namenska integrisana kola ASIC (*Application Specific Integrated Circuit*). Jedan od vodećih proizvođača FPGA uređaja danas je kompanija Xilinx.

Zadatak ovog rada je proučavanje Xilinx Spartan-3A FPGA uređaja i razvojnog sistema Spartan-3A Starter Kit, i na osnovu toga projektovanje jednostavnih procesorskih sistema u cilju sagledavanja osnovnih mogućnosti ovog razvojnog sistema. Urađeno je nekoliko primera koji imaju za cilj da prikažu različite načine konfigurisanja Spartan-3A FPGA uređaja.

Rad je podeljen na tri oblasti:

- Prikaz Spartan-3A familije FPGA kompanije Xilinx
- Opis razvojnog sistema Spartan-3A Starter Kit
- Primeri projektovanja procesorskih sistema u softverskom paketu Xilinx EDK; Prikaz različitih načina konfigurisanja FPGA

2. SPARTAN-3A FAMILIJA FPGA UREĐAJA

Uređaji Spartan-3A trenutno predstavlja klasu FPGA uređaja koji imaju najbolji odnos cena-kvalitet na tržištu, ne zaostajući po funkcionalnosti od drugih FPGA. Ova familija FPGA se odlikuje kapacitetom od 50.000 pa do 1.500.000 logičkih kapija [1].

NAPOMENA:

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

Spartan-3A familiju čine tri platforme (podfamilije): Spartan-3A, Spartan-3AN (odlikuje se velikom dodatnom memorijom) i Spartan-3A DSP (veliki broj logičkih kapija, služi za digitalnu obradu signala).

2.1. Arhitektura Spartan-3A FPGA

Arhitekturu Spartan-3A FPGA familije čine pet osnovnih programabilnih funkcionalnih elemenata:

- Konfigurabilni logički blokovi (CLB) su osnovni logički blokovi za Xilinx FPGA - obezbeđuju kombinacionu logiku i memorijske elemente.
- Ulazno / Izlazni blokovi (IOB) obezbeđuju interfejs između spoljašnjih pinova i unutrašnje logike.
- Blok RAM (BRAM – Block RAM) moduli se sastoje od 18Kbitnih dual-port RAM blokova koji se mogu kaskadno povezivati radi formiranja većih memorijskih blokova.
- Množački blokovi – primaju dva 18-bitna broja kao ulaze i računaju proizvod.
- Digital Clock Manager (DCM) blokovi omogućuju izuzetno fleksibilno i pouzdano upravljanje taktom.

2.2. Konfigurisanje Spartan-3A FPGA

Spartan-3A FPGA se konfigurišu tako što se konfiguracioni fajl učitava u internu konfiguracionu memoriju. Konfiguracioni fajl može da se čuva u jednoj od PROM memorija ili bilo kojoj drugoj memoriji. Nakon uključenja ploče konfiguracioni podaci se upisuju u FPGA na jedan od šest mogućih načina.

2.2.1. Vodeći Serijski režim (Master Serial mod)

Koristi serijski sprežni sistem na XCFxxS serijskim PROM memorijama kao i opcije za serijski interfejs na serijsko/paralelnim XCFxxP PROM memorijama. Pogodnosti kod ovog načina konfigurisanja su: jednostavan interfejs, najmanji broj pinova na FPGA se koristi tokom konfiguracije, najveći propusni opseg između FPGA i serijskog PROM-a, što obezbeđuje najbrže vreme konfiguracije FPGA, PROM se taktuje CLK signalom koji obezbeđuje oscilator integrisan u FPGA.

Pri uključenju ploče, FPGA se sam konfiguriše iz konfiguracionog fajla koji se nalazi na serijskom PROMu.

2.2.2. Vodeći SPI režim rada (Master Serial Peripheral Interface (SPI) mod)

Ovaj režim rada se koristi za aplikacije koje imaju sledeće osobine: SPI Flash PROM se već koristi u sistemu, FPGA aplikacija treba da sačuva podatke na neku stalnu memoriju, za aplikacije u sistemima koje neće biti korišćene duže od nekoliko godina.

FPGA se konfiguriše iz SPI serijskog Flash PROM-a. PROM se snabdeva takt signalom CCLK iz FPGA.

2.2.3. Režim Perifernog spreznog sistema na nivou Bajta (*Byte Peripheral Interface (BPI) mod*)

Dostupan je kod familija Spartan-3A/3AN/3A DSP i Spartan-3E. U ovom modu FPGA se konfiguriše iz standardnog paralelnog NOR Flash PROM-a.

2.2.4. Prateći serijski režim rada (*Slave Serial mod*)

Mikroprocesor ili mikrokontroler serijski upisuje konfiguracione podatke u FPGA preko sinhronog serijskog interfejsa. Takt signal CCLK se eksterno generiše i dovodi u FPGA.

2.2.5. Prateći paralelni režim rada (*Slave Parallel mod*)

Konfigurisanje iz nekog eksternog mikrokontrolera ili mikroprocesora. U ovom slučaju se šalju konfiguracioni podaci na nivou bajta (8 bitova odjednom) klasičnim perifernim interfejsom. Takt signal je generisan eksterno, i doveden na FPGA.

2.2.6. Režim rada korićenjem JTAG spreznog sistema (*Boundary Scan (JTAG) mod*)

Ovaj režim je uvek aktivan. Na ploči postoji JTAG port preko koga se FPGA može uvek konfigurisati bez obzira na položaj konfiguracionih kratkospojnika. Kod stavljanja kratkospojnika u JTAG mod biće onemogućen bilo koji drugi konfiguracioni režim rada. Kod ovog načina možemo kaskadno povezati i konfigurisati više FPGA uređaja.

Spartan-3A FPGA uređaji podržavaju i MultiBoot konfigurisanje - možemo imati više različitih konfiguracionih fajlova sačuvanih na nekoj od memorija. Aplikacija u FPGA vodi računa o tome koji se konfiguracioni fajl učitava i kada.

3. SPARTAN-3A STARTER KIT (XC3S700A)

Razvojni sistem Spartan-3A Starter Kit je prikazan na slici 1. [2].



Slika 1. Izgled Spartan-3A Starter Kit ploče

U središtu ploče nalazi se Xilinx Spartan-3A FPGA, sa oznakom XC3S700A.

Ovaj razvojni sistem sadrži mnoštvo perifernih jedinica:

- U/I periferije (Prekidači, LED diode, tasteri, LCD displej, RS-232 port, VGA port, PS/2 port, ekspanzioni konektori, stereo audio konektor)

- Izvori takta – 50MHz integrisan, 133MHz u CLK_AUX kućištu i SMA konektor za dovođenje eksternog takt signala
- Kola za analogne (pretpojačavač i A/D konvertor) i digitalne (D/A konvertor) signale
- Memorije (Paralelna NOR Flash memorija 32Mbit (4MB), SPI serijski Flash – dva SPI Flash-a od po 16Mbit, Platform Flash PROM 4Mbit, DDR2 SDRAM 512Mbit)
- Interfejs za 10/100 Ethernet fizički nivo (PHY)
- Izvori napajanja - 0.9V, 1.2V, 1.8V i 3.3V

4. PROJEKTOVANJE PROCESORSKIH SISTEMA U SOFTVERSKOM PAKETU XILINX EDK

Softverski paket EDK sadrži skup alata i jezgara (IP cores) koji omogućuju korisniku razvoj celokupnog procesorskog sistema za primenu na Xilinx FPGA uređajima [3], [4]. Na sledećim primerima biće prikazani neki od načina konfigurisanja FPGA uz korišćenje različitih tipova memorije.

4.1. Pokretanje programa sa Flash memorije na Spartan-3A Starter Kit ploči – JTAG mod

Ovaj primer prikazuje pokretanje aplikacije koja je sačuvana na Flash memoriji ovog razvojnog sistema. Prilikom startovanja bootloader-a iz lokalnog BRAM-a MicroBlaze procesor koji se nalazi unutar Spartan-3A FPGA jezgra kopira softver koji se nalazi na Flash memoriji u DDR memoriju i odatle ga startuje. Softver u Flash-u je jednostavan i služi samo kao primer upotrebe DDR i Flash memorija paleći LED diode u zavisnosti od položaja prekidača.

Kratkospojnici moraju biti postavljeni tako da ploča radi u JTAG modu.

4.1.1. Kreiranje projekta

U *Xilinx Platform Studio*-u izabere se *Base System Builder Wizard* koji pomaže u kreiranju projekta. Izabрати folder u kojem će se nalaziti projekat, npr *flashboot*, a kao ime projekta upiše se *system.xmp*.

Otvora se novi prozor u kome se izabere “*I would like to create new design*”. Zatim se odabere:

- Board vendor: *Xilinx*
- Board name: *Spartan-3A Starter Kit*
- Board Revision: *D*, kliknuti *Next*.

U sledećem prozoru ne menjati ništa, kliknuti samo *Next*. Sledeći korak je konfiguracija procesora. Pošto će se koristiti DDR memorija, neophodno je izabrati *Processor-Bus Clock Frequency* : 66,67 MHZ. Za *Local memory* staviti 8KB. Dolazi se do prozora gde se bira šta će se koristiti od elemenata ploče. Za ovaj primer koristiće se:

- RS232_DCE za serijsku komunikaciju
 - LEDs_8bit – LED diode,
 - DIPs_4bit – prekidači,
 - DDR2_SDRAM i FLASH – memorije
- Kliknuti *Next*, pa opet *Next*. Isključiti *Memory test* i *Peripheral selftest* i kliknuti *Next*.

U posljednjem prozoru dobija se izveštaj o svemu što je do sad izabrano. Kliknuti *Generate* pa *Finish*. Ovim je završeno kreiranje projekta.

4.1.2. Generisanje hardvera

U prozoru *System Assembly View* kliknuti na tab *Addresses*. Tu je lista adresa svih elemenata ploče koji se koriste. Pošto je Flash memorija na ovom razvojnom sistemu kapaciteta 4MB, kliknuti na *Size* polje koje pripada Flash memoriji i izabrati 4MB. *High Address* će se promeniti sa vrednosti 0x89FFFFFF na 0x893FFFFFFF. Opcijama *Hardware > Generate Netlist* i *Hardware > Generate Bitstream* kreira se konfiguracioni *.bit fajl koji se direktno učitava u FPGA.

4.1.3. Pisanje programa i generisanje softvera

Nova aplikacija se kreira opcijom *Software > Add Software Application Project*. Za ime se upiše *flash_boot*. U delu *Applications* dobija se nova aplikacija *Project: flash_boot*. Dodavanje programa napisanog u programskom jeziku C se vrši klikom desnog dugmeta miša na *sources* i klikom na *Add New File* (ili ako već postoji izvorni fajl, *Add Existing File*). Napisati program i sačuvati fajl kao *source.c* u folderu *flash_boot*. Izabrati opciju *Software > Generate Libraries and BSP's*. Kliknuti desnim dugmetom miša na *Project: flash_boot* i izabrati *Set Compiler Options*. Obeležiti (ako već nije) *Use Default Linker Script* i u polje *Program Start Address* se upiše početna adresa DDR memorije, a to je u ovom slučaju 0x8c000000. Izvršni fajl u *.elf (ELF – *Executable and Linkable Format*) formatu se dobija opcijom *Software > Build all User Applications*.

4.1.4. Programiranje Flash memorije i startovanje aplikacije

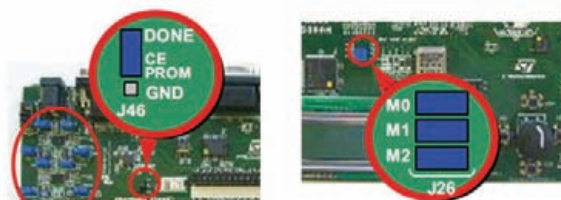
Povezati preko USB kabla sa računarom i instalirati potrebne drajvere. Učitati *.bit fajl u FPGA opcijom *Device Configuration > Download Bitstream*. Izabrati opciju *Device Configuration > Program Flash Memory*. Otvara se prozor kao u kome se odabere prethodno generisani *.elf fajl (najčešće *executable.elf*). Uključiti opciju *Auto-convert file to bootloadable SREC format*. U polje *Program at Offset* upisati 0x00060000 (ne koristi se adresa 0x00000000 jer će se u sledećem primeru baš ta adresa koristiti za konfiguracioni fajl). Za *Scratch Memory Properties* izabrati DDR memoriju. Otkaćiti *Create Flash Bootloader Application*.

Po završenom programiranju, u *Applications* prozoru se dobija nova aplikacija po imenu *bootloader_0*. Ova aplikacija će obezbediti pokretanje programa koji je snimljen na Flash memoriju.

Startuje se *XMD debugger* opcijom *Debug > Launch XMD*. Nakon uspostavljanja veze sa procesorom treba učitati *.elf fajl bootloader aplikacije komandom *dow bootloader_0/executable.elf*. Upisati komandu *run*, i aplikacija će se pokrenuti.

4.2. Konfigurisanje FPGA iz Platform Flash PROM memorije – Master Serial mod

Da bi Master Serial mod bio aktivan mora se napraviti preraspodela određenih džampera[5].



Slika 2. Platform Flash i Boot džamperi - Master Serial Mod

Za programiranje Flash memorije koristi se *IMPACT* koji je deo programskog paketa *XILINX ISE*.

4.2.1. Priprema PROM fajla

Pokrenuti *IMPACT* i odabrati opciju *PROM File Formatter*. Za tip Flash-a izabere se *Xilinx PROM*, a kao format fajla, *MCS*. Upiše se ime fajla, npr *bootloader_flash_0*. Za način komunikacije sa Flash memorijom izabere se *Serial Mode*. Za Flash se izabere *xcf04s* koji je kapaciteta 4MB. Kliknuti *Add*, pa *Finish*.

4.2.2. Programiranje Flash-a

Na poruci *Start adding device to Data Stream : 0* kliknuti *OK* i izabrati *download.bit* fajl koji se nalazi u folderu *Implementation*. Na pitanje da li hoćemo da dodamo još neki uređaj u Data Stream, kliknuti *No*. Kliknuti *OK*. Sada kad je kreiran *Data Stream*, dvoklikom na opciju *Generate* dobija se fajl *bootloader_flash_0.mcs* koji je pogodan za programiranje Flash memorije.

Flash se programira tako što se izabere opcija *Boundary Scan* a zatim se u desnom prozoru klikne desnim dugmetom i izabere *Initialize Chain*. Za konfiguracioni fajl za FPGA kliknuti *Bypass*. Za PROM fajl odabere se *bootloader_flash_0.mcs*. U opcijama programiranja isključiti se opcija *Erase Before Programming* da ne bi došlo do brisanja prethodno snimljenog *.srec fajla u Flash-u. Kliknuti *OK*. Opcijom *Program*, počinje programiranje Flash memorije.

Nakon ovog koraka u Flash-u je sačuvan konfiguracioni fajl. Ako se ploča ugasi na *on-off* prekidač, a zatim se upali, bootloader se automatski pokreće i učitava *.srec fajl (koji je snimljen u prethodnom primeru), nakon čega se program startuje, što se može videti u Hyperterminal-u.

4.3. Web Server na Spartan 3A Starter Kit – Master BPI mod

Kompanija Xilinx je ovaj primer, koji zahteva korišćenje većine elemenata razvojnog sistema Spartan-3A Starter Kit, dala kao referentni dizajn [6].

Novina u odnosu na prethodne primere je i kreiranje *image* (*.mfs) fajla u kome će biti smeštene dve web stranice, jedan pdf dokument i jedna slika. Flash memorija će biti organizovana na sledeći način [7]:

FPGA konfiguracioni fajl	0x30000000
BIN format	0x3005FFFF 0x30060000
WebServer aplikacija	
SREC format	0x300DFFFF 0x300E0000
Web strana	
MFS fajl	0x3012DFFF 0x3012E000
Neiskorišćen prostor	0x303FFFFF

Slika 3. Organizovanje Flash memorije

4.3.1. Priprema hardvera i konfiguracionih fajlova

Pokrenuti fajl *webserver.xmp*. Generisati hardverske fajlove opcijama *Hardware > Generate Netlist* i *Hardware > Generate Bitstream*. Da bi bootloader znao gde se nalazi aplikacija, gde *.mfs fajl a gde DDR memorija, moraju se podesiti adrese određenih promenljivih. U *Applications* prozoru kliknuti na *Headers* u *bootloader_web* aplikaciji i dvoklikom iz podstabla izabrati fajl *blconfig.h*. Upisati sledeće promenljive i njihove vrednosti:

FLASH_IMAGE_BASEADDR (0x30000000+0x00060000)
MFS_FLASH_BASEADDR (0x30000000+0x000E0000)
MFS_RAM_BASEADDR (0x25000000)

Sačuvati *blconfig.h*. Generisati softverske fajlove opcijama *Software > Generate Libraries* i *Software > Build All User Applications*. Za *bootloader_web* izabrati opciju *Mark to Initialize BRAMs* a istu isključiti kod *Default:microblaze_0_bootloop*. Izabrati opciju *Device Configuration > Update Bitstream*. Za dobijanje *.bin PROM fajla potrebno je pokrenuti program IMPACT. Ponovimo korake kao pod 4.2.1. s tim što za ime upišemo *web_boot.bin*, za format PROM fajla biramo BIN a za tip Flash-a odaberemo *Auto Select PROM*.

4.3.2. Pravljenje MFS (Memory File System) fajla

Otvoriti EDK Shell opcijom *Project > Launch EDK Shell*. Ući u folder *WebPage*. Upisati komandu *mfsngen -cvbfs ../WebServer/image.mfs 600 404.html index.html logoV2005.gif xapp433.pdf*. Iz EDK Shell-a se izlazi komandom *exit*.

4.3.3. Snimanje *.bin fajla na NOR Flash pomoću BPI Programmer-a

Da bi programirali NOR Flash tako da FPGA može da se konfigurise iz BPI Up moda, mora se skinuti dizajn *BPI Flash Programmer*[6].

Pokrenuti *system.xmp* iz projekta *BPI Flash Programmer*. Generisati hardverske i softverske fajlove opcijama *Generate Bitstream* i *Build All User Applications*. Na ploči podesiti džampere na JTAG mod. Uključiti ploču. Izabrati opciju *Device Configuration > Download Bitstream*. Izabrati *Device Configuration > Program Flash Memory*. Izabrati prethodno generisani *web_boot.bin*. Za offset treba staviti 0x00000000. Kliknuti OK. Kada se dobije poruka o uspešnom programiranju, zatvoriti *BPI Flash Programmer* projekat.

4.3.4. Snimanje programa i *.mfs fajla na Flash

Otvoriti ponovo *webserver.xmp*. Na aplikaciji *bootloader_web* isključiti opciju *Mark to Initialize BRAMs*, a istu uključiti za *microblaze_0_bootloop*. Izabrati opciju *Device Configuration > Download Bitstream*, a zatim *Device Configuration > Program Flash Memory*. Prvo se snima *webserver* aplikacija na Flash. U polju *File To Program* izabrati fajl *executable.elf* koji se nalazi u direktorijumu *WebServer*. Obeležiti opciju *Auto-convert file to bootloadable SREC format* a za offset upisati 0x00060000. Kao *Scratch Memory* izabrana je DDR2 memorija. Kliknuti OK i pratiti status.

Po uspešnom programiranju, ponoviti poslednji korak za fajl *image.mfs*, s tim što će se za offset upisati 0x000E0000. Kliknuti OK i pratiti status. Po završetku programiranja isključiti ploču.

Da bi konfigurisali FPGA u BPI Up modu, određene džampere staviti u odgovarajući položaj.

Po uključanju, FPGA se konfigurise iz NOR Flash-a.

4. ZAKLJUČAK

Procesorski sistemi bazirani na FPGA tehnologiji, iako generalno sporiji i funkcionalno siromašniji od ASIC sistema, pružaju značajne prednosti u projektovanju namenskih sistema. Osnovne prednosti FPGA sistema se ogledaju u kraćem vremenu projektovanja i mogućnosti reprogramiranja radi uklanjanja grešaka ili modifikacije sistema.

U ovom radu prikazana je osnovna metodologija rada sa softverskim paketom Xilinx EDK i razvojnim sistemom Spartan-3A Starter Kit. Predstavljena je Spartan-3A familija FPGA uređaja. Urađeno je nekoliko primera uz pomoć Xilinx EDK softverskog paketa i prikazan je princip projektovanja procesorskih sistema kao i različiti načini konfigurisanja FPGA.

5. LITERATURA

- [1] -, „Spartan-3A FPGA Family“, 2009, http://www.xilinx.com/support/documentation/data_sheet/sds529.pdf
- [2] -, „Spartan-3A/3AN FPGA Starter Kit Board User Guide“, 2008, http://www.xilinx.com/support/documentation/boards_and_kits/ug334.pdf
- [3] -, „Embedded System Tools reference Guide“, 2008, www.xilinx.com/support/documentation/sw_manuals/edk10_est_rm.pdf
- [4] Ljubomir Papuga, „Projektovanje namenskih procesorskih sistema primenom MicroBlaze soft-core procesora“, *Fakultet tehničkih nauka*, Novi Sad, 2009, diplomski rad
- [5] -, „Spartan-3 Generation Configuration User Guide“, 2009, http://www.xilinx.com/support/documentation/user_guide/ug332.pdf
- [6] -, „Spartan-3A/3AN FPGA Starter Kit Board Design Examples“, http://www.xilinx.com/products/boards/s3astarter/reference_designs.htm
- [7] -, „MicroBlaze Spartan-3A Kit Reference Design : Web Server Design Using MicroBlaze Soft Processor“, 2007, http://www.xilinx.com/products/boards/s3astarter/files/s3ask_webserver.pdf

Kratka biografija:



Vladimir Zdravković rođen je u Šapcu 1983. god. Student Fakultetu tehničkih nauka, oblasti Elektrotehnike i računarstva – Mikroračunarska elektronika.

OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE - VETROGENERATORI RENEWABLE ENERGY SOURCES - WIND GENERATORS

Aleksandar Milović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu prikazan je praktičan primer proizvodnje električne energije pomoću vetrogeneratora na teritoriji Vojvodine za napajanje individualnih potrošača, sa osvrtom na mogućnosti proizvodnje energije za potrebe elektroenergetskog sistema.

Abstract – This paper presents practical example of production of electricity using wind generators on the territory of Vojvodina for supplying individual consumers, with regard to the possibility of producing the energy for power system.

Ključne reči: Energija vetra, vetrogeneratori, obnovljivi izvori energije.

1. UVOD

Zbog stalnog povećanja ljudske populacije i povećane potrošnje električne energije rastu potrebe za obezbeđivanjem potrebnih količina iste. Novi izvori energije za razliku od dosadašnjih moraju da ne emituju gasove „staklene bašte“. To znači da ta energija mora doći od obnovljivih izvora energije (energije sunca, vetra i mora). Prihvatanjem protokola iz Kjota o smanjenju emisije gasova „staklene bašte“, države potpisnice su se obavezale da će smanjiti emisiju gasova koji izazivaju efekat „staklene bašte“ za 5,2% od nivoa 1990. godine [1]. Zbog toga su mnoge razvijene države počele da ulažu u razvoj obnovljivih izvora električne energije. S obzirom da vetrogeneratori predstavljaju jedan od tih izvora u daljem tekstu je dat opis principa rada, konstrukcije, troškova i problema pri korišćenju vetrogeneratora za proizvodnju električne energije za potrebe elektroenergetskog sistema, manjih naselja i pojedinaca.

2. VETAR I ENERGIJA VETRA

Vetar je u osnovi pokretan energijom sunca, tj. nastaje kao posledica razlika zagrevanja različitih površina na zemaljskoj kugli koje potom zagrevaju vazduh i uzrokuju njegovo kretanje. Međutim čak i u okviru jedne klimatske zone mogu da postoje velike razlike u brzinama vetrova uglavnom kao rezultat topografije i vegetacije [1]. Kao elektroenergetski resurs najvažniji su površinski vetrovi. Oni duvaju na visini od nekoliko desetina do nekoliko stotina metar od površine tla i njihova energija se želi i može iskoristiti. Za potrebe određivanja pogodnih lokacija za izgradnju vetroelektrana neophodno je meriti brzine vetrova na visinama od 50 do 100 m i više, jer se na tim visinama uobičajno postavljaju turbine vetrogeneratora.

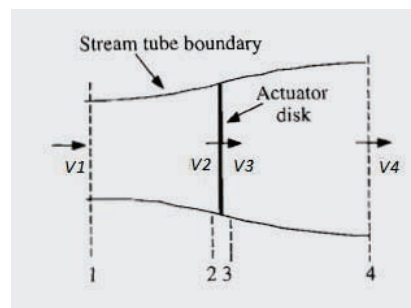
NAPOMENA:

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

Ti podaci se potom koriste za izradu dijagrama ruža vetrova koji grafički u obliku kruga prikazuju jačinu i smer vetra i njihovu frekvenciju duvanja u određenim pravcima. Ruža vetrova se najčešće predstavlja pomoću kruga izdvojenog na 16 ili 32 dela. Osnovni uređaj koji se koriste su anemometar za određivanje brzine vetra i uređaj za određivanje smera vetra.

2.1. Princip rada vetroturbine

Energija vetra sadrži se u njegovoj kinetičkoj energiji i zavisi od brzine i gustine vazduha koji se kreće. Vetroturbina je uređaj za „izvlačenje“ kinetičke energije iz vetra i njeno pretvaranje u mehaničku energiju.



Slika 1. Kretanje cevi vazduha oko vetroturbine

U [1] je pokazano da pod uslovom da se može ograničiti maseni protok vazduha koji prolazi kroz rotor turbine od ostalog vazduha dobila bi se zamišljena „cev“ kretanja vazduha ispred, kroz i iza rotora turbine (slika 1). Sila potiska vetra (T) na rotoru vetroturbine je jednaka i suprotna od promene momenta vetra:

$$T = V_1(\rho AV)_1 - V_4(\rho AV)_4 \quad (1)$$

gde je ρ gustina vazduha, A prečnik rotora turbine i V brzina vetra. Primenom Bernoulli-jeve jednačine na obe strane turbine (tačke 2 i 3 sa slike 1) i predstavljanjem sile potiska (T) preko razlike pritisaka dobija se izraz za snagu vetra (P) na rotoru turbine:

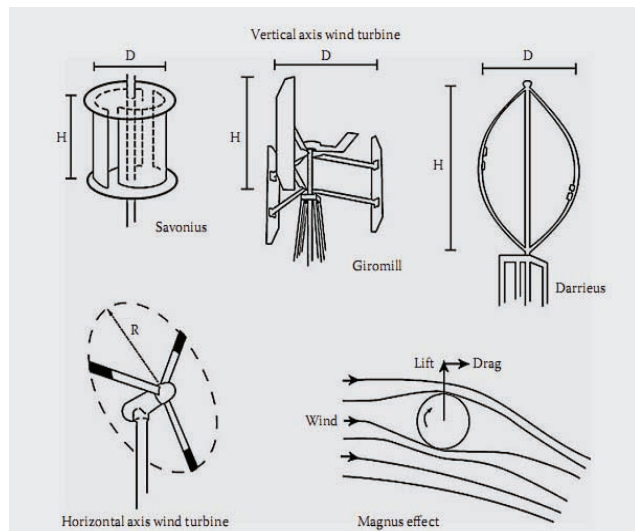
$$P = \frac{1}{2} \rho AV^3 \quad (2)$$

Ta snaga vetra je snaga koju u celosti ne možemo da iskoristimo zbog Betz-ovog zakona, kojim je on 1919. godine utvrdio da je 59% od snage vetra najviše što se teoretski može da iskoristi [1]. Ipak se ni vrednost od 59% se praktično ne može dostići zbog ograničenog broja lopatica turbine, aerodinamičkog otpora lopatica i turbulencije koju turbina izaziva iza sebe. Taj procenat je u praksi najviše oko 40% [1]. Električna snaga na priključcima vetrogeneratora je još niža zbog gubitaka u prenosnom mehanizmu i generatoru, i kreće se oko 35-36% od P [1]. Mada zbog stalne varijabilnosti brzine vetra prosečna efikasnosti je u praksi 15- 25% [1].

3. PODELA VETROGENERATORA

Vetrogeneratori se uglavnom dele po načinu pokretanja i snazi vetroturbina. Podelom po snazi, vetrogeneratori se dele na male (do 100 kW), srednje (od 100 kW do 1 MW) i velike (preko 1 MW). Po načinu pokretanja rotora vetrogeneratori se dele na horizontalne (La Cour i magnus efekat) i vertikalne (Savonius, Giromill i Darrieus), jer se ose rotora njihovih vetroturbina nalaze u vertikalnom ili horizontalnom položaju.

3.1. Tipovi vetroturbina



Slika 2. Primeri različitih tipova vetroturbina

- **Savonius-ov tip vetroturbina** je jedna od najjednostavnijih vetroturbina. Aerodinamički, oni rade na principu otpora vazduha, a sastoje se od dve ili tri lopatice. Gledajući od gore, dve lopatice bi izgledale kao slovo "S" u preseku. Ovaj tip turbine se uglavnom koristi tamo gde su pouzdanost i cena mnogo važniji od efikasnosti [1].

- **Giromill-ov tip vetroturbina** je sličan Darrieus-ovim turbinama ali je pojednostavljen. Lopatice kod Giromill tipa su u "H" izvedbi i povezane su sa osovinom preko horizontalnih držača u jednoj ili više tačaka. Ovaj dizajn je glomazniji pa zbog toga zahteva i jače lopatice rotora [1].

- **Darrieus-ov tip vetroturbina** je sa osom rotora u vertikalnom položaju, sastoji se od lopatica koje su na svojim krajevima pričvršćene za vertikalnu osovinu. Teoretski ovaj tip vetroturbine ima istu efikasnost kao i vetroturbine sa horizontalnom osom rotora, ali se u praksi to retko postiže zbog fizičkih naprezanja i ograničavajućih faktora samog oblika turbine [1].

- **Vetroturbine sa horizontalnom osom rotora (La Cour konstrukcija)** se uglavnom zasnivaju na principu podizanja. Lopatica rotora je oblikovana kao avionsko krilo. Kada vetar prelazi preko lopatica stvara se razlika u vazдушnim pritiscima između dve strane lopatice što za posledicu ima silu koja teži da zarotira rotor turbine. Ovo je najčešći tip vetroturbina prvenstveno zbog efikasnosti koja se postiže ovim principom rada [1].

- **Vetroturbine na Magnus efektu** su ograničeni na par prototipova i za sada se ne koriste u komercijalne svrhe [1]. Rade isto na principu podizanja.

4. PRIMENA VETROGENERATORA

Primena vetrogeneratora uglavnom zavisi od snage, pa se tako vetrogeneratori velikih snaga prevashodno koriste u vetroelektranama za snabdevanje elektroenergetskog sistema, a vetrogeneratori srednjih i malih snaga u hibridnim sistemima ili kao samostalni za snabdevanje električnom energijom pojedinačnih domaćinstava ili manjih naselja koja nemaju pristup distributivnoj mreži snabdevanja električnom energijom i za pumpanje vode.

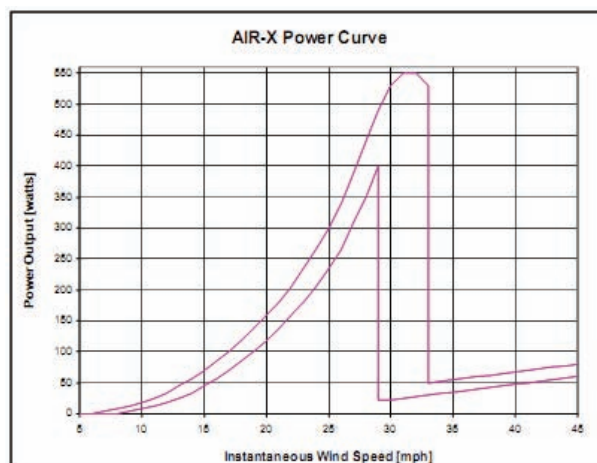
4.1. Praktičan primer rada vetrogeneratora male snage za snabdevanje električnom energijom vikendice

Tokom meseca Jula 2009. godine u toku četiri nedelje je izvršeno merenje proizvodnje električne energije vetrogeneratora na vikendici koja se nalazi na lokalitetu, Beli kamen, Bukovac, na Fruškoj Gori, na 250 metara nadmorske visine. Vetrogenerator se nalazi na stubu dužine 1,5 m na krovu vikendice, ~7-8 m od tla. Merenje je izvršeno na vetrogeneratoru firme Southwest Windpower, AIR-X (slika 3) sledećih karakteristika (slike 4 i 5):

- prečnik rotora : 1,17 metara
- brzina vetra pri kojoj počinje sa proizvodnjom električne energije : 3 m/s
- izlazna snaga : 400W pri 12 m/s
- izlazni napon : 12V jednosmerne struje.



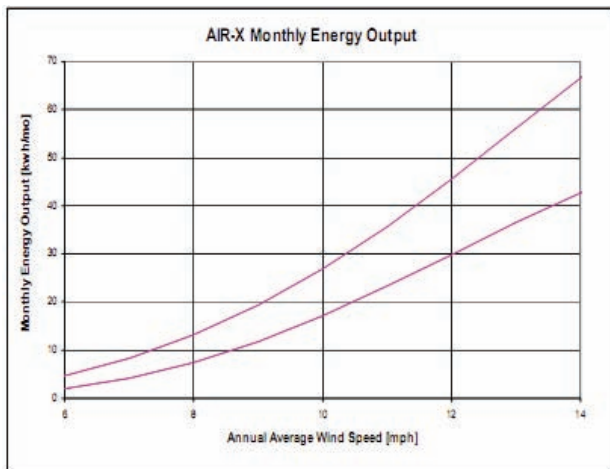
Slika 3. Vetrogenerator Southwest Windpower AIR-X



Slika 4. Izlazna karakteristika snage vetrogeneratora za stabilne (gornja linija) i turbulentne vetrove (donja linija)[2]

Windpower AIR-X vetrogenerator koristi trofazni alternator sa stalnim magnetima bez četkica za proizvodnju električne energije [2]. Interna elektronika pretvara tu naizmeničnu električnu energiju u jednosmernu na priključ-

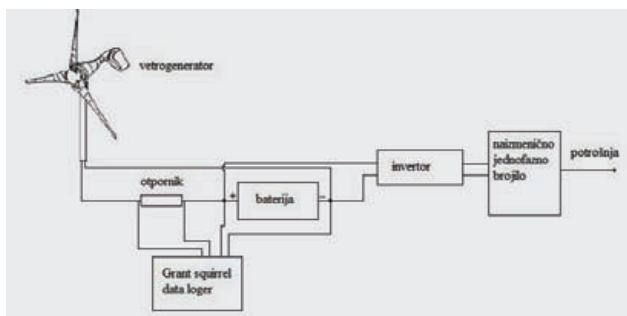
cima vetrogeneratora. Vetrogenerator je preko baterije (akumulatora) BlackHorse od 12 V-182 Ah i invertora IPS-1000 Mobile Power od 700 W (12 V jednosmerne struje/220 V naizmenične struje) povezan na električnu instalaciju vikendice.



Slika 5. Količina mesečne proizvedene električne energije vetrogeneratora u zavisnosti od prosečne brzine vetra [2]

Vetrogenerator ima ugrađen elektronski kontroler napona na bateriji radi određivanja kada je baterija puna. Fabrički je podešen na 14,1 V, mada se može podešavati po želji u opsegu od 13,6 V-17 V [2]. Kada kontroler detektuje da je napon baterije na željenom nivou, vetrogenerator prelazi u mod regulacije koji podrazumeva smanjenje brzine obrtanja turbine ispod potrebne za proizvodnju električne energije [2].

Vikendica se koristi skoro svakodnevno, osim zimi. Trošila u vikendici su jedna štedljiva sijalica od 15 W, sedam sijalica od 75 W i televizor od 100 W. Kao što se može videti iz nabrojanih trošila, električna energija se koristi uglavnom uveče za osvetljenje (štedljiva sijalica i po potrebi ostale) i za televizor (sat-dva dnevno, 2-3 dana u nedelji). Za kuvanje i zagrevanje jela koristi se butan gas. Tokom perioda posmatranja, skupljanje podataka je izvršeno uz pomoć Grant Squirrel 2040 data logger-a, koji je snimao pad napona na otporniku od 0,0034 Ω radi određivanja vrednosti generisane struje i napon na bateriji svake tri sekunde (slika 6). Količina potrošene električne energije u trošilima je merena uz pomoć jednofaznog naizmeničnog brojila.



Slika 6. Izgled vezivanja komponenti sistema i mernih uređaja

Vrednost proizvedene električne snage dobijena je korišćenjem izraza (3) i (4):

$$I_{gen} = V_{pad} / R \quad (3)$$

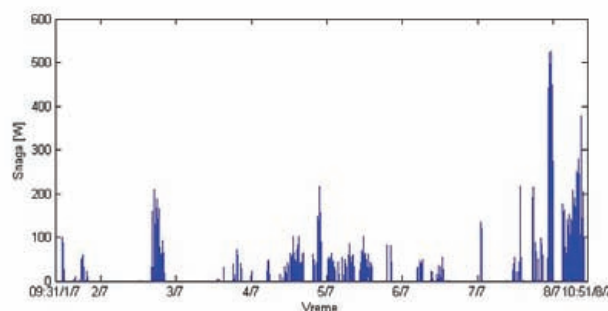
$$P_{gen} = I_{gen} \cdot V_{bat} \quad (4)$$

gde je R vrednost otpornika od 0,0034 Ω , V_{pad} vrednost pada napona na otporniku, I_{gen} vrednost proizvedene struje, V_{bat} vrednost napona na bateriji i P_{gen} vrednost proizvedene snage.

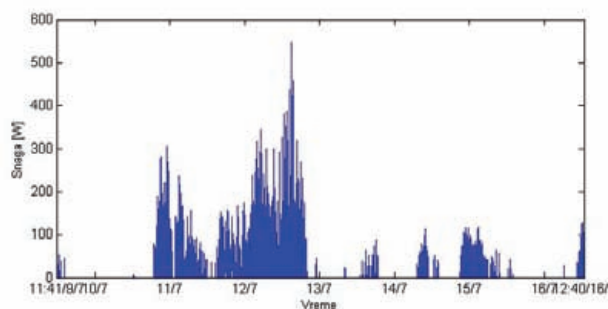
Kretanje proizvodnje električne energije vetrogeneratora i potrošnje iste u trošilima tokom perioda skupljanja podataka je bilo:

- prve nedelje: proizvedeno je 983 Wh, potrošeno je 970 Wh
- druge nedelje: proizvedeno je 1.613 Wh, potrošeno je 480 Wh
- treće nedelje: proizvedeno je 4.662 Wh, potrošeno je 750 Wh
- četvrte nedelje: proizvedeno je 1.058 Wh, potrošeno je 860 Wh

Nedeljni dijagrami kretanja proizvodnje električne energije vetrogeneratora u tom periodu su dati na slikama 7-10. U tom periodu proizvedeno je 8.316 Wh, a u trošilima potrošeno 3.060 Wh električne energije. Sa slike 5 se može videti da ova količina mesečne proizvedene električne energije odgovara prosečnoj mesečnoj brzini vetra od ~3,6 m/s (8 milja na sat, donja kriva).

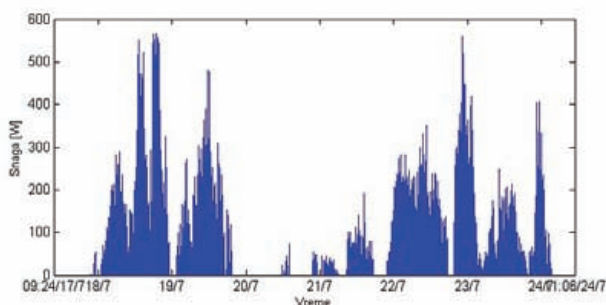


Slika 7. Period proizvodnje električne energije vetrogeneratora od 1.7. do 8.7. 2009.

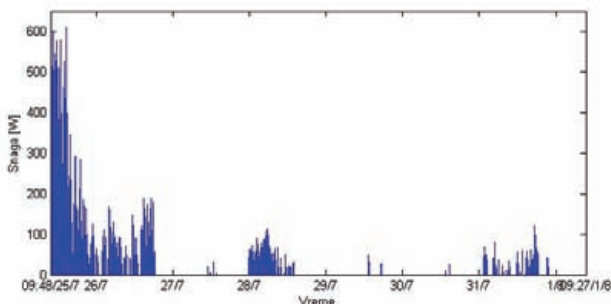


Slika 8. Period proizvodnje električne energije vetrogeneratora od 9.7. do 16.7. 2009.

Predviđena proizvodnja električne energije u tom periodu za prosečnu godišnju gustinu snage vetra na toj lokaciji od 50 W/m² na 10 metara od tla [3], i sa prosečnom efikasnošću vetrogeneratora od 20% bi iznosila 7.221 Wh. S obzirom da je merenje vršeno u Julu u kome su prosečne brzine vetra ispod godišnjeg proseka, vrednost proizvedene električne energije vetrogeneratora u tom periodu je značajno iznad proseka.



Slika 9. Period proizvodnje električne energije vetrogeneratora od 17.7. do 24.7. 2009.



Slika 10. Period proizvodnje električne energije vetrogeneratora od 25.7. do 1.8. 2009.

Iako je količina proizvedene električne energije od 8.316 Wh mala, nije bilo nikakvih problema u snabdevanju električnom energijom i u potpunosti je zadovoljila sadašnje potrebe za električnom energijom na vikendici. Međutim, ako bi se u budućnosti želelo potrošnji dodati i neka dodatna trošila koja imaju redovnu dnevnu potrošnju, kao na primer mali frižider (0,4 kWh/dnevno), ova proizvodnja bila bi nedovoljna. Radi obezbeđivanja dodatne i redovnije proizvodnje električne energije ako su potrebe za istom veće, najbolje rešenje bi bilo kombinovanje vetrogeneratora sa solarnima panelima snage od bar 100 W. Time bi bila obezbeđena proizvodnja električne energije tokom svih vremenskih prilika tokom obdаницe. Naime obično kad nema vetra dani su sunčani i obrnuto.

5. TROŠKOVI VETROGENERATORA

Troškovi nabavke vetrogeneratora namenjenog za snabdevanje električnom energijom kuća ili naselja, jako variraju od vrste hibridnog sistema i eventualno od vrste baterija, kao i od pristupačnosti lokacije. Troškovi transporta i instalacije u udaljenim i teško pristupačnim predelima mogu ponekad da budu i veći od troškova nabavke samog vetrogeneratora.

Isplativost vetrogene-ratora u slučaju seoskih hibridnih sistema je relativno brza, jer se povrat kapitala meri ušteđenim dizel gorivom, a ne prodajnom cenom električne energije.

U slučaju individualnih hibridnih sistema povrat kapitala često i nije važan jer ljudi uglavnom nemaju drugog načina snabdevanja električnom energijom jer uopšte ne mogu da se priključe ili bi priključenje na distributivnu mrežu snabdevanja električnom energijom bilo mnogo skuplje nego nabavka vetrogeneratora i ostale neophodne opreme.

6. ZAKLJUČAK

Energiju vetra i pored svih problema koje donosi ne možemo zanemariti kao izvor električne energije u budućnosti s obzirom na trend smanjivanja rezervi prirodnih energenata, prevashodno fosilnih goriva i povećanja potrošnje električne energije.

Mogućnosti proizvodnje električne energije za snabdevanje individualnih domaćinstava i elektroenergetskog sistema u Vojvodini kao što je pokazano na ovom praktičnom primeru nisu male. Iako je prosečna brzina vetra u posmatranom periodu bila niska, treba uzeti u obzir da je merenje rađeno na lokaciji koja nije naručito vetrovita i u periodu godine kada su prosečne brzine vetrova ispod godišnjeg proseka.

7. LITERATURA

- [1] V. Nelson, *Wind Energy - Renewable Energy and the Environment*, CRC press, 2009. god.
- [2] Southwest Windpower, *AIR-X land Owners Manual*, 2002. god.
- [3] Studija za izvršno veće AP Vojvodine, *Atlas vetrova AP Vojvodine*, Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad 2008. god.

Kratka biografija:



Aleksandar Milović rođen je u Novom Sadu 1981. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Elektroenergetika odbranio je 2009.god.

POREĐENJE POSTUPAKA ZA PRORAČUN TOKOVA SNAGA U NEURAVNOTEŽENIM DISTRIBUTIVNIM MREŽAMA

COMPARISON OF PROCEDURES FOR LOAD FLOW CALCULATION IN UNBALANCED DISTRIBUTION NETWORKS

Bojan Ilić, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu obrađuju se linearni matematički modeli neuravnoteženih distributivnih mreža, sa mrežama koje pored trofaznih elemenata sadrže i monofazne i dvofazne elemente. Matrice admitansi realnih distributivnih mreža su jako velikih dimenzija, zbog toga se u ovom radu ne formira matrica admitansi mreže, nego vektori kojima se memoriše retka matrica admitansi distributivne mreže. Osim toga, u ovom radu upoređena su dva postupka za proračun tokova snaga distributivnih mreža – postupak orijentisan na grane i postupak orijentisan na čvorove (direktno zasnovan na matrici admitansi distributivne mreže). Na osnovu eksperimentalnih rezultata pokazano je da su postupci orijentisani na grane efikasniji s obzirom na brzinu proračuna, a osim toga nisu opterećeni ni inverzijom (LU faktORIZACIJOM) matrice admitansi mreže, makar ona bila i jako retka.

Abstract – This paper deals with linear mathematical models of unbalanced distribution networks, including networks with two- and single-phase elements. Nodal admittance matrices of real distribution networks are of large dimensions, due to which this paper does not present nodal admittance matrix of a network, but vectors by which sparse admittance matrix of a distribution network is memorized. Besides, this paper compares two procedures for load flow calculation in distribution networks – procedure oriented towards branches and procedure oriented towards nodes (directly based on distribution network nodal admittance matrix). On the basis of experiment results, it is shown that branches oriented procedures are more efficient regarding the speed of calculation and apart from that are not weighted by inversion (LU factorization) of nodal admittance matrix, even if it were sparse.

Ključne reči: distributivna mreža, neuravnotežena mreža, matrica admitansi, tokovi snaga.

1. UVOD

Proračuni stacionarnih režima (proračuni tokova snaga) i proračuni naizmenične komponente režima s kratkim spojevima i/ili prekidima faza (proračuni kvarova), dva su osnovna proračuna elektroenergetskih – prenosnih i distributivnih mreža elektroenergetskih sistema. Obe vrste proračuna predstavljaju osnovu za veliku većinu ostalih

proračuna tih mreža. Oba proračuna su zasnovana na linearnim modelima saglasnim s metodom nezavisnih napona, odnosno na matrici admitansi mreža [1]:

$$\hat{\mathbf{I}} = \hat{\mathbf{Y}}\hat{\mathbf{U}}, \quad (1.1)$$

pri čemu su korišćene oznake:

$\hat{\mathbf{I}}$ – vektor injektiranih struja čvorova,

$\hat{\mathbf{U}}$ – vektor napona čvorova,

$\hat{\mathbf{Y}}$ – kvadratna matrica admitansi mreže.

Trofazna uravnotežena mreža, čiji je model preveden u domen simetričnih komponenti [2, 3], može da se tretira preko tri pogonske (monofazne) šeme – direktnog, inverznog i nultog redosleda. Dakle, eliminisane su elektromagnetske sprege unutar svih elemenata uravnotežene mreže. Pored toga, ako se primenom Generalizovanog sistema relativnih vrednosti [4], eliminišu i idealni transformatori realnih i kompleksnih odnosa transformacije iz ekvivalentnih šema trofaznih transformatora, onda se matrica admitansi uravnotežene trofazne mreže generiše trivijalno – inspekcijom. Trivijalno generisanje matrice admitansi podrazumeva proračun elemenata te matrice koristeći se sa sledeća dva pravila [2]:

- Pravilo 1. Vrednost elementa matrice admitansi na poziciji k - k (dijagonalni element) jednaka je sumi svih admitansi koje se stiču u čvoru k , $k=1, \dots, n$;
- Pravilo 2. Vrednost elemenata matrice admitansi na poziciji k - i (vandijagonalni element) jednaka je admitansi između čvorova k i i s promenjenim znakom, $i=1, 2, \dots, n$; $i \neq k$ (sa n je označen broj monofaznih čvorova mreže).

Takođe, ako se elementi distributivne mreže predstavljaju saglasno s metodom nezavisnih napona, matrica admitansi i neuravnoteženih mreža može da se trivijalno generiše [5]. Ta osobina je iskorišćena u ovom radu. Za razliku od [5] u ovom radu su matrice admitansi svih elemenata dimenzije 6×6 . Matrice admitansi monofaznih i dvofaznih elemenata moraju da se prošire da bi bile dimenzije 6×6 , pošto su one originalno dimenzija 2×2 i 4×4 , respektivno. Proširivanje matrica admitansi monofaznih i dvofaznih elemenata sastoji se od dodavanja jedinica na dijagonalne pozicije nedostajućih faza dijagonalnih submatrica (matrica admitansi koja je dimenzije 6×6 sastoji se od četiri submatrice dimenzija 3×3) matrice admitansi, i nula na ostalim pozicijama.

Koristeći se matricama admitansi elemenata može da se konstituiše matrica admitansi distributivne mreže. Zbog velikih dimenzija distributivnih mreža, kao i zbog

NAPOMENA:

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

relativno male popunjenosti nenultim elementima u ovom radu se ne formira matrica admitansi distributivne mreže, nego vektori kojima se memoriše ta matrica. Na tako memorisane vektore može da se primeni LU faktORIZACIJA matrice admitansi distributivne mreže koja je potrebna za proračun tokova snaga zasnovanih na postupcima orijentisanim na čvorove.

U drugom delu rada opisani su matematički modeli rednih i otočnih (neuravnoteženih) elemenata distributivne mreže. Oni su napisani u matričnoj formi koja omogućuje trivijalno generisanje matrice admitansi distributivnih mreža. Izvođenje matematičkih modela elemenata nije dato, jer to nije predmet ovog rada. Izvođenje ovih modela detaljno je obrađeno u [6].

U trećem delu opisan je postupak za formiranje vektora za memorisanje matrice admitansi distributivne mreže.

U četvrtom delu opisani su postupci za proračun tokova snaga orijentisani na grane i postupci za proračun tokova snaga orijentisani na čvorove.

U petom delu prikazani su rezultati.

U šestom i sedmom delu dati su zaključci i korišćena literatura.

2. MODELI ELEMENATA MREŽE

U ovom delu su prikazani matematički modeli rednih i otočnih elemenata trofazne neuravnotežene distributivne mreže. Oni su napisani u formi koja je pogodna za trivijalno generisanje matrice admitansi neuravnoteženih distributivnih mreža. Pod rednim elementima se podrazumevaju transformatori i vodovi, a pod otočnim generatori, motori, kondenzatori, prigušnice itd.

2.1. Redni elementi

Opšti matematički model rednih elemenata neuravnotežene mreže, saglasan s metodom nezavisnih napona, glasi [6]:

$$\hat{\mathbf{I}}_j = \hat{\mathbf{y}}_{jj}\hat{\mathbf{U}}_j + \hat{\mathbf{y}}_{jk}\hat{\mathbf{U}}_k, \quad (2.1.1a)$$

$$-\hat{\mathbf{I}}_k = \hat{\mathbf{y}}_{kj}\hat{\mathbf{U}}_j + \hat{\mathbf{y}}_{kk}\hat{\mathbf{U}}_k, \quad (2.1.1b)$$

pri čemu su korišćene sledeće oznake:

j, k – indeksi čvorova na krajevima rednog elementa,

$\hat{\mathbf{U}}_j, \hat{\mathbf{U}}_k$ – vektori faznih napona na krajevima rednog elementa,

$\hat{\mathbf{I}}_j, \hat{\mathbf{I}}_k$ – vektori faznih struja na krajevima rednog elementa,

$\hat{\mathbf{y}}_{jj}, \hat{\mathbf{y}}_{jk}, \hat{\mathbf{y}}_{kj}$ i $\hat{\mathbf{y}}_{kk}$ – admitantni matrični reprezentori parametara rednih elemenata; oni su činioci (submatrice) matrice admitansi razmatranog rednog elementa i svi su dimenzija 3×3 , nezavisno od faznosti elementa.

2.2. Otočni elementi

Pod otočnim elementima se podrazumevaju elementi u mreži koji su jednim krajem priključeni na mrežu a drugi kraj im je ili izolovan ili uzemljen. Ovi elementi se predstavljaju pomoću admitantnih matričnih reprezentata (matrica admitansi) dimenzija 3×3 , nezavisno od faznosti elementa. Opšti matematički model otočnih elemenata neuravnotežene mreže glasi [6]:

$$\hat{\mathbf{I}}_k = \hat{\mathbf{y}}_{kk}\hat{\mathbf{U}}_k, \quad (2.2.1)$$

pri čemu su korišćene sledeće oznake:

k – indeks čvora u kojem je otočni element priključen na mrežu,

$\hat{\mathbf{I}}_k$ – vektor struja injektiranih iz čvora k u otočni element,

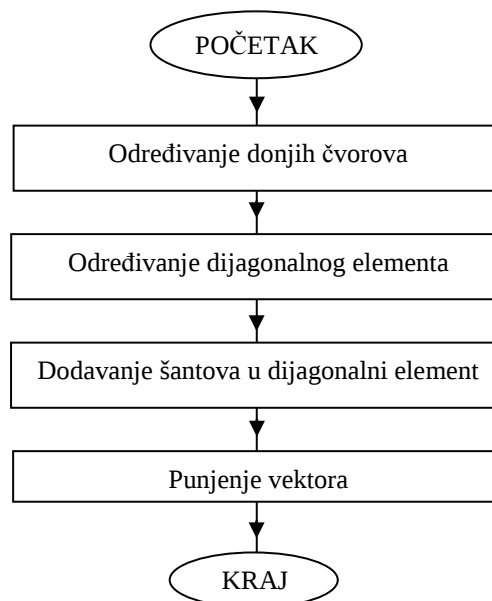
$\hat{\mathbf{U}}_k$ – vektor faznih napona čvora k ,

$\hat{\mathbf{y}}_{kk}$ – matrica admitansi otočnog elementa.

Model (2.2.1) obuhvata i pasivizirani model sinhronih mašina, što je sasvim dovoljno sa aspekta matrice admitansi distributivne mreže na koju su ti otočni elementi priključeni.

3. MEMORISANJE MATRICE ADMITANSI MREŽE

U ovom delu prikazan je način formiranja vektora za memorisanje matrice admitansi distributivne mreže. Ideja u ovom radu je da se izbegne memorisanje kompletne matrice admitansi distributivne mreže s obzirom da je ona retka matrica sa malim brojem nenulatih elemenata. Primenom tehnike retkih matrica, matrica admitansi distributivne mreže memorisaće se pomoću tri vektora. Na slici 3.1 prikazan je blok dijagram algoritma za formiranje vektora za memorisanje matrice admitansi distributivne mreže.



Slika 3.1 – Blok dijagram algoritma za formiranje vektora

S obzirom da je matrica admitansi distributivne mreže u faznom domenu simetrična, pomoću vektora memorisaće se samo elementi iznad dijagonale. Na ovaj način postiže se znatna ušteda memorijskog prostora.

Vektori koji su korišćeni za memorisanje retke matrice su: *iVrednost*, *iKolona* i *iKumulativac*.

Prvi vektor *iVrednost* je vektor vrednosti nenulatih elemenata matrice admitansi distributivne mreže.

U vektoru *iKolona* nalaze se pozicije (kolone) nenulatih elemenata u matrici admitansi distributivne mreže.

Treći vektor je *iKumulativac*. U vektoru *iKumulativac* prvi element je jedinica. Svaki naredni element ovog vektora je jednak zbiru prethodnog elementa i broja nenulatih elemenata u tekućoj vrsti. Poslednji element vektora *iKumulativac* je ukupan broj nenulatih elemenata matrice admitansi distributivne mreže.

U nastavku biće objašnjen način popunjavanja vektora.

Za razmatrani čvor K prvo se određuju čvorovi koji se napajaju direktno iz njega, preko grana distributivne mreže – blok 1 sa slike 3.1. Neka su to npr. čvorovi M, N i P . Zatim se formira pomoćna matrica $\mathbf{Y}_{dij}$ koja predstavlja dijagonalni element matrice admitansi distributivne mreže za čvor K – blok 2 sa slike 3.1.

Matrica $\mathbf{Y}_{dij}$ je zbir svih matrica admitansi koje se stiču u čvoru K . To su matrice admitansi elemenata koji predstavljaju vezu između čvora K i čvorova koji se iz njega napajaju (u ovom slučaju M, N i P). U matricu $\mathbf{Y}_{dij}$ sabira se i matrica admitansi elementa koji napaja razmatrani čvor K (osim ako je čvor K koren – izvor distributivne mreže) kao i matrice obočnih elemenata vezanih u čvoru K ako postoje – blok 3 sa slike 3.1.

Po završetku sabiranja svih potrebnih matrica admitansi elemenata u matricu $\mathbf{Y}_{dij}$ prelazi se na popunjavanje vektora odnosno memorisanje elemenata matrice $\mathbf{Y}_{dij}$ i elemenata matrice admitansi distributivne mreže rednih elemenata koji se napajaju iz čvora K – blok 4 sa slike 3.1.

Prvo se pamte elementi prve vrste matrice $\mathbf{Y}_{dij}$, element po element. Za svaki element proverava se da li je različit od nule. Ako je element različit od nule upisuje se u vektor *iVrednost*. Uporedo sa tim u vektor *iKolona* upisuje se kolona tog elemenata koji je upisan u vektor *iVrednost*, kao i brojanje elemenata memorisanih u vektoru *iVrednost*.

Po završetku prve vrste matrice $\mathbf{Y}_{dij}$ prelazi se na prvu vrstu matrice admitansi rednih elemenata koji se napajaju iz čvora K . Kada se memorišu svi elementi prve vrste u vektor *iKumulativac* na tekuću poziciju se upiše broj koji je jednak broju sa prethodne pozicije uvećan za broj nenulatih elemenata u tekućoj vrsti. Pošto svakom čvoru odgovaraju tri vrste matrice admitansi za svaki čvor ovaj postupak se ponovi i za drugu i treću vrstu.

Na ovaj način se memorišu svi elementi matrice admitansi distributivne mreže koje odgovaraju elementima koji su incidentni čvoru K .

Opisani postupak se ponavlja za svaki čvor krećući se kroz mrežu po lejerima.

4. POSTUPCI ZA PRORAČUN TOKOVA SNAGA

Osnovna referenca za proračun simetričnih tokova snaga uravnoteženih distributivnih mreža je [7]. Za proračun nesimetričnih tokova snaga (ne)uravnoteženih distributivnih mreža u literaturi se mogu sresti dve grupe postupaka – postupci za proračun tokova snaga distributivnih mreža orijentisani na grane – deo 4.1 i postupci orijentisani na čvorove – deo 4.2. U ovom radu kao referenca se koristi postupak orijentisan na grane – postupak realizovan u DMS softveru. A postupak orijentisan na čvorove je postupak čije performanse se testiraju pa je zbog toga u nastavku dat detaljan algoritam postupka orijentisanog na čvorove.

4.1. Postupci za proračun tokova snaga orijentisani na grane

Osnovu proračuna tokova snaga, orijentisanih na grane, radijalne mreže čini numeracija mreže po slojevima (ako mreža nije radijalna ona se kompenzacionim postupcima može svesti na radijalnu). Snage potrošnje su poznate u svim čvorovima, osim čvora koji predstavlja izvor distributivne mreže – koren mreže (balansni čvor), kao i napon korena mreže. Na osnovu poznatih snaga potrošnje i pretpostavljenih napona u čvorovima mogu da se odrede aproksimacije struja potrošnje u čvorovima. Na osnovu struja potrošnje mogu da se odrede struje po svim granama distributivne mreže krećući se od čvorova koji se nalaze u poslednjem sloju ka korenu mreže. Na osnovu poznatog napona korena mreže i poznatih struja po granama mogu da se odrede bolje aproksimacije napona čvorova distributivne mreže. Ponavljajući ovaj postupak iterativno može da se odredi stanje mreže na osnovu kojeg može da se rekonstruiše celokupan režim distributivne mreže. Ovaj postupak je generalizacija postupka za proračun simetričnih tokova snaga opisanog u [7] uz posebnu obradu transformatora koji su kritični elementi za proračun nesimetričnih tokova snaga distributivnih mreža.

4.2. Postupci za proračun tokova snaga orijentisani na čvorove

Ovaj proračun se izlaže saglasno s literaturom [8], s tim da se retka matrica admitansi memoriše pomoću vektora primenom tehnike retkih matrica. U pitanju je implicitni $\mathbf{Z}_{BUS}$ postupak. Proračun tokova snaga na osnovu implicitnog $\mathbf{Z}_{BUS}$ postupka, sastoji se od sledećih koraka:

1. Formiranje matrice admitansi trofazne mreže $\hat{\mathbf{Y}}$, dimenzije $n \times n$;
2. Formiranje redukovane matrice admitansi $\hat{\mathbf{Y}}$, potiskivanjem tri vrste i tri kolone matrice admitansi, koje odgovaraju korenu, dimenzije $(3n-3) \times (3n-3)$;
3. Optimalna numeracija čvorova mreže;
4. Faktorizacija redukovane matrice admitansi;
5. Inicijalna dodela vrednosti napona svim čvorovima, koje su jednake vrednostima napona korena mreže (početna aproksimacija napona);
6. Početak iterativnog procesa: $h=1$;
7. Proračun aproksimacija injektiranih struja $(-\hat{\mathbf{I}}^h)$ u sve čvorove, osim u fazne čvorove korena mreže u tekućoj iteraciji; one su jednake aproksimacijama potrošnji čvorova sa suprotnim predznacima;
8. Proračun korekcija napona $\Delta \hat{\mathbf{U}}^{h+1}$, na osnovu relacije:

$$-\hat{\mathbf{I}}^h - \Delta \hat{\mathbf{I}} = \hat{\mathbf{Y}} \Delta \hat{\mathbf{U}}^{h+1},$$

koristeći se implicitnom inverzijom (faktorizacijom) redukovane matrice admitansi $\hat{\mathbf{Y}}$,

gde su:

$-\hat{\mathbf{I}}^h$ – vektor tekućih aproksimacija injektiranih struja u čvorove mreže; one su jednake količnicima faznih snaga (zavisne od napona) i odgovarajućih konjugovanih faznih napona čvorova, sa promenjenim znakom, osim tri fazna čvora, korena mreže; dimenzije $(3n-3) \times 1$;

$\Delta \hat{\mathbf{I}}^T = [\hat{y}_{21} \Delta \hat{U}_1, \dots, \hat{y}_{n1} \Delta \hat{U}_1]$ – vektor u koji su smeštene poznate vrednosti koje se odnose na koren, dimenzije $(3n-3) \times 1$;

$\Delta \hat{\mathbf{U}}^{h+1}$ – vektor korekcija faznih napona čvorova mreže, osim tri fazna napona čvorova korena mreže; dimenzija $(3n-3) \times 1$;

$\hat{\mathbf{U}}^{h+1}$ – vektor faznih napona čvorova mreže, osim tri fazna napona čvorova korena mreže; dimenzije $(3n-3) \times 1$;

h – indeks tekuće iteracije.

9. Proračun korekcija aproksimacija napona čvorova u tekućoj iteraciji, na osnovu relacije:

$$\hat{\mathbf{U}}^{h+1} = \mathbf{1}_{vc} \hat{\mathbf{U}}_{korena} + \Delta \hat{\mathbf{U}}^{h+1};$$

gde su:

$\mathbf{1}_{vc}$ – matrica čiji su svi elementi jednaki jedinici; dimenzije $(3n-3) \times 3$;

$\hat{\mathbf{U}}_{korena}$ – tri fazna napona korena mreže; dimenzija 3×1 ;

10. Provera konvergencije;

Ako je postupak konvergirao, proračun svih režimskih veličina od interesa, a ako nije – povećanje indeksa tekuće iteracije h i povratak na korak 5.

5. REZULTATI

U radu je korišćena test mreža koja ima 45967 čvorova i 45966 grana (vodovi i transformatori). Ukupan broj nenulatih elemenata u matrici admitansi distributivne mreže (vektoru za memorisanje nenulatih elemenata) je 241583. Vreme potrebno da se formiraju matrice admitansi elemenata mreže iznosi oko jedne sekunde; vreme potrebno za LU faktORIZACIJU matrice admitansi je oko 7.8 sekundi. Mereno je potrebno vreme proračuna ova dva postupka na ovoj mreži za proračun 50 iteracija. Postupku orijentisanom na grane potrebno je oko 1.7 sekundi, a postupku orijentisanom na čvorove potrebno je oko 7.4 sekunde.

6. ZAKLJUČAK

Upoređena su dva postupka za proračun nesimetričnih tokova snaga u distributivnim mrežama koji se preporučuju u literaturi. Posebna pažnja je posvećena postupku orijentisanom na čvorove pošto se kao referenca koristio postupak orijentisan na grane – postupak realizovan u DMS softveru. Na osnovu testiranja performansi ova dva postupka i dobijenih rezultata može da se zaključi:

- postupak orijentisan na grane je oko četiri puta brži od postupka orijentisanog na čvorove i
- postupak orijentisan na čvorove dodatno je opterećen LU faktORIZACIJOM što ga dodatno usporava.

7. LITERATURA

1. B. Popović, *Osnovi elektrotehnike 1 i 2*. Srbija: Beograd, Nauka, 1998.
2. V. Strezoski, *Analiza elektroenergetskih sistema*, skripta, Fakultet tehničkih nauka Novi Sad, 2008.
3. R. Bergen, *Power Systems Analysis*. New Jersey: Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, 1986.
4. V. Strezoski, D. Bekut, A Canonical Model for the Study of Faults in Power Systems, *IEEE Trans. on PS*, Vol. 6, pp. 1493-1499, November 1991.
5. D. Trivunović, *Matrice admitansi neuravnoteženih mreža*, diplomski-master rad, Fakultet tehničkih nauka Novi Sad, 2009.
6. P. Vidović, *Nesimetrični tokovi snaga distributivnih mreža*, magistarska teza, Fakultet tehničkih nauka Novi Sad, 2008.
7. D. Shirmohammadi, H. W. Hong, A. Semlyen, G. H. L. uo, A Compensation-Based Power Flow Method for Weakly Meshed Distribution and Transmission Network, *IEEE Trans. on PS*, Vol. 3, pp. 753-762, May 1988.
8. T. H. Chen, M. S. Chen, K. J. Hwang, P. Kotas, E. A. C hebli, Distribution System Power Flow Analysis – A Rigid Approach, *IEEE Trans. on PD*, Vol. 6, pp. 1146-1152, July 1991.

Kratka biografija:



Bojan Ilić rođen je u Jagodini 1981. godine. Završio je srednju elektrotehničku školu Nikola Tesla u Jagodini. Diplomski-master rad, na Fakultetu tehničkih nauka, iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Elektroenergetski sistemi, braniće u 2010. godini.

PRIMENA WINDOWS WORKFLOW FOUNDATION U POSLOVNIM SISTEMIMA USING WINDOWS WORKFLOW FOUNDATION IN BUSINESS SYSTEMS

Milan Žarkov, Branko Milosavljević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu je predstavljena Microsoft tehnologija Windows Workflow Foundation. Prikazana je implementacija jednog informacionog sistema u .Net okruženju.

Abstract – In this paper is presented Microsoft technology Windows Workflow Foundation. An implementation of information system based on .Net environment is also presented.

Ključne reči: Windows Workflow Foundation, informacioni sistem, CSharp, Microsoft Visual Studio 2008, Microsoft Sql Server 2008

1. UVOD

WWF(Windows Workflow Foundation) je WinFx komponenta sledeće generacije koja nam dozvoljava da dodajemo workflow funkcionalnost našim aplikacijama. WWF je relativno nova Microsoft tehnologija koja pojednostavljuje razvoj poslovnih procesa u Microsoft .NET okruženju. WWF koristi koncept modelovanja procesa iz realnog sveta programskim putem i na taj način omogućava programerima da razvijaju rešenja koja će raditi sa tim procesima. Ova tehnologija omogućava bolju preglednost, ekspresivnost i kontrolu nad poslovnim procesima. Microsoft Visual Studio od verzije 2005 sadrži podršku za WWF, uključujući i grafički workflow dizajner koji omogućava korisnicima da u vizuelnom okruženju prave svoje workflow modele. Neki od ključnih ciljeva WWF tehnologije su sledeći[2]:

- Da omogući jedinstveni engine za izvršavanje workflow-ova za sve aplikacije izgrađene na Windows platformi
- Da pruži širok asortiman scenarija, od workflow-ova orijentisanih ka korisniku do visoko strukturiranih workflow-ova orijentisanih ka aplikacijama kao i raznovrsnost različitih pravila baziranih na uslovnim scenarijima.
- Da donese razvoj model-driven workflow-ova celoj WinFx razvojnoj zajednici, tako da svaki programer koji je danas familijaran sa .NET Framework aplikacijama može odmah biti produktivan, praveći workflow aplikacije bez učenja drugog paralelnog skupa tehnologija.
- Da omogući razvoj ponovo iskoristivih workflow komponenti i da osigura da i programeri i prodavači softvera mogu da ugrade ovu tehnologiju u svoje aplikacije.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji je mentor bio dr Branko Milosavljević.

WWF predstavlja engine(srp. motor) koji radi unutar host procesa. Host proces je odgovoran za obezbeđivanje skupa usluga Windows Workflow Foundation-u. Na raspolaganju nam je velika raznovrsnost host procesa na Windows platformi, a to su: WinForms aplikacije, Web services aplikacije, SharePoint Server i NT Services aplikacije.

1.1. Šta je workflow ?

U poslovnom svetu, workflow predstavlja poslovni proces (nezavisan od tehnologije) neophodan da bi se izvršio neki zadatak. U programerskom svetu, workflow predstavlja seriju koraka(aktivnosti) neophodnih da se ostvari određeni cilj prema skupu definisanih pravila.

Workflow-ovi nam dozvoljavaju da modelujemo sistemsku interakciju, kao i međuljudsku interakciju. Sistemsku interakciju je način na koji obično programeri prilaze rešavanju nekog problema. Definišu se koraci koji treba da se izvrše i piše se programski kod koji će da kontroliše redosled izvršavanja tih koraka. Međuljudska interakcija se odvija između ljudi u realnosti. Kod ovog tipa interakcije problem je u tome što redosled izvršavanja koraka nije uvek predvidljiv.

Prema Microsoft-u, postoje četiri glavna načela koja arhitekta i programeri mogu da koriste kada razmatraju workflow-bazirane aplikacije. Ta načela su:

1. Workflow-ovi vrše koordinaciju posla koji obavljaju ljudi ili softver.
2. Workflow-ovi su dugotrajni i čuvaju svoje stanje između višestrukih poziva klijenta koji ih koristi.
3. Workflow-ovi su bazirani na proširivim modelima
4. Workflow-ovi su transparentni i dinamični tokom celog svog životnog ciklusa.

Prvo načelo nam govori da ljudi igraju glavnu ulogu u softverskim sistemima koji su srodni workflow-ovima i procesima, kao i da workflow platforma treba da obezbedi funkcije i infrastrukturu za efikasno rukovanje ljudskom interakcijom i svim pitanjima koja imaju veze s njom. Drugo načelo je od velike važnosti za prvo načelo, zato što ljudi nisu predvidljivi i nastoje da komuniciraju sa softverskim sistemima na ad-hoc osnovi. Workflow-ovi su dugotrajni u tom smislu da workflow instance moraju da ostanu netaknute dok workflow čeka na odgovor. Svrha workflow-ova je da automatizuju poslovne procese, zato što svaki posao ima širok opseg problema i zbog toga jezgro workflow platforme treba da bude proširivo(treće načelo). Dobra osobina dobro dizajniranih, proširivih sistema je da programerima pružaju mogućnost da prave sopstvene komponente koje mogu da koriste za rešavanje svojih problema. Transparentnost workflow-ova se ogleda u tome što tok njihovog izvršavanja treba da bude nadgledan(četvrto načelo). Saznanje da se workflow-ovi mogu modifikovati u toku svog izvršavanja je veoma moćna

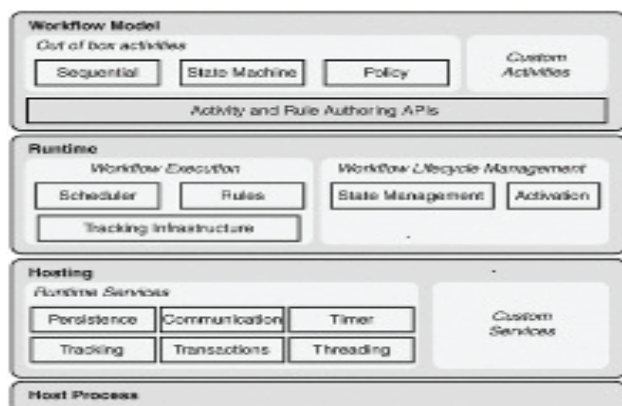
osobina. U tome se ogleda dinamičnost *workflow*-ova (četvrto načelo).

1.2. Arhitektura Windows Workflow Foundation engine-a

Arhitekturu WWF *engine*-a sačinjavaju (slika 1) [2]:

1. *Hosting* sloj
2. *Runtime* sloj
3. Sloj *workflow* modela

Hosting sloj obezbeđuje *host* aplikaciji skup priključivih interfejsa od strane WWF. *Runtime* sloj je jezgro WWF. On obezbeđuje i izvršavanje *workflow*-a i upravljanje životnim ciklusom *workflow*-a. U direktnom poređenju sa ostalim slojevima ove arhitekture *Runtime* sloj nije *pluggable* (priključiv), tj. on je taj koji sadrži kritične servise koji su potrebni za *workflow*. Sloj *workflow* modela omogućava programerima interakciju sa WWF. Ovaj sloj uključuje raznovrsne *workflow* modele, API-je (*Application Programming Interface*) i aktivnosti.



Slika 1. Arhitektura WWF *engine*-a [2]

1.3. Modeli autorizacije *workflow*-a

Postoje tri stila autorizacije *workflow*-a, a to su [3]:

1. Čist kod (*Pure Code*)
2. XAML-bazirani (*XAML-based*)
3. Kombinacija prethodna dva stila (*Code-Beside*)

Pure Code stil podrazumeva implementaciju *workflow*-ova samo pomoću programskog koda. To ne znači da će programer kompletan kod morati da piše sam. Prilikom kreiranja *workflow*-a, *workflow* dizajner će generisati dva fajla, jedan sa ekstenzijom *.designer.cs*, drugi sa ekstenzijom *.cs*. Prvi fajl će sadržati definicije grafičkih komponenti *workflow*-a i njega će dizajner sam editovati, a drugi fajl edituje programer.

XAML-based stil podrazumeva implementaciju *workflow*-a samo pomoću XAML-a. XAML (*eXtensible Application Markup Language*) donosi deklarativan programerski model u WWF. XAML fajlovi predstavljaju validne XML fajlove. Ekstenzija XAML fajla je *.xaml*.

Code-Beside stil predstavlja kombinaciju prethodna dva stila. Prilikom kreiranja *workflow*-a, *workflow* dizajner će generisati dva fajla, jedan sa ekstenzijom *.designer.xaml*, a drugi sa ekstenzijom *.xaml.cs*. Fajl sa ekstenzijom *.designer.xaml* dizajner će sam editovati, a fajl sa ekstenzijom *.xaml.cs* edituje programer.

1.4. Workflow Runtime

Kada se izvršavaju zadaci u *workflow* okruženju, „nešto” treba da nadgleda izvršenje i da drži stvari pod kontrolom.

U WWF to „nešto” predstavlja objekat koji se zove *WorkflowRuntime*. *WorkflowRuntime* pokreće individualne *workflow* zadatke i „ispaljuje” događaje u različitim situacijama koje se javljaju u toku izvršenja zadataka. Takođe vodi i evidenciju o priključivim servisima koji se mogu prikazati na izvršno okruženje. *Workflow* i aplikacija se izvršavaju konkurentno, pri čemu *workflow* zahteva aplikaciju kao *host*-a. Oni se izvršavaju zajedno u .NET aplikacionom domenu, pri čemu može postojati samo jedan *workflow* po aplikacionom domenu.

Aktivnosti u WWF predstavljaju osnovne gradivne blokove pomoću kojih se prave *workflow*-ovi. Kada aplikacija postane *host workflow*-u, ona mu predaje svoje aktivnosti i govori mu da ih izvrši. Rezultat toga je *workflow* instanca. *Workflow* instanca predstavlja trenutno izvršivi *workflow* zadatak, koji je sastavljen od lokalno grupisanih aktivnosti.

Od dizajn šablona koriste se *Singleton* i *Factory*. *Singleton* šablon služi da osigura da, bez obzira koliko puta aplikacija zahteva instance *Singleton* objekta, uvek će dobiti samo jednu instancu. *Factory* šablon može da osigura da samo jedna instanca *Singleton* objekta bude kreirana. *WorkflowRuntime* je *Singleton* klasa, koju svaki deo aplikacije može zasebno da pozove.

Workflow instance u sebi sadrže jednu ili više aktivnosti. Primarna aktivnost ili *root* aktivnost, referisana je kao *workflow* definicija. *Workflow* definicija se ponaša kao kontejnerska klasa za ostale aktivnosti, koje ustvari i sačinjavaju *workflow*.

WWF je *runtime*, a ne aplikacija. *Host* aplikacija mora da startuje i učitava *workflow runtime* pre startovanja *workflow*-a. Ona ustvari govori *runtime*-u koji tip *workflow*-a treba da kreira. *WorkflowRuntime* upravlja životnim ciklusom *workflow*-a i obaveštava *host* proces o važnim događajima u toku njegovog životnog ciklusa, kao što su kompletiranje i ukidanje *workflow* instance. *Host* aplikacija proširuje *WorkflowRuntime* dodavanjem dodatnih servisa u njegov osnovni skup funkcija. Osnovni servisi koje pruža *WorkflowRuntime* su:

1. *ExternalDataExchangeService*
2. *WorkflowSchedulerService*
3. *SqlWorkflowPersistenceService*
4. *SqlTrackingService*
5. *WorkflowLoaderService*

ExternalDataExchangeService predstavlja servis koji mora biti dodat u *workflow runtime* da bi komunikacija sa lokalnim servisima bila moguća. Da bi lokalni servisi mogli biti inicijalizovani i registrovani u *workflow runtime*-u, oni moraju biti dodati u *ExternalDataExchangeService*. On ustvari predstavlja kontejner za te servise. Podaci koji se prenose preko njega moraju biti serijalizovani. Da bi WWF mogao da koristi interfejs, koji je neophodan da bi komunikacija između *workflow*-a i aplikacije bila moguća, u njegovu definiciju se mora dodati *ExternalDataExchange* atribut. *Host* aplikacija koristi događaje tog interfejsa da prosledi podatke *workflow*-u, a *workflow* koristi metode tog interfejsa da prosledi podatke *host* aplikaciji.

WorkflowSchedulerService upravlja *workflow* instancama unutar *Workflow runtime*-a i određuje raspored njihovog izvršavanja. *Workflow runtime* može imati samo jedan *WorkflowSchedulerService* pre svog startovanja. *DefaultWorkflowSchedulerService* predstavlja servis koji se koristi kada nijedan drugi servis nije eksplicitno specificiran.

ManualWorkflowSchedulerService kreira i izvršava *workflow* instance koristeći nit koju je „pozajmio” od *Workflow runtime Host*-a. Kada se ovaj servis doda u *Workflow runtime*, *runtime* će ga koristiti umesto *default* servisa.

Servisi za perzistenciju postoje da bi se podržalo načelo da *workflow*-ovi moraju da budu dugotrajni i da moraju da čuvaju svoje stanje između višestrukih poziva klijenata. Jedan od načina da servisi za perzistenciju mogu da budu od koristi je da se *workflow* instance, koje u sebi nose vredne informacije preuzmu iz memorije računara i smeste u neki od medijuma za trajno čuvanje podataka (bazu podataka). Proces preuzimanja podataka o *workflow*-u i izvršnog stanja *workflow*-a u cilju perzistiranja tih podataka, poznat je pod nazivom *dehidracija*. Obrnut postupak *dehidraciji* je *rehidracija*. *SqlWorkflowPersistenceService* vodi brigu o pisanju stanja *workflow* instance u bazu podataka, pri čemu *Workflow runtime* zapravo određuje kada će se to desiti.

Servisi za praćenje omogućavaju identifikaciju podataka koji su srodni sa izvršenjem *workflow*-a, da se ti podaci preuzmu i smeste u neki od medijuma za trajno čuvanje podataka i time omogući kasniju analizu tih podataka. Pored toga, omogućavaju i nadgledanje trenutno pokrenutih i kompletiranih *workflow*-ova. *SqlTrackingService* koristi *Sql Server* bazu podataka kao medijum za trajno čuvanje podataka. Njegova unutrašnja klasa *SqlTrackingChannel* mu služi kao kanal preko koga upisuje podatke u bazu podataka.

1.5. Tipovi *workflow*-ova u WWF

U WWF postoje dva tipa *workflow*-a:

1. Sekvencijalni *workflow* (*Sequential Workflow*)
2. *Workflow* automata stanja (*StateMachine Workflow*)

Važno je napomenuti da oba tipa *workflow*-a mogu biti zasnovana na događajima (*Event-Driven Workflows*).

Sekvencijalni *workflow*-ovi su deklarirani kao serija koraka koji se izvršavaju propisanim redosledom, jedan za drugim.

Ovaj tip *workflow*-a ima uglavnom predvidljiv tok izvršenja i ima potpunu kontrolu nad procesom kojeg izvršava, tj. korisnik nema kontrolu nad procesom. Sačinjavaju ga aktivnosti koje se izvršavaju u predefinisanim redosledu. Koristi se uglavnom u situacijama kada se većina odluka donosi unutar samog *workflow*-a. Ključni aspekt ovog tipa *workflow*-a je jasno definisana početna i krajnja tačka u izvršenju. Izvršava se od vrha ka dnu, pri čemu nije moguće vratiti se korak unazad.

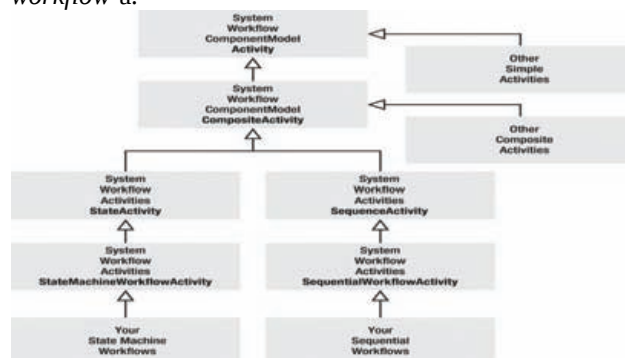
Ovaj tip *workflow*-a ne mora da bude potpuno sekvencijalan u svom izvršenju zato što može da prima spoljašnje događaje koji mogu da utiču na tok njegovog izvršavanja, a takođe može u sebi da sadrži i paralelne logičke tokove, tako da tačan redosled izvršenja aktivnosti može da varira. Aktivnosti predstavljaju osnovne gradivne blokove u okviru WWF.

Sam sekvencijalni *workflow* predstavlja aktivnost, tačnije *SequentialWorkflowActivity*. *SequentialWorkflowActivity* je klasa koja nasleđuje klasu *SequenceActivity*. Klasa *SequenceActivity* diktira ponašanje i karakteristike sekvencijalnog *workflow*-a. Kompletna hijerarhija klasa prikazana je na slici 2.



Slika 2. Dijagram klasa sekvencijalnog *workflow*-a [3]

Workflow automata stanja definiše stanja i skup događaja koji aktiviraju prelaze iz stanja u stanje. Može da ima nepredvidljiv tok izvršenja i koristi se uglavnom u sistemima zasnovanim na međuljudskoj interakciji, gde ljudi imaju kontrolu nad procesima i oni donose odluke o toku izvršenja *workflow*-a. U WWF, *State* aktivnost reprezentuje stanje unutar *workflow*-a automata stanja. Kada se neki događaj desi, *workflow* će vršiti tranzicije između *State* aktivnosti. Za ovaj tip *workflow*-a potrebno je specificirati inicijalno stanje, koje će ujedno biti i početno stanje *workflow*-a. Konačno stanje *workflow*-a je opciono i može se specificirati po potrebi. *Workflow* automata stanja će se kompletirati po prelasku u konačno stanje. Na slici 3. se vidi kompletna hijerarhija klasa za oba tipa *workflow*-a.



Slika 3. Hijerarhija klasa [1]

Što se tiče *workflow*-a automata stanja, klasa *StateMachineWorkflowActivity* predstavlja *workflow* automata stanja. Stanja unutar *workflow*-a automata stanja se definišu pomoću klase *StateActivity*. Stanja mogu u sebi da sadrže opcione *StateInitialization* i *StateFinalization* aktivnosti, kao i jednu ili više *EventDriven* aktivnosti koje reprezentuju događaje unutar stanja. *StateInitialization* aktivnost se izvršava čim *workflow* automata stanja uđe u stanje koje sadrži ovu aktivnost, a *StateFinalization* aktivnost se izvršava neposredno pre izlaska *workflow*-a iz stanja koje sadrži ovu aktivnost. Tek kada se određeni događaj desi, *workflow* će preći iz jednog stanja u drugo. Aktivnost koja omogućava prelaz iz jednog stanja u drugo naziva se *SetState*. Prednost ovog tipa *workflow*-a je u tome što se kod njega, pri prelasku iz jednog stanja u drugo moguće vratiti u prethodno stanje. Kada su u pitanju složeniji poslovni procesi, pogotovo oni koji su zasnovani na međuljudskoj interakciji, prednost treba dati *workflow*-u automata stanja.

Sekvencijalni *workflow* se uglavnom koristi kao pod-*workflow* koji definiše unutrašnju logiku *EventDriven* aktivnosti unutar nekog od stanja *workflow*-a automata stanja.



IMPLEMENTACIJA WEB APLIKACIJE ZA KUPOVINU PREKO INTERNETA UPOTREBOM .NET OKRUŽENJA

WEB SHOP IMPLEMENTATION USING .NET FRAMEWORK

Jan Poljovka, Milan Vidaković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U okviru ovog rada predstavljen je način kako se može realizovati integrisani sistem za podršku trgovini preko Interneta kao i tehnologije pomoću kojih se takav sistem može implementirati.

Abstract – This paper presents a way of realization of a WebShop integrated system and technologies for its implementation.

Ključne reči: webshop, ASP.NET, web servis, .NET Framework, C#, sistem integracija, NHibernate, Membership Provider

1. UVOD

Kupovina robe i usluga preko Interneta se prema brojnim studijama iz godine u godinu neumitno uvećava, pri čemu istovremeno dolazi do rasta broja kupaca, ali i iznosa novca, koji su oni spremni da potroše.

S druge strane, konkurencija među poslovnim subjektima, koji nude ovakvu vrstu servisa postaje sve jača i izraženija, počevši od velikih multinacionalnih i regionalnih kompanija, pa sve do malih i srednjih preduzeća i zanatlija, koji svoje proizvode i usluge uspešno plasiraju kupcima preko Interneta.

U skladu s tim važno je da IT sektor prati sve zahtevnije i složenije tržište i da svojim softverskim rešenjima na adekvatan način odgovori potrebama obe strane u komunikaciji.

2. TEHNOLOGIJE

2.1. O/R mapiranje i NHibernate

Objektno/relaciono mapiranje je programska tehnika za konvertovanje podataka između nekompatibilnih sistema kao što su relacione baze podataka i objekto orijentisani (OO) programski jezici. Poznato je da se upravljanje podacima u objektno orijentisanim jezicima ostvaruje pomoću objekata koji predstavljaju instance odgovarajućih klasa i da su to skoro uvek neskalarne vrednosti. Takođe, između objekata se uspostavljaju veze, koje proizilaze iz samog domena problema, kojim se bavi neka softverska aplikacija.

Objekti mogu imati reference na druge objekte ili na kolekcije objekata. U zavisnosti od situacije za jedan entitet moguće je modelovati više klasa, kao više različitih pogleda.

NAPOMENA:

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

S druge strane tradicionalne baze podataka u tabelama čuvaju jedino skalarne tipove podataka. Suština problema je prevođenje tih objekata u formu koja može da se čuva u bazi podataka a da se sačuvaju osobine i relacije. O/R alat za mapiranje značajno smanjuje količinu potrebnog koda a samim tim se smanjuje i broj mogućih grešaka.

NHibernate[1] je frejmwork za objektno/relaciono (O/R) mapiranje namenjen .NET platformi. Proizašao je iz verzije Hibernate-a, koji se koristi u Java tehnologiji, i preuzeo brojne njegove mogućnosti, te se može reći da je u pitanju relativno zreo i siguran proizvod. Zahvaljujući njemu moguće je efikasno i jednostavno postići mapiranje objektnog modela nekog programa (skupa entita) u odgovarajuću relacionu bazu podataka.

NHibernate obezbeđuje i jezik za upite - HQL jezik.

Glavni deo NHibernate-a predstavlja sesija. Opisana je ISession interfejsom. Instance ISession-a su „jeftine“ i jednostavne za konstrukciju i uklanjanje. Ovo je važno, jer će aplikacija stalno morati da pravi i uklanja sesije. NHibernate sesije bi trebalo da se koriste u okviru samo jedne programske niti (threada).

Sesiju možemo posmatrati kao nešto između konekcije i transakcije, ili kao keš ili kolekciju učitanih objekata relevantnih za jedan određeni posao („unit of work“). Sesija se ponaša kao „persistent manager“, koji prati promene na učitanim objektima i omogućava izvršenje operacija za čuvanje tih izmena.

U svrhu konfigurisanja i učitavanja NHibernate-a postoji posebna Configuration klasa. Tu se saopštava lokacija dokumenata za mapiranje, vrednosti vezane za pristup bazi kao što su naziv konektora na bazu, string konekcije, itd. Samo mapiranje se opisuje u posebnim xml fajlovima, gde sve za svaki atribut neke klasa navodi odgovarajuće polje u tabeli baze.

2.2. .NET okruženje (framework)

Microsoft .NET Framework čini obiman skup klasa objedinjenih u biblioteke programskog koda sa hijerarhijskom organizacijom. Njihova namena je da obezbede infrastrukturu za rešavanje čestih programskih problema. Tu se između ostalih nalaze biblioteke za programiranje korisničkog interfejsa, pristup podacima, kriptografiju, pravljenje web aplikacija, mrežnu komunikaciju. Jezgro okruženja čini Base Class Library skup klasa.

.NET Framework čini i virtuelna mašina, koja izvršava aplikacije. Virtuelna mašina .NET okruženja se integriše u Windows operativni sistem i zajedno sa Common Language Runtime sistemom omogućava izvršenje programa. Osim toga ona upravlja izuzecima i memorijom pomoću Garbage Collector-a.

2.3. ASP.NET

Jedna od grana .NET Framework-a je ASP. NET[2] namenjena realizaciji dinamičkih web sajtova, web aplikacija i web servisa. Sastoji se od velikog broja klasa koje obezbeđuju funkcionalnost karakterističnu za web okruženje i set grafičkih kontrola za kreiranje korisničkog interfejsa. Razvijen je od strane Microsoft-a, kao odgovor na izazove razvoja softvera u web okruženju.

Zahvaljujući ASP.NET-u moguće je razvijati veoma složene web aplikacije u objektno orijentisanom okruženju uz mogućnost očuvanje jasnoće i struktuiranosti programskog koda.

ASP.NET uvodi razdvajanje koda na deo koji opisuje izgled stranice i koda sa programskom logikom. Izgled se opisuje standardnim HTML jezikom i dodatnim tagovima kojima se opisuju tzv. serverske kontrole karakteristične za ASP.NET. Za programiranje se može koristiti bilo koji od predviđenih programskih jezika.

Serverske kontrole su napredniji vid HTML kontrola sa bogatijom funkcionalnošću. Dok se standardne HTML kontrole (polje za unos teksta, dugme, kombo polje itd.) direktno preslikavaju u klijentsku stranicu, serverske kontrole generišu HTML i JavaScript kod, koji zavisi od tipa web čitača korisnika. Serverske kontrole, kao i obične kontrole za Windows forme imaju osobine i događaje.

Postoje serverske kontrole ne samo za uobičajene, već i naprednije komponente korisničkog interfejsa web stranica. To su su višestrančne tabele podataka, kalendari, stabla, liste, itd. Zatim, grupe kontrola za validaciju unosa, autorizaciju korisnika, prikaz podataka, itd. Svi tagovi kojima se opisuju serverske kontrole imaju oblik `asp:[tip kontrole]`. Posebno treba istaći serverske kontrole za prikaz podataka: `GridView`, `DetailsView`, `FormView` i `Listview`. Primenom ovih kontrola možemo precizno da podešavamo prikaz i koristimo mogućnosti kao što su selekcija sloga, sortiranje, filter, šabloni itd.

ASP.NET stranice imaju nastavak `aspx` i izvršavaju se u okviru Microsoft Internet Information Services web servera.

2.3.1. Membership Provider

Prijavljivanje korisnika preko obrazaca na web stranicama rešava važan problem bezbednosti i autorizacije. S druge strane, implementacija logike vezana za prijavljivanje i registraciju korisnika je veoma slična za sve web aplikacije. Stoga ASP.NET dolazi sa ugrađenim skupom klasa za ovu namenu pod nazivom Membership Provider zahvaljujući čemu imamo kompletan set funkcija za operacije dodavanja, brisanja i izmene korisnika, kao i mogućnost promene lozinke, sa automatskim slanjem email-a sa dodeljenom lozinkom korisniku itd. Takođe na raspolaganju je i odgovarajući set grafičkih kontrola za ovu namenu.

ASP.NET dolazi sa implementacijom koja koristi SQL Server bazu, ali moguće je realizovati i posebnu implementaciju po datom interfejsu.

2.4. MS SQL Server 2008 Express

MS SQL Server 2008 Express je sistem za upravljanje relacionim bazama podataka, koji se može slobodno preuzeti i distribuirati a namenjen je jednostavnijim

aplikacijama. Neka od ograničenja su mu: maksimalna veličina baze podataka od 4GB, korišćenje samo jednog procesora i 1GB RAM memorije.

2.5. Tehnologija web servisa

Web servisi se definišu kao tehnologija, koja omogućuje interakciju između različitih računarskih sistema preko mreže. U toj interakciji servisi su krajnje tačke komunikacije.

Web servisi omogućavaju korisnicima da preko Interneta razmenjuju struktuirane podatke u XML formatu.

Web servisi rešavaju osnovni, preovladavajući problem sa kojima se susreću korisnici Interneta: iako postoje bukvalno milijarde stranica sa korisnim podacima, obično ih je veoma teško izdvojiti, pregledati i upotrebiti u programskom kodu. Web je projektovan za ljudsku upotrebu i lako čitanje, ali je sadržaj relativno teško obrađivati u aplikacijama.

Komunikacija sa web servisom se odvija u vidu standardizovanih SOAP poruka. Za prenos poruka se obično koriste protokoli aplikativnog sloja kao što su (RPC, HTTP, HTTP, SMTP), ali se može koristiti direktno i transportni protokol (TCP / IP).

3. IMPLEMENTACIJA

3.1. Organizacija sistema

Sistem je integrisan i sastoji se od sledećih delova:

- front-office web aplikacija „WebShop WebApp“
- back-office aplikacija „WebShop Admin“
- aplikacioni server „WebShop Server“
- sistem za upravljanje bazama podataka

Komunikacija između centralnog servera i web aplikacije se može realizovati pomoću tehnologije web servisa, čime se sistem čini otvorenim za različite implementacije front-office aplikacije nezavisno od platforme.

3.2. Baza podataka

Za kreiranje i izmene baze podataka, kojom upravlja SQL Server 2008 Express server, korišćemo *Microsoft SQL Server Management Studio 2008*. U bazi *WebShopDB* nalaze se tabele sa odgovarajućim kolonama: **Proizvod** (kategorijaId, naziv, opis, slika, cena, preostala količina, thumbnail, guid slike), **Kategorija** (naziv, opis, kategorijaId nadkategorija, isRootKategorija), **Kupac** (naziv, mesto, adresa, email, telefon, userId), **Porudžbina** (stanje, kupacId), **PorudžbinaStavka** (proizvodId, porudžbinaId, količina, iznos). Zajednička polja za sve tabele su id, version, createdtime. Id je primarni ključ, version služi za praćenje izmena u slogu tako što se ovo polje automatski inkrementira. CreatedTime je vreme upisa sloga u bazu. Kolone koje u nazivu sadrže sufiks Id su spoljni ključevi.

U bazi se nalaze i tabele potrebne za rad ASP.NET Membership Provider-a, koje se automatski generišu pomoću alata `aspnet_regsql`, koji je sastavni deo .NET okruženja. Veza između ovog podsistema i ostatka je ostvarena pomoću polja `userId` u tabeli `Kupac`.

3.3. Mapiranje entiteta

Svaka tabela u bazi podataka ima odgovarajući entitet u modelu podataka. Entiteti se implementiraju kao klase,

čije instance koristimo u programskom kodu kada manipulišemo podacima. U našem slučaju entiteti su *Kategorija*, *Proizvod*, *Kupac*, *Porudžbina* i *PorudžbinaStavka*. Između entiteta su definisane asocijacije, pa tako klasa *Porudžbina* sadrži listu *PorudžbinaStavki* i referencu na klasu *Kupac*. *Kategorija* sadrži referencu na nadkategoriju i listu podkategorija. *Proizvod* ima referencu na *Kategoriju* kojoj pripada. *PorudžbinaStavka* ima referencu na *porudžbinu* i ref. na *proizvod*. Osim asocijacija klase sadrže ostale skalarne atribute, koji su definisani u odgovarajućim tabelama u bazi.

Kako ne bismo pisali SQL naredbe u programskom kodu za učitavanje i izmenu podataka u bazi i prepisivali podatke iz učitanih slogova u odgovarajuće entitete koristimo alat NHibernate, koji dolazi kao .dll biblioteka, koju je potrebno uključiti u projekat.

Da bi NHibernate znao kakav je odnos između entiteta i tabela moramo obaviti mapiranje u formi xml jezika. Za svaki atribut u klasientitetu postoji odgovarajući tag. U tagovima se upisuju neophodne informacije o polju koje se mapira. U sledećem primeru je dat primer mapiranja *Porudžbine*:

```
<class name="WebShop.Model.Porudzbina,
WebShop.Model" table="`Porudzbina`">

  <id column="Id" type="Int64" name="Id"
  unsaved-value="0"> <generator
  class="native"/> </id>

  <version name="Version" column="`Version`"
  type="Int64"/>

  <property name="Stanje" column="`Stanje`"
  type="Int64"/>

  <many-to-one name="Kupac" column="`KupacId`"
  class="WebShop.Model.Kupac, WebShop.Model"
  not-null="true"/>

  <bag name="Stavke" inverse="true"
  cascade="all-delete-orphan" lazy="true"><key
  column="`PorudzbinaId`"/> <one-to-many
  class="WebShop.Model.PorudzbinaStavka, WebShop
  .Model"/>
  </bag>
</class>
```

Kompletna logika za pristup podacima smeštena je u poseban sloj, koji se dalje koristi kao nezavisna celina (dll biblioteka) u okviru ostatka aplikacije.

3.4. Aplikacioni server

U okviru servera koji je realizovan kao konzolna aplikacija na C# jeziku, uključeni su moduli u vidu dll biblioteka u kojima je implementiran sloj poslovne logike (business logic layer, BLL) i sloj za pristupanje podacima (data access layer, DAL).

U sloju za pristupanje podacima se nalaze klase realizovane po „data access object“ šablonu za svaki entitet sa neophodnim metodama za CRUD (create, read, update, delete) operacije.

U sloju poslovne logike su realizovane DTO (data transport object) klase za prenos podataka između servera i klijenta i BLO (business logic object) za svaki entitet. BLO klase definišu dostupne metode servera.

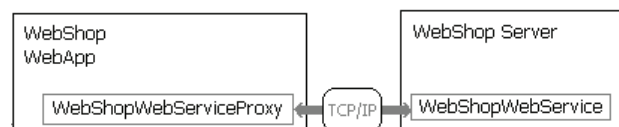
U aplikacionom serveru se host-uje web servis, koji služi za komunikaciju sa klijentskom stranom.

3.5. WebShop Webservice

U okviru .NET okruženja web servis se implementira kao da je reč o običnoj klasi. Potrebno je da web servis naslađuje klasu *System.Web.Services.WebService*. Takođe, potrebno je dodati atribut *[WebService]* ispred naziva klase a iznad implementacije metoda dodaje se atribut *[WebMethod]*. Sam framework obezbeđuje infrastrukturu za rad servisa.

Pošto se u konkretnom slučaju web servis hostujemo unutar konzolne aplikacije potrebno je instalirati dodatne biblioteke pod nazivom *Microsoft Web Services Enhancements [3] (WSE) 3.0*. Posebno je značajna klasa *SoapReceivers* koja upravlja instancom web servisa. Njoj se saopštava URL i port preko kojeg će se odvijati komunikacija.

Što se tiče klijentske strane, komunikacija se odvija preko proxy klase (kao što je prikazano na slici 1), koja reprezentuje web servis. Ona se automatski generiše pomoću alata *wsewsdl3.exe* koji dolazi sa WSE tako što se URL web servisa pridoda kao izvršni parametar. Na osnovu *wsdl*-a web servisa alat zna da generiše proxy klasu sa svim potrebnim metodama i tipovima.



Slika 1. Komunikacije između klijenta i servera preko proxy klase

3.6. WebShop Admin

Back-office aplikacija je realizovana kao Windows aplikacija na C# jeziku. Ona se sastoji od formi, u kojima administrator (prodavac) uređuje sadržaj web aplikacije, odnosno unosi i menja kategorije i proizvode. Takođe, ovde može da se prate i porudžbine koje šalju kupci i određivati njihov status.

Na glavnoj formi sa leve strane nalazi se GUI kontrola *TreeView*, koja prikazuje stablo kategorija. Kategorija predstavlja srodnu grupu proizvoda, koji se prodaju (npr. telefoni, memorija, knjige itd.). Svaka kategorija može imati proizvoljan broj podkategorija i tako redom u dubinu. Položaj određene kategorije (čvora u stablu) može da se menja tako što se željena kategorija prevuče (*drag-and-drop*) na željenu poziciju.

Sa desne strane nalazi se lista unetih proizvoda, prikazana pomoću GUI kontrole *DataGridView*. Prikazana lista zavisi od toga koja je kategorija selektovana u stablu. Kategorija nekog proizvoda može da se menja tako što se neki proizvod prevuče do željene kategorije.

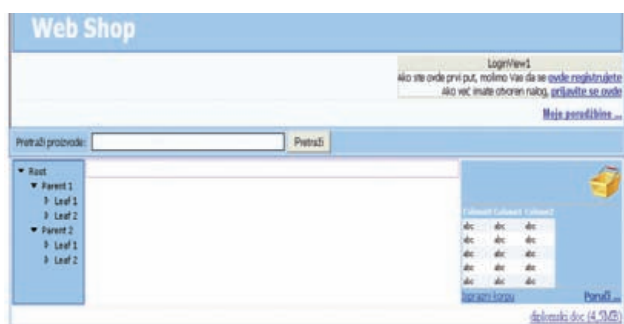
Pored glavne forme administratorska aplikacija sadrži formu za prikaz pristiglih porudžbina. Ona sadrži dve tabele (*DataGridView* kontrole) sa listom porudžbina i listom stavki određene porudžbine. Status porudžbine može da se menja kada se klikne desnim dugmetom miša na željenu porudžbinu i izabere se opcija iz padajućeg menija (primljeno, obrađuje se, odbijeno, prihvaćeno), što predstavlja povratnu informaciju za kupca.

Što se tiče programske logike ona koristi module sloja poslovne logike i sloja za pristupanje podacima iz aplikacionog servera.

3.7. WebShop WebApp

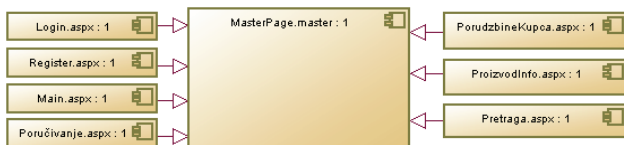
Front-office aplikacija je realizovana u ASP.NET okruženju. Sastoji se od programske logike neophodne za komunikaciju sa serverom (odnosno samim web servisom), pomoćnih klasa koje služe za prikaz podataka u tabelama i asp.net stranica. Za dizajniranje web stranica od velike pomoći je Visual Studio koji ima integrisani dizajner. Dizajn može da se uređuje i izmenama u HTML-u stranice. Web aplikacija se hostuje unutar Internet Information Services web servera tako što se datoteke projekta iskopiraju u aktivni direktorijum servera.

Prilikom dizajniranja stranica od izuzetnog značaja je koncept master stranica. Aplikacija sadrži jednu takvu master stranicu na kojoj se nalaze delovi korisničkog interfejsa i funkcionalnost, koji su zajednički za sve stranice. Svaka izmena ili dodavanje na master stranici će se automatski reflektovati na sve ostale stranice. Izgled master strnice je dat na slici 2.



Slika 2. – master stranica web aplikacije u dizajn modu

Na levoj strani nalazi stablo kategorija. Iznad postoji polje za unos namenjeno pretrazi proizvoda po ključnoj reči. Gore desnu su linkovi vezani za prijavljivanje i registraciju kupca a sa desne strane se nalazi “korpa” sa izabranim proizvodima i linkovima za izbacivanje stavki iz korpe i poručivanje.



Slika 3. – dijagram stranica web aplikacije

Ostale stranice sadržane u web aplikaciji prikazane su na slici 3, gde je naglašen njihov hijerarhijski odnos u odnosu na master stranicu. Lista proizvoda se prikazuje na Main.aspx stranici i dobija se klikom na stavku u stablu kategorija. Svaka stavka u tabeli ima link *Detaljnije...*, koji vodi na stranicu ProizvodInfo.aspx, gde se vidi detaljan prikaz podataka o proizvodu. Svaki proizvod ima naziv, cenu, detaljan opis i sliku. Na ovoj stranici se određuje količina koju kupac želi da poruči.

Stranica Poručivanje.aspx služi za slanje porudžbine. Ovde se nalaze polja sa podacima o kupcu, koje je uneo prilikom registracije, koja je moguće ažurirati. Takođe stoji lista poručenih proizvoda sa ukupnom cenom. Potvrda porudžbine obavlja se klikom na dugme Poruči, čime se zahtev šalje na server.

Na stranici PorudzbineKupca.aspx, kupac može pratiti stanje svoje porudžbine.

4. ZAKLJUČAK

WebShop aplikacija predstavlja primer „enterprise“ integrisanog sistema, pa je prevashodno bitno da se kvalitetno obavi analiza i projektovanje arhitekture sistema. Osim dekompozicije na fizičke celine, koja se nameće po prirodi sistema, poželjno je uočiti i dodatne logičke celine, kao što su slojevi aplikacije za poslovnu logiku i pristupanje podacima.

Korišćene tehnologije su se pokazale odlično i može se zaključiti da je reč o zrelih i pouzdanim tehnologijama.

.NET okruženje zajedno sa Visual Studiom, kao razvojnim alatom, pruža bogatu infrastrukturu za razvoj aplikacija ovakvog tipa. Posebno je korisna upotreba NHibernate alata čime se bitno ubrzava razvoj i smanjuje broj potencijalnih grešaka u kodu.

5. LITERATURA

[1] Pierre Henri Kuate, Tobin Harris, Cristian Bauer, Gavin King, **NHibernate in Action**, Manning Publications, ISBN-13: 978-1932394-92-4

[2] Matthew MacDonald, Mario Szpuszta, **Pro ASP.NET 3.5 in C# 2008 Second Edition**, Apress, ISBN-13 (pbk): 978-1-59059-893-1, ISBN-10 (pbk): 1-59059-893-8

[3] Web Services Enhancements 3.0 for Microsoft .NET <http://www.microsoft.com/downloads/details.aspx?FamilyID=018a09fd-3a74-43c5-8ec1-8d789091255d&displaylang=en>

Kratka biografija:

Jan Poljovka rođen je 24. jula 1981. godine Zemunu. Živi u Staroj Pazovi. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Računarstvo i automatika – Računarske nauke i informatika, odbranio je 2009.godine.

Milan Vidaković rođen je 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.

POUZDAN I ENERGETSKI-EFIKASAN PROTOKOL RUTIRANJA ZA BEŽIČNE SENZORSKE MREŽE**SECURE AND ENERGY-EFFICIENT MULTIPATH ROUTING PROTOKOL FOR WIRELESS SENSOR NETWORK**Marko Arsenijević, *Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad*

Sadržaj - Ovaj rad predlaže bezbedan i energetske efikasan protokol rutiranja koji obezbeđuje komunikaciju između čvorova. Nakon definicije osnovnih pojmova, u odeljku II opisan je koncept protokola. Odeljak III opisuje rezultate simulacije i uporednih testova. Zaključna razmatranja i mogućnosti data su u odeljku IV.

Abstract - In this paper we propose secure and energy efficient multipath routing protocol for communication between nodes. Section II described conception of protocol. Section III give us issue of simulation and compared tests. Conclusions and possibility are represent in section IV.

Ključne reči - Rutiranje, Bezbednost, Životni vek mreže, Bežične senzorske mreže

I. UVOD

Uz brzi napredak u elektronici napredovale su i bežične komunikacije koje su dovele do širokog opsega mogućnosti bežičnih senzorskih mreža, koje se mogu koristiti i za vojnu i za civilnu upotrebu. Bitnu ulogu u izradi bežične mreže je projektovanje protokola rutiranja koji može obezbediti sigurniju i efikasniju komunikaciju između čvorova.

II. POUZDAN I ENERGETSKI-EFIKASNIJI PROTOKOL RUTIRANJA

Jedan od mogućih problema u protokolima je pronalazak rute sa što manjom potrošnjom energije i koristiti tu putanju za svu komunikaciju između predajnik-prijemnik.

Medjutim sa gledišta životnog veka mreže to nije dobro. Korišćenjem jedne rute u kontinuitetu dovodi do smanjenja energije u čvorovima duž te putanje i može dovesti do podeljenosti mreže.

Za rešavanje potencijalnog problema predlaže se novi protokol nazvan Pouzdan i Energetski-Efikasan Protokol Rutiranja (SEEM). SEEM se razlikuje od drugih predloženih protokola rutiranja u metodi uspostave, izboru i održavanju delova rute. On povećava životni vek senzorske

mreže i redukuje dodatno prekoračenje potrošnje drugačijim izborom dela rute.

Osnovna ideja SEEM-a je da umesto korišćenja protokola inicijacije izvora ili inicijacije odredišta imamo baznu stanicu koja nalazi veći broj putanja od izvora do odredišta i izabira jedan put koji će koristiti pri komunikaciji. Bazna stanica (BS) stalno proverava energetske stanje svakog čvora u putanji putem razmene (paketa) poruka. Ovu informaciju koristi da bi izabrala najbolju putanju. SEEM je baziran na informacijama koje poseduje bazna stanica na osnovu kojih određuje kojom će putanjom paket proći, što je slično arhitekturi poznatoj kao client/server. Bazna stanica ima ulogu servera a svi čvorovi rade kao klijenti. Server procesira sve podatke dok klijent odgovara na zahteve, šalje podatke a ponekad vrši proste operacije. Bazna stanica vrši sve funkcije: sakuplja specifične podatke od senzora, kontroliše podatke i odabira adekvatnu putanju za podatke.

Senzorski čvorovi samo odgovaraju na osnovne komande kao što su: slanje podataka, prosledjivanje paketa ka drugim čvorovima, šalje podatke ka baznoj stanici.

Redosled usvajanja u SEEM protokolu:**1. Svi senzori su statični (mobilnost nije podržana SEEM)**

2. Potrošnja energije za svaku zadatu aplikaciju je poznata. Potrošnja energije je podeljena u tri domena: *osluškivanje, prenos podataka i procesiranje podataka*. Od ova tri domena poznato je da čvorovi troše najveću energiju na prenos podataka. To podrazumeva predaju i prijem podataka [2]. Slanje jednog bita podatka podrazumeva oko 0,01 mW energije dok jedna instrukcija na 5 mW-nom procesoru od 4 MHz zahteva oko 0,00002 mW [1]. Jasno je da nivo potrošnje energije je veći pri komunikaciji od procesiranja za dva stepena, što eksperimenti [11] takodje pokazuju. Npr. predpostavljamo da je potrošnja energije pri osluškivanju i prenosu jednog paketa 50 i 100 mW. Takodje predpostavljamo da energija za inicijalizaciju svakog čvora konstantna i iznosi oko milioniti deo mW. Kad god bazna stanica primi paket od senzorskog čvora svesni smo da je potrošnja energije za svaki čvor na datoj putanji smanjena duž te putanje smanjena za oko 200 mW (prijem i prosledjivanje) i za oko 150 mW osluškivanje i slanje.

NAPOMENA:

- Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bila prof.dr Dragana Bajić.
- Rad je prethodno publikovan na konferenciji INFOTEH Jahorina, mart 2008.

3. Svi čvorovi na samom početku imaju istu raspoloživu energiju. U zavisnosti od toga koliko čvorovi imaju skokova do bazne stanice zavisice njihova potrošnja energije tokom faze konstrukcija topologije.

4. Svaki čvor troši isti nivo energije pri prenosu i prijemu jednog paketa

SEEM ima tri faze: *Konstrukcija topologije*, *Prenos podataka* i *Održavanje rute*.

Faza *Konstrukcija topologije* predstavlja podešavanje mrežne topologije, *Prenos podataka* je radna faza gde se paketi kreću kroz senzorsku mrežu, dok *Održavanje rute* predstavlja prikupljanje podataka o mreži od svakog čvora od strane bazne stanice.

A. Konstrukcija topologije

Konstrukcija topologije kreće odmah posle razvoja svih senzorskih čvorova. Međutim ona se može menjati u bilo kom trenutku od strane bazne stanice tokom rada mreže. Ovim bazna stanica zahteva rekonstrukciju mreže topologije. Da bi se inicirala konstrukcija topologije bazna stanica prvo šalje ND (Neighbors Discovery) poruku celoj mreži.

Svaki čvor prima ovu poruku i prati sledeći postupak :

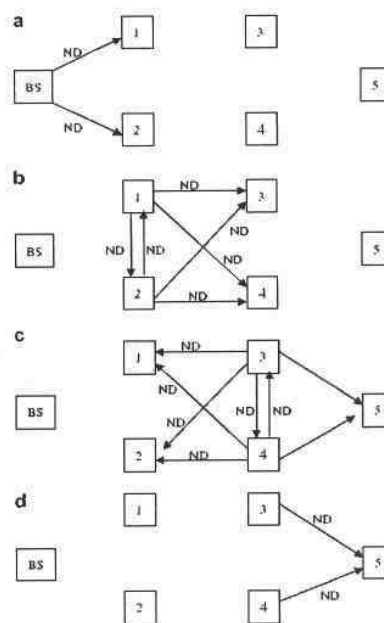
1. Snima adresu prev_hop od kog je dati izvor primio poruku i čuva je u listi suseda u rastućem redosledu
2. Menja adresu u svoju adresu
3. Proverava da li je primljena poruka. Ako je primljena već jedna odbacuje ND i neprosledjuje je. U suprotnom, prima ND i šalje je svim svojim susedima.

Treći korak obezbeđuje da ND poruka bude primljena samo jedanput za svaki čvor. Ovim je obimnost komunikacije pri prenosu i prijemu paketa smanjena na minimum.

Da bi bazna stanica znala da li se ND poruka raširila kroz mrežu ona šalje čvorovima NC (Neighbors Collection) poruku da bi se prikupile informacije od čvorova. Ovim proveravamo da je pri predhodnom slanju neka od ND poruka neispravno stigla do nekog čvora.

Takodje postoji i NCR (Neighbors Collection Replay) poruka koja sadrži informacije o adresi čvora i listi koja sadrži sve adrese njenih suseda.

Nakon prijema svih ovih poruka bazna stanica ima sve informacije o topologiji cele mreže i na osnovu nje pravi graf sa cenama putanje i informacije o snazi i energiji svakog čvora za prijem i prenos jednog paketa.

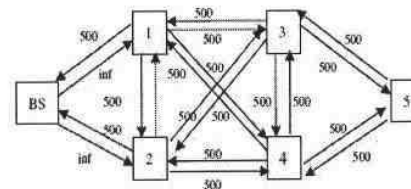


sl.1. Kako se ND prostire kroz mrežu

	BS	1	2	3	4	5
BS	0	∞	∞	0	0	0
1	500	0	500	500	500	0
2	500	500	0	500	500	0
3	0	500	500	0	500	500
4	0	500	500	500	0	500
5	0	0	0	500	500	0

Tabela 1. Matrica susednih čvorova

Pri implementaciji koristili smo ovu tabelu da prikaže relacije medju susednim čvorovima.



B. Prenos podataka

Prenos podataka se odvija u sledećim fazama:

1. Bazna stanica šalje zahtev (Data Enquiry) DE
2. Senzorski čvor odgovara na zahtev (Data Enquiry Reply) DER
3. Senzorski čvor ne odgovara na DE
4. Bazna stanica proračunava najkraći put do željenog čvora u grafu. Najkraći put je putanja od izvora do sink-a čija ukupna energija podrazumeva da svaki čvor pošalje najmanje jednu poruku (obično putanja sa najmanje skokova).

Svaki čvor koji je primio DE prati postupak:

1. Proverava da li zadovoljava zahtev
2. Ako zadovoljava, čvor vraća DER poruku koja sadrži dužinu podatka koja se šalje baznoj stanici i tom preko susednog čvora koji je prvi na listi suseda. Ako je to čvor koji je susedan sa baznom stanicom tada bazna stanica mora biti na vrhu liste suseda.
3. Ako ne zadovoljava vraća DE da bi izbegao ponovno slanje DE-a.
4. Čvor prima DER pruku i prosleđuje je tako što proverava listu suseda i šalje ga prvom u listi

Kada bazna stanica primi DER tada računa najkraću putanju do čvora koji je poslao DER. Ovo postupak smanjuje energiju za celu mražu. Ako postoji više od dve najkraće putanje koristi se drugi kriterijum za izbor čvora, maksimalna energija čvora. Potraga za najkraćom putanjom je veoma važan deo SEEM-a.

Dabi došli do tražene putanje od čvora do bazne stanice koristi se modifikovan Breadth First Search (BFS) algoritam[3]. Modifikovana verzija BFS algoritma ne odabira uvek najkraću putanju uato što moramo uzeti u obzir i gubitke energije na toj putanji. Npr. ako pronademo najkraću putanju u ruti a na toj putanji postoji čvor koji nema dovoljno energije za prenos podataka vrši se ponovo pretraživanje. Definisano je 5 nivoa energije tako da svaki naredni nivo je polovina vrednosti prethodnog nivoa. Pri pretrazi putanje rute smanjujemo nivo energije od najvišeg do najnižeg. Ako na toj putanji nije pronađen nivo energije to znači da neki od čvorova u putanji ne može da izvrši prenos podataka zbog niskog nivoa energije.

C. Održavanje rute

Slanje i prijem pojedinačnog paketa podrazumeva potrošnju određene količine energije koja je trivijalna. Ali ako velika količina podataka treba da se prenese između para predajnik/prijemnik utrošak energije ne može biti zanemaren. Situacija postaje gora ako se velika količina podataka prenosi preko jedne putanje sve vreme. Time je povećan rizik da senzorska mreža i njen životni vek budu dosta skraćeni. Predlog faze Održavanje rute rešava ovaj potencijalni rizik i produžava vek trajanja mreže koliko god je to moguće.

Ovo ostvarujemo time što SEEM deli komunikaciju između predajnika i prijemnika na više putanja čime izbegava korišćenje jedne putanje i jedne grupe čvorova samim tim se i njihova energija čuva.

III. KARAKTERISTIKE POUZDANOSTI SEEM-a

Većina napada na protokole rutiranja na senzorskim mrežama se može sprečiti enkripcijom i autentifikacijom korišćenjem globalnog ključa. Sigurnost SEEM-a dolazi od jedinstvenog načina izbora putanje rutiranja između predajnika i prijemnika. Ova karakteristika određuje da SEEM može izdržati napade na protokole rutiranja tako što ćemo koristiti visoko kvalitetnu putanju do bazne stanice.

U [12] autor sumira napade na protokole rutiranja. Ovi napadi uključuju ne ovlašćeno korišćenje informacija rutiranja, selektovano prosleđivanje, napadi na sink i dr.

U daljem tekstu pokazaćemo kako se SEEM brani od nekih od ovih napada.

Pri napadu na sink veoma je tesko izvršiti zaštitu. Kod SEEM protokola rutiranje vrši bazna stanica a ne izvor ili sink čvor, a pošto se stalno vrši promena putanje u zavisnosti i od nivoa energije nema potrebe za ovakvom zaštitom. Ako se i desi ovakav napad na neki od kritičnih čvorova to neće dugo trajati jer pri promeni rute više nećemo imati taj čvor u novoj putanji.

Kod napada selektivno prosleđivanje nekorisni čvorovi odbijaju da izvrše prosleđivanje dela ili cele poruke. Ovakav vid napada je efikasan kod za određene delova rute i ima za cilj da se uključi u prosleđivanje podataka. Pošto je putanja rute jedinstvena i zavisí od odabira bazne stanice ovim je smanjen rizik od ovakvog napada. Ako i neki od čvorova odbace paket u sledećem odabiru rute to se detektuje.

IV. SIMULACIJA I REZULTATI

U ovom delu predstavimo procenu ovog protokola koristeći simulacioni model i metrički proračun.[5]

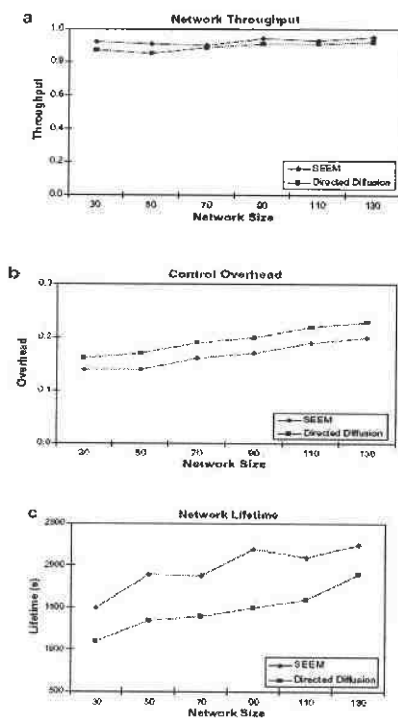
A. Model simulacije

Uzeta je oblast 150x150 u kome su bežični senzorski čvorovi postavljeni ad-hoc. Generišemo nekoliko varijanti senzorskog polja različitih dimenzija u kojima menjali broj čvorova od 30 do 130. Svi čvorovi su pretpostavljeni kao statični sa istom početnom energijom od oko 100W za slanje 1000 poruka. Postoji BS za sve čvorove a njen opseg je 10m. Koristili smo neke simulacije opisane u [9]. BS zahteva podatke od određenog čvora i kada on zavši sa slanjem svih poruka BS šalje zahtev za drugi čvor. Upoređivane su performanse novog protokola sa Directed Diffusion protokolom i to po dva uslova jedan je pod normalnim uslovima a drugi je sa 20 % nekorisnih čvorova.

B. Rezultati simulacije

Grafici 2 prikazuju uporedne k-ke ova dva protokola. Grafici pokazuju visok nivo prenesenih podataka pri povećanju broja čvorova za oba protokola. Kada gustina čvorova raste svaki čvor ima veći broj suseda i veću kontrolu paketa koji su poslani/prijmljeni. Odavde sledi da sa porastom prenetih podataka tada se kontrola prekoračenja se smanjuje. Sink u Directed Diffusion protokolu mora izvršiti flooding da bi osvežio informacije o celoj mreži. Razlika u odnosu na SEEM je što mora vršiti flooding svaki put kada želi podatke od neke nove oblasti. Directed Diffusion koristi lokalnu komunikaciju što dovodi do porasta kontrole prekoračenja.

Najznačajnija k-ka SEEM-a je životni vek mreže što se sa grafika vidi da raste za oko 35% u odnosu na Directed Diffusion protokol.



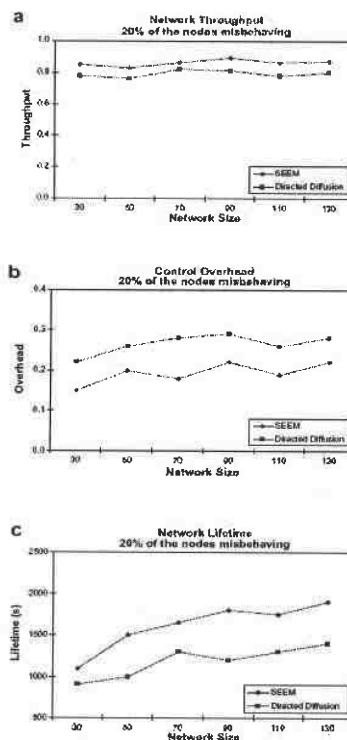
grafik 2. Karakteristike mreže za poredjene protokole

Za razliku od Directed Diffusion-a, u SEEM protokolu BS bira rutu na osnovu informacija o količini preostale energije, broju primljenih paketa i dužini putanje rute. Sa ovim mehanizmom obezbeđuje se najoptimalnija putanja u tekućem trenutku. BS ima sve informacije o topologiji što je velika prednost u odnosu na protokole koji koriste samo lokalne informacije.

Grafici 3. prikazuju simulaciju rezultata kada imamo 20% nekorisnih čvorova.

3a. očigledno ne prikazuje porast protoka kada postoje nekorisni čvorovi na ruti. Dokle god postoji alternativni put bez nekorisnih čvorova komunikacija se odvija

normalno. Directed Diffusion ima isti mehanizam za promenu putanje.



grafik 3. Karakteristike mreže za poredjene protokole kada imamo 20% nekorisnih čvorova

3b. prikazuje kontrolu prekomerne potrošnje povećanje i kod SEEM protokola je sa 16% na 19% dok je kod Directed Diffusion protokola to povećanje je sa 19% na 27% za povećanje broja čvorova za 40%.

Kada BS detektuje nekoristan čvor ona bira novu rutu koja ne zahteva dodatnu potrošnju. Jedina potrošnja je što BS obaveštava izvor o promeni putanje. Kod Directed Diffusion protokola kod svake promene primenjuje se flooding. Da bi se našla nova putanja potrebno je nekoliko flooding-a zbog toga što se informacije prikupljaju lokalno.

Životni vek mreže za oba protokola trpi unačajno smanjenje performansi kada se detektuju nekorisni čvorovi. I pored toga životni vek SEEM protokola je još uvek 37% duži od Directed Diffusion protokola zbog toga što SEEM češće osvežava informacije o rutama i čvorovima.

V. ZAKLJUČAK

U ovom radu predložen je efikasan protokol rutiranja nauvan SEEM za bežične senzorske mreže. On razmatra energetska efikasan a istovremeno i pouzdan protokol, dizajniran kao koristan višenamenski koncept. SEEM ima određene prednosti u odnosu na prethodne protokole rutiranja:

i) ublažuje opterećenost senzorskih čvorova pri prenosu menjajući putanju rutiranja u odnosu na zadatu putanju do baznih stanica

ii) produžetak životnog veka cele mreže korišćenjem metode višestrukog rutiranja pri prenosu podataka

iii) redukovanje kašnjenja prenosa podataka korišćenjem kraćih i pouzdanijih putanja

iv) otpoan na napade koji remete rad senzorske mreže oglašavajući visokokvalitetne putanje do baznih stanica.

Rezultati simulacija i uporedne karakteristike sapostojećim protokolima pokazuju prednost i snagu SEEM-a.

LITERATURA

- [1] K. Akkaya, M. Younis, A survey on routing protocols for wireless sensor networks, Elsevier Ad Hoc Networks Journal 3 (3) (2005) 325–349.
- [2] I. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, E. Cayirci, A survey on sensor networks, IEEE Communications Magazine 40 (8) (2002) 102–114.
- [3] T.H. Cormen, C.E. Lerserson, R.L. Rivest, in: C. Stein (Ed.), Introduction to Algorithms, second ed., MIT Press, 2001.
- [4] X. Du, M. Guizani, Y. Xiao, H. Chen, Two tier secure routing protocol for heterogeneous sensor networks, IEEE Trans. Wireless Commun., submitted for publication.

[5] NS2, <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>.

[6] D. Ganesan, R. Govindan, S. Shenker, D. Estrin, Highly-resilient, energy-efficient multipath routing in wireless sensor networks, ACM Mobile Computing and Communications Review 5 (4) (2001) P10–P24.

[7] A. Hac, Wireless Sensor Network Designs, Wiley, 2003, ISBN 0-470-86736-1.

[8] C. Hedrick, Routing Information Protocol, Internet Request For Comments RFC 1058, June 1988.

[9] C. Intanagonwiwat, R. Govindan, D. Estrin, Directed diffusion: a scalable and robust communication paradigm for sensor networks, in: Proceedings of ACM Mobicom, Boston, MA, 2000.

[10] D.B. Johnson, D.A. Maltz, Dynamic source routing in ad hoc wireless networks, in: Mobile Computing, Kluwer Academic Publishers, 1996, pp. P153–P181 (Chapter 5).

[11] V. Ponduru, D. Ghosal, B. Mukherjee, A Distributed Coverage-Preserving Multipath Routing Protocol in Wireless Sensor Networks, Department of Computer Science, University of California at Davis, 2004.

[12] C. Karlof, D. Wagner, Secure routing in sensor networks: attacks and countermeasures, IEEE First International Workshop on Sensor Network Protocols and Applications, May 11, 2003.

**ODREĐIVANJE OBLASTI NESTABILNOSTI ASINHRONOG MOTORA NAPAJANOG
IZVOROM PROMENLJIVE UČESTANOSTI****DETERMINING INSTABILITY AREA OF AN INDUCTION MACHINE
IN VARIABLE SPEED DRIVES**Branko Marjanović, Dejan Reljić, Veran Vasić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U okviru rada razmatrana je nepoželjna pojava podržanih oscilacija brzine asinhronog motora kada se napaja sa izvora promenljive učestanosti. Pokazano je da asinhroni motor može postati nestabilan u širokom opsegu brzina ako parametri pogona nisu pravilno izabrani. Pomoću linearizovanog matematičkog modela pogona izvršeno je predviđanje oblasti nestabilnosti. Prikazane su promene oblasti nestabilnosti u frekvencija – moment ravni za različite vrednosti parametara pogona. Simulacijom modela pogona koji je razvijen u Matlab Simulink paketu dobijeni su vremenski odzivi brzine asinhronog motora. Na kraju su prikazani rezultati eksperimentalnih ispitivanja pogona.

Abstract – In this paper undesired self – sustained induction machine speed oscillations in variable speed drives are considered. Drive instability may occur over a wide range of speeds if the drive parameters are improperly selected. Unstable regions are predicted by analysing drive linearised mathematical model. Changes of instability regions in the frequency – torque plane as a function of drive parameters are presented. Speed vs. time responses as the simulation results in Matlab Simulink software are shown. The results of experimental testing of induction motor drive are presented.

Cljučne reči: Podržane oscilacije, oblast nestabilnosti, mrtvo vreme invertora, skalarno upravljanje

1. UVOD

Savremeni industrijski i tehnološki procesi zahtevaju pogone sa promenljivom brzinom obrtanja. Kao pogonsko sredstvo u tim procesima najzastupljeniji su asinhroni motori, koji su napajani iz frekventnog pretvarača, što omogućuje promenu brzine u širokom opsegu. Poznato je da asinhroni motor može postati nestabilan u pogonu sa promenljivom brzinom obrtanja. Uzrok nestabilnosti je smanjenje faktora prigušenja pri smanjenju učestanosti. Posledica nestabilnosti asinhronog motora nije neograničen porast oscilacija koji bi doveo do zaustavljanja motora, već se imaju oscilacije brzine i momenta čija je amplituda konačna. Ove oscilacije su nepoželjne za rad pogona. Nestabilnost se ne javlja nužno kod svakog motora jer je faktor prigušenja funkcija parametara pogona. Frekvencijska regulacija brzine asinhronih motora sa kratko spojenim rotorom nalazi sve veću primenu u pogonima pumpi, ventilatora i kompresora.

NAPOMENA:

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

Varijacija napona i učestanosti uz konstantan odnos U/f zadovoljava u većini primena, pa se ovakvi pogoni često realizuju bez povratne sprege. Frekventni pretvarač se tada koristi kao kontrolisani izvor napona čija se amplituda i učestanost mogu kontinualno menjati. Brojne su i primene u kojima jedan frekventni pretvarač napaja više paralelno povezanih asinhronih motora.

Pojava nestabilnosti zavisi od parametara motora i opterećenja, kao i od radnog režima i karakteristika pretvarača snage.

Nestabilnost se ne javlja kod svih pogona, i češća je kod pogona velike snage. Premda se nestabilnost može pojaviti i u slučaju da se motor napaja iz idealnog naponskog izvora, Lipo [1] pokazuje da su osnovni uzroci nestabilnosti neusklađenost parametara motora i pretvarača, kao i pojava razmene energije između pasivnih elemenata jednosmernog međukola i obrtnih masa mehaničkog podsistema. Premda pomenuti režimi ne uključuju progresivno uvećanje amplitude oscilacija, negativno se odražavaju na kvalitet, pouzdanost i efikasnost pogona, pa je potrebno pronaći mogućnost za stabilizaciju.

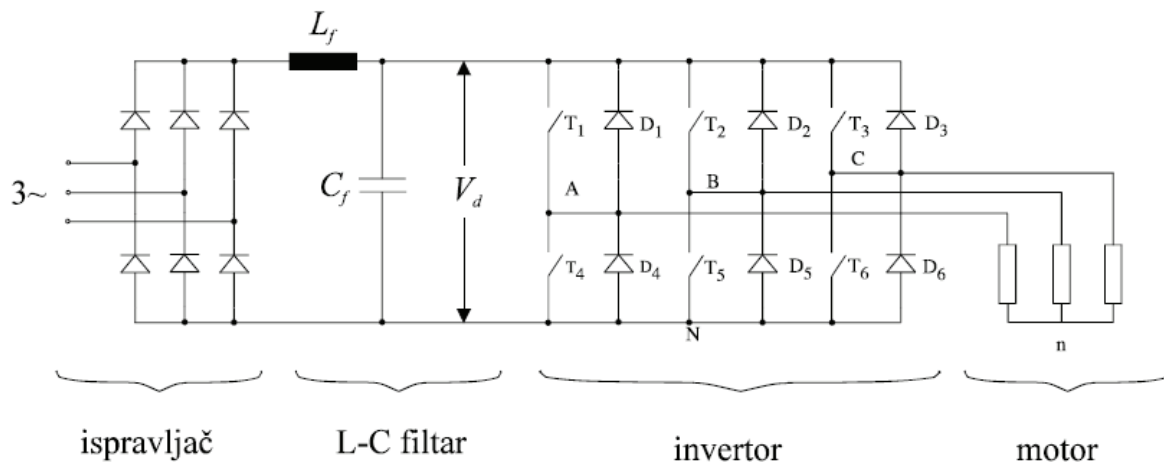
2. STRUKTURA POGONA I MODELOVANJE

Za realizaciju elektromotornog pogona promenljive brzine obrtanja sa asinhronim motorom potreban je pretvarač sa promenljivim izlaznim naponom i frekvencijom. U tu svrhu koristi se dvostepeni energetska pretvarač.

Razvojem energetske elektronike, usavršeni su pretvarači sa jednosmernim međukolom, tako da je moguće ostvariti kvalitetnu kontrolu dinamike izlaznog napona. Na slici 1. je prikazan statički pretvarač sa jednosmernim međukolom.

Ovakva struktura pogona omogućuje više načina upravljanja brzinom asinhronog motora. Skalarno upravljanje motorom čime se postiže konstantan odnos napona i frekvencije (U/f) dobija se generisanjem upravljačkih signala za prekidače invertora po algoritmu impulsno širinske modulacije (PWM). Skalarno, odnosno U/f upravljanje je i pored svojih nedostataka danas često korišćen metod upravljanja u pogonima niskih performansi koji ne zahtevaju precizno regulisanje brzine obrtanja asinhronog motora.

Jednosmerni napon se dobija iz diodnog ispravljača. Problem sa energijom tokom kočenja asinhronog motora može se rešiti pomoću još jednog ispravljača ili pomoću otpornika za kočenje u jednosmernom međukolu.



Slika 1. Statički pretvarač sa jednosmernim međukolom

Invertor se sastoji od šest tranzistora i njima paralelno vezanih povratnih dioda. Tranzistori rade u prekidačkom režimu, što znači da su u zasićenju ili zakočeni. Ovim invertorom se jednosmerni napon napajanja konvertuje u trofazni sistem napona različitog oblika. Kod sinusnog PWM invertora trougaoni nosilac se poredi sa sinusnim modulišućim signalom fundamentalne učestanosti f_1 . Tačke preseka određuju trenutke komutacije prekidača. Promenom amplitude i učestanosti modulišućeg signala utiče se na amplitudu i učestanost prvog harmonika napona invertora f_1 .

Jednosmerno međukolo sastoji se od induktivnosti L_f i kondenzatora C_f . Kondenzator C_f treba da eliminiše harmonike napona V_d . Induktivnost L_f ograničava struju punjenja kondenzatora C_f . U zavisnosti od vrednosti L_f , C_f i opterećenja motora, struja kroz induktivnost L_f može biti kontinualna i diskontinualna.

Skup diferencijalnih jednačina koji predstavlja matematički model pogona je nelinearan. Da bismo primenili relativno jednostavne kriterijume stabilnosti razvijene za linearne sisteme potrebno je izvršiti linearizaciju skupa diferencijalnih jednačina. U svakoj tački frekvencija – moment ($f_1 - m_e$) ravni izračunavaju se sopstvene vrednosti Jakobijeve matrice linearizovanog sistema, kako bi se dobila oblast u kojoj bar jedna sopstvena vrednost ima pozitivan realan deo, dakle oblast nestabilnosti.

Problem i postupak modelovanja pogona koji je pogodan za računarsku analizu dat je u radu [2].

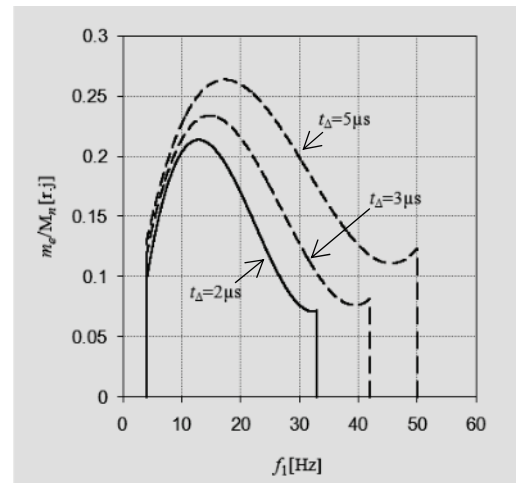
3. REZULTATI SIMULACIJA

Rezultati prikazani na slikama 2. – 5. su dobijeni analizom spektra polova linearizovanog matematičkog modela pogona sa asinhronim motorom 4AZ 132Sb-2. Prikazano je kako različiti parametri pogona i asinhronog motora utiču na oblast nestabilnosti. Parametri L-C filtra iznosili su: $L_f = 2,6$ mH i $C_f = 500\mu\text{F}$.

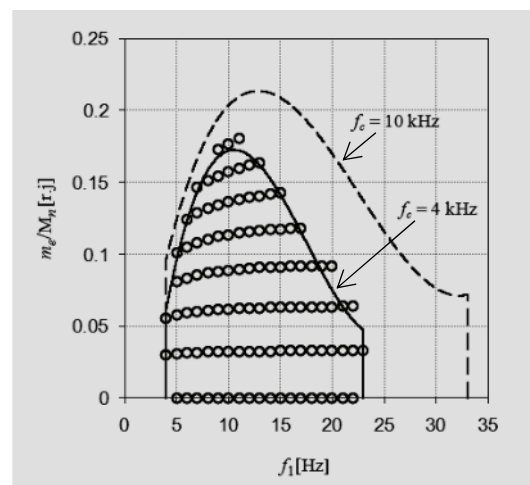
Pretraživanje u $f_1 - m_e$ ravni vrši se u diskretnim koracima po učestanosti f_1 i momentu m_e tako da su oblasti nestabilnosti ograničene okomitim segmentima na kraju oblasti nestabilnosti. Za svaku tačku čije su koordinate unutar oblasti nestabilnosti motor poseduje oscilatorni režim rada.

Uticaj mrtvog vremena invertora na oblast nestabilnosti, za $f_c = 10$ kHz (prekidačka učestanost) prikazan je na slici

2. Mrtvo vreme t_Δ (dead time) invertora onemogućuje istovremeno provođenje oba prekidača u jednoj grani invertora, odnosno pojavu kratkog spoja jednosmernog izvora napona. Sa povećanjem mrtvog vremena povećava se oblast nestabilnosti.



Slika 2. Uticaj mrtvog vremena na oblast nestabilnosti

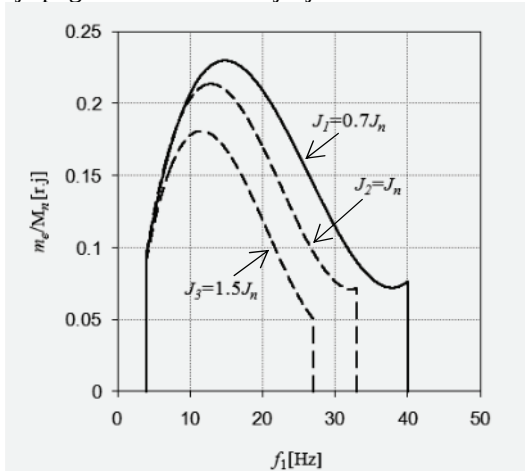


Slika 3. Uticaj prekidačke učestanosti f_c na oblast nestabilnosti

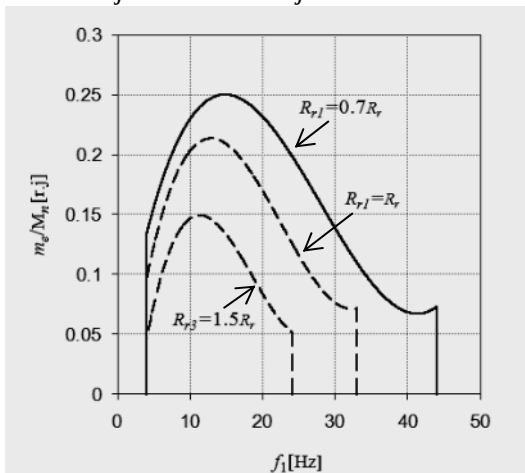
Sa kružićima na slici 3. prikazane su tačke u kojima bar jedna od sopstvenih vrednosti ima pozitivan realan deo. Povećanje prekidačke učestanosti f_c ima za rezultat

povećanje oblasti nestabilnosti što je prikazano na slici 3. Mrtvo vreme je podešeno na $t_{\Delta} = 2 \mu s$.

Podržane oscilacije iščezavaju sa povećanjem momenta inercije. Na slici 4. je prikazano da povećanje momenta inercije pogona utiče na smanjenje oblasti nestabilnosti.



Slika 4. Uticaj momenta inercije na oblast nestabilnosti

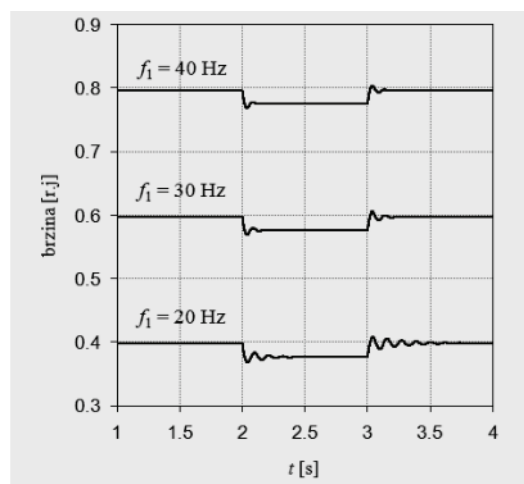


Slika 5. Uticaj otpora rotora na oblast nestabilnosti

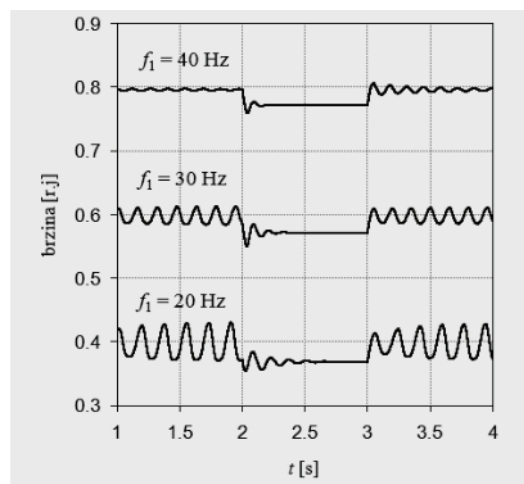
Smanjenje otpora rotora R_r utiče na smanjenje oblasti nestabilnosti, kao što je prikazano na slici 5. Promena otpora statora R_s ima sličan uticaj na oblast nestabilnosti. Prekidačka učestanost i mrtvo vreme invertora pri računarskim proračunima čiji su rezultati prikazani na slikama 4. i 5. iznosili su: $f_c = 10 \text{ kHz}$, $t_{\Delta} = 2 \mu s$.

Na slikama 6. i 7. prikazani su rezultati istraživanja stabilnosti pogona, simulacijom vremenskog odziva pogona primenom programskog paketa *Matlab Simulink*. Na slici 6. prikazan je vremenski tok brzine obrtanja motora za tri vrednosti učestanosti izlaznog napona invertora $f_1 = 20 \text{ Hz}$, $f_1 = 30 \text{ Hz}$, $f_1 = 40 \text{ Hz}$, mrtvo vreme invertora je zanemareno. Pogon je neopterećen do trenutka $t = 2 \text{ s}$ kada se motor opterećuje sa $0,25M_n$. Odziv pogona je stabilan, nema podržanih oscilacija, međutim to ne odgovara stvarnosti. Na slici 7. prikazan je isti prelazni proces kao i na slici 6. s tim da je uvaženo mrtvo vreme invertora. Opterećenje pogona utiče na prigušenje oscilacija, što je prikazano na slici 7. Podržane oscilacije iščezavaju kada se pogon optereći sa $0,25M_n$. Nakon rasterećenja motora u trenutku $t = 3 \text{ s}$ pojavljuju se podržane oscilacije pri $f_1 = 20 \text{ Hz}$ i $f_1 = 30 \text{ Hz}$. Pri učestanosti invertora $f_1 = 40 \text{ Hz}$ faktor prigušenja je mali po iznosu ali pozitivan, usled čega oscilacije sporo

iščezavaju. Ako se zanemari mrtvo vreme invertora odziv brzine pogona je stabilan.



Slika 6. Odziv brzine pri $f_c = 10 \text{ kHz}$ i $t_{\Delta} = 0 \mu s$, $1 \text{ r.j.} = 2\pi 50 \text{ rad/s}$

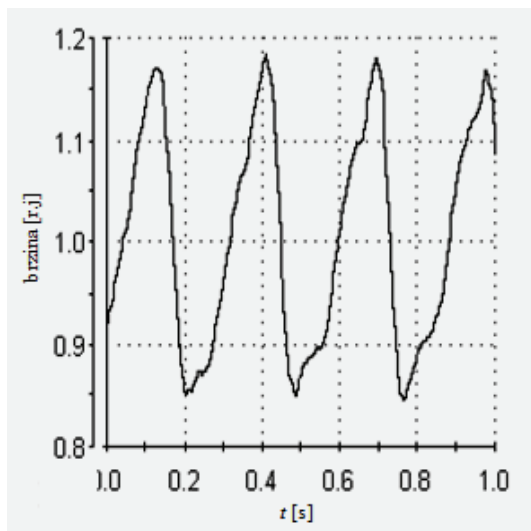


Slika 7. Odziv brzine pri $f_c = 10 \text{ kHz}$ i $t_{\Delta} = 2 \mu s$, $1 \text{ r.j.} = 2\pi 50 \text{ rad/s}$

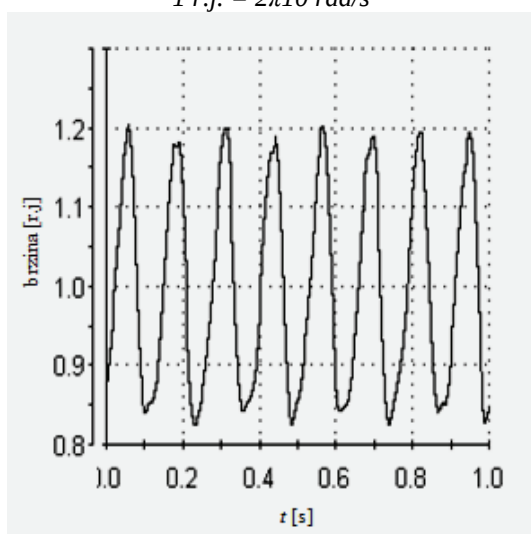
4. EKSPERIMENTALNI REZULTATI

Korišćenjem dSPACE modularnog sistema i posebno dizajnirane upravljačke kartice za frekventni pretvarač *Danfoss FC 302* napajan je ispitivani motor naponom promenljive frekvencije f_1 . Ovakav sistem omogućuje razvoj željenog algoritma upravljanja.

Realizovan je U/f algoritam upravljanja uz pomoć PWM principa generisanja upravljačkih signala za prekidače invertora, opisan u radu [3]. Opis dSPACE sistema i način realizacije skalarnog upravljanja pomoću istog dat je u radu [4]. Struktura sistema je identična onoj sa slike 1. Mrtvo vreme invertora podešeno je na $t_{\Delta} = 2 \mu s$. Inkrementalnim enkoderom *Omron* snimljeni su odzivi brzine motora za različite vrednosti frekvencije napona f_1 . Uočene su podržane oscilacije brzine u opsegu učestanosti napona od $f_1 = 8 \text{ Hz}$ do $f_1 = 50 \text{ Hz}$. Prilikom ispitivanja asinhroni motor bio je neopterećen. Na slikama 8. i 9. prikazani su odzivi brzine asinhronog motora pri prekidačkoj učestanosti invertora $f_c = 10 \text{ kHz}$.

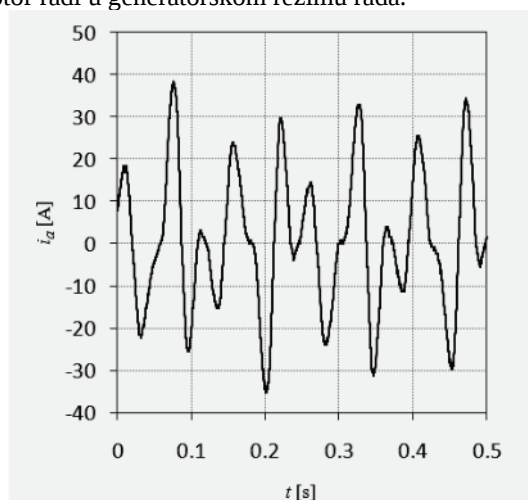


Slika 8. Odziv brzine pri $f_1 = 10$ Hz,
 $1 \text{ r.j.} = 2\pi 10 \text{ rad/s}$



Slika 9. Odziv brzine pri $f_1 = 20$ Hz,
 $1 \text{ r.j.} = 2\pi 20 \text{ rad/s}$

Sa slika 8. i 9. se vidi da brzina motora osciluje oko vrednosti sinhronne brzine; postoje intervali u kojima motor radi u generatorskom režimu rada.



Slika 10. Linijnska struja motora pri $f_1 = 20$ Hz

Na slici 10. prikazan je talasni oblik linijske struje motora kada su prisutne podržane oscilacije. Struja odstupa od

željenog prostoperiodičnog oblika i poseduje harmonike na nižim učestanostima koje su štetne za rad motora.

5. ZAKLJUČAK

U radu je prikazana nepoželjna pojava nestabilnosti rada asinhronog motora kada se napaja sa izvora promenljive učestanosti. Prikazane su oblasti nestabilnosti u zavisnosti od promene različitih parametara pogona.

Promenom prekidačke učestanosti invertora menja se oblast nestabilnosti. Povećanjem prekidačke učestanosti invertora harmonici napona i struje pomeraju se ka višim učestanostima, ali oblast nestabilnog rada asinhronog motora raste. Na oblast nestabilnosti utiču i parametri motora: moment inercije, otpori statora i rotora, induktivnost magnećenja i induktivnost rasipanja statora i rotora. Mrtvo vreme takođe modifikuje oblast nestabilnosti. Tokom mrtvog vremena napon na izlaznim priključcima ne zavisi od upravljačkih signala već je određen smerom struje. Struja motora pri oscilatornom režimu rada deformisana je i sadrži niskofrekventne harmonike koji su posledica izobličenja napona usled efekta mrtvog vremena.

Nedovoljno tačno poznavanje parametara motora, koji se menjaju u toku rada, kao i razna zanemarenja u programu za simulaciju pogona, rezultuju u nepoklapanju oblasti nestabilnosti dobijeni eksperimentalnim putem i računarskim proračunima.

Pravilnim izborom parametara pogona ili korišćenjem rešenja za suzbijanje oscilacija rešava se problem nestabilnosti rada asinhronog motora.

6. LITERATURA

- [1] T.A. Lipo, P.C. Krause; "Stability analysis of a rectifier-inverter induction motor drive", *IEEE Trans. on Power Apparatus and Systems*, VOL.PAS-88, NO. 1, pp. 55-66, January 1969.
- [2] V. Vasić; "Analiza efekta mrtvog vremena na stabilnost frekventno regulisanog elektromotornog pogona sa asinhronim motorom", magistarski rad, Elektrotehnički fakultet u Beogradu, 1996.
- [3] N. Mohan; "Power electronics", John Wiley & Sons, New York, 1989.
- [4] M. Merdžan; "Sistem za razvoj i proveru algoritama upravljanja kod elektromotornih pogona zasnovan na dSPACE razvojnom okruženju", diplomski-master rad, Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, 2009.

Kratka biografija:



Branko Marjanović rođen je u Užicu 1985. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Energetska elektronika i električne mašine odbranio je 2010. god.

Dejan Reljić rođen je u Prijepolju 1977. god. Magistrirao je na Fakultetu tehničkih nauka 2006. godine, gde je zaposlen kao asistent.

Veran Vasić rođen je u Šapcu 1970. god. Doktorirao je na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu 2001. Zaposlen je na Fakultetu tehničkih nauka kao vanredni profesor.

Jedno rešenje inteligentne strujne utičnice u pametnoj kući

Boris A. Radin, Vukašin A. Nuhijević, Nebojša U. Pjevalica

Sadržaj — U ovom radu je opisano jedno rešenje inteligentne strujne utičnice sa mogućnostima kao što je merenje potrošnje (merenje aktivne i reaktivne snage), uključivanje i isključivanje potrošača i fazna regulacija snage potrošača. Korisnička aplikacija na PC računaru sa kojom utičnica komunicira pomoću bežičnog protokola SimpliTI na 2,4 GHz služi za očitavanje merenja i upravljanje utičnicom.

Ključne reči — bežična komunikacija, fazna regulacija, kontrola potrošača, merenje potrošnje, pametna kuća, protokol SimpliTI.

I. UVOD

STAMBENI objekat sa ugrađenim inteligentnim računarskim sistemom koji obavlja razne poslove nadzora, automatizacije i merenja u cilju povećanja bezbednosti, komfora i energetske efikasnosti popularno se naziva pametna kuća. U svetu kakav je danas, u kome postoji sve veća potreba za energijom i gde raste svest o potrebi za očuvanjem prirode, koncept pametne kuće se sve više razvija i poboljšava. Merenje potrošnje i inteligentnije upravljanje potrošačima omogućavaju smanjenje troškova i povećanje komfora i sigurnosti, što podstiče i ekonomski opravdava razvoj uređaja koji se bave tim problemom.

Funkcije koje bi inteligentna strujna utičnica trebalo da obavlja su:

- uključivanje i isključivanje potrošača, struja potrošača do 10A,
- merenje potrošnje,
- fazna regulacija snage potrošača koji može biti otpornog (grejači, sijalice) ili induktivnog tipa (motori),
- bežična sprega sa kontrolnom korisničkom aplikacijom koja se izvršava na PC računaru.

Kontrolna korisnička aplikacija bi trebalo da ima jednostavan i intuitivan izgled sa grafičkim prikazom potrošnje. Poželjno je da postoji mogućnost pristupa aplikaciji putem Interneta čime se omogućava kontrola uređaja na daljinu.

Rad je organizovan u 5 poglavlja. U II poglavlju je dat opis fizičke arhitekture sistema, u III poglavlju je ukratko

Ovaj rad je delimično finansiran od strane Ministarstva za nauku Republike Srbije, projekat 12004, od 2008. godine.

B. A. Radin, Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, Srbija (telefon: 381-21-4801201; e-mail: boris.radin@rt-rk.com).

V. A. Nuhijević, Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, Srbija (telefon: 381-21-4801185; e-mail: vukasin.nuhijevic@rt-rk.com).

N. U. Pjevalica, Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, Srbija (telefon: 381-21-4801186; e-mail: nebojsa.pjevalica@rt-rk.com).

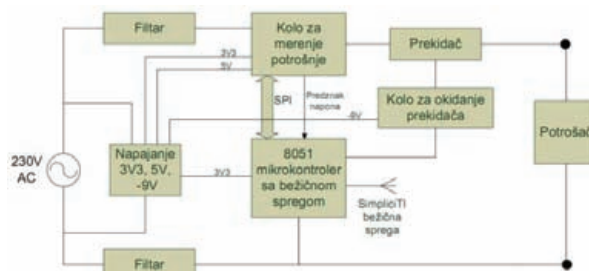
NAPOMENA:

- Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada Vukašina Nuhijevića. Mentor je bio prof.dr Nikola Teslić.
- Rad je prethodno publikovan na 17. konferenciji TELFOR, Beograd, novembar 2009.

opisan bežični protokol SimpliTI i u IV poglavlju su opisani USB primopredajnik za PC računar i korisnička aplikacija za upravljanje utičnicom.

II. FIZIČKA ARHITEKTURA UREĐAJA

Fizička arhitektura uređaja se može podeliti na nekoliko logički zaokruženih celina. To su napajanje, mikrokontroler, kolo za merenje potrošnje, prekidač i kolo za okidanje prekidača, filter za smanjenje konduktivnih smetnji i antena za radio komunikaciju. Na Sl.1 prikazana je principiska šema uređaja sa pomenutim logičkim celinama.



Sl. 1. Principiska šema uređaja

A. Napajanje

Pošto je uređaj konstruisan da bude smešten unutar utičnice tako da korisnik nema nikakvog fizičkog kontakta s njim, napajanje može biti galvaniski neizolovano što eliminiše potrebu za transformatorom i pojeftinjuje uređaj. Međutim, zbog specifične konstrukcije kola za okidanje prekidača koji zahteva negativan napon, upotrebljen je transformator sa dva sekundarna namotaja. Nakon ispravljanja Grecovim kolom na raspolaganju su +8,5V i -8,5V. Pozitivan napon je stabilisan linearnim regulatorima na 3,3V i 5V za napajanje mikrokontrolera i kola za merenje potrošnje.

B. Mikrokontroler

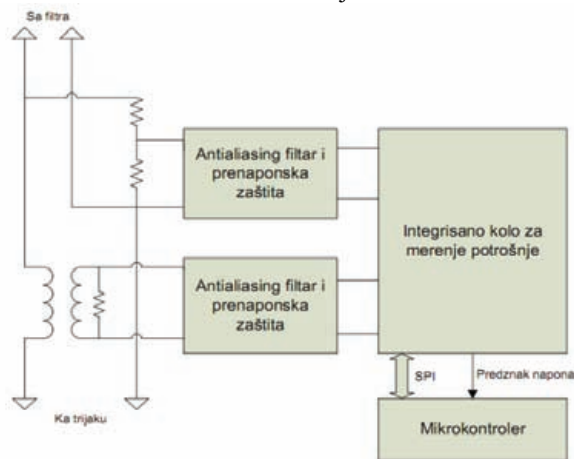
Zbog potrebe za radio komunikacijom potrebno je koristiti neki savremeni mikrokontroler koji u sebi sadrži radio sistem. Može se koristiti i posebno integrisano kolo koje je zaduženo za radio komunikaciju, ali to je skuplje rešenje. U predstavljenom uređaju koristi se sistem u integrisanom kolu SoC (*System on Chip*) sa 8051 poboljšanom mikrokontrolerskom jedinicom, primopredajnom radio jedinicom na 2,4GHz sa podrškom za protokol SimpliTI, 32kB fleš memorije za smeštanje programske podrške koju je moguće programirati u sistemu, 4 kB RAM memorije, 12-to bitnim A/D pretvaračem sa 8 multipleksiranih ulaza, dve USART jedinice, 4 tajmera/brojača i napajanjem od 2V do 3.6V. Radi na učestanosti od 26 MHz.

Zadaci mikrokontrolera su da pomoću serijske četvorožične sprege SPI (*Serial Peripheral Interface*) komunicira sa kolom za merenje potrošnje, upravlja kolom za okidanje prekidača, komunicira sa kontrolnom korisničkom aplikacijom koristeći bežični protokol SimpliciTI, kojoj šalje rezultate merenja i od koje prima odgovarajuće komande.

C. Kolo za merenje potrošnje

Potrošnja se može meriti merenjem struje i napona pomoću A/D pretvarača koje poseduje mikrokontroler - SoC. Međutim, postoje integrisana kola koja su projektovana za merenje potrošnje, pa korišćenje takvog kola pojednostavljuje ceo uređaj.

Kolo za merenje potrošnje, prikazano na Sl.2, sastoji se od integrisanog kola za merenje potrošnje, antialiasing filtera, kola za prilagođenje signala i prenaponsku zaštitu na ulazima A/D pretvarača integrisanog kola, i transformatora za merenje struje sa prenosnim odnosom 1:40 i maksimalnom merenom strujom od 10 A.



Sl.2. Kolo za merenje potrošnje

Integrisano kolo za merenje potrošnje je integrisani sistem koji sadrži dva $\Delta\Sigma$ A/D pretvarača, sisteme za računanje snage, kalibraciju, faznu kompenzaciju i SPI spregu. Projektovan je da precizno meri trenutnu vrednost struje i napona, računa efektivnu vrednost struje i napona, računa trenutnu, aktivnu i reaktivnu snagu. Na jednoj od nožica daje informaciju o polaritetu mrežnog napona koja služi za sinhronizaciju mikrokontrolera sa mrežnom učestanošću. Radi na učestanosti od 4,096 MHz.

Za merenje jačine struje potrošača neophodno je koristiti transformator za galvansko odvajanje. Ukoliko bi struja bila merena strujnim šantom, struja gejtja koja okida trijak bi bila merena takođe, što bi dovelo do sistematske greške merenja [1].

Efektivna vrednost struje I_{rms} se računa za N izmerenih trenutnih vrednosti struje I_n prema jednačini

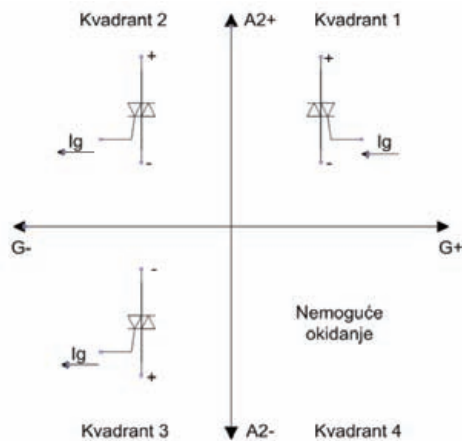
$$I_{rms} = \sqrt{\frac{\sum_{n=0}^{N-1} I_n^2}{N}} \quad (1)$$

Isto važi i za računanje efektivne vrednosti napona.

D. Prekidač i kolo za okidanje prekidača

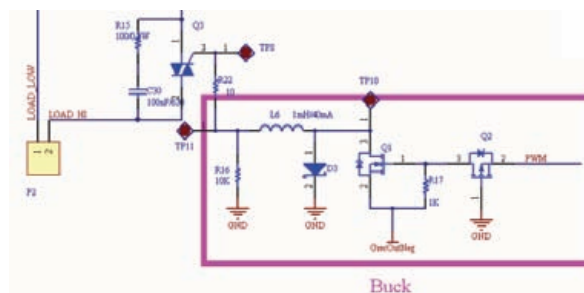
Posebna pažnja posvećena je izboru komponente koja će obavljati ulogu prekidača. Mogućnosti su: elektromagnetni rele, poluprovodnički rele (*SSR – solid*

state relay) i trijak. Zbog zahteva za faznom regulacijom i niskom cenom izabran je trijak odgovarajućih karakteristika. Pomenuta komponenta ima maksimalnu dozvoljenu efektivnu vrednost struje od 16A i malu vrednost struje gejtja od 10 mA potrebne za okidanje trijaka. Zbog konstrukcije koja omogućava okidanje trijaka tako malom vrednošću struje gejtja, nije moguće okidanje u četvrtom kvadrantu, te zbog toga trijak mora biti okidan u drugom i trećem kvadrantu, negativom strujom gejtja, kao što je prikazano na Sl.3 [2].



Sl.3. Okidanje trijaka u tri kvadranta

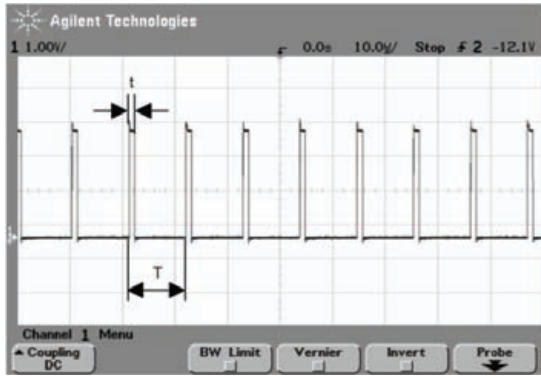
Za okidanje trijaka u drugom i trećem kvadrantu konstruisan je DC/DC IŠM (Impulsno Širinska Modulacija – *PWM Pulse Width Modulation*) pretvarač prikazan na Sl.4 [3]. Tačka sa nazivom GrecOutNeg je napon od -8,5V. Izgled signala sa nazivom PWM na električnoj šemi prikazan je na Sl.5.



Sl.4. Električna šema DC/DC IŠM pretvarača

Ideja je da se faktorom popunjenosti IŠM signala DC/DC pretvarača koji radi u neprekidnom režimu podešava jačina struje gejtja, pa se on zapravo ponaša kao strujni generator. Time je obezbeđena velika energetska efikasnost kola za okidanje trijaka i manje opterećenje napajanja. Trijak se okida neprekidnom strujom, što eliminiše problem uključivanja trijaka pri malim strujama potrošača [4], [5].

Programskom podrškom mikrokontrolera se upravlja strujom gejtja trijaka, pa je moguće implementirati različite algoritme za regulaciju snage potrošača, npr. fazna regulacija koja je pogodna za sijalice, ili regulacija propuštanjem celog broja poluperioda koja ne generiše strujne impulse u mrežu.



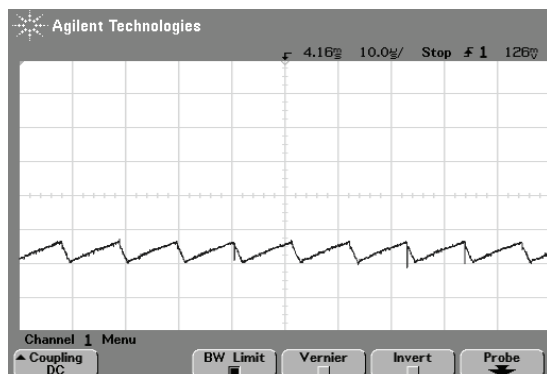
Sl.5. Izgled PWM signala

Perioda PWM signala je T , a t je trajanje impulsa. Odnos t i T je faktor popunjenosti i označava se sa D . Jednačina koja povezuje jačinu struje gejta I_g , faktor popunjenosti, induktivnost L i ulazni napon $V_i = \text{GrecOutNeg}$ je

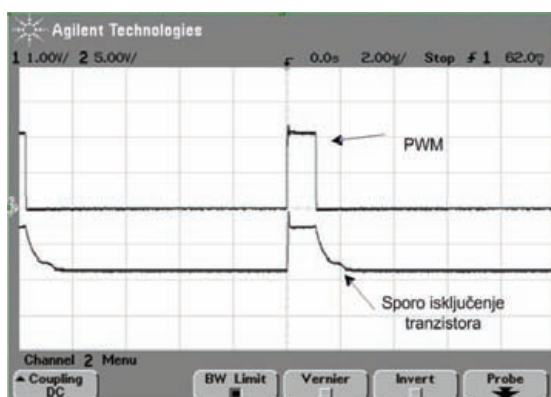
$$\Delta I_g = \frac{V_i}{L} T D (1 - D) \quad (2)$$

Učestanost PWM signala je oko 100 kHz, sa faktorom popunjenosti oko 0,15.

Na Sl.6 je prikazan izgled signala struje gejta trijaka. Na osnovu jednačine (2) i izvedenog merenja prikazanog na Sl.6, određuje se tačan faktor popunjenosti potreban za generisanje odgovarajuće jačine struje potrebne za okidanje trijaka.



Sl.6. Izgled signala struje gejta trijaka.



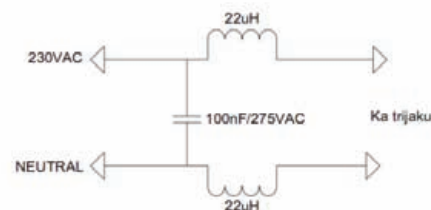
Sl.7. Izgled PWM signala i napona gejta tranzistora Q1

Na Sl.7 prikazani su signali PWM i napon gejta tranzistora Q1. Uočava se sporo isključenje tranzistora Q1, pa je potrebno tu grešku uračunati pri generisanju PWM signala. Problem se može rešiti promenom vrednosti otpornika R17, ili dodavanjem induktivnosti na red sa tim otpornikom.

Kada se trijak koristi za upravljanje induktivnim potrošačima, napon i struja potrošača nisu u fazi. Pošto se trijak isključuje kad struja potrošača padne na nulu, pri isključenju dolazi do naglog porasta napona na trijaku [6], [7]. Da bi se umanjio nagib primenjenog napona i osiguralo pravilno isključenje trijaka potrebno je koristiti zaštitno dV/dt kolo, tzv. snaber (snubber) kolo. Ono se sastoji od otpornika i kondenzatora povezanih redno, pa zajedno povezanih paralelno sa A1 i A2 krajevima trijaka. Vrednost kapacitivnosti i otpornosti zavisi od induktivnosti potrošača. Snaber kolo je prikazano na Sl.4, čine ga R15 i C30 [8].

E. Filtar

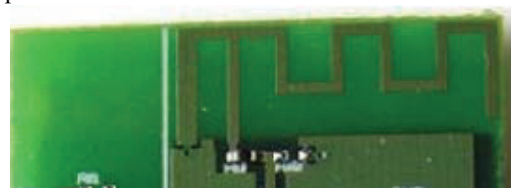
Filtar za potiskivanje konduktivnih smetnji nastalih zbog naglih impulsa struje pri faznoj regulaciji snage potrošača prikazan je na Sl.8.



Sl.8. Filtar za potiskivanje konduktivnih smetnji

F. Antena

Proizvođač mikrokontrolera preporučuje nekoliko vrsta antena koje se mogu koristiti za bežičnu spregu pomoću protokola SimpliTI na 2,4 GHz, a to su štap antena, antena u integrisanom kolu i antena na štampanoj ploči [9]. Ovde je izabrana antena na štampanoj ploči jer ne poskupljuje uređaj i ima dobre karakteristike [10]. Antena je prikazana na Sl.9.



Sl.9. Antena na štampanoj ploči

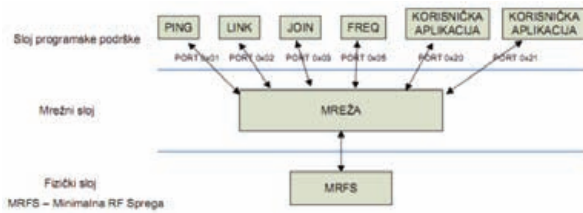
III. BEŽIČNA SPREGA

SimpliTI je protokol koji formira mrežu ravnopravnih čvorišta (peer to peer). Podržava dve osnovne topologije: topologiju isključivo ravnopravnih čvorišta i topologiju zvezde u kojoj jedno čvorište mreže ima ulogu razvodnika. Ovde je korišćena osnovna topologija isključivo ravnopravnih čvorišta jer je najjednostavnija a dovoljna za ispravno funkcionisanje uređaja. U zavisnosti od potrebe moguće je jednostavno izmeniti programsku podršku mikrokontrolera tako da se formira topologija zvezde [11].

Na Sl.10 su prikazani logički nivoi protokola

SimpliciTI.

Fizički sloj predstavlja radio sa svim fizičkim komponentama koje su potrebne za njegovo funkcionisanje.



Sl.10. Logički slojevi protokola SimpliTI

Sloj mreže upravlja prijemnim i predajnim redovima i otprema okvire podataka na njihova odredišta. Odredište je uvek aplikacija određena brojem Porta, ekvivalentno ideji TCP/IP porta. Port je dodatak adresi, zaglavlje okvira se skida a preostali primljeni podaci se šalju aplikaciji koja se nalazi na određenom Portu.

U sloju programske podrške se nalazi implementacija interakcije nekog senzora/aktuatora sa okolinom, koji korišćenjem komandi protokola SimpliTI komunicira sa drugim uređajem.

IV. USB PRIMOPREDAJNIK ZA PC RAČUNAR I KORISNIČKA APLIKACIJA

Da bi utičnicom bilo moguće upravljati, potreban je drugi uređaj koji podržava bežični SimpliTI protokol. Najjednostavnije za korisnika sistema je da ima mali USB uređaj koji priključi na USB priključak PC računara i pokrene kontrolnu aplikaciju. Srž USB uređaja čini mikrokontroler - SoC koji ima identične karakteristike sa opisanim mikrokontrolerom uz dodatak sistema za USB komunikaciju. Operativni sistem PC računara prepoznaje ovaj uređaj kao još jedan RS232 periferni uređaj.

Upravljačka korisnička aplikacija grafički prikazuje izmerenu potrošnju sa osvežavanjem svake sekunde. Posедуje dugmiće kojima se zadaju komande utičnici. Komande su uključi utičnicu, isključi utičnicu, izbor načina regulacije snage potrošača (propuštanjem perioda ili faznom regulacijom) i procenat dozvoljene snage potrošača.

V. ZAKLJUČAK

Uređaj je projektovan tako da omogući upravljanje potrošačima otpornog i induktivnog tipa. Eliminacija zahteva za faznom regulacijom ili ograničavanje samo na potrošače otpornog tipa pojednostavilo bi uređaj. Moguće je namenski konstruisati utičnicu samo za određene vrste potrošača. Upotreba transformatora je povećala fizičke dimenzije uređaja, tako da bi naredna verzija uređaja mogla biti projektovana sa prekidačkim napajanjem uz pažnju da takvo napajanje ne izazove smetnje i poremeti rad radio komunikacije. Takvo napajanje eliminiše potrebu za tako velikim transformatorom, pa bi dimenzije uređaja bile manje.

LITERATURA

- [1] V. Bego, *Mjerenja u elektrotehnici*, Tehnička knjiga, Zagreb, 1975.
- [2] AN439, *Snubberless and logic level TRIAC behavior at turn-off*, Application Note.pdf, www.st.com
- [3] B. Dokić, *Energetska elektronika: pretvarači i regulatori*, Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Banjaluci, Banjaluka, 2000.
- [4] AN303, *Thyristors and TRIACs: latching current*, Application Note.pdf, www.st.com
- [5] AN302, *Thyristors and TRIACs: holding current - an important parameter*, Application Note.pdf, www.st.com
- [6] AN307, *USE OF TRIACS ON INDUCTIVE LOADS*, Application Note.pdf, www.st.com
- [7] AN308, *TRIAC analog control circuits for inductive loads*, Application Note.pdf, www.st.com
- [8] AN437, *RC snubber circuit design for TRIACs*, Application Note.pdf, www.st.com
- [9] AN058, *Antenna Selection Guide (Rev. A)*, Application Note.pdf, Texas Instruments, www.ti.com
- [10] AN043, *Small Size 2.4 GHz PCB Antenna (Rev. D)*, Application Note.pdf, www.ti.com
- [11] *SimpliciTI Overview (Rev. B)*, technical document.pdf, www.ti.com

ABSTRACT

In this paper an intelligent power supply outlet is described with work performances such as measuring of power consumption (measuring of active and reactive power), switching on/off a consumer and power phase regulation of a consumer. Measured consumption reading and outlet control and monitoring are performed by an application on a PC which communicates with outlet using the SimpliTI wireless protocol at 2,4 GHz.

AN INTELLIGENT POWER SUPPLY OUTLET AS A SOLUTION IN SMART HOUSE

Boris A. Radin, Vukašin A. Nuhijević, Nebojša U. Pjevalica

**PRERASPODELA IZDELJENOG MODELA DISTRIBUTIVNE
ELEKTROENERGETSKE MREŽE U DISTRIBUIRANOM SISTEMU****REDISTRIBUTION OF PARTITIONED DISTRIBUTION POWER NETWORK MODEL
IN A DISTRIBUTED SYSTEM**Mirjana Petković, Darko Čapko, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U radu je opisana implementacija preraspodele celina već izdijeljenog modela distributivne elektroenergetske mreže u kojem je došlo do poremećaja balansiranosti veličine celina usled zatvaranja nekih od grana koje ih povezuju. Preraspodela se vrši pomoću dva algoritma zasnovana na: 1) difuzionom algoritmu i 2) cut-and-paste algoritmu. Izvršeno je poređenje ovih algoritama na realnom primeru modela mreže.

Abstract – In this work it's described the implementation of redistribution of the partitions which are already divided models of distributive power network in which has occurred a disorder in balance of the size due to closing of some branches which connects partitions. Redistribution is done with the help of two algorithms based on: 1) diffusion algorithm and 2) cut-and-paste algorithm. Algorithms were tested on actual power network model.

Ključne reči: Model elektrodistributivne mreže, Topologija, Difuzioni algoritam, Cut-and-paste algoritam

1. UVOD

Distributivni menadžment sistem (DMS) sadrži podatke o modelu distributivne elektroenergetske mreže kako bi se na njemu vršile razne simulacije i optimizacioni proračuni. Kada je energetska mreža velika potreban je veliki memorijski prostor da se on skladišti. Takođe, veliki model zahteva snažne procesore (računare). Jedna realizacija DMS-a, gde se ceo model smešta u jedan računar, zahteva veoma skup računar jer treba da je snažan i opremljen sa dosta memorije (RAM). Drugačija realizacija razmatra distribuiran računarski sistem u kome se upotrebljava više skromnijih računara. Takvo rešenje je složenije za implementaciju, ali nudi niz prednosti, uključujući i jeftiniji hardver. Kada se upotrebljava više računara (procesora) potrebno je podeliti mrežu sa ciljem da se svaki procesor podjednako optereti podacima sa stanovišta brzine izvršavanja i memorijskog zauzeća u granicama memorijskog kapaciteta. Komunikacija između procesora je moguća, ali je treba svesti na minimum i obezbediti da ona bude ujednačena.

Tokom upotrebe DMS softvera dolazi do promena statusa rasklopne opreme tako da se menja topološki model mreže. Zatvaranjem grana između delova podeljene mreže jedan deo treba prebaciti na drugu mašinu -

procesor zbog potrebe brzog proračuna nad povezanim delovima mreže. Međutim, prebacivanjem dela mreže u drugi računar može doći do remećenja balansiranosti mreže, jer ukupne veličine delova mreže koje se obrađuju na računarima se međusobno razlikuju. Tada je potrebno mrežu ponovo dovesti u balansirano stanje uz minimalnu komunikaciju između mašina. U ovom radu je opisan on-line postupak preraspodele neizbalansiranih delova mreže, koji se raspoređuju po procesorima. Predložena su dva algoritma raspodele: 1) upotrebom difuzionog algoritma i 2) modifikovanog difuzionog algoritma, koji je modifikovan cut-and-paste algoritmom. Na kraju su analizirani njihovi rezultati.

**2. MODELOVANJE ELEKTROENERGETSKE
MREŽE POMOĆU GRAFOVA**

Teorija grafova nalazi veliku primenu u praksi, a između ostalog se koristi i za opisivanje modela električnih mreža. Električni elementi u elektroenergetskoj mreži (transformatori, prekidači itd.) mogu se prikazati kao grane grafa, a mesta njihovog spajanja kao čvorovi. Topološke oblasti, koje predstavljaju skup međusobno povezanih elemenata, takođe možemo predstaviti grafom. Dva elementa su topološki povezana ako se sukcesivnim kretanjem preko njihovih susednih elemenata može doći od jednog do drugog, a da se pri tome ne pređe preko otvorenog elementa (rasklopne opreme).

Model podataka sadrži klase kojima opisujemo čvorove i grane, čije se instance kreiraju prilikom učitavanja podataka o mreži. Grane (električni elementi) sadrže informacije: o tipu elementa i njegovom statusu (otvoren ili zatvoren), kao i o čvorovima koje element povezuje. Svaki čvor sadrži listu grana, preko kojih je povezan sa susednim čvorovima.

Oblast mreže predstavlja se instancom klase koja opisuje graf. Ona sadrži listu grana i čvorova koje se nalaze unutar grafa. Dva grafa su susedna ako postoji veza između njih preko otvorenih grana. U mreži se razlikuju napajane (aktivne) i nenapajane (neaktivne) oblasti, koje nazivamo koren i ostrvo, respektivno. Stoga svaki graf sadrži informaciju o tipu (u zavisnosti od postojanja izvora napajanja u oblasti koju predstavlja). Ako se u oblasti nalazi aktivan izvor energije, cela oblast je aktivna. Region se sastoji od oblasti, tj. grafova raspodeljenih u isti deo (procesor) [1].

3. ON-LINE PRERASPODELA

Region se, kao skup grupisanih oblasti, obrađuju na jednom procesoru. Izgled mreže menja se promenom stanja električnih elemenata (otvaranje i zatvaranje

NAPOMENA:

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

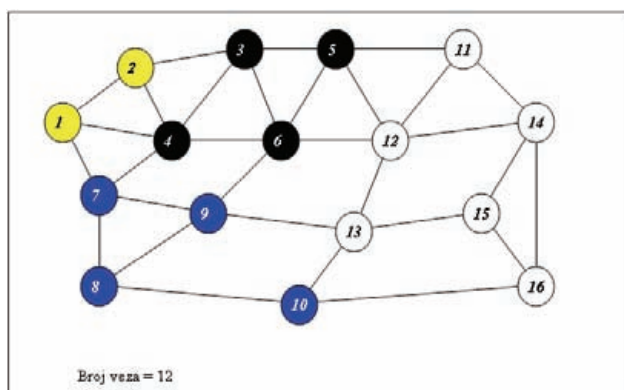
prekidača), nakon čega dolazi do drugačijeg sastava, veličine i ukupnog broja topoloških oblasti, tj. grafova, koji ih predstavljaju. Ukoliko se simulacije i optimizacioni proračuni vezani za elektroenergetsku mrežu trebaju vršiti on-line, neophodno je stalno osvežavanje modela distributivne elektroenergetske mreže sa promenom stanja prekidača. Prilikom zatvaranja prekidača između grafova smeštenih na različitim mašinama (regionima), neizbežna je komunikacija između tih mašina usled spajanja grafova iz različitih regiona. U tom slučaju dolazi do prelaska jednog od grafova u susedni region što može dovesti do poremećaja balansiranosti regiona. Potrebno je ponovo izbalansirati veličine regiona, ali tako da se vrši što manje prelazaka između regiona, tj. da komunikacija između mašina bude svedena na minimum, ali se pri tome mora voditi i računa o minimizaciji broja veza između regiona. Pošto se proračuni obavljaju u realnom vremenu, osvežavanje modela treba da bude što kraće.

Na slikama u ovom radu čvorovi predstavljaju grafove, a grane su otvorene veze među tim grafovima. Težina grana grafa definisana je brojem veza između njih, a težina čvorova brojem mini-čvorova u grafu (predstavljaju mesta gde se spajaju elektroenergetski elementi).

4. PRIMENJENI ALGORITMI

4.1. Difuzioni algoritam

Difuzioni algoritam [2, 3] je stohastički algoritam. Svaki čvor se ispituje, ali se čvorovi regiona posećuju slučajnim redosledom. Na posećeni čvor se primenjuju pravila da bi se ustanovilo da li taj čvor treba preneti u drugi region. Ako se čvor nalazi u neizbalansiranom regionu i ako je granični (povezan sa susednim regionom preko neke otvorene grane) i ako je taj susedni region izbalansiran, čvor prelazi u njega, pri čemu se ne vodi računa da li će se time narušiti njegova balansiranost.



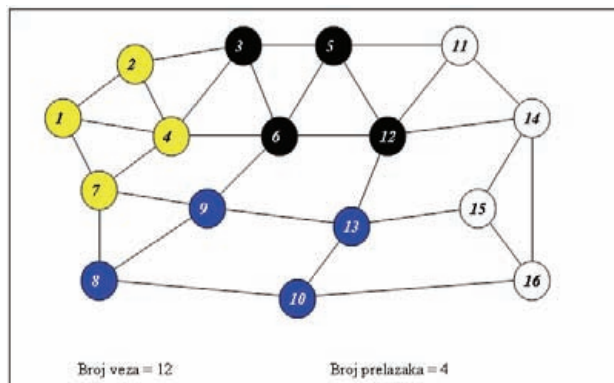
Slika 1. Neizbalansiran model
(napomena: težine čvorova i grana su 1)

Ako je čvor susedni sa nekoliko izbalansiranih regiona, preći će u onaj sa kojim ima veći broj veza. Nakon što se svaki granični čvor poseti tačno jednom proces se ponavlja dok se ne postigne balansiranost modela ili dok više nema napretka.

Kad je model izbalansiran prolazi se kroz sve čvorove koji se ne nalaze u početnim regionima i oni se pokušavaju vratiti u početni region, ali tako da se ne naruši balan-

siranost i ne poveća broj veza između regiona (pokušava se minimizirati komunikacija između regiona).

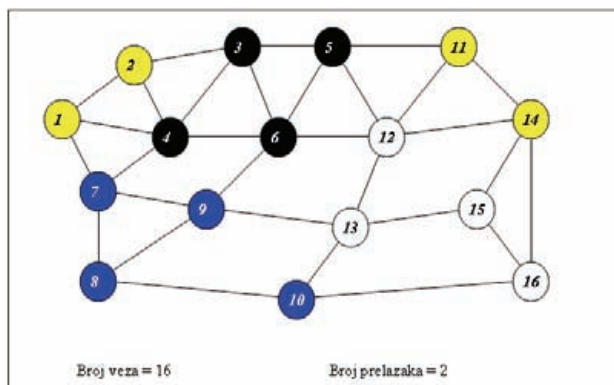
Na slici 1. prikazan je model neizbalansiranog modela koji se sastoji od četiri regiona (beli, crni, žuti i plavi), a maksimalna dozvoljena velicina regiona je 4 čvora (jer su težine čvorova 1), tj. tolerancija je 0%. Slika 2. predstavlja jedno od rešenja nakon primene difuzionog algoritma.



Slika 2. Model nakon primene Difuzionog algoritma

4.2. Modifikovani difuzioni algoritam

U modifikovanom algoritmu, slično kao kod difuzionog algoritma, čvorovi regiona se posećuju slučajnim redosledom. Svaki čvor se ispituje. Ako se čvor nalazi u neizbalansiranom regionu i ako je granični (povezan sa susednim regionom preko neke otvorene grane) i ako je taj susedni region izbalansiran, čvor prelazi u taj region ukoliko to neće narušiti njegovu balansiranost. Ako je čvor susedni sa nekoliko izbalansiranih regiona, odabir u koji region će preći se vrši tako da broj veza među regionima bude minimalan. Nakon što se svaki granični čvor poseti tačno jednom proces se ponavlja dok se ne postigne balansiranost mreže ili dok više nema napretka. Ako nije postignuta balansiranost, pronalazi se najslabije povezan čvor u neizbalansiranom regionu i prebacuje u najmanji region, vodeći računa da se ne poremeti njegova balansiranost. Ako region i dalje nije izbalansiran pokušava se prebaciti još čvorova najbolje povezanih sa regionom, pazeći na njegovu balansiranost. Zatim se algoritam ponavlja.



Slika 3. Model nakon primene modifikovanog algoritma

Ukratko, osnovna razlika, odnosno modifikacija, između ova dva algoritma jeste u tome što kod difuzionog algoritma granični čvor iz neizbalansiranog regiona prelazi u susedni region iako će to narušiti balansiranost

tog regiona, dok kod modifikovanog algoritma ako nije moguće preći u susjedni region, a da se ne naruši njegova balansiranoost, vrši se odsecanje najslabije povezanog čvora i prebacivanje u najmanji region bez obzira što taj region nije susjedni neizbalansiranom regionu iz kog se čvor odseca.

Na slici 3. prikazan je izgled modela nakon primene modifikovanog algoritma na model sa slike 1. Na ovoj slici se vidi da je do prelaska čvorova (čvorovi 11 i 14) iz neizbalansiranog regiona (beli) doslo odsecanjem i prebacivanjem u najmanji region (žuti), a ne difuzijom čvorova i iz crnog i plavog regiona kao na slici 2.

5. REZULTATI TESTIRANJA

Softversko rešenje realizovano je programskim jezikom C# u Microsoft .NET okruženju. Testiranje je izvršeno na računaru sa Intel Core2Duo procesorom na 2 GHz i 2 GB RAM memorije. Kao test model korišćen je model elektroenergetske mreže grada Beograda veličine 164313 elemenata (ukupan broj mini-čvorova u svim grafovima elektroenergetske mreže).

Na slici 4. dat je model napajnog dela distributivne elektroenergetske mreže Beograda raspoređene u četiri izbalansirana regiona (žuti-Y, plavi-B, crni-R, beli-W). Maksimalna dozvoljena veličina regiona sa tolerancijom 10% je 45186 elemenata. Težine svih čvorova i grana date su u tabelama 1 i 2.

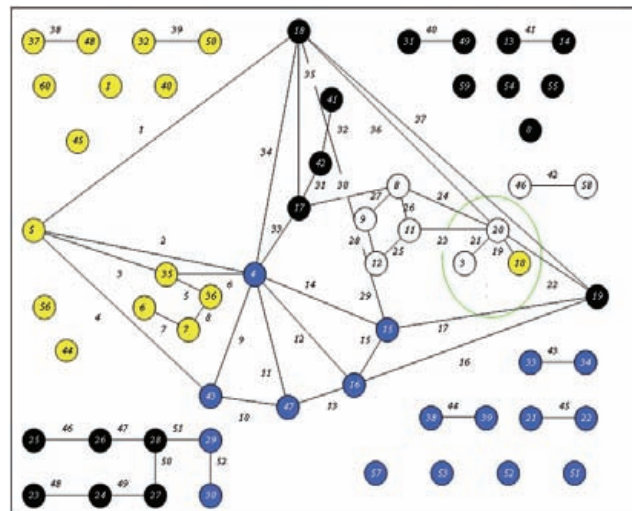
Za analizu navedena dva algoritma korišćen je karakterističan primer na kome se najbolje vide razlike između njih, a to je kad su susjedni regionu neizbalansiranog regiona puni (u njih ne može preći granični čvor iz neizbalansiranog regiona, a da se ne poremeti njihova balansiranoost). Kada ovo nije slučaj, oba algoritma daju slične rezultate.

Tabela 1. Težine čvorova

ID čvora	Težina čvora	ID čvora	Težina čvora
0	9	31	44
1	9	32	46
3	725	33	49
4	11487	34	49
5	12584	35	2982
6	929	36	1747
7	2603	37	51
8	6423	38	47
9	8187	39	47
10	11622	40	45
11	13787	41	3556
12	7202	42	2891
13	7350	43	5319
14	5872	44	42
15	7016	45	42
16	4621	46	46
17	10438	47	4452
18	9789	48	51
19	2784	49	46
20	5982	50	46
21	6966	51	45
22	4733	52	9
23	87	53	11
24	42	54	11
25	148	55	9
26	356	56	9
27	105	57	9
28	430	58	10
29	165	59	2
30	147	60	2

Tabela 2. Težine grana

ID grane	Težina grane	ID grane	Težina grane
1	2	27	38
2	45	28	5
3	2	29	1
4	2	30	3
5	17	31	3
6	22	32	2
7	41	33	5
8	2	34	2
9	1	35	20
10	49	36	3
11	1	37	1
12	1	38	1
13	2	39	1
14	3	40	1
15	36	41	28
16	1	42	1
17	2	43	1
18	1	44	4
19	2	45	7
20	10	46	22
21	1	47	10
22	21	48	10
23	3	49	1
24	1	50	12
25	24	51	1
26	8	52	10

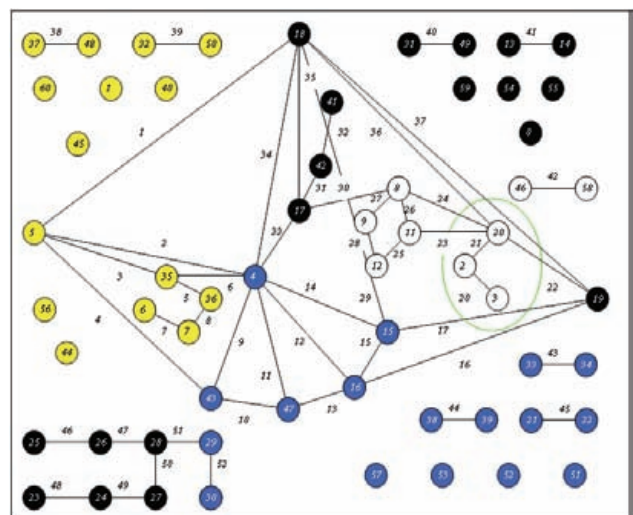


Slika 4. Izbalansiran model

Veličine regiona su:

$$Y = 32810 \quad B = 45172 \quad R = 43969 \quad W = 42362.$$

Pretpostavimo da je nakon inicijalne preraspodele zatvorena grana G19 između čvorova 20 i 10, nakon čega dolazi do njihovog spajanja u jedan čvor, tj. prelaska čvora 10 u W region; i otvorena grana G21 u čvoru 20 koja ga deli na dva dela, čvor 20 i čvor 2 (zaokruženo na slikama 4. i 5.). Usled toga, težina čvora 20 se promenila i iznosi 16601, a težina novonastalog čvora 2 je 1003. Nakon toga mreža je postala neizbalansirana (težina W regiona je prešla dozvoljnu veličinu od 45186 elemenata i iznosi 53984 elementa), što je prikazano na slici 5.



Slika 5. Model nakon zatvaranja grane G19 i otvaranja grane G21

Veličine regiona neizbalansirane mreže su:

$$Y = 21188 \quad B = 45172 \quad R = 43969 \quad W = 53984,$$

a broj veza među regionima (zbir težina grana):

$$\text{brojVeza} = 110.$$

Rezultati dobijeni nakon pozivanja difuzionog algoritma dati su u tabeli 3. (rezultati za 10 testova), gde je navedeno i vreme izvršenja algoritma kao i broj i težine prelazaka između regiona. Jedno od dobijenih rešenja prikazano je na slici 6.

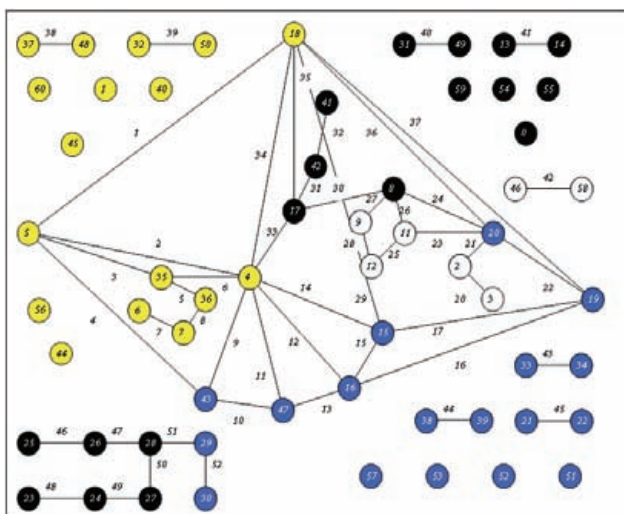
U tabeli 4. dati su prosečni rezultati za 10000 testova.

Tabela 3. Rezultati dobijeni primenom difuzionog algoritma za dati model

Red. broj	Broj veza	Broj prelazaka	Težina prelazaka	Vreme [ms]
1	180	6	43266	19
2	122	11	51086	19
3	89	7	39854	18
4	221	5	29294	15
5	176	3	21191	14
6	92	5	35462	17
7	132	6	43234	17
8	177	4	23975	14
9	185	4	38635	14
10	132	3	23139	17

Tabela 4. Prosečni rezultati dobijeni primenom difuzionog algoritma za dati model za 10000 testova

Broj veza	Broj prelazaka	Težina prelazaka	Vreme [ms]
153.5276	5.8893	42546.43	16.6363



Slika 6. Izbalansiran model nakon primene difuzionog algoritma (jedno od rešenja)

Nakon primene difuzionog algoritma veličine regiona su:

$$Y = 42464 \quad B = 41448 \quad R = 37819 \quad W = 42582,$$

broj veza:

$$\text{brojVeza} = 92,$$

vreme izvršenja:

$$\text{VremeIzvršenja} = 17\text{ms},$$

a broj i težina prelazaka između regiona:

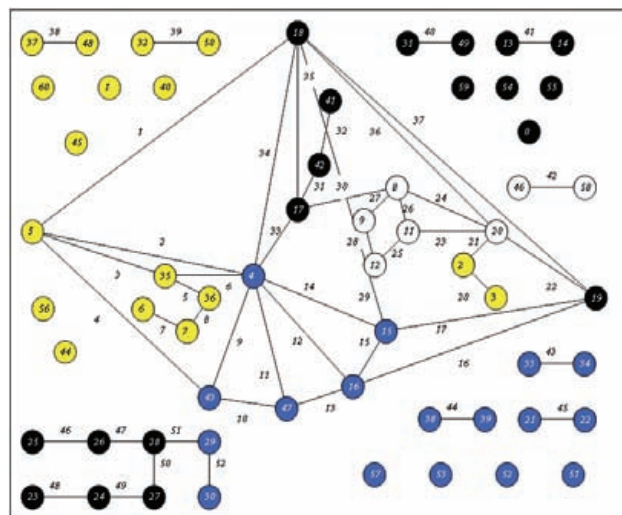
$$\text{brojPrelazaka} = 5 \text{ i } \text{težinaPrelaska} = 35462.$$

Može se primetiti da se kod ovog algoritma broj veza i broj prelazaka između regiona menja u velikom opsegu i da su neka od tih rešenja zadovoljavajuća (6. test iz tabele 3., gde je znatno smanjen broj veza iako imamo veću težinu prelazaka), dok su druga jako loša (1. i 2. test, imamo veliku težinu prelazaka i povećanje broja veza).

Modifikovani algoritam je takođe stohastički algoritam, ali za ovaj primer uvek daje jedno rešenje prikazano tabelom 5. i slikom 7.

Tabela 5. Rezultati dobijeni primenom modifikovanog algoritma

Broj veza	Broj prelazaka	Težina prelazaka	Vreme [ms]
113	2	1728	13



Slika 7. Izbalansiran model nakon primene modifikovanog algoritma

Nakon primene modifikovanog algoritma veličine regiona su:

$$Y = 34538 \quad B = 45172 \quad R = 43969 \quad W = 45172.$$

Modifikovani algoritam daje mnogo bolje rešenje gledajući broj prelazaka između regiona i težine tih prelazaka, tj. komunikaciju između mašina, dok je broj grana u proseku manji nego kod rešenja dobijenih difuzionim algoritmom.

6. ZAKLJUČAK

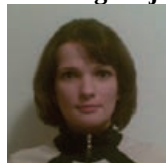
U radu je opisana on-line preraspodela izdijeljenog modela distributivne elektroenergetske mreže. Predložena su i opisana dva algoritma za preraspodelu: Difuzioni algoritam i Modifikovani difuzioni algoritam i analizirani su rezultati dobijeni testiranjem oba algoritma na test modelu mreže.

Nakon analize rezultata testiranja oba algoritma, predlaže se korišćenje Modifikovanog difuzionog algoritma jer on daje zadovoljavajuće rezultate, uzimajući u obzir da vidno smanjuje komunikaciju između mašina i da broj veza među regionima ostaje zadovoljavajuće mali.

7. LITERATURA

- [1] Mirel Štrangarić Šteta i Darko Čapko, "Topološka analiza i optimalna podela modela distributivne elektroenergetske mreže po regionima" Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2009.
- [2] Kirk Schloegel, George Karypis, and Vipin Kumar, "Repartitioning of adaptive meshes" Springer Berlin / Heidelberg, April 2006.
- [3] Kirk Schloegel, George Karypis, and Vipin Kumar, "Multilevel diffusion schemes for repartitioning of adaptive meshes", December 1997.
<https://eprints.kfupm.edu.sa/52220/1/52220.pdf>

Kratka biografija:



Mirjana Petković rođena je u Zenici 1984. god. Apsolvent je na Fakultetu tehničkih nauka, odsek Računarstvo i automatika, katedra za automatiku i upravljanje sistemima.

NAPAJANJE POTROŠAČA IZ GENERATORA SA STALNIM MAGNETIMA POWER SUPPLY WITH PERMANENT MAGNET SYNCHRONOUS MACHINES

Branislav Šmanja, Dejan Reljić, Veran Vasić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast - ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu predstavljeno je jedno rešenje rada generatora na sopstvenu mrežu. S obzirom na dobro poznata konvencionalna rešenja koja postoje i sve dobre i loše osobine takvih distributivnih generatora, ovde je predstavljen jedan drugačiji pristup. Uz pomoć savremenih pretvarača energetske elektronike, moguće je isporučiti potrošaču električnu energiju sa kvalitetom u granicama koje propisuju standardi. Na taj način otvara se mogućnost za napajanje onih sredina do kojih nije ekonomski isplativo graditi dalekovod, a koji u neposrednoj sredini imaju neki oblik obnovljivog izvora energije.

Abstract – In this paper, it's proposed distribution generator(DG) work at isolated grid. Despite good knowledge about conventional solution and all goodnissess and weknese of that DG, here was presented other principe. With help of power electronics, it could be possible to supply energy in the range of standards. In that way, DG might supply every dislocated consumer, and it's cheaper than build whole transmtion line.

Ključne reči: sinhroni generator, izolovana mreža

1. UVOD

Tema o obnovljivim izvorima (OI) je sve aktuelnija, kako u svetu tako i u Srbiji. Još od potpisa Kjoto sporazuma decembra 1997 god., većina zemalja se složila da smanji stepen zagađenja koji je odgovoran za klimatske promene. Ova odluka pretpostavlja smanjenje upotrebe uglja, nafte i prirodnog gasa radi proizvodnje energije, zamenjujući ih sistemima koji koriste obnovljive izvore, npr. kao što su male hidro elektrane (MHE) koje imaju veliki potencijal za razvoj.

Hidroelektrane su najrasprostranjeniji obnovljivi izvor u svetu. One predstavljaju skoro 94% produkcije el.energije iz OI i 20% ukupne svetske potrošnje. Razlog ovome su velike HE koje su građene prošlog veka a koje imaju instalisanu snagu od nekoliko stotina MW. Kapacitet MHE (do 10MW) u Evropi iznosi 11500MW što iznosi 1.7% u ukupnoj produkciji el. energije i 10% produkcije iz hidroelektrana. MHE se uglavnom prave bez zaustavljanja toka reka, čime se izbegava pravljenje rezervoara ili velikih brana. Samo jedan deo reke se preusmeri na turbinu. Ovo predstavlja dobar odnos prema prirodnoj sredini. Šta više, građevinski radovi i troškovi eksploatacije nisu veliki, i zbog njegove pouzdanosti male elektrane su pogodne za napajanje potrošača u udaljenim krajevima.

NAPOMENA:

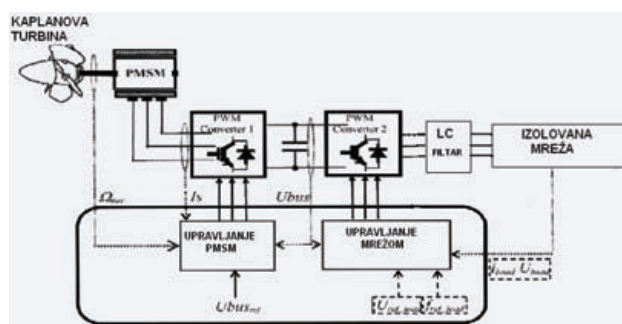
Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Veran Vasić, vanr.prof.

Vodene turbine su iste kao što se koriste i u velikim hidro elektranama.

Može se primetiti da se mala postrojenja počinju obnavljati i to na mestima koja su napuštena još pedesetih godina zbog neefikasnosti. Na primer, u Evropi, 68% hidro elektrana su bazirani na zastareloj strukturi u kojima se koristi klasična elektromehanička oprema. Ovi pogoni se svode na sinhronu mašinu sa fiksnom brzinom obrtanja ili na kaveznu asinhronu mašinu. U oba slučaja je isključena upotreba uređaja energetske elektronike. U prvom slučaju brzina je neophodno fiksirana; u drugom brzina može da varira u malom opsegu prema zahtevima aktivne snage, u slučaju da je generator priključen na jaku mrežu. U slučaju da asinhroni generator napaja izolovanu mrežu, neophodni su dodatni kondenzatori. U oba slučaja turbinska regulacija obezbeđuje neophodnu aktivnu snagu i kontroliše frekvenciju ako generator napaja izolovanu mrežu [1].

2. SISTEM KOJI SE POSMATRA

Na slici 1, predstavljena je elektromehanička struktura MHE. Strategija upavljanja je takva da se konvertor 2 brine o tome da mreža ima napon 230V, 50Hz dok se konvertor 1 brine o tome da DC napon bude na konstantnoj vrednosti.



Slika 1. Strategija upavljanja

a) Mehanički podsistem

U ovom delu nije modelovana hidro turbina. Da bi se uprostilo, pretpostavlja se da je protok vode konstantan i da je ugrađena propelerna turbina koja ima regulaciju zakrivljenosti lopatica. Sa tim, moguće je regulisati aktivnu snagu koja se predaje generatoru. Prilikom promene opterećenja mreže, turbina će u kratkom vremenskom periodu usporiti ili ubrzati, ali će regulacija lopaticama učiniti da se turbina vrti nominalnom brzinom. Ta brzina pri modelovanju sistema predstavlja mehanički ulaz generatora.

b) Sinhrona mašina sa permanentnim magnetima (PMSM)

Sinhrona mašina je modelovana Parkovim jednačinama u koordinatnom sistemu vezanog za rotor.

$$v_d = R_s \cdot i_d + L_d \frac{di_d}{dt} - \omega \cdot L_q \cdot i_q \quad (1)$$

$$v_q = R_s \cdot i_q + L_q \frac{di_q}{dt} + \omega \cdot (L_d \cdot i_d + \Phi_f) \quad (2)$$

U ovim naponskim jednačinama indeks d odnosi se direktnu, a q na poprečnu osu sinhronne mašine. Brzina sinhrono rotirajućeg polja je označena sa ω . R_s , L_d i L_q predstavljaju otpornost jedne faze namotaja, kao i induktivnost po d i q osi. Φ_f predstavlja fluks koji potiče od stalnih magneta. Može se primetiti da su:

$$e_d = \omega \cdot L_q \cdot i_q \quad i \quad e_q = \omega \cdot (L_d \cdot i_d + \Phi_f) \quad (3)$$

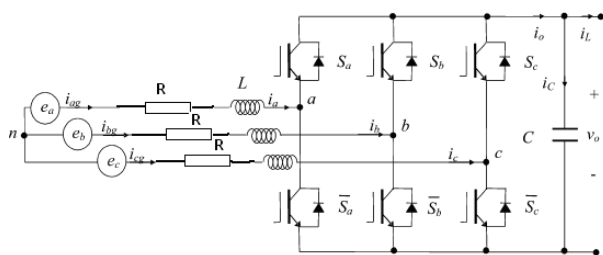
elektromotorne sile kao rezultat matematički spregnutih d i q osa. Moment koji razvija PMSM izražava se izrazom

$$T = \frac{3}{2} \cdot p \cdot [(L_d - L_q) \cdot i_d i_q + \Phi_f \cdot i_q] \quad (4)$$

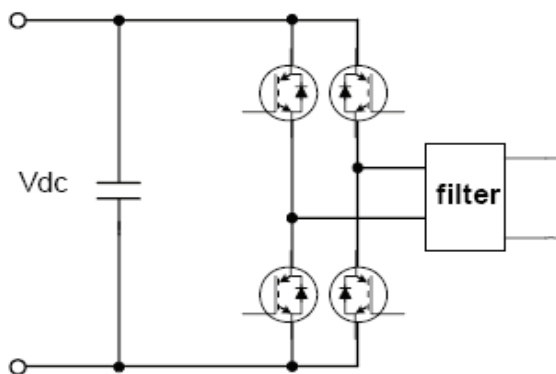
gde je p broj pari polova PMSM. Ovaj moment se suprotstavlja momentu turbine i na taj način generator uzima potrebnu mehaničku snagu sa osovine [1].

c) Pretvarači

Sve veća upotreba pretvarača omogućava da se obnovljivi izvori eksploitišu sa velikom efikasnošću. U ovakvoj realizaciji koja je predstavljena, koristi se aktivni PWM ispravljač(slika 2) koji je bliži PMSM i monofazni inverter(slika 3) koji je na strani mreže.



Slika 2. Aktivni PWM ispravljač



Slika 3. Monofazni inverter

U topologiji ispravljača i invertora učestvuju IGBT moduli. Oni se koriste za veće snage i rade pri manjoj prekidačkoj učestanosti, dok se za veće prekidačke učestanosti koriste MOSFET-ovi. Prekidačka frekvencija pretvarača je 20-500 kHz. Kondenzator u jednosmernom međukolu se projektuje na osnovu energije koje treba da prenese i naponskog nivoa. Uglavnom se taj napon kreće oko 600V za manje snage i često se stave dva kondenzatora na red [2, 3].

3. UPRAVLJANJE

Upravljanje se može podeliti u dve celine. Upravljanje prvim pretvaračem obezbeđuje se konstantan napon u jednosmernom kolu. Sa upravljanjem drugog pretvarača postiže se kvalitet napona na potrošaču koji se zahteva.

Velika prednost ispravljača je što može da održi napon DC linka na referentnoj vrednosti bez obzira na to kojom se brzinom okreće PMSM, odnosno vrednost napona koji isti generiše. U ovom radu biće predstavljen sledeći princip upravljanja. Stalno se meri napon u međukolu i razlika između stvarne i referentne vrednosti se vodi na PI regulator. Izlaz iz PI regulatora je potrebna struja I_d , odnosno U_d koji se pravi generisanjem impulsa PWM-a. Na taj način obezbeđen je konstantan napon u jednosmernom kolu ali se ne reguliše tok aktivne snage. Predviđeno je da turbina svojom regulacionom petljom obezbedi onoliko količinu aktivne snage koja se troši u izolovanoj mreži. Međutim, ovo se moglo jednostavno rešiti vektorskim upravljanjem PMSM. Iz jednačine 4 vidi da se momentom sinhronne mašine upravlja preko struje I_q pri čemu je struja I_d postavljena na nulu. Merenjem snage jednosmernog kola, preračunava se potrebna struja I_q . Dalje, generiše se PWM impulsi u skladu sa tom strujom i generator na taj način uzima potrebnu energiju od turbine. Ova regulaciona petlja je mnogo brža od prethodne i ne zahteva upravljanje turbinom.

Upravljanje inverterom nije zahtevno. Zadavanjem referentne vrednosti napona i frekvencije mreže iz jednosmernog međukola inverter pravi naizmenični napon ali sa pojavom viših harmonika. Na izlazu iz ovog invertora nalazi se niskopropusni filter koji ima zadatak da odstrani harmonijska izobličenja. U ovom radu koristi se PWM sa H mostom direktno priključen na mrežu preko LC filtera bez transformatora, kao na slici 3. Sinusni PWM (SPWM) unipolarnog tipa prekidanja je korišćen za upravljanje ovakvim inverterom. Efektivna vrednost izlaznog napona (RMS) osnovne učestanosti je

$$V_{01} = 0,707 \cdot m_a \cdot V_{dc} \quad (5)$$

gde je m_a indeks modulacije, a V_{dc} napon jednosmernog međukola.

4. PROJEKTOVANJE LC FILTRA

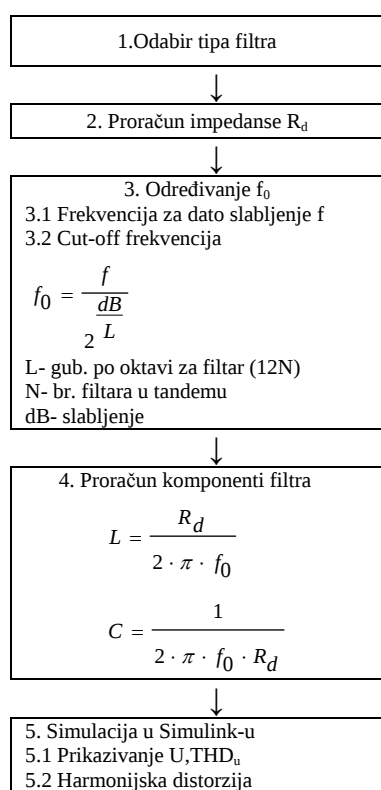
Pasivni filteri su najkonvencionalnije rešenje za slabljenje harmonika prouzrokovanim od invertora, jer je jednostavan za upotrebu bez upravljačkog dela. Za izbor filtera potrebno je proći kroz nekoliko koraka, a kasnijom analizom utvrditi da li je proračun bio dobar. Standard IEC 61000-2-2 tačno definiše dozvoljeno odstupanje napona ($THDu < 8\%$).

Prenosna funkcija LC filtra je

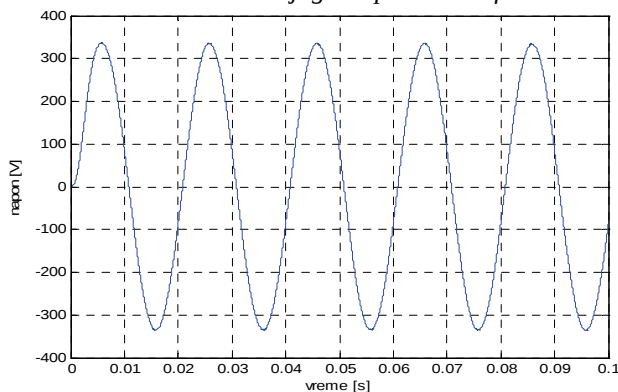
$$H(j\omega) = \frac{1}{LC \cdot (j\omega)^2} + \frac{j\omega L}{R_d} + 1 \quad (6)$$

i posmatra se samo amplitudska karakteristika ove prenosne f-je.

Izbor filtra prikazan je na blok dijagramu (slika 4). Prvo se odabere tip koji odgovara realizaciji. Sledeći korak je da se izračuna impedansa mreže tako što će se podeliti najniži napon ($V_{\min}$) i najveća struja ($I_{\max}$). Otpornost će se obeležiti sa R_d . Sledeći korak je da se odredi presečna učestanost f_0 sledeći blok dijagram. Dalje, računaju se induktivnost L i kapacitivnost C na osnovu formule koje uzimaju u obzir R_d i f_0 . Na kraju peti korak je simulacija sa nekim od programskih paketa. On se sastoji od tri faze. Prva je da se vidi kako se filter ponaša u toku tranzijentnog perioda, odnosno da se prate talasni oblici napona i struje kao i slabljenje harmonika.

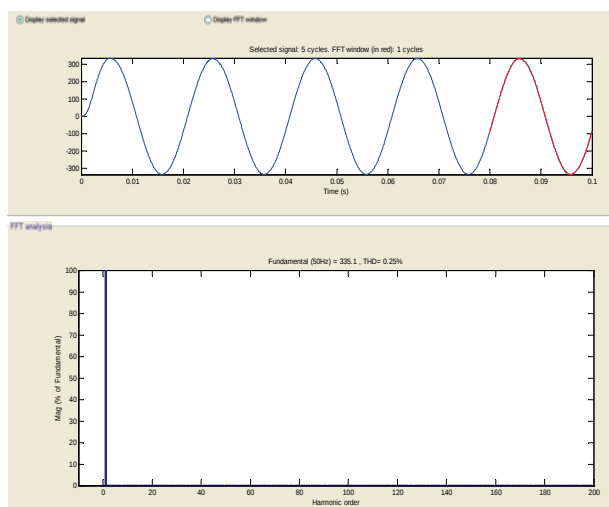


Slika 4. Blok dijagram proračuna filtra



Slika 5. Napon na potrošaču iza LC filtra

Druga stvar je da se proverí rad filtra u zavisnosti od učestanosti u tzv. sweep AC modu. Treća stavka se odnosi na brzu Furijeovu transformaciju da se prikažu harmonijska izobličenja. U nastavku je data simulacija dobro odabranog filtra (slika 5 i 6) [3].



Slika 6. Harmonijska distorzija ($THDu=0,26\%$)

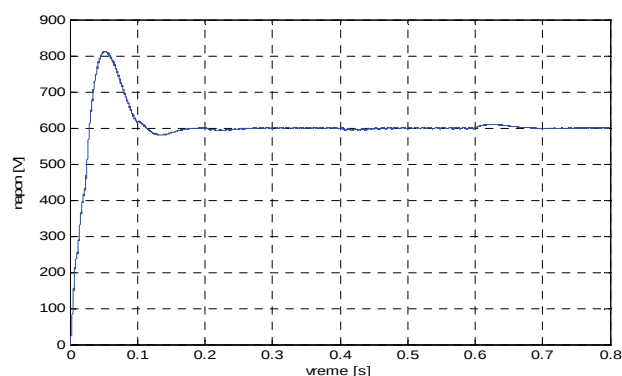
4. REZULTATI SIMULACIJE

U ovom poglavlju su predstavljeni rezultati računarske simulacije matematičkog modela sistema PMSM i pretvarača realizovanog u programskom paketu Matlab/Simulink. Podaci za PMSM su preuzeti iz [4]: 2,2 kW, 285 V, 6,1 A, 1750 o/min, 2 para polova, 87,5 Hz, $R_s=1,906 \Omega$, $L_d=30,31$ mH, $L_q=38,36$ mH, $J=0,002$ kgm²

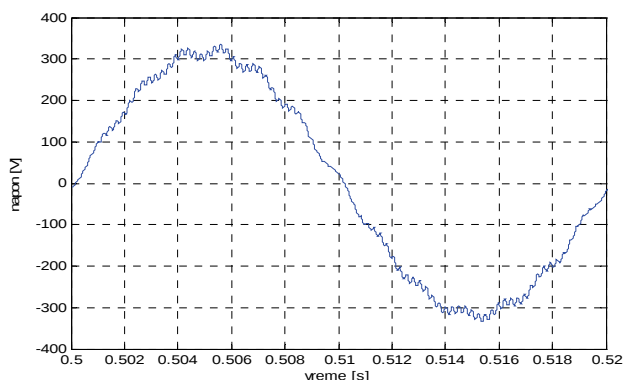
Vremenski ciklusi simulirani u toku prelaznog procesa su sledeći:

Od 0 do 0,2 s pušta se pogon neopterećen.
U 0,2 s mreža se opterećuje sa 50 % nominalne.
U 0,4 s mreža se opterećuje sa 100 % nominalne.
U 0,6 s mreža se rasterećuje.

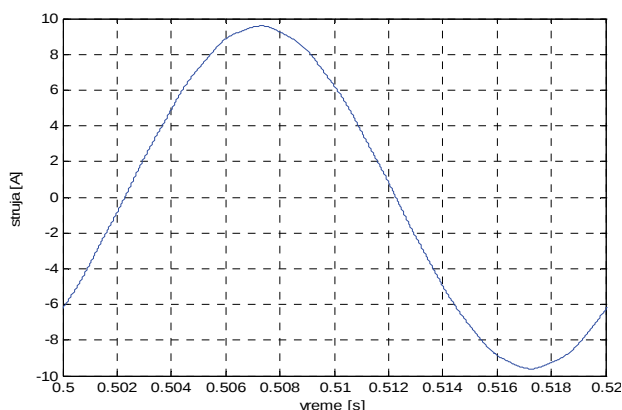
Rezultati su prikazani na slikama od 7 do 10.



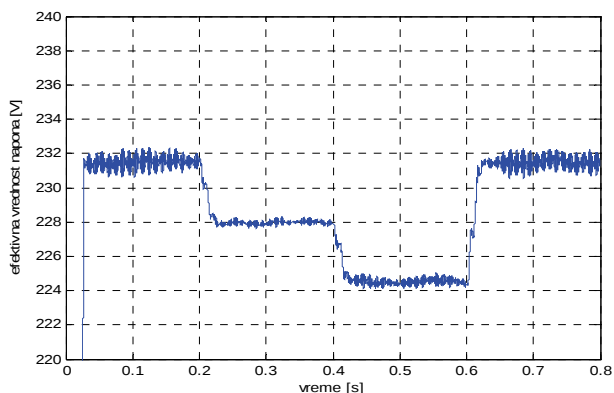
Slika 7. Napon jednosmernog međukola



Slika 8. Talasni oblik napona na potrošaču (100 % opterećen)



Slika 9. Talasni oblik struje



Slika 10. Promena efektivne vrednosti napona potrošača

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu predstavljena je realizacija MHE koja napaja izolovanu mrežu. Sistem je realizovan primenom pretvarača energetske elektronike. Prednosti koje se stiču upotrebom ovakvih uređaja jesu :

- mogućnost rada generatora pri različitim brzinama obrtanja (frekvenciji),

- kvalitet napona na izlazu, kako u stacionarnom stanju tako i pri promenama opterećenja, je u granicama koje propisuju standardi,

- veliki stepen iskorišćenja sistema,

- pouzdanost i sigurnost u radu.

Pored navedenih prednosti, u radu su navedene i opravdanosti izgradnje ovakvih izolovanih mreža u odnosu na realizaciju napajanja el. energijom izgradnjom infrastrukture (dalekovod, transformator, kablovi itd).

Ekonomski aspekti su:

- nekoliko puta jeftinija izgradnja,

- nepostojanje snage gubitaka u prenosnom sistemu, što nije slučaj u distributivnim sistemima,

- potrošnja besplatne el. energije dobijene iz obnovljivog izvora,

- vlasništvo nad uređajima (sistemu) koji su prenosivi na drugu lokaciju.

Ekološki aspekti su:

- zanemarljiv uticaj na životnu sredinu,

- ne narušava se izgled predela (npr. nacionalni parkovi i sl.).

6. LITERATURA

[1] A. Ansel, B. Robyins, "Modelling and simulation of an autonomous variable speed micro hydropower station" Available online 17 April 2006 at www.sciencedirect.com

[2] P. Khamphakdi, W. Khanngern, "The Analysis of Output filter for Grid Connected Single Phase Full Bridge Inverter Based on PSpice Simulation Technique", King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 2007

[3] V. Katić, "Upravljanje energetskim pretvaračima" skripta, Novi Sad 2006.

[4] M. Mora, "Sensorless vector control of PMSG for wind turbine applications", Master Thesis PED4-1038B, Institute of Energy Technology, Aalborg University, June 2009

Kratka biografija:



Branislav Šmanja je rođen u Novom Sadu 1983. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva - Energetska elektronika i električne mašine je odbranio 2010. god.

Dejan Reljić je magistrirao na Fakultetu tehničkih nauka 2006. god., gde radi kao asistent. Oblast interesovanja su energetska elektronika i elektromotorni pogoni.

Veran Vasić rođen je u Šapcu 1970. god. Doktorirao je na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu 2001. Zaposlen je na Fakultetu tehničkih nauka kao vanredni profesor.

KALIBRISANJE BICIKL ERGOMETRA BICYCLE ERGOMETAR CALIBRATION

Vladimir Pižula, Vladimir Vujičić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – Ovaj rad bavi se kalibracijom bicikl ergometra. Kalibracija je vršena u statičkom i dinamičkom režimu. Napravljeno je poređenje ove dvije metode i dat je pregled grešaka koje se javljaju prilikom postupka dinamičke kalibracije.

Abstract – This thesis is about bicycle ergometer calibration. This procedure has been made in static and dynamic regime. We compared these two methods and gave review of errors that came up during dynamical calibration.

Ključne reči: Bicikl ergometar, kalibracija, sigurne i statističke granice greške.

1. UVOD

U današnje vrijeme električna mjerenja igraju veoma važnu ulogu u gotovo svim aspektima ljudskog života. Bez električnih mjerenja skoro je nemoguće zamisliti privredu, uređaje u domaćinstvu, mobilne telefone, automobile, medicinu, sport...

Britanska firma **Wattbike** [1] čiji se jedan ogranak nalazi u Novom Sadu bavi se proizvodnjom trenažnih uređaja. Među tim uređajima nalazi se i bicikl ergometar koji će detaljno biti opisan u ovom radu.

Da bi firma **Wattbike** opravdala epitet jedne od najboljih svjetskih firmi u oblasti proizvodnje trenažnih uređaja porebno je da ti uređaji posjeduju karakteristike koje što bolje odgovaraju realnim situacijama i spravama. To se prvenstveno odnosi na utrošenu snagu, pređeni put, brzinu, proteklo vrijeme, broj obrtaja, broj zaveslaja, itd.

Ove uređaje koriste prvenstveno sportisti kojima su tačnost i preciznost navedenih promjenljivih od velike važnosti. Druga oblast gdje se koriste ovi uređaji, a preciznost i tačnost pokazivanja je od velike važnosti, je medicina. Upotreba ovih uređaja u medicini može biti za razna testiranja pacijenata pod određenim opterećenjem kao i za rehabilitaciju.

Da bi ovi uređaji davali dobre rezultate potrebno je vršiti kalibraciju istih. Kalibracija ovih uređaja (u ovom radu bicikl ergometra) može se vršiti na dva načina: statička i dinamička kalibracija. Međutim, i nakon kalibracije mogu se pojaviti određene greške. One mogu nastati zbog lošeg izbora kalibracije, mjerne metode, nesavršenosti instrumenata, loše izrade mehaničkih i električnih dijelova... Ovaj rad se bavi određivanjem budžeta greške mjerene snage nastale prilikom dinamičke kalibracije.

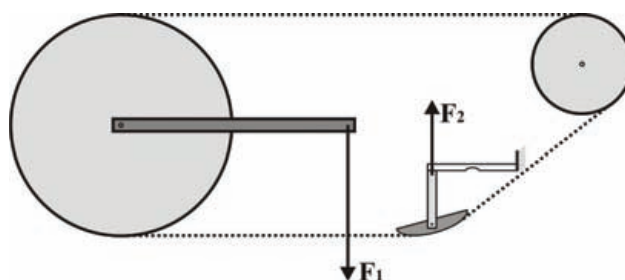
NAPOMENA:

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

2. KALIBRACIJA

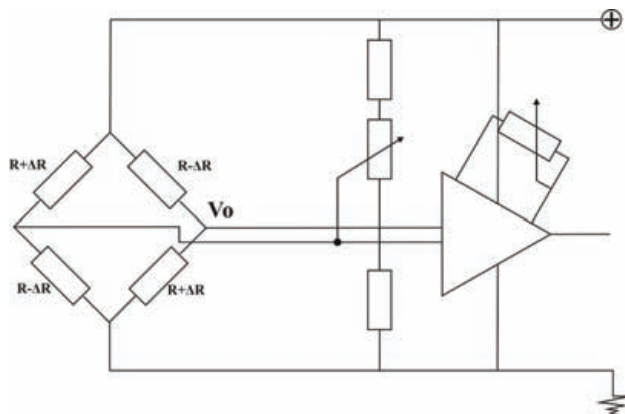
U ovom poglavlju biće opisani postupci statičke i dinamičke kalibracije bicikl ergometra

Vrijednosti koje se prikazuju na monitoru bicikla zavise prvenstveno od sile koja djeluje na pedale, odnosno kurbli. Princip po kome se okretanjem kurble dobija mjerni signal predstavljen je uprošćenom šemom (slika 2.1).



Slika 2.1 – Princip dobijanja mjernog signala

Na slici 2.1 sila F_1 predstavlja težinu koja djeluje na pedale (odnosno na kurbli). Djelovanjem sile F_1 lanac se zateže. Zatezanje lanca prouzrokuje silu F_2 koja djeluje na mjernu traku čiji je jedan kraj ukručen. Sila F_2 izaziva savijanje mjerne trake. Pošto su otpornici na mornoj traci vezani u Vitstonov most, onda će savijanje trake izazvati promjenu izlaznog napona mosta. Izlazni napon mosta je reda veličine mV , pa ga je potrebno pojačati povezivanjem na pojačavačko kolo, a zatim se on vodi na 10 bitni AD konvertor koji se napaja naponom od 3V (slika 2.2).



Slika 2.2 – Povezivanje Vitstonovog mosta na pojačavač

Izlaz 10-to bitnog AD konvertora su digitalne riječi ili semplovi (**sample**) koji se kreću u opsegu od 0 – 1023, što znači da jednom semplu odgovara napon od približno 3mV. Iz svega ovog vidimo da silu možemo predstaviti kao funkciju od semplova $F = f(\text{sample})$.

Jedna od veličina koja će se koristiti tokom kalibracije je i moment sile. Djelovanjem sile (težine) na kurbli stvara se

određeni moment, a njegova zavisnost od sile data je izrazom 1.2. (0.17m je krak sile u ovom slučaju dužina kurble).

$$F = m \cdot g \quad (1.1)$$

$$M = F \cdot 0.17m \quad (1.2)$$

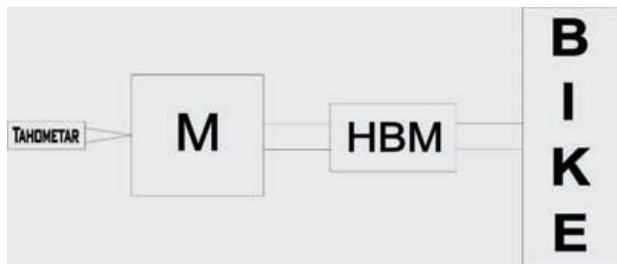
2.1. Postupak statičke kalibracije

Na slici 2.1 je predstavljen princip po kome se okretanjem pedala mijenja mjerni signal (napon tj. semplovi). Kako okretanje pedala predstavlja djelovanje nekom silom, onda tu silu u postupku kalibracije možemo zamijeniti tegovima određene težine. Stavljanjem različitih tegova na kurbu dobijaju se odgovarajući mjerni signali na osnovu kojih se kasnije računaju koeficijenti kalibriranja. Kalibracija se vrši tegovima do 100kg u koracima od 10kg. Tegovi se kače na kurbu koja se nalazi u horizontalnom položaju. Da bi kalibriranje bilo što tačnije, mjerenje je potrebno ponoviti više puta. Odlučeno je da se mjerenje vrši u 5 serija. Nakon svih serija potrebno je izračunati srednju vrijednost semplova za svaku težinu i na osnovu toga se računaju koeficijenti kvadratne jednačine (koeficijenti kalibriranja) koja aproksimira zavisnosti semplova od sile (težine). Ovi koeficijenti se unose u memoriju bicikla čime se postupak kalibracije završava.

2.2. Postupak dinamičke kalibracije

Za razliku od statičke kalibracije, dinamička kalibracija je zasnovana na korišćenju podataka dobijenih kao srednje vrijednosti napona pri stalnom okretanju kurble bicikla.

Na slici 2.3 je predstavljena uprošćena šema dinamičke kalibracije. Obrtanje motora M, čiji se obrtaji mjere pomoću kontaktnog tahometra, izaziva obrtanje uređaja T22 firme HBM [2] (u daljem tekstu HBM). HBM služi kao pretvarač obrtnog momenta u napon. Drugi kraj HBM-a je spojen na bicikl koji predstavlja "kočnicu" pa je osovinu HBM-a izložena torziji ili uvrтанju. HBM upravo mjeri to uvrтанje i kao izlaznu veličinu daje napon. Uvrтанje je veće ako je sila odnosno moment koji izaziva to uvrтанje veći, odnosno što veći otpor pruža bicikl to je i pokazivanje napona sa HBM-a veće. Veći otpor se dobija povećanjem broja obrtaja. Broj obrtaja (kadenca) se podešava reduktorom redom na 40, 60, 80, 100, 120, 140 RPM pri kojima se očitava napon sa HBM-a. Zbog nesavršenosti izrade mehaničkih dijelova, kardanske veze elektromotora i HBM-a i bicikla i HBM-a, vrijednost napona koji pokazuje voltmetar spojen na HBM „šeta“ od neke minimalne do maksimalne vrijednosti. Na osnovu ovih očitanih vrijednosti izračunavaju se srednje vrijednosti napona i na osnovu tih vrijednosti se računaju koeficijenti kalibracije.



Slika 2.3 – Uprošćena šema dinamičkog kalibriranja

Prije samog postupka dinamičke kalibracije je potrebno je izvršiti kalibriranje HBM-a. Ovo je neophodno, jer HBM služi kao etalon na osnovu koga će se računati već pominjani koeficijenti kalibracije. Kalibriranje HBM-a se vrši, jer je proizvođač deklarirao da mu se karakteristika mijenja tokom vremena i sa temperaturom!

3. POREĐENJE STATIČKE I DINAMIČKE METODE

Iako je statička kalibracija mnogo rasprostranjenija, u ovom problemu dinamička kalibracija se pokazala kao bolje rješenje. Da bi statička metoda bila efikasna, mehanički elementi moraju biti izrađeni sa velikom preciznošću. Međutim, ovo nije bilo zadovoljeno kod ispitivanih bicikl ergometara. Ekscentričnost velikog lančanika, neidealnost nalijeganja lanca na polugu koja pritiska mjernu traku i još neki drugi elementi, čiji uzrok nije poznat, doprinosili su ukupnoj grešci mjerenja. Zbog nemogućnosti nalaženja rješenja za problem kompenzacije greške, pristupilo se korišćenju dinamičkog kalibriranja. Dinamičko kalibriranje, za razliku od statičkog, probleme nesavršenosti mehaničkih dijelova vrlo dobro rješava. Jedna od glavih "mana" i razlog manje rasprostranjenog postupka dinamičkog kalibriranja je to što se kalibriranje vrši stalnim pokretima, ali upravo to je bilo rješenje za neprecizno izrađene elemente. Stalnim okretanjem kurble očitavaju se srednje vrijednosti mjerene veličine, čime se eliminišu greške nastale zbog loše mehanike. Kod statičke kalibracije mjerenje se vršilo u 5 serija, pa se na osnovu tih 5 serija računala srednja vrijednost, što ipak nije davalo zadovoljavajuće rezultate.

4. SIGURNE GRANICE GREŠKE BICIKL ERGOMETRA

Jedan od primarnih zadataka u ovom radu bio je da se odredi budžet greške mjerene snage, odnosno da se odredi opseg u kome će se mjerena vrijednost snage sigurno naći. Da bi se to odredilo, potrebno je uočiti sve elemente koji stvaraju grešku mjerenja snage. Jednačina po kojoj se računa snaga je data je izrazom 4.5

$$P = M \cdot \omega \quad (4.1)$$

$$M = (a \cdot U + b) = F \cdot l = m \cdot g \cdot l \quad (4.2)$$

$$\omega = \frac{2\pi \cdot \text{kadenca}}{60} \quad (4.3)$$

$$P = \frac{M \cdot 2 \cdot \pi \cdot \text{Kadenca}}{60} \quad (4.4)$$

$$P = \frac{2 \cdot \pi}{60} \cdot [a \cdot U + b] \cdot \text{Kadenca} \quad (4.5)$$

P – mjerena snaga

M – obrtni moment

ω – ugaona brzina

m – masa tegova

l – krak sile (dužina kurble)

U – napon koji pokazuje HBM

Kadenca – broj obrtaja u minuti

a i b – linearni i slobodni član jednačine koja predstavlja zavisnost napona i sile (težine) prilikom kalibriranja HBM-a

Iz navedenih izraza vidimo da je P funkcija zavisna od sledećih veličina

$$P = f(m, a, b, HBM, Kadenca, U) \quad (4.6)$$

Kako je snaga P indirektno mjerena veličina, onda će ukupna greška zavisiti od svih veličina od kojih snaga P zavisi. Apsolutna greška se dobija totalnim diferenciranjem jednačine 4.5.

$$\Delta P = \frac{2 \cdot \pi}{60} \left[\frac{\partial P}{\partial a} \cdot \Delta a + \frac{\partial P}{\partial b} \cdot \Delta b + \frac{\partial P}{\partial U} \cdot \Delta U + \frac{\partial P}{\partial Kad} \cdot \Delta Kad \right] \quad (4.7)$$

$$\Delta P = \frac{2 \cdot \pi}{60} [U \cdot Kad \cdot \Delta a + Kad \cdot \Delta b + a \cdot Kad \cdot \Delta U + (a \cdot U + b) \cdot \Delta Kad] \quad (4.8)$$

Djeljenjem izraza 4.8 sa P i daljim sređivanjem dobijamo

$$\frac{\Delta P}{P} = \frac{1}{1 + \frac{b}{U \cdot a}} \cdot \frac{\Delta a}{a} + \frac{1}{1 + \frac{U \cdot a}{b}} \cdot \frac{\Delta b}{b} + \frac{1}{1 + \frac{b}{U \cdot a}} \cdot \frac{\Delta U}{U} + \frac{\Delta Kad}{Kad} \quad (4.9)$$

Odnosno

$$\left| \frac{\Delta P}{P} \right|_{sig} \leq \left| \frac{1}{1 + \frac{b}{U \cdot a}} \cdot \left| \frac{\Delta a}{a} \right| + \frac{1}{1 + \frac{U \cdot a}{b}} \cdot \left| \frac{\Delta b}{b} \right| + \frac{1}{1 + \frac{b}{U \cdot a}} \cdot \left| \frac{\Delta U}{U} \right| + \left| \frac{\Delta Kad}{Kad} \right| \right| \quad (4.10)$$

Izraz 4.10 predstavlja sigurne granice greške snage P , a izrazi uz $\Delta a/a$, $\Delta b/b$, $\Delta U/U$, $\Delta Kad/Kad$ predstavljaju odgovarajuće osjetljivosti.

Treba primjetiti da u ovoj formuli nisu uračunate greške AD konvertora i HBM-a. One su izostavljene jer se račun značajno iskomplikuje. Pretpostavili smo da se greška HBM-a kompenzuje svakodnevnim kalibrisanjem istog, dok greška, koju unosi AD konvertor, nije od velikog značaja za ovaj problem.

Na osnovu karakteristika mjernih uređaja izračunata su odstupanja ΔU , ΔKad , Δa , Δb .

ΔU predstavlja tačnost korišćenog voltmetra i ona iznosi

$$\Delta U = 0.5\% \cdot U + 1digit = 0.5\% \cdot 2 + 0.001 = 11mV \quad (4.11)$$

ΔKad predstavlja moguću grešku koju unosi kontakti tahometar.

$$\Delta Kad = 0.05\% \cdot Kad + 1digit \quad (4.12)$$

Treba primijetiti da je ΔU uvijek konstantno i iznosi $11mV$, dok se ΔKad mijenja sa promjenom broja obrtaja.

Zbog komplikovanog računa, Δa i Δb (odstupanja linearnog i slobodnog člana a i b) su određivani iskustvenom metodom.

Parametri, koji figurišu u izrazu 4.10 za ukupnu grešku, računati za jedan nasumično odabran bicikl pri različitim kadenicama dati su u tabeli 4.1. Treba naglasiti da se vrijednosti parametara mjenjaju zanemarljivo odabirom bilo kog bicikla.

Tabela 4.1 – Pojedinačni doprinosi ukupnoj grešci

Kad	Ukupni doprinos ΔKad	Ukupni doprinos Δa	Ukupni doprinos Δb	Ukupni Doprinos ΔU
40	0,0030	0,0092	0,1379	0,1034
60	0,0022	0,0134	0,0712	0,0534
80	0,0017	0,0152	0,0431	0,0324
100	0,0015	0,0161	0,0288	0,0216
120	0,0013	0,0166	0,0207	0,0155
140	0,0012	0,0169	0,0155	0,0116

Iz Tabele 4.1 vidimo da najveći doprinos ukupnoj grešci imaju treća i četvrta kolona tabele, a one predstavljaju drugi i treći sabirak izraza 4.10. Oba ova sabirka u najvećoj mjeri zavise od parametra ΔU , što se može zaključiti iz Tabele 4.2. U njoj su prikazane vrijednosti parametara ako bi se koristio voltmetar veće tačnosti, odnosno voltmetar sa manjim ΔU . Primjera radi uzeto je da je tačnost boljeg voltmetra $\pm(0.2\%$ od opsega + 1digit) $=5mV$ u odnosu na tačnost $\pm(0.5\%$ od opsega + 1digit) $=11mV$ već korišćenog voltmetra. Na osnovu ovoga se može zaključiti da se korišćenjem boljeg voltmetra granice greške smanjuju. Uticaj ostala dva sabirka na ukupnu grešku je manje izražen pri manjem broju obrtaja, dok je pri broju obrtaja od 140RPM uticaj sva četiri sabirka približno isti, ali je tada ukupna relativna greška mala.

Tabela 4.2 – Uticaj korišćenja tačnijeg voltmetra

Ukupni doprinos ΔKad	Ukupni doprinos Δa	Ukupni doprinos Δb	Ukupni doprinos ΔU
0,0030	0,0042	0,0636	0,0470
0,0022	0,0061	0,0329	0,0243
0,0017	0,0069	0,0199	0,0147
0,0015	0,0073	0,0133	0,0098
0,0013	0,0075	0,0096	0,0071
0,0012	0,0077	0,0072	0,0053

Sigurne granice greške (relativna, apsolutna i svedena) za izračunatu snagu prikazane su grafički na slikama 5.1, 5.2 i 5.3. (gornje krive na graficima).

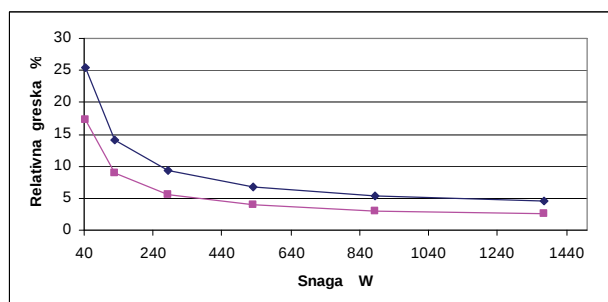
5. STATISTIČKE GRANICE GREŠKE

Za sigurne granice greške se uzimaju najgori mogući slučajevi. Tako sigurne granice greške dobijamo kada su sve greške maksimalne i na najgori mogući način se sabiraju u izrazu za ukupnu grešku. Pošto je, statistički gledano, malo vjerovatno da će se taj najgori scenario desiti, u praksi je mnogo češći slučaj da se mjerene vrijednosti nalaze u tzv. statističkim granicama greške. One se za ovaj slučaj se definišu izrazom 5.1

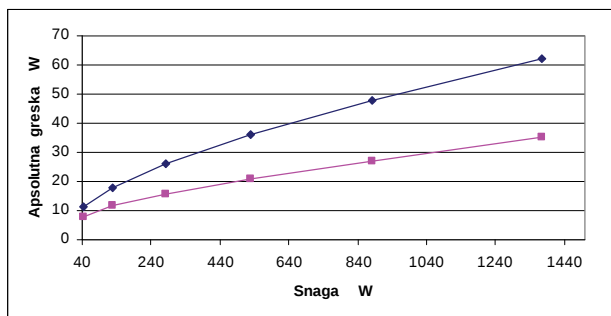
$$\left| \frac{\Delta P}{P} \right|_{STAR} \leq \sqrt{\left| \frac{1}{1 + \frac{b}{U \cdot a}} \cdot \left| \frac{\Delta a}{a} \right|^2 + \frac{1}{1 + \frac{U \cdot a}{b}} \cdot \left| \frac{\Delta b}{b} \right|^2 + \frac{1}{1 + \frac{b}{U \cdot a}} \cdot \left| \frac{\Delta U}{U} \right|^2 + \left| \frac{\Delta Kad}{Kad} \right|^2} \right| \quad (5.1)$$

Može se reći da se uticaji pojedinačnih grešaka u izrazu za sigurne granice greške sabiraju algebarski, dok u slučaju statističkih grešaka vršimo takozvano geometrijsko sabiranje.

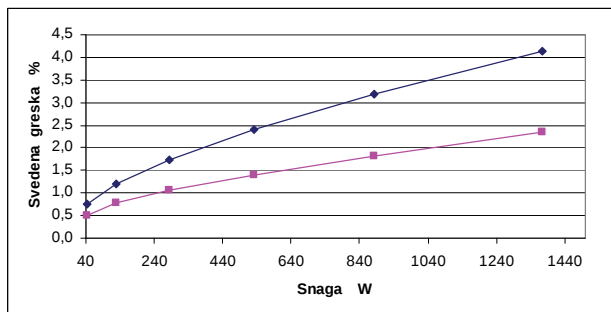
Grafički prikaz statističkih granica grešaka dati su na slikama 5.1, 5.2, 5.3 (donje krive na graficima).



Slika 5.1 – Relativne greške



Slika 5.2 – Apsolutne greške



Slika 5.3 – Svedene greške

6. ZAKLJUČAK

U ovom radu prikazani su postupci statičke i dinamičke kalibracije. Analizom grešaka za dinamičku kalibraciju došlo se do zaključka da se pri malim snagama relativna greška kreće u opsegu od $\pm 25\%$, dok pri velikim snagama ta greška je u opsegu od $\pm 5\%$.

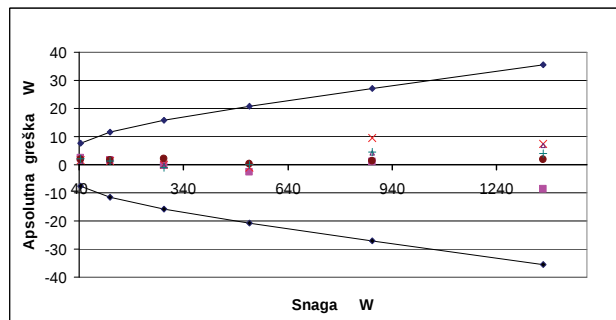
Utvrđeno je da najveći doprinos ukupnoj grešci pruža ΔU .

Iako se prije započetih ispitivanja smatralo da je greška koju unosi kadenca velika, ispostavilo se da je uticaj ΔK_{ad} zanemarljiv.

Izvedeni izrazi za sigurne i statističke granice greške u ovom radu su zadovoljavajući, ali su poboljšanja moguća, prvenstveno uvrštavanjem grešaka koje doprinosi HBM i AD konvertor.

Nakon kalibrisanja svakog ergometra vrši se snimanje greške u odnosu na "pravu" vrijednost koja se dobija na osnovu mjerenja momenta i kadenca. Dosadašnje iskustvo pokazuje da su dobijene greške bar dva puta manje od predviđenih statističkih granica greške.

Na slici 6.1 prikazane su apsolutne greške mjerene snage 5 bicikl ergometara nakon kalibracije.



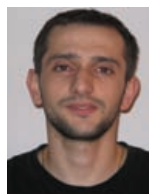
Slika 6.1

Može se primjetiti da sve vrijednosti ulaze u opseg statističkih granica greške, a samim tim i u opseg sigurnih granica greške, što može da se navede kao potvrda ispravnog određivanja granica greške. Greške ovih bicikala kreću se u opsegu od $\pm 5\%$ pri najmanjem broju obrtaja, dok je pri većem broju obrtaja ispod 1% .

7. LITERATURA

- [1] Patenturkunde Nummer 505617
- [2] Operator's instruction manual T22 HBM

Kratka biografija:



Vladimir Pižula rođen je u Ljubinju 1981. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva, smer mikroracunarska elektronika, brani na katedri za Električna merenja kod profesora Vladimira Vujičića.



Vladimir Vujičić rođen je u Novom Sadu 1947. god. Diplomirao je na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta u Beogradu 1974. god. Magistarsku tezu je odbranio 1983. god, a doktorsku 1992, na Univerzitetu u Novom Sadu. Od 1975. godine radi kao asistent, vanredni i redovni profesor na Univerzitetu u Novom Sadu. Osnovne oblasti interesovanja su mu A/D konverzija i odgovarajuće tehnike brze obrade u okviru električnih merenja.

KLAUTERSKA OPTIMIZACIJA U 2G MREŽI

CLUSTER OPTIMISATION IN 2G NETWORK

Ivana Pavlović, Željen Trpovski, Žarko Dašić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U radu je opisana optimizacija i ključni parametri u optimizaciji radio dela GSM mreže sa akcentom na optimizaciju klastera.

Abstract – Optimization and main parameters in optimization of radio GSM network, with emphasis on cluster optimization is presented in this paper.

Ključne reči: Optimizacija, metode i parametri optimizacije, optimizacija klastera.

1. UVOD

U radu je prikazan postupak optimizacije radio dela GSM mreže. Prikazane su metode optimizacije, kao i parametri koji se koriste u tim metodama. Prikazana je i uloga susedskih relacija, handovera, kontrole snage i drugih parametara na kvalitet i rad mreže, kao i načini da se dođe do poboljšanja kvaliteta i performansi mreže, korekcijom ovih parametara. Kao praktičan primer, uz pomoć slika i grafika, prikazana je optimizacija jednog klastera u GSM mreži.

2. OSNOVNE METODE OPTIMIZACIJE

Optimizacija u radio delu GSM mreže koristi se sa ciljem da poboljša kvalitet servisa i poveća iskorišćenost mrežnih resursa, time se povećava dobit, a smanjuju troškovi operatera. Optimizacija se koristi prilikom rešavanja postojećih i potencijalnih problema mreže. Osnovne metode koje se pri tome koriste su statistika, testiranje u toku vožnje i *tracing*.

2.1. Statistika

GSM standardi pružaju mogućnost nadgledanja mreže na osnovu kompjuterskih statistika. Statistika pomaže u proceni performansi mreže, pri analizi grešaka i proveru poboljšanja, kao i pri dimenzionisanju mreže. Može da se izvodi na nivou ćelije ili na nivou zone. Bazira se na elementarnim pokazateljima performansi, koji predstavljaju brojače pojedinih događaja u mreži. Ti brojači se pomoću formula prevode u pokazatelje ključnih performansi (KPI – Key Performance Indicators), koji se grafički prikazuju i na taj način daju bolji uvid u percepciju servisa koju korisnik ima.

Call Setup Failure (CSF) i Drop Call Rate (DCR) su glavni KPI-jevi koji imaju veze sa gubicima operatera. Prate se i druge statistike kao što su saobraćaj, *timing advance*, kvalitet TRX-a, SDCCH prekidi, raspodela *handover*-a, neuspeli *handover*-i, itd.

NAPOMENA:

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

2.2. Testiranje u toku vožnje

Testiranjem u toku vožnje simulira se percepcija krajnjeg korisnika i geografski lokalizuju nepravilnosti u mreži. Nedostatak ove metode jeste njena kompleksnost. Aplikacija koja se koristi prilikom ovog testiranja omogućava vizuelizaciju na mapi u realnom vremenu i grafički prikaz različitih parametara (nivo signala, kvalitet, informacije o serving ćeliji, itd.).

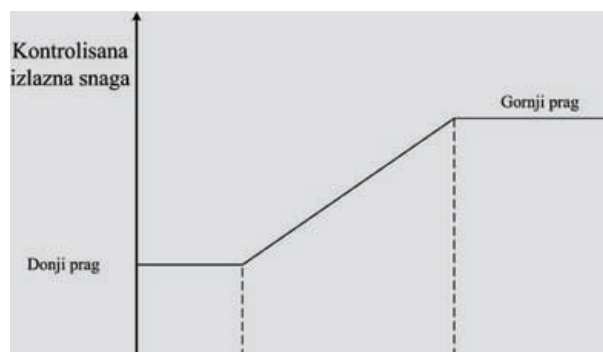
2.3. Tracing

Glavne metode optimizacije jesu statistika i testiranje u toku vožnje. Po potrebi, može se koristiti i *tracing*, tj. analiza toka protokolskih poruka. Za ovu vrstu optimizacije potrebno je određeno poznavanje protokola koji se posmatra, toka signalizacije i faza poziva. Najčešće posmatrani interfejs je A_{bis} .

3. KONTROLA SNAGE

Kontrola snage je mehanizam GSM-a koja omogućava kontrolu izlazne snage na strani MS-a ili BTS-a u cilju smanjenja interferencije.

Sušтина se ogleda u tome da, kada je rastojanje između dve stanice malo, nema potrebe da se signal emituje punom snagom. Postoje dve vrednosti nivoa koje razgraničavaju domet gde snaga može da varira: gornji i donji pragovi, kao što je ilustrovano na slici 1. Kada god nivo signala ide iznad gornje vrednosti, mehanizam PC (*Power Control*) vraća snagu na gornji nivo smanjenjem snage za veličinu koraka. Kada god je signal ispod donje vrednosti mehanizam podešava snagu da se postigne najniža vrednost pomoću postupnog inkrementiranja za definisanu veličinu koraka.



Slika 1. Pragovi mehanizma kontrole snage

U mehanizmu kontrole snage, postoji potreba za odabirom i usrednjavanjem signala pre nego što se donese odluka, jer realna vrednost snage signala značajno osciluje tokom vremena.

4. HANDOVER

Glavna ideja mobilnih ćelijskih mreža jeste omogućavanje mobilnosti. *Handover* je akcija prebacivanja poziva sa "izvorne" ćelije na izabranu odredišnu ćeliju, tj. *handover* znači promenu saobraćajnog kanala tokom odvijanja poziva, ili na drugi tajmslot unutar iste ćelije ili druge ćelije. *Handover* nije moguć između ćelija ako one nisu prethodno definisane kao susedi.

Neki od glavnih uzroka *handover*-a su interferencija na *uplink*-u ili *downlink*-u, pad nivoa snage ili kvaliteta signala ili na *uplink*-u ili na *downlink*-u. Prilikom *handover*-a, izračunavanje odredišne ćelije bazira se na sledećim kriterijumima:

- Karakteristike radio linka
- Poređenje pragova
- Nivoi prioriteta susedskih ćelija (nivo saobraćajne opterećenosti ćelije)
- Poređenje nivoa snage prijema

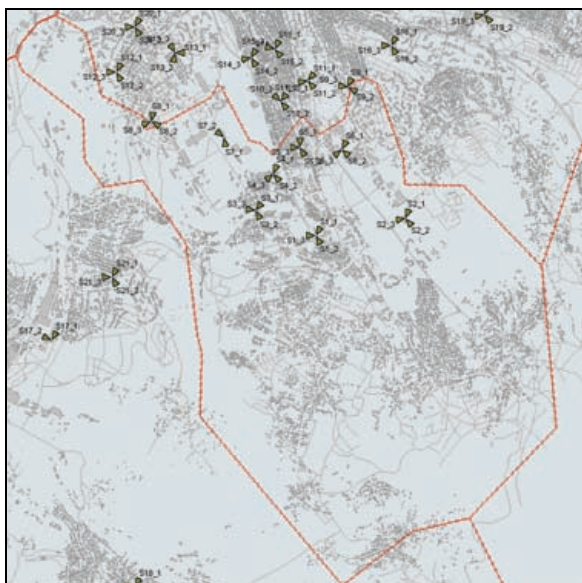
Usrednjavanje vrednosti nivoa signala bitno je da bi se sprečilo ponavljanje pokušaja *handover*-a između dve ćelije.

5. OPTIMIZACIJA KLASTERA

5.1. Struktura mreže u klasteru i glavni KPI-jevi pre optimizacije

Teorijski gledano, grupa međusobno susednih ćelija u kojoj svaka ćelija koristi različitu frekvenciju naziva se klaster. Međutim, zbog raznolikosti delova mreže (izgled terena, naseljenost...) u praksi je zgodno ćelije sličnih karakteristika grupisati u klaster i posmatrati njihovu zajedničku statistiku i na taj način lakše doći do promene koja daje poboljšanje na celoj zoni, a ne samo na pojedinačnim ćelijama.

Na slici 2. prikazan je klaster preuzet iz operativne mreže, koji na početku obuhvata 7 baznih stanica, ali i bazne stanice koje okružuju klaster imaju uticaja na situaciju u klasteru, pa su i one prikazane.



Slika 2. Izgled testnog klastera

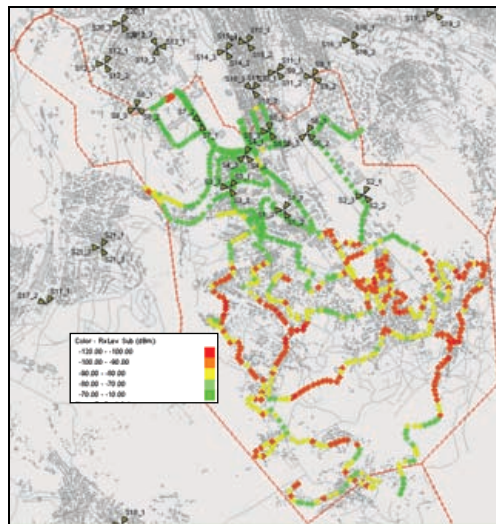
Pre optimizacije klastera *call drop* procenat u klasteru imao je srednju vrednost od oko 0.65% i broj prekinutih poziva kretao se oko 150 dnevno. Srednja vrednost uspeš-

nosti poziva pre optimizacije klastera bila je oko 98.65%. Prekid veze u fazi signalizacije bio je na nivou od oko 0.45%, sa oko 650 neuspešnih pokušaja u fazi signalizacije na dan.

Rezultati merenja signala, tj. nivo merenog signala, koje je obavljeno na terenu prikazani su na slici 3.

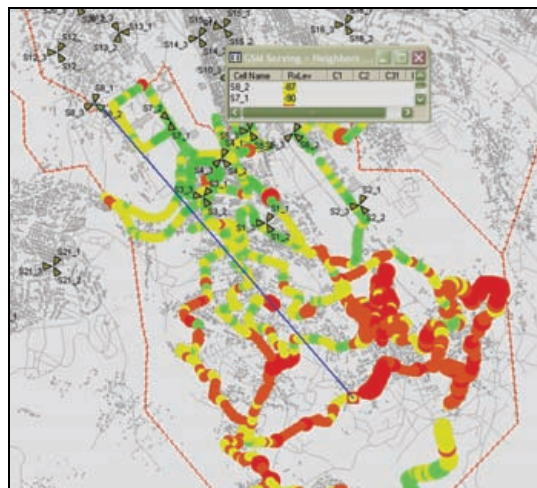
5.2. Rezultati merenja i zaključci

Na osnovu obavljenih merenja utvrđeno je da je najveći problem u klasteru slabo pokrivanje u jugoistočnom delu klastera. Prvi zadatak optimizacije je da se odeljenju za planiranje mreže da predlog za instalaciju bazne stanice negde u tom delu klastera, ukoliko bazna stanica već nije planirana u ovom području.



Slika 3. Izmeren nivo signala u posmatranom klasteru

Na osnovu merenja u *dedicated* modu (merenja kada je mobilna stanica u razgovoru), primećeno je da se u ovom delu klastera kao najbolji server na pojedinim delovima putanje javlja bazna stanica S8 (njen drugi sektor), koja se nalazi na severnoj granici klastera. Ovakve stanice se nazivaju *overshooter*-i. To su bazne stanice koje se, osim u planiranoj servisnoj zoni, javljaju kao najbolji serveri daleko od lokacije bazne stanice, kao što je prikazano na slici 4. U ovakvim slučajevima potrebna je promena fizičkih parametara bazne stanice (npr. tilta, tj. mehaničkog pomeranja antene radi podešavanja).



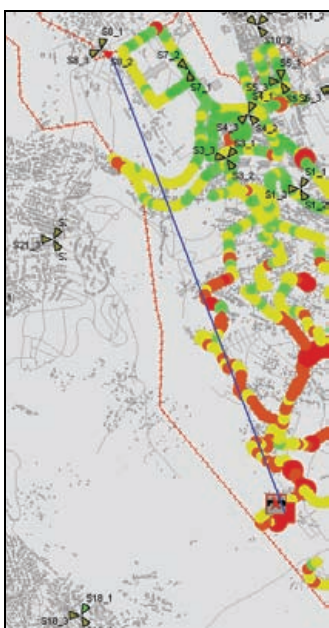
Slika 4. Drugi sektor bazne stanice S8 je najbolji server daleko od lokacije S8

Prekidi poziva dešavaju se kada je S8_2 najbolji server u zoni daleko od sajta zato što nema definisane susedske relacije između ove ćelije i ćelije koja je relativno najbliža toj oblasti S18_1 (Slika 5).

5.3. Preduzete akcije i dodatna optimizacija

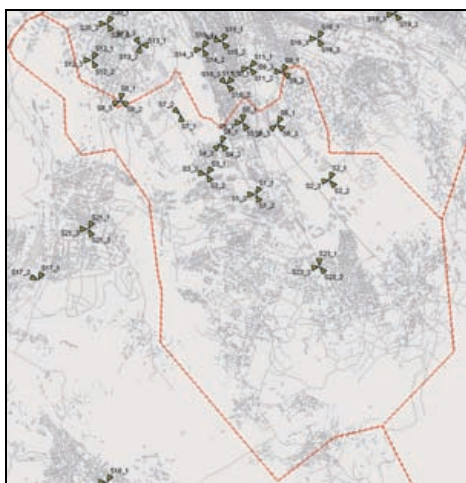
Prva od akcija bila je dodavanje nedostajuće susedske relacije između ćelija S8_2 i S18_1. Prosek od oko 250 *handover*-a dnevno izvršenih između ove dve ćelije nakon definisanja susedske relacije za rezultat je imao smanjenje *call drop*-a na ovim ćelijama.

Druga akcija bila je fizička optimizacija ćelije S8_2. Početno stanje tilta na ovoj ćeliji bila je kombinacija mehaničkog i električnog tilta: 4 stepena električnog i -1 stepen mehaničkog tilta. Predložena promena odnosila se samo na električni tilt, sa 4 stepena na 6 stepeni. Promena tilta dovela je do značajnog poboljšanja *call drop*-a na ćeliji S8_2.



Slika 5. Prekid poziva zbog nedostatka susedske relacije

Nakon ovih akcija puštena je u rad i nova bazna stanica u zoni lošeg pokrivanja, S23. Izgled klastera nakon puštanja u rad nove bazne stanice prikazan je na slici 6.



Slika 6. Izgled klastera nakon dodavanja nove bazne stanice S23

Kako je nova bazna stanica počela sa radom u zoni u kojoj je do tad bilo slabo pokrivanje ili ga uopšte nije bilo, od samog početka rada stanica je imala veoma veliki saobraćaj.

U jednom trenutku došlo je do zagušenja, pa pošto bazne stanice, koje su susedi nove bazne S23, nisu imale previše saobraćaja i nisu bile zagušene, doneta je odluka da se pokuša ostvarivanje bolje raspodele saobraćaja između baznih stanica, tačnije smanjivanje saobraćaja koji obrađuje nova bazna stanica i povećanje istog na susednim ćelijama, uvođenjem dva nova tipa *handover*-a:

- Direktan saobraćajni HO
- Saobraćajni HO

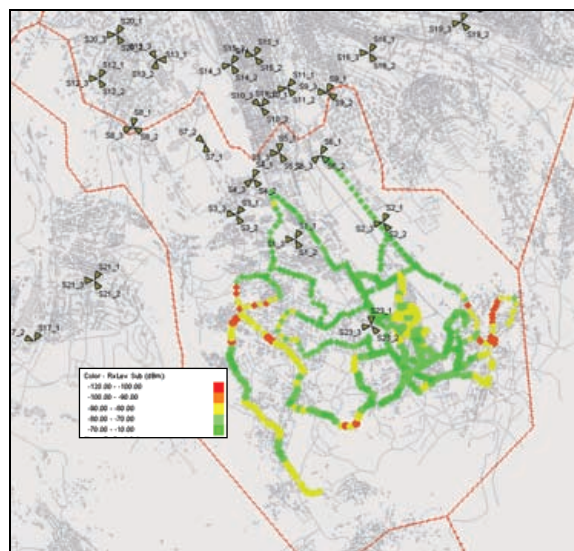
Direktan saobraćajni HO – U slučaju da ćelija koja servisira korisnika ima visok saobraćaj, koji je definisan nekim pragom **visok_saobraćaj**, mobilna stanica automatski počinje da traži suseda servisne ćelije preko koga će nastaviti razgovor, pri čemu nivo signala suseda mora biti viši od zadanog praga **najniži_nivo**.

Saobraćajni HO – Prilikom izvršenja ove vrste HO mobilna stanica vodi računa o popunjenosti kapaciteta ćelije na kojoj se nalazi i ćelije na kojoj treba nastaviti razgovor. Ukoliko popunjenost ćelije na kojoj se korisnik nalazi nije visoka, a ćelije na kojoj treba nastaviti razgovor visoka, vrednost HO margine za prelazak sa jedne ćelije na drugu se automatski povećava za **DeltaHO**.

Uvođenjem novih tipova *handover*-a, smanjilo se zagušenje na baznoj stanici S23.

5.4. Rezultati optimizacije

Nakon optimizacije urađena su ponovna merenja. Rezultat merenja nakon optimizacije prikazan je na slici 7.



Slika 7. Nivo signala u problematičnom delu klastera nakon optimizacije

Call drop se sa početnih 0.65% smanjio na ispod 0.4%. *Call success* se povećao sa 98.65% na skoro 99.5%. *SDCCH drop* je sa 0.45% opao na 0.25%. Brojčano, broj neuspelih signalizacija se sa nekih 650 sveo na, skoro, samo 200 na dan.

6. ZAKLJUČAK

Kada se posmatra kvalitet rada jedne mobilne mreže, stiče se uvid o tome koliko je optimizacija važan deo jedne mobilne kompanije. Optimizacijom se poboljšava rad mreže i unapređuje kvalitet servisa i iskorišćenost resursa, a time se povećava dobit, a minimizuju troškovi operatera.

Svaka ozbiljna mreža ima veliki broj baznih stanica, pa je potrebna dugotrajna analiza šta je potrebno promeniti na globalnom nivou, kako bi se došlo do poboljšanja kvaliteta.

Ćelije sa sličnim karakteristikama grupišu se u klastere kako bi se mogla posmatrati njihova zajednička statistika i tako lakše doći do rešenja na nivou čitavog klastera i uneti poboljšanje na celom području.

Korišćenjem klasterske optimizacije značajno se olakšava lociranje problema i izdvajanje najgorih zona u mreži. Poboljšanje situacije u tim zonama direktno ima uticaj na kvalitet ukupne mreže, tačnije na percepciju korisnika

7. LITERATURA

- [1] Ajay R. Mishra, *Fundamentals of Cellular Network Planning and Optimisation; 2G/2.5G/3G...Evolution to 4G*, John Wiley & Sons Ltd, England, 2004.
- [2] Ajay R. Mishra, *Advanced Cellular Network Planning and Optimization; 2G/2.5G/3G...Evolution to 4G*, John Wiley & Sons Ltd, England, 2007.

Kratka biografija:



Ivana Pavlović rođena je u Kikindi 1985. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Telekomunikacioni sistemi i signali odbranila je 2010.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.

PRIMJENA I POREĐENJE REČNIKA ZA OTKLANJANJE GAUSOVOG ŠUMA U SLICI

THE APPLICATION AND COMPARISON OF DICTIONARY TECHNIQUES FOR GAUSSIAN NOISE REMOVAL IN IMAGES

Nataša Pješčić, Borislav Antić, Željen Trpovski, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu dat je pregled rečnika koji se koriste prilikom primjene sparse reprezentacije, navedene su metode koje se koriste za dobijanje sparse reprezentacije i opisan je postupak uklanjanja aditivnog Gausovog šuma sa slike. Na kraju su prikazani rezultati dobijeni primjenom DWT rečnika i IST algoritma (soft- i hard- thresholding), kao i DCT i adaptivnog (KSVD) rečnika i OMP algoritma.

Abstract – In this work overview of dictionaries used for sparse representation is given. Techniques used for getting sparse solution are mentioned and method for removing Gaussian noise from picture are described. At the end, the results of application of DWT dictionary and IST (soft- and hard- thresholding) algorithm, DCT and adaptive (KSVD) dictionary with OMP algorithm for sparse representation are presented.

Ključne reči: Sparse reprezentacija, KSVD, DWT, DCT, IST algoritam, uklanjanje Gausovog šuma.

1. UVOD

Najznačajnija transformacija u obradi signala jeste Furijeova transformacija (FT). To je važan matematički operator kojim se aperiodična funkcija razlaže na svoje "spektralne komponente" radi jednostavnije analize. FT daje dobre rezultate za stacionarne signale, frekvencijski sadržaj ovih signala ne mijenja se u vremenu jer sve frekvencijske komponente postoje na cijelom vremenskom intervalu. Za predstavljanje nestacionarnih signala koristi se wavelet transformacija. Waveleti su dobro lokalizovane funkcije i imaju mogućnost adaptiranja na skalu (razmjeru) signala; nekoliko koeficijenata je dovoljno za predstavljanje nestacionarnih signala. Suprotno od Furijeove baze, wavelet baze definišu sparse reprezentaciju po dijelovima regularnih signala, što može uključivati prelazne procese i singularitete.

U proteklih par godina vlada veliko interesovanje za korišćenje sparse (rijetke) reprezentacije za predstavljanje signala. Signal α je sparse ako sadrži samo $k_0 \ll K$ nenultih vrijednosti, pri čemu je K dimenzija signala, ili ako samo k_0 komponenti signala ima velike (značajne) vrijednosti. Sparse predstavljanje signala je predstavljanje signala preko linearne kombinacije malog broja elementarnih signala koji se nazivaju atomi i koji se biraju iz *overcomplete* rečnika, koji se još naziva i redundantni rečnik.

NAPOMENA:

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

Overcomplete rečnik sadrži broj atoma koji je mnogo veći od dimenzije signala, tako da se svaki signal može izraziti na više načina. Rečnik (matrica) $\mathbf{D}$ dimenzija $n \times K$ sadrži K atoma koji su svi dimenzije n (dimenzija signala).

2. REČNICI

Rečnici se mogu podijeliti u dvije osnovne grupe:

- unaprijed dati rečnici koji ne zavise od signala (*pre-constructed* rečnici),
- rečnici dobijeni obukom na nekom unaprijed datom skupu signala (*learned* rečnici).

Postoji više vrsta rečnika koji spadaju u prvu grupu, neki od njih su DWT (*Discrete Wavelet Transform*) rečnik i DCT (*Discrete Cosine Transform*) rečnik o kojima će biti riječi u nastavku. Rečnici iz prve grupe nezavisni su od signala za koji se koriste. Smatra se da formiranje rečnika na osnovu unaprijed odabranog skupa signala može omogućiti bolju predstavu signala; zato se u posljednje vrijeme dosta pažnje posvećuje algoritmima koji se koriste za treniranje takvih rečnika, a u ovom radu prikazan je KSVD algoritam.

2.1. Diskretna wavelet transformacija

Za sparse reprezentaciju signala često se koriste wavelet rečnici. Wavelet rečnik dobija se od osnovnog waveleta koji se translira za vrijednost u i skalira faktorom skaliranja s . Ovaj rečnik može se predstaviti kao:

$$\mathbf{D} = \left\{ \psi_{u,s}(t) = \frac{1}{\sqrt{s}} \psi\left(\frac{t-u}{s}\right) \right\}_{u \in \mathbb{R}, s > 0} \quad (1)$$

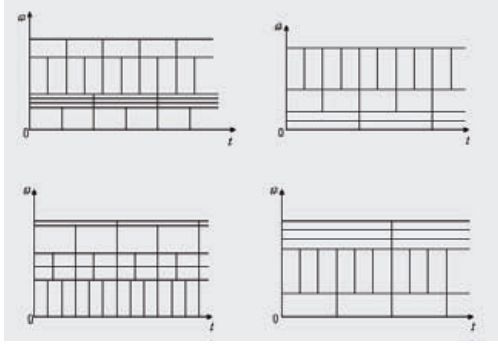
Wavelet ortonormalna baza je primjer vremensko - frekvencijske baze koja nastaje skaliranjem osnovnog waveleta ψ sa dijadskom skalom $s = 2^j$ i transliranjem za $2^j n$ i označava se sa $\psi_{j,n}$.

Overcomplete wavelet rečnik može se dobiti kombinovanjem različitih ortonormalnih wavelet baza. Wavelet paket baze dijele vremensku i frekvencijsku osu na odvojene intervale različite dužine. Na slici 1. prikazane su četiri različite wavelet baze. Kombinovanjem ovakvih i drugih wavelet baza dobija se *overcomplete* rečnik. Prilikom traženja sparse reprezentacije signala bira se baza koja najbolje odgovara datom signalu, tj. omogućava najbolju predstavu datog signala.

2.2. Diskretna kosinusna transformacija

Kosinusne ortonormalne baze dobijaju se dijeljenjem vremenske ose signala na različite intervale, dok je podjela frekvencijske ose ravnomjerna. Kao i kod wavelet trans-

formacije, kombinovanjem različitih kosinusnih baza može se dobiti overcomplete DCT rečnik.



Slika 1. Različite wavelet baze koje se mogu koristiti za formiranje overcomplete rečnika

2.3. KSVD algoritam za formiranje adaptivnog rečnika

Posmatraju se patch-evi veličine $\sqrt{n} \times \sqrt{n}$ piksela koji su poređani leksikografski kao vektori kolone $\mathbf{x} \in \mathbb{R}$. Za konstrukciju *Sparseland* modela potrebno je prvo definisati rečnik (matricu) $\mathbf{D} \in \mathbb{R}^{n \times K}$, pri čemu treba da je $K > n$ da bi rečnik bio overcomplete (redundantan). Na početku je pretpostavljeno da je rečnik poznat. Predloženi model daje sparse predstavu svakog patch-a $\mathbf{x}$ preko ovog rečnika, tj. rešenje problema

$$\hat{\mathbf{a}} = \arg \min_{\mathbf{a}} \|\mathbf{a}\|_0 \text{ s.t. } \mathbf{D}\mathbf{a} = \mathbf{x} \quad (2)$$

koje je veoma rijetko, $\|\hat{\mathbf{a}}\|_0 \ll n$ [1]. Osnovna ideja jeste da se svaki signal iz posmatrane familije predstavi kao linearna kombinacija svega nekoliko kolona (atoma) iz redundantnog rečnika $\mathbf{D}$. Fleksibilnost ovog modela trebalo bi da se popravi zamjenom strogog ograničenja $\mathbf{D}\mathbf{a} = \mathbf{x}$ sa $\|\mathbf{D}\mathbf{a} - \mathbf{x}\|_2 \leq \delta$, koji dozvoljava mogućnost ograničene greške reprezentacije, δ . Takođe je potrebno definisati "dubinu" sparse reprezentacije, odnosno najveći mogući broj atoma iz rečnika koji se koriste za sparse reprezentaciju svakog patch-a, što se može zapisati $\|\hat{\mathbf{a}}\|_0 \leq L \ll n$. Dakle, dati model je dobro definisan uređenom trojkom $(\delta, L, \mathbf{D})$.

Pretpostavka je da svako $\mathbf{x}$ pripada $(\delta, L, \mathbf{D})$ - *Sparse-land* modelu. Razmatra se zašumljena verzija tog signala, $\mathbf{y}$, nastala tako što je na signal $\mathbf{x}$ dodat aditivni bijeli Gausov šum nulte srednje vrijednosti i standardne devijacije σ . MAP estimator za uklanjanje šuma sa

patch-a može se konstruisati rešavanjem sledećeg problema (tehnika Lagranževih multiplikatora):

$$\hat{\mathbf{a}} = \arg \min_{\mathbf{a}} \|\mathbf{D}\mathbf{a} - \mathbf{y}\|_2^2 + \mu \|\mathbf{a}\|_0. \quad (3)$$

Slika sa koje je uklonjen šum može se predstaviti sa $\hat{\mathbf{x}} = \mathbf{D}\hat{\mathbf{a}}$. Ovaj problem je generalno veoma težak za rešavanje, ali se basis i matching pursuit algoritmi [2] koriste veoma efikasno za dobijanje približnih rešenja. U ovom radu korišćen je Orthogonal Matching pursuit (OMP) metod zbog jednostavnosti i efikasnosti.

Ukoliko je u pitanju slika $\mathbf{X}$ većih dimenzija $\sqrt{N} \times \sqrt{N}$ pri čemu je $N \gg n$, heuristički pristup jeste korišćenje patch-eva veličine $\sqrt{n} \times \sqrt{n}$, i njihovo „slaganje“ dok se ne popuni velika slika pri čemu se vrši preklapanje patch-eva da bi se izbegao bloking efekat.

Ako se zna da svi patch-evi velike slike $\mathbf{X}$ pripadaju $(\delta, L, \mathbf{D})$ -*Sparseland* modelu, generalizacija gore navedenog MAP estimatora jeste da se formula (3) zamijeni sa formulom oblika:

$$\{\hat{\mathbf{a}}_{ij}, \hat{\mathbf{X}}\} = \arg \min_{\mathbf{a}_{ij}, \mathbf{X}} \lambda \|\mathbf{X} - \mathbf{Y}\|_2^2 + \sum_{i,j} \mu_{ij} \|\mathbf{a}_{ij}\|_0 + \sum_{i,j} \|\mathbf{D}\mathbf{a}_{ij} - \mathbf{R}_{ij}\mathbf{X}\|_2^2 \quad (4)$$

Matrica $\mathbf{R}_{ij}$ je $n \times N$ matrica koja "izvlači" (i,j) blok sa slike.

Ukoliko se pretpostavi da je rečnik $\mathbf{D}$ poznat, problem (4) sadrži dvije nepoznate: koeficijente sparse reprezentacije $\mathbf{a}_{ij}$ za svaki patch, i sliku $\mathbf{X}$. Pošto je teško odrediti obe nepoznate istovremeno, prvo se vrši inicijalizacija $\mathbf{X} = \mathbf{Y}$, i zatim se traži optimalno rešenje za $\mathbf{a}$. Postavljanjem ovog uslova, problem se svodi na:

$$\hat{\mathbf{a}}_{ij} = \arg \min_{\mathbf{a}_{ij}} \mu_{ij} \|\mathbf{a}_{ij}\|_0 + \|\mathbf{D}\mathbf{a}_{ij} - \mathbf{x}_{ij}\|_2^2 \quad (5)$$

pri čemu se optimizacija vrši nad pojedinim patch-evima. Rešavanje ovog problema korišćenjem OMP algoritma je jednostavno. Algoritam se zaustavlja kada je vrijednost greške $\|\mathbf{D}\mathbf{a}_{ij} - \mathbf{x}_{ij}\|_2^2$ manja od praga. Izbor μ_{ij} vrši se implicitno.

Kada se izračunaju sve vrijednosti $\hat{\mathbf{a}}_{ij}$, one se fiksiraju i onda se vrši ažuriranje $\mathbf{X}$, pa se formula (4) svodi na rešavanje optimizacionog problema:

$$\hat{\mathbf{X}} = \arg \min_{\mathbf{X}} \lambda \|\mathbf{X} - \mathbf{Y}\|_2^2 + \sum_{i,j} \|\mathbf{D}\hat{\mathbf{a}}_{ij} - \mathbf{R}_{ij}\mathbf{X}\|_2^2 \quad (6)$$

Ovo je jednostavan kvadratni optimizacioni problem koji ima zatvoreno rešenje oblika:

$$\hat{\mathbf{X}} = (\lambda \mathbf{I} + \sum_{i,j} \mathbf{R}_{ij}^T \mathbf{R}_{ij})^{-1} (\lambda \mathbf{Y} + \sum_{i,j} \mathbf{R}_{ij}^T \mathbf{D}\hat{\mathbf{a}}_{ij}) \quad (7)$$

Ova predstava navodi na zaključak da je izvršeno usrednjavanje patch-eva slike sa kojih je uklonjen šum, sa određenim relaksacijama dobijenim usrednjavanjem sa originalnom zašumljenom slikom. Matrica koja se invertuje u navedenom izrazu je dijagonalna, pa zbog toga računanje u jednačini (7) može biti izvršeno piksel po piksel, prateći prethodno opisanu proceduru.

Prethodno izlaganje bilo je bazirano na pretpostavci da je rečnik $\mathbf{D} \in \mathbb{R}^{n \times K}$ poznat. Međutim, nameće se pitanje izbora najboljeg rečnika za datu sliku. U radu [3] pokazano je da korišćenje redundantnog DCT rečnika daje dobre rezultate. U ovom radu objašnjen je i KSVD algoritam koji se koristi za formiranje adaptivnog rečnika na osnovu unaprijed datih signala. KSVD je iterativni

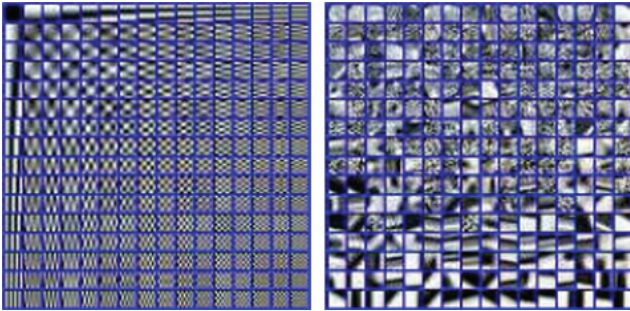
algoritam koji prvo pronalazi sparse reprezentacije koje najbolje odgovaraju datom skupu signala, a zatim adaptira rečnik u cilju dobijanja što boljeg rešenja za sparse reprezentaciju signala. Kako KSVD algoritam prilikom učenja rečnika ima sposobnost otklanjanja šuma, moguće je koristiti patch-eve iz zašumljene slike, i na taj način dobiti rečnik koji odgovara baš toj slici.

Dakle, koriste se patch-eve iz oštećene slike, $Z = \{\mathbf{y}_j\}_{j=1}^M$, gdje je $M = (\sqrt{N} - \sqrt{n} + 1)^2$. Sada se problem predstavljen u (4) može proširiti, uzimajući da je i $\mathbf{D}$ nepoznat:

$$\{\hat{\mathbf{D}}, \hat{\mathbf{a}}_{ij}, \hat{\mathbf{X}}\} = \arg \min_{\mathbf{D}, \mathbf{a}_{ij}, \mathbf{X}} \lambda \|\mathbf{X} - \mathbf{Y}\|_2^2 + \sum_{i,j} \mu_{ij} \|\mathbf{a}_{ij}\|_0 + \sum_{i,j} \|\mathbf{D}\mathbf{a}_{ij} - \mathbf{R}_{ij}\mathbf{X}\|_2^2 \quad (8)$$

Kao i u prethodno opisanom algoritmu, može se pretpostaviti da su $\mathbf{D}$ i $\mathbf{X}$ fiksirani, pa se vrši izračunavanje $\hat{\mathbf{a}}_{ij}$. Ono se može izvesti primjenom OMP algoritma. Kada se dobiju vrijednosti za $\hat{\mathbf{a}}_{ij}$, vrši se ažuriranje rečnika korišćenjem niza od K SVD (*Singular Value Decomposition*) operacija. Nakon toga, pristupa se računanju slike $\mathbf{X}$ kao što je prikazano u (7). Ažuriranje izlazne slike $\mathbf{X}$ mijenja nivo šuma σ , za koji se smatra da je poznat i koji je korišćen u prethodnim koracima. Stoga se izvršava više iteracija prilikom računanja koeficijenata reprezentacije i ažuriranja rečnika, pri čemu se koristi isti nivo šuma σ , prije nego što se pristupi traženju izlazne slike.

Na slici 2. prikazani su DCT rečnik i rečnik dobijen primjenom KSVD algoritma. DCT rečnik nastaje nezavisno od slike, dok se kod KSVD rečnika mogu uočiti dvije vrste atoma, oni koji predstavljaju geometriju slike i oni koji se odnose na detalje koji su više vezani za teksturu u slici.



Slika 2. Atomi redundantnog DCT rečnika i redundantnog adaptivnog (KSVD) rečnika

3. UKLANJANJE ADITIVNOG GAUSOVOG ŠUMA SA SLIKE

Zašumljena slika $\mathbf{y}$ može se predstaviti kao $\mathbf{y} = \mathbf{x} + \mathbf{e}$, i cilj je pronaći "čistu" sliku $\mathbf{x}$. Posmatra se Gausov šum koji ima srednju vrijednost 0 i varijansu σ^2 . Uklanjanje šuma svodi se na rešavanje minimizacionog problema:

$$\min_{\mathbf{a}} \|\mathbf{a}\|_0 \text{ s.t. } \|\mathbf{y} - \mathbf{D}\mathbf{a}\|_2 \leq \delta, \delta > 0. \quad (9)$$

Ovaj problem može se prikazati u Lagranžovoj (*Lagrangian*) ekvivalentnoj formi:

$$\min_{\mathbf{a}} \lambda \|\mathbf{a}\|_p^p + \frac{1}{2} \|\mathbf{y} - \mathbf{D}\mathbf{a}\|_2^2 \quad (10)$$

pri čemu se najčešće koristi $0 < p \leq 1$ da bi se postigle bolje performanse prilikom uklanjanja šuma [4].

Ortogonalna wavelet baza koristi se za uklanjanje šuma jer slika ima rijetku reprezentaciju u wavelet transformacionom domenu. Međutim, primjena ortogonalne DWT na sliku dovodi do pojave blokiranja (*blocky artifacts*). Prilikom uklanjanja šuma, primjena translatorno-invarijantnih metoda značajno smanjuje ove artefakte. Za predstavljanje signala $\mathbf{x}$ koristi *overcomplete* rečnik $\mathbf{D}$ udružen sa nekom transformacionom matricom $\mathbf{T}$. Koeficijenti $\mathbf{a}$ mogu se predstaviti sa $\mathbf{a} = \mathbf{T}\mathbf{x}$ korišćenjem $\mathbf{D}\mathbf{T} = \mathbf{I}$. U slučaju *overcomplete tight* frejma važi da je $\mathbf{D}\mathbf{D}^T = \mathbf{I}$ i $\mathbf{D}^T\mathbf{D} \neq \mathbf{I}$.

Cilj je riješiti problem:

$$\hat{\mathbf{a}} = \arg \min_{\mathbf{a}} \lambda \|\mathbf{a}\|_p^p + \frac{1}{2} \|\mathbf{D}\mathbf{a} - \mathbf{y}\|_2^2 \quad (11)$$

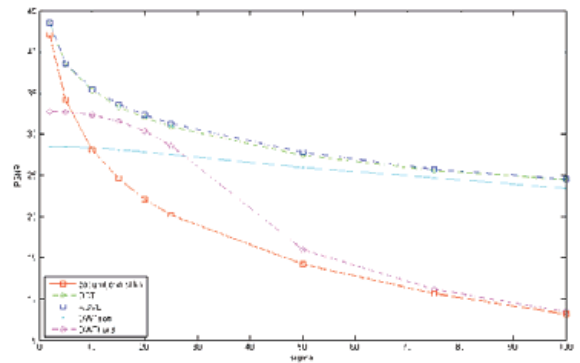
Dati problem se može riješiti primjenom *greedy* tehnika ako su dimenzije slike relativno male ($n \ll 1000$). Međutim, u slučaju signala velikih dimenzija (npr. slika dimenzija 1000×1000), *greedy* pristupi nisu tako korisni. U proteklih nekoliko godina intenzivno se koriste *iterative shrinkage/thresholding* (IST) algoritmi koji su nezavisno predloženi od strane nekoliko autora [5]. Jedan od standardnih oblika IST algoritma je sledeći iterativni postupak:

$$\hat{\alpha}_{t+1} = \arg \min_{\alpha} \lambda \|\alpha\|_p^p + \frac{1}{2} \|\alpha - \beta_t\|_2^2 \quad (12)$$

gdje je $\beta_t = \hat{\mathbf{a}}_t - \mu \mathbf{D}^T(\mathbf{D}\hat{\mathbf{a}}_t - \mathbf{y})$. Svaka iteracija predstavlja rešavanje jednostavnog separabilnog problema

$$\alpha_i = \arg \min_{\alpha_i} \frac{1}{2} (\alpha_i - \beta_i)^2 + \lambda |\alpha_i|^p. \quad (13)$$

Ako je $p=0$ ili $p=1$ postupak se svodi na hard- ili soft-thresholding. Cjelokupan proces uklanjanja šuma zahtijeva niz jednostavnih koraka – množenje sa $\mathbf{D}$ i $\mathbf{D}^T$ i skalarni (hard- ili soft-) shrinkage korak. Cjelokupan proces je brz, jednostavan i efikasan.



Slika 3. Grafik koji pokazuje odnos PSNR za različite rečnike

Na slici 3. dato je poređenje rezultata (PSNR) dobijenih primjenom *overcomplete* DWT, *overcomplete* DCT i adaptivnog (KSVD) rečnika i tehnika za dobijanje sparse

reprezentacije. Najbolji rezultati dobijaju se primjenom adaptivnog rečnika, a najlošiji primjenom DWT rečnika i hard thresholding tehnike.

Na slici 4. prikazana je slika Lena, pri čemu je dat prikaz čiste slike, slike sa na koju je dodat aditivni Gausov šum srednje vrijednosti nula i standardne devijacije $\sigma = 25$, kao i slike dobijene primjenom DWT rečnika i IST algoritma (soft- i hard- thresholding). Uočava se da najbolje rezultate daje primjena soft - thresholding tehnike.



Slika 4. Rezultati uklanjanja šuma primjenom DWT rečnika i IST algoritma (soft i hard thresholding tehnike) za dobijanje sparse reprezentacije slike Lena.

Na slici 5. prikazane su slike dobijene primjenom overcomplete DCT i adaptivnog (KSVD) rečnika, pri čemu primjena prvog daje bolje rezultate nego primjena DWT rečnika, a primjena adaptivnog KSVD rečnika daje najbolje rezultate.



Slika 5. Rezultati uklanjanja šuma korišćenjem overcomplete DCT rečnika i rečnika dobijenog primjenom KSVD algoritma.

4. ZAKLJUČAK

Sparse reprezentacija je tehnika koja se zasniva na korišćenju rečnika i metoda koje omogućavaju sparse predstavi signala.

Primjena DWT rečnika i IST algoritma (soft- i hard-thresholding) pokazala se kao dosta dobra prilikom uklanjanja aditivnog Gausovog šuma sa slike. Još bolji rezultati dobijeni su primjenom DCT rečnika i adaptivnog rečnika dobijenog primjenom KSVD algoritma, pri čemu je korišćen OMP metod za dobijanje sparse reprezentacije. Prikazano je da najbolje rezultate daje primjena adaptivnog rečnika dobijenog primjenom KSVD algoritma, a najlošije primjena DWT rečnika i IST algoritma (hard - thresholding).

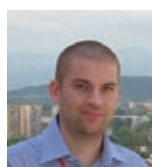
5. LITERATURA

- [1] M. Elad, M. Aharon, "Image Denoising Via Sparse and Redundant Representations Over Learned Dictionaries", IEEE Trans. On Image Processing, vol. 15, no. 12, 2006.
- [2] G. Rath, A. Sahoo, "A comparative study of some greedy pursuit algorithms for sparse approximation", EUSIPCO, 2009.
- [3] M. Aharon, M. Elad, and A.M. Bruckstein, "K-svd: An algorithm for designing of overcomplete dictionaries for sparse representation", IEEE Trans. On Signal Processing, 2005.
- [4] M. Elad, M.A.T. Figueredo, Y. Ma, "On the Role of Sparse and Redundant Representations in Image Processing", to appear in the IEEE Proceedings - Special Issue on Applications of Compressive Sensing and Sparse Representation.
- [5] I. Daubechies, M. Defriese, and C. De Mol, "An iterative thresholding algorithm for linear inverse problems with a sparsity constraint", Communications on Pure and Applied Mathematics, vol. LVII, pp. 1413-1457, 2004.

Kratka biografija:



Nataša Pješčić rođena je u Trebinju 1985. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva –Telekomunikacije odbranila je 2010. god.



Borislav Antić rođen je u Novom Sadu, 1980. godine. Magistrirao je na Fakultetu tehničkih nauka 2009. god. Od 2005. god. zaposlen je kao asistent na FTN-u. Oblast interesovanja mu je kompjuterska vizija i digitalna obrada slike.



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.

IMPLEMENTACIJA KRATKOROČNE PROGNOZE POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE REALIZOVANO KAO PROCEDURA U BAZI PODATAKA**SHORT TERM LOAD FORECASTING IMPLEMENTATION AS STORED DATABASE PROCEDURE**Branko Dalčeković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U ovom radu je prezentovana konverzija fortranskog rešenja kratkoročne prognoze potrošnje električne energije u uskladištenu proceduru Oracle 10g sistema za upravljanje bazom podataka. Ova procedura poziva eksternu C biblioteku. Omogućeno je centralizovano čuvanje podataka u bazi.

Abstract – This paper presents conversion of FORTRAN implementation of Short Term Load Forecasting into Oracle 10g database management system stored procedure. The procedure calls external C library. Data storage is centralized.

Ključne reči: kratkoročna prognoza, uskladištena procedura, centralizovano čuvanje podataka.

1. UVOD

Isporuka električne energije na siguran i ekonomičan način zahteva od elektroenergetskih kompanija da reše mnoge ekonomske i tehničke probleme u funkcionisanju, planiranju i kontroli elektroenergetskog sistema.

Da bi u ovim sistemima planiranje i funkcionisanje bilo optimalno, primenjuju se moderne tehnike optimizacije, a očekuje se da one doprinesu osetnoj uštedi. Preduslov za ostvarivanje uštede je znanje o budućoj potrošnji električne energije. Prognoza opterećenja je veoma bitan aspekt u procesu predviđanja buduće potrošnje električne energije.

Prognoze opterećenja se mogu podeliti u tri kategorije: kratkoročne prognoze koje prognoziraju od jednog sata do nedelju dana, srednjeročne prognoze koje su obično od nedelju dana do jedne godine i dugoročne, koje prognoziraju za više od godinu dana unapred [1]. Različite su namene ove tri vrste prognoze, a kratkoročna prognoza (**Short Term Load Forecasting, STLF**) služi za kontrolu, podešavanje i planiranje potrošnje [2].

STLF funkciju obično podržava DMS (Distributivni Menadžment Sistem) softver. U ovom radu autor se bavio optimizacijom postojećeg rešenja **STLF** funkcije, pre svega na nivou klijent server arhitekture.

Postojeće rešenje je realizovano u programskom jeziku **FORTRAN** i podrazumeva obuku i prognozu na klijentu, a podatke preuzima preko servera iz baze podataka. Rezultati treninga se čuvaju na klijentu, u okviru fajl sistema.

NAPOMENA:

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

Cilj ovog rada jeste da se obuka i prognoza prebace sa klijentske na serversku komponentu DMS softvera. Na ovaj način dobija se centralizovano čuvanje rezultata obuke i prognoze.

Centralizovanim čuvanjem rezultata postiže se da više klijenata mogu koristiti istu obuku i prognozu, što doprinosi visokom stepenu ponovne iskoristivosti i odsustvu potrebe da svaki klijent nezavisno vrši obuku. Još jedna pogodnost ovakve organizacije je da se na nivou sistema za upravljanje bazom podataka mogu uvesti redovne automatske doobuke neuronske mreže.

Odlučeno je da čitava obuka bude na nivou sistema za upravljanje bazom podataka i da se iskoriste mogućnosti koje specifični proizvođač nudi radi bržeg procesa obučavanja. U radu je opisana implementacija rešenja u okviru **Oracle 10g** sistema za upravljanje bazom podataka korišćenjem poziva eksterne biblioteke napisane u programskom jeziku C.

2. OPIS I PRETPOSTAVKE REŠAVANOG PROBLEMA

Relativno je lako uraditi kratkoročnu prognozu sa oko 10% matematičkog očekivanja apsolutne vrednosti relativne greške. Međutim, cene grešaka su tako velike, pa tako 1% tačnosti na godišnjem nivou vredi nekoliko miliona do nekoliko desetina miliona evra kolika je procenjena kvota u [3].

2.1. Modeli prognoze

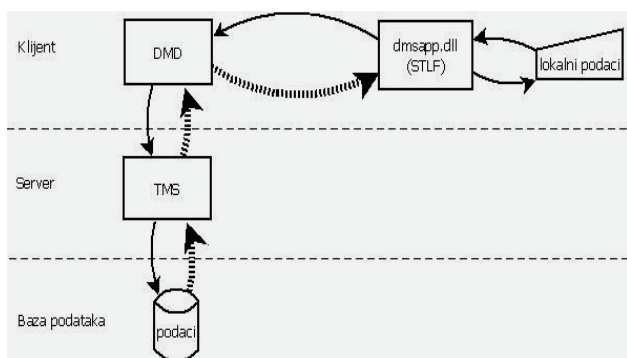
Postoji više modela prognoze. Neki ne koriste informacije o vremenskim uslovima, dok ih drugi koriste. Najčešće se posmatraju temperatura, vlažnost vazduha, brzina vetra i broj sunčanih sati u danu (insolacija).

Mnogi modeli i metode za prognozu već su oprobani na prognozi opterećenja, sa različitim stepenima uspeha. Najpoznatije i najčešće korišćene metode su: linearna regresija, stohastične vremenske serije, pristupi bazirani na znanju, metoda prostora stanja, procedure fitovanja krivih [4], kao i razni **ARMAX (AutoRegressive Moving Average)** modeli: pristup evolutivnim programiranjem, ili samoorganizujući fazi **ARMAX** [5]. Novije od navedenih metodologija su razne metode veštačke inteligencije: ekspertske sistemi, koji koriste znanje i rasuđivanje ljudi-stručnjaka, fazi, i fazi-neuralni modeli. Međutim, modeli koji privlače najveću pažnju su, nesumnjivo, veštačke neuronske mreže (**Artificial Neural Network, ANN**) [2]. Pokazano je da **ANN** može biti uspešno korišćena u **STLF** za visokom preciznošću. Prosečna relativna greška može da bude niža od 2%. Ozbiljnu konkurenciju

neuronskim mrežama predstavljaju mašine potpornog vektora (**Support Vector Machines, SVM**) [6].

2.2. Arhitektura DMS softvera za realizaciju STLF funkcije

Na slici 1. prikazan je deo arhitekture DMS softvera koji čine sve komponente koje učestvuju u realizaciji **STLF** funkcije. Funkcije **DMD** modula na klijentu su: prezentacija, komunikacija sa serverom, čuvanje struktura u objektnom modelu i komunikacija sa **dmsapp.dll** fortranskim modulom, pri čemu se obavljaju neophodne konverzije iz objektnog modela u model pogodan za **FORTTRAN**. Prilikom pokretanja obuke za **STLF** za odabrani skup podataka dolazi do čitanja tog skupa podataka iz baze. Sve te podatke je neophodno transformisati u oblik pogodan za fortranske proračune **dmsapp.dll**-a. U nekim slučajevima skup podataka može biti prilično velik. Na slici 1. debljim i isprekidanim strelicama prikazan je put koji podaci za obuku moraju da prođu da bi došli na proračun u **dmsapp.dll**.



Slika 1. Deo arhitekture DMS softvera za realizaciju **STLF** funkcije

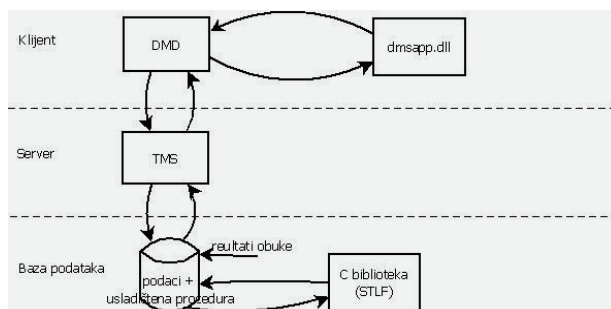
Scenario upotrebe **STLF** bio bi sledeći: za obuku modela predikcije neophodno je da istorijska merenja iz baze podataka preko serverskog **TMS** sloja dospeju do **DMD**-a, da bi **DMD** izvršio transformacije podataka i prosledio ih do **dmsapp.dll**-a.

Nakon obuke modela, **dmsapp.dll** lokalno čuva dobijene trening parametre. Čuvanje se vrši na fajl sistemu klijenta. Nakon čuvanja trening parametara moguće je obaviti prognozu. Prognoza se vrši pomoću parametara učitanih sa fajl sistema. Rezultati prognoze se mogu vizualizovati, analizirati i snimiti u vidu **CSV (Comma Separated Value)** fajla.

2.3. Nedostaci rešenja i moguća unapređenja

Rešenje sa slike 1. ima nedostatke. Na primer, potrebno je da podaci od baze podataka preko serverskog sloja putuju do klijenta i trpe razne konverzije. I na samom klijentu postoje konverzije iz objektnih struktura u one pogodne za **FORTTRAN**.

Na slici 2. prikazan je predlog arhitekture u kojoj podaci ne bi putovali i trpeli višestruke konverzije. Za razliku od arhitekture na slici 1., proračuni se vrše tamo gde su podaci, podaci ne putuju preko servera do klijenta trpeći konverzije i nema snimanja rezultata obuke lokalno na fajl sistemu klijenta.

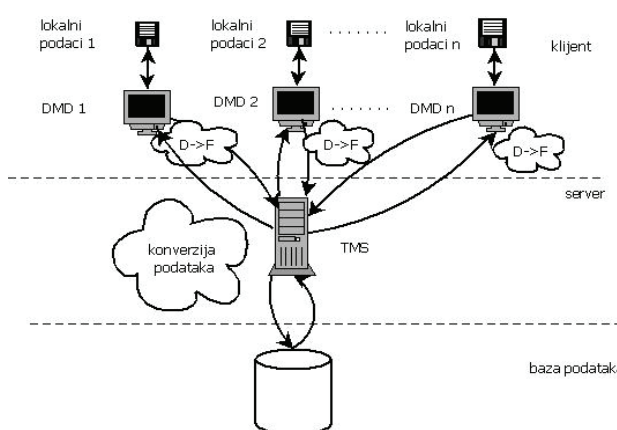


Slika 2. Unapređena arhitektura DMS softvera

Jedino što klijent treba da uradi je da zada komandu da se izvrši obuka i sve se dešava u bazi podataka. U bazi se čuvaju rezultati obuke, pa je za prognozu takođe dovoljno samo zatražiti obuku, a učitavanje trening parametara se takođe radi na nivou baze podataka.

2.4. Centralizovano čuvanje podataka

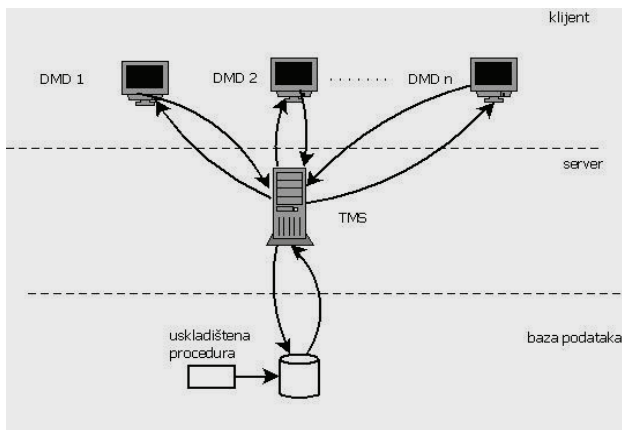
Ukoliko se sagleda organizacija sa drugog aspekta, kao što je prikazano na slikama 3. i 4., dolazi se do zaključka da se centralizovanim čuvanjem podataka višestruko štedi vreme obuke. Na slici 3. prikazano je aktuelno rešenje.



Slika 3. Prikaz dela aktuelne arhitekture DMS softvera sa više klijenata koji koriste **STLF**

U slučaju da više klijenata želi obuku za isti skup podataka i da vrši zahtev za obukom, istorijska merenja iz baze podataka za svakog klijenta prolaze kroz server, i na njima se vrše višestruke konverzije. Za svaki zahtev podaci se čitaju iz baze podataka i prolaze konverzije na serveru. Na svakom od klijenata dolazi do konverzije iz objektnih struktura u strukture pogodne za **FORTTRAN** (što je naznačeno oblačićima na kojima piše "D->F"). Svaki od klijenata čuva rezultate obuke lokalno na svom fajl sistemu. Time se stvaraju redundantni podaci.

Na slici 4. prikazana je predložena promena arhitekture koja je implementirana u ovom radu. Na ovoj slici nema oblačića što označava da nema konverzija podataka. Sve što treba da se odradi je da jedan od N klijenata, koji hronološki prvi to učini, definiše obuku za određeni period i određene parametre. Poziva se uskladištena procedura implementirana u ovom radu, a koja se nalazi u samoj bazi podataka. Ona vrši obuku i čuva trening parametre u bazi podataka.



Slika 4. Prikaz dela promenjene arhitekture DMS softvera sa više klijenata koji koriste STLF

Trening parametri sačuvani u bazi dostupni su svim klijentima, pa preostalih (N-1) klijenata nema potrebe da vrši obuku. Svaki od N klijenata može da pristupi procesu prognoze.

Rezime: da bi N klijenata imalo sačuvane trening parametre dovoljna je samo jedna komanda serveru i jedno vreme trajanja obuke.

2.5. Automatske doobuke

Još jedna pogodnost korišćenja centralizovane baze podataka jeste jednostavno podešavanje automatske doobuke predikcionog modela u bazi podataka u određenim vremenskim intervalima. To se realizuje u vidu tzv. *job-a*, ili posla, na nivou sistema za upravljanje bazom podataka [7].

3. OPIS KORIŠĆENIH TEHNOLOGIJA I ALATA

Vršena je konverzija postojeće funkcionalnosti DMS softvera, iz fortranskog koda u C kod. Zatim je od C koda kreirana biblioteka, koja se poziva iz uskladištene procedure u bazi podataka. U biblioteci je implementirana logika, a pristup podacima vršen je preko *OCI* interfejsa.

3.1. Oracle 10g XE

Oracle je jedan od vodećih *DBMS* na globalnom nivou [7]. Autor se odlučio za besplatnu ediciju ovog *DBMS* verzije 10g. U pitanju je tzv. *Express Edition*, koja se slobodno može koristiti u razvojne i istraživačke svrhe.

3.2. Uskladištene procedure u okviru Oracle 10g XE

Oracle poseduje proceduralno proširenje *SQL* upitnog jezika *PL/SQL* [7]. *PL/SQL* funkcioniše na isti način kao i običan *SQL*.

Uskladištena procedura (*stored procedure*) predstavlja kolekciju *SQL* i *PL/SQL* izraza koja vrši određeni zadatak, kao što je pisanje jedne torke u tabelu baze podataka ili ažuriranje podataka. Počevši od verzije 8i, *Oracle* omogućuje pozivanje eksternih biblioteka iz uskladištene procedure.

Eksterna biblioteka može biti realizovana u raznim programskim jezicima (C, Java...), pri čemu je nezavisna od sistema za upravljanje bazom podataka i zasebno se razvija, kompajlira i testira.

3.3. Oracle Call Interface

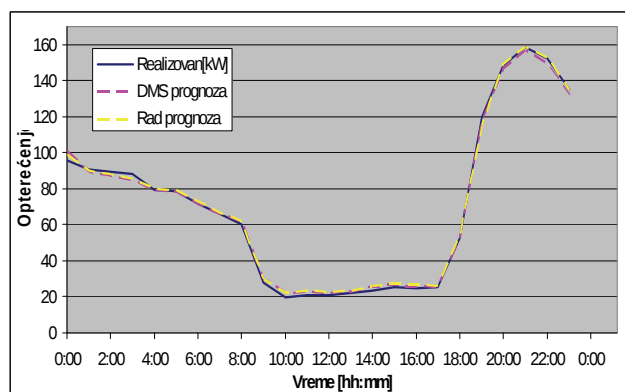
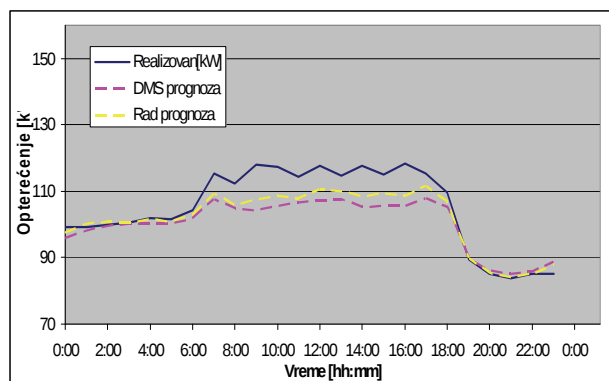
Oracle Call Interface (OCI), predstavlja moćan, visoko efikasan *API* koji omogućuje kreiranje aplikacija koje pristupaju *Oracle DBMS* i kontrolišu sve faze izvršavanja *SQL*. Podržani su tipovi podataka, konvencije poziva funkcija, kao i sintaksa i semantika programskog jezika C. Manipulacija podacima i šemama u *DBMS* je omogućena preko C programskog jezika.

OCI poseduje niz prednosti u odnosu na druge mogućnosti pristupa *Oracle DBMS*, kako po pitanju performansi, tako po pitanju fleksibilnosti i mogućnosti.

Kompajliranje i linkovanje aplikacija, koje koriste *OCI* interfejs, vrši se nezavisno od *DBMS*. Nema potrebe za posebnim preprocesiranjem ili prekompajliranjem.

4. REZULTATI

U istom test okruženju vršene su obuke i prognoze za aktuelnu (DMS prognoza) i predloženu (Rad prognoza) softversku implementaciju. Nizom testova potvrđena je uspešnost konverzije. Grafik 1. sadrži dva uporedna prikaza realizovanog opterećenja i prognoze obe softverske implementacije.



Grafik 1. Uporedni prikazi prognoza i realizovanog opterećenja

Prosečne relativne greške prognoze oba softvera su u preko 90% slučajeva bile ispod 10%. Uspešnost konverzije je zaključena na osnovu činjenice da su obe softverske implementacije, osim što su davale prognoze vrlo bliske prosečne relativne greške, davale krive gotovo identične po pitanju monotonosti, lokalnih minimuma i maksimuma, i pikova. Takođe, davale su najveće greške za iste periode dana.

Analizirane su performanse obe implementacije. Pored vremenske uštede centralizovanim čuvanjem podataka, pokazalo se da je u većini slučajeva predložena implementacija efikasnija, jer izbegava višestruke konverzije. Postojeća implementacija pokazala se boljom isključivo u slučajevima kada je bilo potrebno izvršiti mnogo matematičkih proračuna. **C** je odabran za implementaciju, jer **Oracle** ne podržava poziv eksternih biblioteka realizovanih u **FORTRAN**-u

5. ZAKLJUČAK

Zadatak ovog rada bila je konverzija postojećeg rešenja kratkoročne prognoze potrošnje električne energije, realizovanog u okviru fortranske biblioteke jednog od klijenata DMS softvera, u rešenje sa uskladištenom procedurom baze podataka. U ovako predloženom rešenju za čuvanje podataka odabran je **Oracle 10g** sistem za upravljanje bazom podataka. Za razliku od postojeće implementacije, koja rezultate obuke i prognoze čuva na fajl sistemu klijenta, predloženo rešenje sve podatke čuva u bazi podataka. Iskorišćene su mogućnosti **OCI** interfejsa koji predstavlja najefikasniji načina pristupa **Oracle 10g** bazi podataka iz aplikacije.

Komunikacija sa bazom putem **OCI** interfejsa ostvarena je iz aplikacije realizovane u programskom jeziku **C**. Iskorišćena je pogodnost **Oracle** sistema za upravljanje bazom, koja omogućava da se iz uskladištene procedure, koja predstavlja kolekciju **SQL** i **PL/SQL** naredbi u bazi podataka, poziva eksterna biblioteka, koja može biti realizovana u nekoliko programskih jezika.

Nizom testova potvrđena je uspešnost predloženog rešenja.

Osnovni cilj predloženog rešenja jeste centralizovano čuvanje obuke i prognoze na serveru u okviru sistema za upravljanje bazom, za razliku od postojećeg rešenja, kod kog se nezavisno na svakom klijentu čuvaju ti podaci. To znači da u postojećem rešenju više klijenata mora nezavisno da izvrši obuku i prognozu, što predstavlja nepotrebno trošenje vremena i stvara redundantne podatke na klijentima. Centralizovano čuvanje obuke i prognoze omogućuje da je dovoljno da jedan klijent definiše obuku i prognozu. Nakon toga ti podaci su dostupni ostalim klijentima, koji mogu odmah da krenu sa procesom analize obuke i prognoze.

Prednost predloženog rešenja jeste i mogućnost jednostavnog konfigurisanja automatske periodične doobuke mreže u vidu poslova (**jobs**) na nivou sistema za upravljanje bazom.

6. LITERATURA

- [1] Joe H. Chow, Felix F. Wu and James A. Momoh, "Applied mathematics for restructured electric power systems: Optimization, Control and Computational Intelligence". 0-387-23470-5
- [2] K. Y. Lee and J.H. Park, "Short-term load forecasting using an artificial neural network", *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol. 7, No. 1, February 1992
- [3] D. W. Bunn and E. D. Farmer, Eds., "Comparative Models for Electrical Load Forecasting" *John Wiley & Sons*, 1985.
- [4] I. Moghram and S. Rahman, "Analysis and evaluation of five short-term load forecasting techniques", *IEE Trans. Power Systems*, Vol. 4, No. 4, October 1989.
- [5] H. T. Yang and C. M. Huang, "A New Short-Term Load Forecasting Approach Using Self-Organizing Fuzzy ARMAX Models", *IEEE Trans. Power systems*, vol. 13, No. 1, February 1998
- [6] M. Mohandes, „Support Vector Machines for Short-Term Load Forecasting“, *International Journal of Energy Research*, Vol.26, No.4, pp.335–45, Mar. 2002.
- [7] Oracle Database 10g OCP Certification All-in-One Exam Guide

Kratka biografija:



Branko Dalčeković rođen je u Novom Sadu 1985. god. Gimnaziju "Jovan Jovanović Zmaj" u Novom Sadu završio je 2004. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Računarske nauke i informatika odbranio je 2009. god. Dobitnik je prestižnih stipendija: Vladina stipendija za 1000 najboljih studenata u Srbiji i školarina Eurobank EFG. Njegove oblasti interesovanja su veštačka inteligencija, baze podataka i internet tehnologije.

INTEGRACIJA ALATA ZA KONTROLU VERZIJA SOFTVERA, ALATA ZA PRAĆENJE GREŠAKA SOFTVERA I ALATA ZA UPRAVLJANJE SOFTVERSKIM PROJEKTIMA

SOFTWARE VERSION CONTROL TOOL, SOFTWARE BUG TRACKING TOOL AND SOFTWARE PROJECT MANAGEMENT TOOL INTEGRATION

Borislav Krstić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U radu je predložen način integrisanja alata za rukovanje razvojem softvera. Integrirani su tri alata, radi lakšeg upravljanja, nadgledanja i organizacije softverskih projekata. Integrirani alati su Bugzilla (alat za praćenje nedostataka), dotProject (alat za upravljanje projektima) i Mercurial (alat za kontrolu verzija).

Abstract – This thesis presents integration of tools to handle software development. Three tools are integrated for easier management, monitoring and organization of software projects. Integrated tools are Bugzilla (bug tracking tool), dotProject (project management tool) and Mercurial (version control tool).

Ključne reči: Integracija, Bugzilla, Mercurial, DotProject, sistem za kontrolu verzija, sistem za praćenje nedostataka softvera, sistem za upravljanjem projektima, MySQL

1. UVOD

Razvoj softvera u okviru velikih softverskih kompanija obično angažuje veliki broj inženjera koji rade na istom finalnom proizvodu, a koji su često prostorno dislocirani. U sam proces razvoja uključeni su, pored razvojnih timova, projekt menadžeri, arhitekte, sistem integratori, test timovi itd.

Brz razvoj tehnologija, integriranih razvojnih okruženja i programskih jezika, pogotovo jezika četvrte generacije (4GL), stvara mogućnost da se razvijaju softverski sistemi koji rešavaju kompleksne probleme sa velikom efikasnošću. Međutim, razvoj takvih sistema je nezamisliv bez podrške pomoćnih alata koji doprinose razvoju, upravljanju, nadgledanju i testiranju samog procesa proizvodnje softvera.

Ako se uzme u obzir da je krajnji cilj svakog procesa razvoja softvera kvalitetno rešenje koje nema nedostataka, koje radi pouzdano i stabilno, može se doći do zaključka da je za to neophodno korišćenje pomoćnih alata za kontrolisanje, sinhronizaciju i koordinaciju, kao i za pravilnu raspodelu resursa (pod resursima se podrazumeva sve što figuriše u procesu razvoja softvera).

Jedan od takvih pomoćnih alata je Sistem za kontrolu verzija (VCS – *Version Control System*).

NAPOMENA:

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

Drugi takav pomoćni alat koji čini lakšim testiranje, otklanjanje nedostataka i propusta prilikom razvoja kompleksnih rešenja, je **Bug-Tracking System** ili alat za praćenje nedostataka softvera.

Treći takav pomoćni alat služi za upravljanje softverskim projektima i omogućuje pravilnu raspodelu i korišćenje raspoloživih resursa.

Cilj ovog rada je da integriše prethodno pomenute pomoćne alate radi stvaranja boljeg ambijenta za razvoj složenih softverskih proizvoda.

2. SPECIFIKACIJA ZAHTEVA

Proces razvoja kompleksnih softverskih rešenja bez pomoćnih alata skoro je neizvodljiv. Nakon uključivanja pomoćnih alata u proces razvoja softvera, koji u velikoj meri olakšavaju posao, proces proizvodnje softvera postaje lakši i brži.

Integracija pomoćnih alata omogućuje da razvoj, testiranje, održavanje i organizacija projekata postanu još lakši za sve učesnike u procesu razvoja softvera.

Prilikom razvoja softvera i tokom njegovog održavanja nakon instalacije kod krajnjih korisnika, javlja se potreba da se napravi sistem koji bi mogao da obezbedi što bolju komunikaciju razvojnih timova i onih koji spremaju softver za distribuciju. Uobičajeno je da se razvojni timovi sinhronizuju preko nekog alata za kontrolu verzija, koji pruža uvid u stanje projekta tako što izvorni kod čuva na jednom mestu.

Primer takvih alata su SVN [1] (eng. **System Version Control**), CVS [2] (eng. **Concurrent Versions System**) koji poseduju jedan centralni repozitorijum. Sa druge strane imamo primer takvih alata kao što su **Mercurial VCS** [3] i **Git** [4] sa istom namenom, ali poseduju distribuiran repozitorijum. Distribuirani repozitorijum predstavlja decentralizovan repozitorijum podeljen na manje delove, koji se međusobno sinhronizuju po potrebi.

Neophodan alat u ciklusu razvoja softvera, je alat za praćenje nedostataka softvera i propusta koji se načine prilikom izrade softvera. Alati za praćenje nedostataka (eng. **Bug tracking system**) često se koriste, kako u samom procesu razvoja softvera, tako i prilikom njegovog održavanja. Alati ovog tipa omogućavaju svim učesnicima u procesu razvoja softvera, da na lakši način evidentiraju sve nedostatke u softveru kao i praćenje njihovog rešavanja, testiranja itd. Primer takvih alata je **Bugzilla** [5], **Bugs Everywhere** [6] itd.

Organizacija i pravilno korišćenje resursa predstavljaju važan faktor u ciklusu razvoja softvera. Primeri alata, koji

se bave problematikom raspodele poslova i opterećenja, jesu **dotProject** [7] i **MS Project** [8].

Predstavnike, prethodno navedene tri vrste, alata treba integrisati u cilju poboljšanja efikasnosti procesa razvoja softvera, a nakon njegove isporuke popravljivanja, ispravki i distribuiranja razvijenog softvera.

Prilikom integracije potrebno je voditi računa da se stvori što manja zavisnost između integrisanih alata, a da opet sa druge strane razmena podataka između njih bude moguća i efikasna.

Povezujući alate različite namene i svrhe, dobija se jedan sistem koji olakšava posao učesnicima u procesu razvoja. On primorava razvojne timove da komentarišu svoje promene, prilikom slanja izvornog koda na repozitorijum. On ograničava da se izvorni kod ne može poslati, ako ne rešava neki propust ili zadatak. On pomaže kod oblikovanja ispravki (eng. **Patch**) koje se kreiraju u cilju popravljivanja uočenih nedostataka softvera posle njegove distribucije. I na kraju on daje veću preglednost trenutnog stanja procesa razvoja, u kojoj meri je završen i u kojoj fazi se trenutno nalazi.

3. OPIS KORIŠĆENIH TEHNOLOGIJA I ALATA

Za integraciju alata korišćeni su isključivo besplatni alati i okruženja, dostupnog izvornog koda i većinom u konstantnoj fazi razvoja. Za proces integracije izabran je **Mercurial** distribuirani sistem za kontrolu verzija. Distribuiran repozitorijum omogućava lakšu sinhronizaciju između manjih timova i grupa.

Alat **Bugzilla** je odabran kao alat za evidenciju propusta i nedostataka. **Bugzilla** pruža mogućnost praćenja grešaka i promena izvornog koda, međusobnu komunikaciju timova i pojedinaca, kreiranje softverskih ispravki i upravljanjem kontrolom kvaliteta.

Alat **dotProject** odabran je kao alat za podršku upravljanju projektima. Alat je besplatan i dostupan je celokupan izvorni kod. **dotProject** poseduje **Gantt** dijagram organizaciju, mogućnosti raspodele korisnika po zadacima, po projektima i sve što je vezano za poslove oko vođenja i upravljanja softverskim projektom. **dotProject** se koristi kada se započinje faza izrade nekoga projekta i resursi se raspoređuju po zadacima (eng. **Task**) koji su unapred definisani.

Kao integrisano razvojno okruženje korišten je **Eclipse**. **Eclipse** je proširen sa podrškom za **Perl** i **Phyton**. Podrška je omogućena pomoću dodataka za **Eclipse**, a to su **EPIC** [9] (**Eclipse Perl Integration**) i **Pydev** [10].

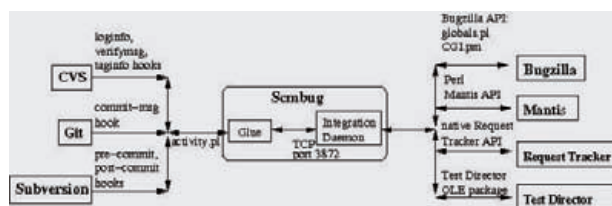
Kao **web** server je korišten **Apache** i u pozadini kao sloj za čuvanje podataka koristi se **MySQL**.

4. PREGLED POSTOJEĆIH REŠENJA

Problem integracije pomoćnih alata za razvoj softvera je rešavan u prošlosti. U nastavku je dat opis 2 rešenja i nabrojana su još neka postojeća rešenja koja su trenutno dostupna za upotrebu. Prikazano je jedno besplatno i jedno komercijalno rešenje.

ScmBug [11] je besplatan alat, sa dostupnim izvornim kodom. **ScmBug** integriše **SVN**, **Git**, **CVS** i **Bugzilla**-u uz pomoć klijent-server arhitekture. Na stranu sistema za

kontrolu verzija se instalira proširenje ili **hook**, koje se aktivira na akcije izvedene na repozitorijum tog sistema. Prikaz integracije dat je na slici 1.



Slika 1. Prikaz integracije pomoću ScmBug-a

ScmBug ne poseduje mogućnost integracije sa **Mercurial** sistemom i ne nudi podršku za sisteme bazirane na Windows platformi.

Easy!flow. [5] Integriše alat za upravljanje projektima, alat za praćenje grešaka, alat za upravljanje dokumentacijom, kontrolu kvaliteta softvera kao i alat za saradnju timova.

Ovo rešenje komercijalnog tipa, pa njegova arhitektura kao i detalji izvedbe su zatvoreni i nedostupni. Kada se uporede cena ovakvog rešenja i cena razvoja sistema slične namene, može se doći do zaključka da je isplativo finansirati razvoj sličnog sistema.

Pored prethodno navedena dva rešenja postoji još niz drugih rešenja koja vrše specifične integracije, neka od njih su:

- **CVSZilla** [5] integriše **CVS** i **Bugzilla** sistem
- **Bugzilla/CVS/Wiki** [5] integriše **Bugzilla**, **CVS** i **/Wiki** i
- **Bugzilla/SVN/Wiki** [5] integriše **Bugzilla**, **SVN** i **/Wiki**

5. IMPLEMENTACIJA INTEGRACIJE ALATA ZA RUKOVANJE RAZVOJEM SOFTVERA

Prilikom implementacije integracije alata za rukovanje razvojem softvera, potrebno je obratiti pažnju na to da veza između alata ne bude suviše jaka da ne bi izazvala međusobnu zavisnost integrisanih alata.

Prvi razlog za to tome je što su sva tri integrisana alata u konstantnoj fazi razvoja. Trenutne verzije koje su korištene pri realizaciji su: **Bugzilla** 3.4.1, **Mercurial** 1.2 i **dotProject** 2.1.1. Sve verzije su od strane njihovih razvojnih timova proglašene kao stabilne i iz tog razloga su korišćene za integraciju.

Drugi razlog je mogućnost izostavljanja nekog od integrisanih alata.

Integracija alata se može izvesti u nekoliko koraka:

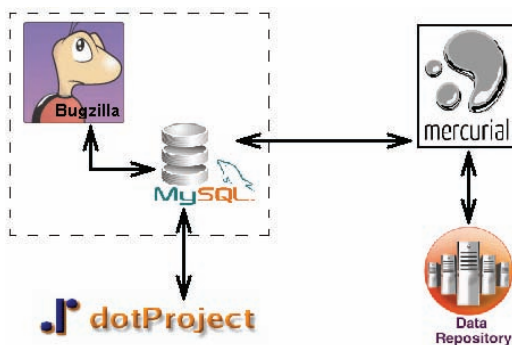
1. Proširenje je baze podataka **Bugzilla** alata, novom tabelom radi beleženja svih promena i komentara koje načine učesnici u procesu razvoja softvera.
2. Proširenje (eng. **Extension**) **Mercurial** alata, da bi bilo moguće razmenjivati podatke između **Mercurial**-a i ostala dva alata.
3. Proširenje **Bugzilla** alata, koje će da koristi prethodno uvedenu tabelu u bazi podataka.
4. Izmena izvornog koda **dotProject** alata.

Sa obzirom da se radi integracija tri alata koji po svojoj prirodi imaju različite načine evidencije korisnika, neophodno je da registrovani korisnici imaju podjednaka korisnička imena kako bi identifikacija bila jednoznačna.

Jedinstvena identifikacija registrovanih korisnika je obezbeđena preko **Active Directory** servisa.

5.1. Implementacija integracije

Mala zavisnost između integrisanih alata je postignuta tako što se sva razmena podataka vrši preko baze podataka. Kada se govori o razmeni podataka između sistema, misli se na specifičan metod komunikacije. Baza podataka je proširena kako bi se omogućilo smeštanje dodatnih podataka o kojima je potrebno voditi evidenciju. Komunikacija se obavlja na jedan od sledećih načina: jedan sistem npr. **Mercurial** upisuje svoj deo podataka u prošireni deo baze, posle toga **Bugzilla** može da čita taj deo i time se postiže efekat razmene podataka između ta dva sistema. Slika 2. ilustrativno prikazuje kako je implementirana integracija.



Slika 2. Integracija sistema

Kako bi integracija bila moguća, potrebno je proširiti razmatrana tri alata sa dodatnom funkcionalnosti. **Mercurial** alat je proširen tako da kontroliše pristup i slanje izvornog koda na centralni udaljeni repozitorijum. Iz korisničkog komentara se preuzme broj **bug**-a, u bazi se proverava kojem korisniku je prijavljen **bug** sa datim brojem, i vrši se poređenje sa korisnikom koji pokušava da šalje kod u *repozitorijum*. Ako se korisnici poklapaju, proverava se još status **bug**-a, da nije zatvoren, rešen, proglašen duplikatom ili stanju koje je različito od aktivnog. Ako je sve u redu, tada se prikupi spisak fajlova koji su izmenjeni u dotičnoj promeni. Taj spisak se dodaje na kraj komentara koji će da bude vidljiv iz **Bugzilla** sistema, kao korisnički komentar za **bug**. Znajući da je spisak potreban za dalje obrade, u posebnu tabelu beleže se svi fajlovi koji su promenjeni prilikom rešavanja određenog **bug**-a. Zatim se preuzima spisak iz baze za sve promenjene fajlove tog **bug**-a i proverava se koji od fajlova su već zabeleženi, radi izbacivanja duplikata. Kada se izvrši obrada, u bazu se upisuju zabeleženi fajlovi. Sličan postupak se dešava i za **task**, samo što se izostavlja beleška promenjenih fajlova.

Bugzilla alat je proširen tako da kada se menja neki **bug**, promena se evidentira u bazu po uobičajenom protokolu, a potom se poziva proširenje koje je vezano za dotični događaj. Nisu od interesa sve izmene nad **bug**-om. Samo je zanimljiv slučaj kada se **bug** sa aktivnim stanjem proglašava kao rešen, zatvoren ili odbijen. Događaj koji izazove posmatranu akciju prosledi sve parametre koji su

potrebni da se proverí koji je **bug** menjan, ko ga je promenio itd. Pogleda se prvo da li je načinjena prethodno pomenuta promena stanja sa aktivnog na neko drugo stanje. Iz tabele koja sadrži imena fajlova koji su menjani kada je rešavan određen **bug**, se čita spisak fajlova i dodaje se u završni komentar **bug**-a.

Ovakav komentar pruža veću preglednost izmenjenih fajlova. On omogućuje da se tačno zna šta je sve promenjeno od kako je **bug** kreiran pa do njegovog rešavanja.

DotProject alat je proširen na taj način što je direktno izmenjen izvorni kod. Promenjen je samo prikaz informacija o zadacima. Kada se vrše operacije nad repozitorijumom, potrebno je da se navede i identifikator (jedinstveni identifikacioni broj u sistemu) **taska** ili **bug**-a koji se menja. Dodata je kolona koja na globalnom pregledu zadataka prikazuje ovaj identifikator kako bi korisnik mogao da poveže koji **task** je vezan za koji identifikator.

6. ZAKLJUČAK

U radu je opisana integracija tri pomoćna alata koji doprinose poboljšanju razvojnog ciklusa softverskog proizvoda.

Integracija je ponudila veću kontrolu i pregled izmena izvornog koda, kao i mogućnost da se prati šta se dešava prilikom otklanjanja uočenih nedostataka ili prilikom rešavanja regularnih zadataka.

Napravljene su modifikacije ili bolje rečeno proširenja sva tri integrisana alata kako bi integracija i razmena podataka bili uopšte mogući. Pošto su integrisani alati pod konstantnim izmenama i unapređenjima, kreirana su proširenja tako da ona ne budu značajno menjana u narednim verzijama integrisanih alata. U toku integracije nisu korišćena nikakva specifična podešavanja vezana za neku konkretnu bazu podataka, a i upiti su organizovani tako da budu što je moguće više standardizovani, pa je moguće izmeniti korišćenu bazu podataka.

Implementirani su kontrolni mehanizmi prilikom pravljenja izmena u repozitorijumima kao i kontrole komunikacije sa centralnim repozitorijumom. Kontrola je uvedena tako da korisnik sa svog lokalnog repozitorijuma ne može da menja kod na centralnom delu, ako nema kod sebe određena proširenja koja kontrolišu tokove izmena.

Celokupna integracija je implementirana pomoću besplatnih alata i razvojnih okruženja.

Ovakvo integrisanje alata za rukovanje razvojem softvera čine jednu potpuno funkcionalnu celinu, koju je moguće proširiti. Neka od mogućih budućih proširenja i nadogradnji ovakvog sistema bila bi parametrizacija podešavanja i jedinstvena autentifikacija korisnika integrisanog sistema, kao i integracija sa drugim alatima za praćenje nedostataka ili alatima za kontrolu verzija.

7. LITERATURA

- [1] <http://subversion.tigris.org/>
- [2] http://en.wikipedia.org/wiki/Concurrent_Versions_System

- [3] <http://mercurial.selenic.com/wiki/UsingExtensions>
- [4] <http://git-scm.com/>
- [5] <http://www.bugzilla.org>
- [6] <http://bugseverywhere.org>
- [7] <http://training.dotproject.net>
- [8] http://en.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Project
- [9] <http://www.epic-ide.org/>
- [10] <http://pydev.org/>
- [11] <http://www.mkgnu.net/scmbug>

Kratka biografija:



Borislav Krstić rođen je u Sarajevu 1985. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva odbranio je 2009.god.

**JEDNO REŠENJE PROGRAMSKE PODRŠKE ZA PARALELNO IZVRŠAVANJE
ELEKTROENERGETSKIH PRORAČUNA****A SOFTWARE FOR PARALLEL POWER CALCULATIONS**

Mita Čokić, Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu dato je jedno rešenje programske podrške za paralelno izvršavanje elektroenergetskih proračuna. Paralelizacija je urađena na nivou višestrukih zahteva za proračunima. Programska podrška je razvijena kao uopštena, podesiva i lako proširiva biblioteka, u programskom jeziku C/C++ za Windows operativni sistem.

Abstract – A software for parallel power calculations is described in this paper. Parallelisation is done on multiple calculation requests. Solution is given as a general, configurable and easy extensible library developed for Windows operating system using C/C++ programming language.

Ključne reči: Parallel data processing, process dispatching, parallel load flow, parallel power functions

1. UVOD

Problem koji se rešava u ovom radu jeste smanjenje vremena izračunavanja energetskih proračuna u slučaju zahteva velikog broja vremenski ograničenih proračuna. Problem se odnosi na sve upotrebe proračuna gde je vreme trajanja proračuna kritično (aukcije, analize mreže u realnom vremenu, itd). Proračune je moguće optimizovati: algoritamski, za šta je potrebno potpuno razumevanje ovih algoritama, ulaganjem u bržu opremu ili drugačije organizovati izvršavanje funkcija odnosno paralelizovati proračune. Paralelizacijom je moguće postići višestruka ubrzanja.

U drugom poglavlju predstavljen je problem za čije rešavanje je iskorišćena programska podrška predstavljena u ovom radu. Treće poglavlje objašnjava interakciju programskog rešenja sa okruženjem, paralelizaciju proračuna, komunikacioni sloj koje je korišćen za sinhronizaciju i razmenu podataka između različitih komponenti sistema, podesivost programske podrške i mehanizam rukovanja greškama. Poglavlje četiri pretstavlja postignute performanse sistema nad jednim skupom podataka. Poglavlje pet navodi druge moguće alternativne pristupe koji se zasnivaju na primeni drugih rešenja za paralelnu obradu podataka.

Elektroenergetski sistemi Evropskih država funkcionisali su nezavisno jedan od drugog. Električna energija među njima je razmenjivana samo u slučaju sprečavanja neravnoteže u nekom od sistema.

NAPOMENA:

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

Nekada je ekonomičnije uvesti električnu energiju iz neke druge zemlje nego je proizvesti. Razmena električne energije se obavlja preko spojnih vodova koji su ograničenog kapaciteta. Proračunima se određuje maksimalni tok snage po svakom elementu koji se uzima u obzir u toku raspoređivanja prenosnih kapaciteta. U regionu centralnoistočne Evrope, aukcijska kuća primenjuje metod koordinisane eksplicitne aukcije zasnovane na tokovima snaga MaxFlow metodom. Nad modelima se računaju AC i DC tokovi snaga, provere sigurnosti N-1 i N-X, PTDF, OTDF, NetFlow i MaxFlow proračun. Ove funkcije mogu biti vremenski zahtevne a vreme za koje je potrebno dobiti rezultate je bitno što više smanjiti.

2. POSTAVKA PROBLEMA

Programska podrška opisana u ovom radu rešava problem trgovine strujom u centralnoistočnoj Evropi. Elektro distribucije šalju model i parametre mreže svaki dan za 24 sata. Nad svim modelima i parametrima koji su poslani se uradi validacija, eventualna ispravka grešaka i provera konvergencije modela. Kad sve elektrodistribucije pošalju potpune podatke, modeli mreža koje su oni poslali se spajaju u 24 spojena modela mreža centralnoistočne Evrope. Svim ovim modelima je potrebno proveriti konvergenciju. Potom se za sve spojene modele računa MaxFlow. Ovde postoji grubo izračunato: $24 \times 8 + 24 + 24 = 240$ proračuna. Postoji vremenski raspored kad se koja grupa proračuna pokreće i kad je neophodno imati rezultate. Programskoj podršci koja je ranije korišćena za proračune ovog tipa, je potrebno oko 50 sati neprekidnog rada. Prema specifikaciji, proračuni ne bi smeli da traju duže od 2-2.5 časova.

Postoje dve dimenzije problema koje je moguće paralelizovati:

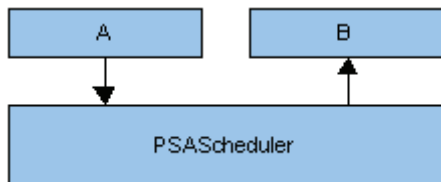
- paralelizacija na nivou proračuna,
- paralelizacija na nivou višestrukih zahteva za proračune.

Paralelizacija na nivou proračuna podrazumeva analizu i prilagođavanje trenutnih algoritama tako da se pojedini delovi mogu istovremeno izvršavati. Za implementaciju ovog pristupa potrebno je potpuno razumevanje energetskih algoritama. Paralelizacija na nivou višestrukih zahteva za proračune podrazumeva da se u slučaju postojanja više istovremenih zahteva, oni istovremeno izvršavaju na dva ili više procesorskih jezgara. Moguće je implementirati jedan od ova dva, ili i oba pristupa. U ovom radu je prikazana biblioteka koja omogućuje paralelno izvršavanje višestrukih zahteva za proračune.

3. ARHITEKTURA PROGRAMSKE PODRŠKE

3.1. Interakcija sa okruženjem

Programska podrška za komunikaciju sa okruženjem koristi kružnu prihvatnu memoriju (*circular buffer*). Jedna instanca se koristi za prihvatanje podataka a druga za vraćanje rezultata (Slika 1). Prihvatni baferi su prilagodljivih dimenzija. Projektovani su tako da osiguravaju konzistentnost podataka u konkurentnom i distribuiranom okruženju. Operacije uzimanja i stavljanja podataka su blokirajuće. Ovde je iskorišćen koncept proizvođač-potrošač a prihvatna kružna memorija ima i sinhronizacionu ulogu.



Slika 1. Komunikacija sa okruženjem

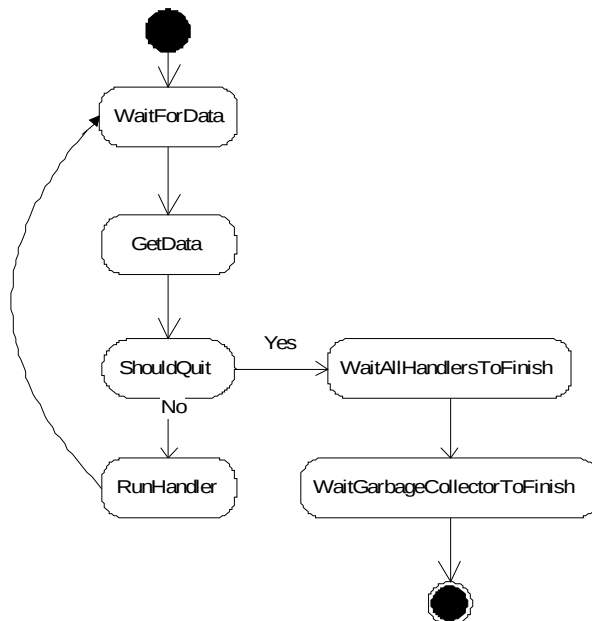
Ulazni podaci su model mreže, parametri mreže i jedinstveni identifikacioni broj energetske funkcije. U toku razvoja i testiranja su korišćeni podaci o prenosnoj mreži centralnoistočne evrope koja je član UCTE zone. Za ove potrebe je dopunjena biblioteka za čitanje ulaznih podataka.

Glavna nit programa čeka podatke na ulaznoj prihvatnoj memoriji i formira rukovalac proračuna na osnovu identifikacionog broja funkcije. Rukovaocu proračuna prosleđuje ulazne podatke i referencu na izlaznu prihvatnu memoriju. Rezultati se po završetku proračuna smeštaju u izlaznu prihvatnu memoriju. Dijagram 1 prikazuje opisani dijagram aktivnosti niti.

Sledi spisak energetskih proračuna koji su podržani:

1. ACLF (*Alternate Current Load Flow*) predstavlja proračun tokova snaga elektroenergetske mreže
2. DCLF (*Direct Current Load Flow*) predstavlja uprošćeni i manje tačan ACLF proračun.
3. PTDF (*Power Transfer Distribution Factor*) su faktori osetljivosti mreže na transakcije električne energije, na osnovu kojih se kasnije računaju kapaciteti za prenos energije,
4. NMF (*Net Maximum Flow*) je dostupna aktivna snaga na kritičnoj grani za određeni kritični ispad,
5. AMF (*Available Maximum Flow*) je deo NMF-a koji pokazuje koliki je prenosni kapacitet dostupan ako se u obzir uzmu prethodne dodele kapaciteta,
6. ANF (*Already Nominated Flow*) je aktivan tok snage kritične grane koji obuhvata ranije rezervacije opsega,
7. OTDF (*Outage Transfer Distribution Factor*) je faktor osetljivosti toka aktivne snage u grani *i* ako se desi ispad u grani *j*.
8. Analiza sigurnosti N-1 ispituje da li će skup unapred zadatih nadziranih grana, vodova ili transformatora biti preopterećen ako se desi ispad jedne, unapred zadate grane,

9. Analiza sigurnosti N-X predstavlja opštiji slučaj analize sigurnosti N-1 u kome se posmatra ispad proizvoljnog broja unapred zadatih grana.

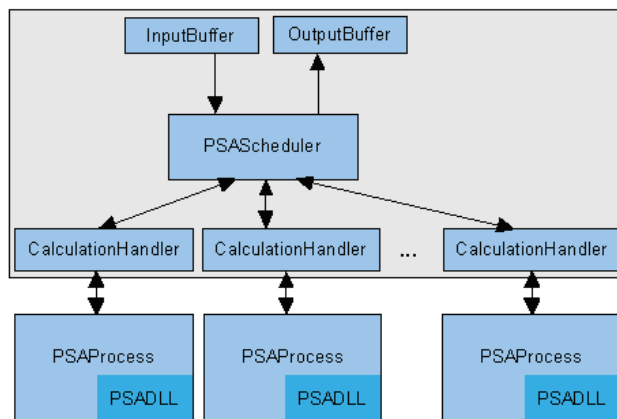


Dijagram 1. Dijagram aktivnosti glavne niti

3.2. Procesi

Rukovalac proračuna pokreće novi proces kom prosleđuje ulazne podatke. Samo računanje je izdvojeno u poseban proces kako stabilnost proračuna ne bi uticala na sistem. U slučaju da dodje do prekida proračuna od strane operativnog sistema, recimo zbog prepisivanja memorije, to neće uticati na stabilnost ostatka sistema.

Operativni sistem nasilno gasi proces proračuna a greška se obrađuje u rukovaocu proračuna. Rukovalac proračuna vraća okruženju poruku o grešci. Rukovaocu je moguće jednostavno prilagoditi da se proračun u slučaju greške ponovo pokrene, ili da se pokrene sa drugačijim parametrima.



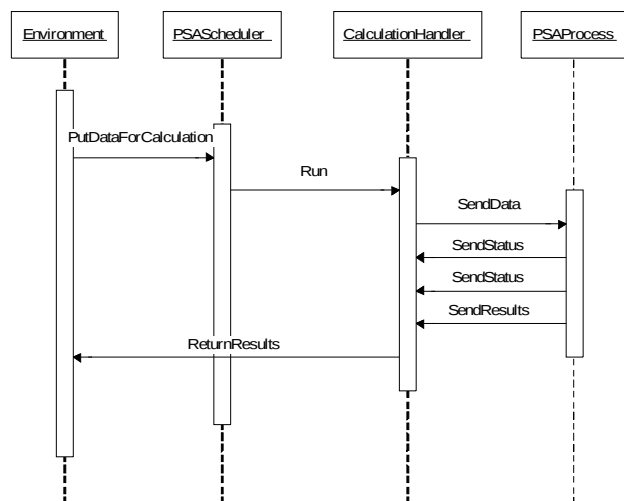
Slika 2. Arhitektura programske podrške za paralelno izvršavanje

3.3. Komunikacioni sloj

Ulazni podaci i rezultati se između rukovaoca proračuna i procesa zaduženog za proračune prenose korišćenjem *NamedPipe* klase razvijene za potrebe ovog projekta. Klasa enkapsulira *Windows* mehanizam za međuprocensnu komunikaciju – imenovane kanale (*Named Pipes*) [6] i komunikacioni protokol koji je takođe razvijen za potrebe ovog projekta.

Koncept imenovanog kanala (*NamedPipe*) predstavlja FIFO (*First In First Out*) red. Omogućuju klijent-server i korisnik ka korisniku (*peer-to-peer*) komunikaciju. Podaci se mogu slati kroz polu-dvosmernu ili punu dupleksnu vezu. Moguća je sinhrona i asinhrona razmena podataka, a u ovom radu je korišćena sinhrona komunikacija.

Komunikacioni protokol funkcioniše tako što se šalje četvorobajtna komanda a zatim podaci koji prate komandu. Npr. rukovalac proračunom pošalje komandu *SENDING_NODES*, koja se odnosi na slanje podataka o čvorovima mreže. Kad proces koji pokreće proračun primi komandu, rukovalac procesa mu prosleđuje podatke o čvorovima mreže. Slika 3 prikazuje dijagram sekvence pokretanja proračuna.



Slika 3. Dijagram sekvence komponenti sistema

3.4. Podesivost programske podrške

Programska podrška je napisana tako da je moguće menjati broj istovremenih proračuna u zavisnosti od potreba. Takođe je jednostavno dodati pokretanje novih energetskih proračuna.

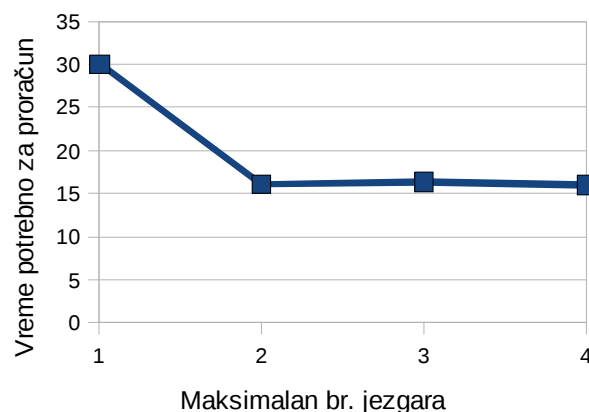
3.5. Rukovanje greškama

Kao mehanizam za rukovanje greškama je korišćeno rukovanje izuzicima. Formirana je klasa *PSAException*. U slučaju da dodje do greške, funkcija baca izuzetak sa jedinstvenim kodom greške i predefinisanoj porukom i upisuje dodatne informacije kao što su ime funkcije koja se nije uspešno izvršila, parametre sa kojima je pozvana, identifikacioni broj niti ili procesa u kom se izvršava. Funkcija koja ju je pozvala prihvata izuzeetak dodaje nove informacije i izuzetak baca dalje. Na ovaj način je moguće jednostavno ispratiti gde se pojavila greška, kog je tipa i dobiti dodatne informacije o uslovima u kojima se greška desila.

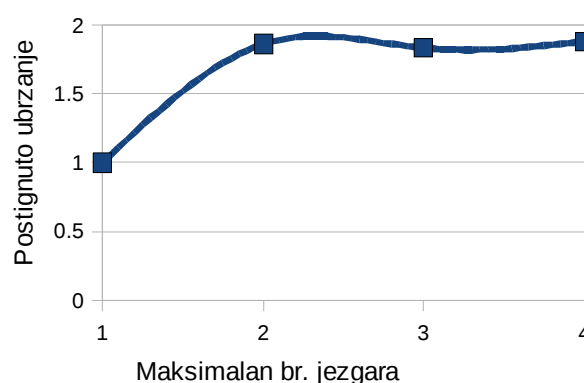
4. PERFORMANSE SISTEMA

Komponenta je testirana kao podsistem PSA sistema za trgovinu struje u centralnoistočnoj Evropi. Korišćeni su podaci o mreži centralnoistočne Evrope za datum 13. februar 2009 godine za sva 24 časa. Proračuni su pokrenuti na računaru sledeće konfiguracije: Intel Core 2 Duo, E6550 2.33 Ghz i 4 GB RAM. Grafik 1 prikazuje zavisnost vremena potrebnog da se proračuni završe od broja jezgara. Grafik 2 predstavlja postignuto ubrzanje u zavisnosti od broja jezgara. Iz prethodnog grafika se vidi da je razlika najveća između jednog i dva jezgra. Dva jezgra gotovo duplo ubrzavaju proračun.

Tri ili četiri istovremena proračuna ne smanjuju vreme proračunavanja. Razlog ovakvog opadanja brzine je taj što na testnom računaru postoje dva procesorska jezgra što znači da je moguće izvršavati samo dva proračuna istovremeno, bez obzira što su pokrenuta četiri istovremena proračuna.



Grafik 1: Zavisnost vremena potrebnog za proračun od broja jezgara



Grafik 2: Postignuto ubrzanje u zavisnosti od broja jezgara

5. MOGUĆI ALTERNATIVNI PRISTUPI

Obrađeni problem bi se mogao paralelizovati korišćenjem *MapReduce* programskog modela koji je razvila kompanija Google. Postojeće rešenje koristi resurse jednog računara. *Map* funkcija bi se bavila optimizacijama na

nivou jednog računara (tako što bi paralelizovala proračun koji joj je dodeljen uz algoritamska unapređenja ili paralelizovala više proračuna po procesorskim jezgrima). *Reduce* funkcija bi uzimala rezultate od *Map* funkcije i preusmeravala bi glavnoj, *Master* programskoj podršci. *Master* programska podrška bi raspoređivala zahteve za proračune po računarima u klasteru. Postojeće rešenje bi grubo rečeno moglo biti implementacija *Map* funkcije ako bi svaki radnik (*worker*) dobio više proračuna. Proračuni bi se raspoređivali na procesorska jezgra. Na ovaj način bi se mogla dobiti paralelizacija u dva nivoa. Paralelizacija na grozdu i paralelizacija po računaru.

Sledeći pristup koji je moguće primeniti jeste izvršavanje zadataka organizovanih u obliku stabla (*Task Tree Executor - TTE*) [1, 2].

Tip stabla nije bitan, a *TS_BottomUpProcFun()* bi radila ono što sada radi *PSAProcess* komponenta. Mogao bi se iskoristiti mehanizam raspoređivanja na grozdu računara.

Još jedan pristup jeste korišćenje OpenMP biblioteke [4]. OpenMP je u specifikaciji standarda 3.0 uveo koncept zadatka (*Task*). Zadatak predstavlja jedinicu računarskog koda koja se može paralelno izvršavati sa ostatkom programa. Svaki zahtev za novim proračunom moguće je tretirati kao poseban zadatak.

Broj istovremenih zadataka bi se mogao ograničiti na raspoloživi broj jezgara. Na ovaj pristup bi se mogao iskoristiti Intelov koncept proširenja OpenMP biblioteke [5], kako bi se zadaci izvršavali na grozdu računara.

6. ZAKLJUČAK

U ovom radu prikazano je jedno rešenje paralelnog proračunavanja višestrukih energetske proračuna na nivou različitih zahteva za proračune. Zatim su predstavljene performanse sistema. Rešenje je testirano kao podsistem sistema za trgovinu struje centralnoistocne Evrope. Dobi-jena su znatna unapređenja performansi. Proračun je sa početnih 50 časova ubrzan na 0.33 časa. Na kraju je postojeće rešenje upoređeno sa alternativnim pristupima pralelizacije obrade podataka, odnosno kratka analiza kako bi se zadati problem rešio na drugi način. Dalji rad na unapređenju ovog rešenja bi bilo proširenje biblioteke za raspoređivanje proračuna na više računara ili ponovna implementacije rešenja na neki od navedenih načina.

7. LITERATURA

- [1] Miroslav Popović, Ilija Bašićević, Vladislav Vrtunski, A Task Tree Executor: New Runtime for Parallelized Legacy Software,
- [2] Ilija Bašićević, Sabina Jovanović, Branislav Drapšin, Miroslav Popović, Vladislav Vrtunski, An Approach to Parallelization of Legacy Software, The 1st IEEE Eastern European Regional Conference on Engineering of Computer Based Systems, Novi Sad, Serbia, September 7-8, 2009.
- [3] Jeffrey Dean, Sanjay Ghemawat, "MapReduce: Simplified Data Processing on Large Clusters", Proceedings of the 6th Symposium on Operating System Design and Implementation OSDI'04, San Francisco, CA, December 2004.
- [4] Eduard Ayguade, Nawal Copt, Yuan Lin, Federico Massaioli, The Design of OpenMP Tasks,
- [5] Jay Hoeflinger, Larry Meadows, OpenMP on clusters,
- [6] Microsoft Corporation, Named Pipes

Kratka biografija:



Mita Čokić rođen je u Zrenjaninu 1985. god. Apsolvent je na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, Departman za Računarstvo i automatiku, odsek Računarska tehnika i računarske komunikacije.

UPRAVLJANJE I ESTIMACIJA BRZINE ELEKTROMOTORNOSTI POGONA PRIMENOM ADAPTIVNE METODE I METODE VEŠTAČKE INTELIGENCIJE

INDUCTION MOTOR CONTROL AND SPEED ESTIMATION VIA ADAPTIVE AND ARTIFICIAL METHOD

Ilija Kamenko, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U okviru ovoga rada prikazan je postupak optimizacije parametara PI regulatora u aplikaciji vektorskog upravljanja trofaznim asinhronim elektromotorom pomoću genetskog algoritma za zadati kriterijum optimalnosti. Prikazan je i postupak projektovanja i komparativna analiza performansi estimatora brzine u otvorenoj sprezi, estimatora brzine baziranog na MRAS observeru i estimatora brzine baziranog na VNM-i.

Abstract – This paper presents the process of tuning PI controller using genetic algorithm as a optimization method for the optimality criterion set. This paper also presents the process of designing and a performances comparative analysis of open loop speed estimator and speed estimator based on MRAS observer and ANN.

Ključne reči: Vektorsko upravljanje, estimacija brzine, PI, GA, neuronske mreže, MRAS, dSPACE.

1. UVOD

Od Teslinog pronalaska pre više od sto godina, pa sve do danas, asinhroni motor je najvažniji pogonski motor u industriji i drugim primenama u pogonima konstante brzine. Međutim, sa razvojem energetske elektronike poslednjih decenija, pre svega invertora sa poluprovodničkim prekidačima, tiristorima i snažnim tranzistorima, ovaj motor jednostavne konstrukcije počinje da osvaja i polja gde su suvereno dominirali motori za jednosmernu struju tj. pogone sa promenljivom brzinom.

Štaviše, uvođenjem mikroračunara poslednjih godina u regulacioni deo pogona, kojim se omogućava da se uz nevelike dodatne troškove postigne izvođenje i veoma složenih algoritama upravljanja, postignuto je da dinamičke performanse AC motornih pogona dostignu, a u nekim slučajevima i nadmaše DC motorne pogone u pogledu performansi, [1].

Primenom vektorskog upravljanja postignuto je raspoređivanje sistema i zasebno upravljanje komponentama struje. Ove komponente generišu fluks i moment. Sadašnji trend nameće razvoj vektorski upravljanih pogona bez prisustva fizičke povratne sprege u cilju merenja brzine ili pozicije čime se postiže veća pouzdanost, manji troškovi održavanja i manja cena.

NAPOMENA:

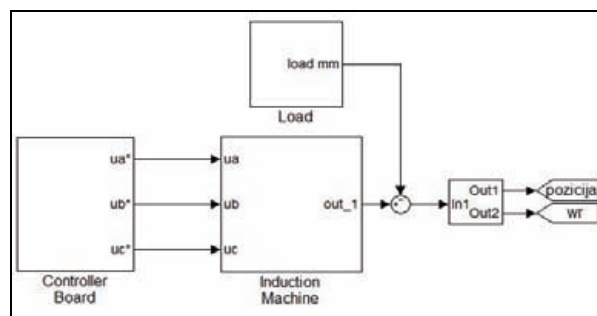
Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Filip Kulić, vanr. prof.

Sve informacije neophodne za estimaciju ovih veličina generišu se na osnovu analize talasnih oblika terminalnih napona i struja. Terminalni naponi se ne moraju meriti direktno već mogu biti rekonstruisani iz napona DC linka i prekidačkih funkcija invertora koji napaja asinhroni motor, [2], [3].

2. SIMULACIJE UPRAVLJANJA ELEKTROMOTORNIM POGONOM

2.1. Simulink model sistema

Kao osnova za sprovođenje istraživanja primenjen je matematički model vektorski upravljanih trofaznih asinhronih motora, [2]. Model je razvijen u softverskom paketu MATLAB/Simulink i prikazan je na slici 1.

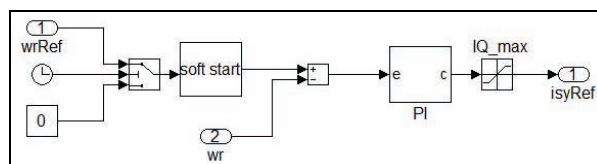


Slika 1. Simulink model sistema

Model se sastoji iz četiri bloka: upravljački, model motora, model opterećenja i model enkodera.

2.2. Projektovanje regulatora brzine

Kao regulator brzine upotrebljen je PI regulator [4], dok je implementacija istog u Simulink-u prikazan na slici 2.



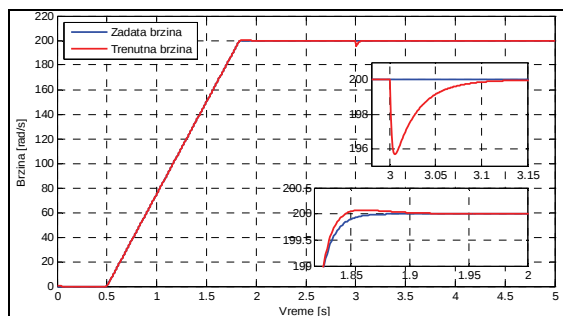
Slika 2. Model PI regulatora brzine

Optimizacija parametara PI regulatora je izvršena primenom genetskog algoritma. Primenjeno je grafičko razvojno okruženje Genetic Algorithm and Direct Search Toolbox u okviru softverskog paketa MATLAB, [5].

Kao funkcija cilja odabrana je funkcija integrala apsolutne vrednosti greške u vremenu (Integral of absolute error, IAE). Optimizacija je izvršena u 100 generacija sa veličinom populacije od 20 jedinki. Nakon završenog procesa optimizacije dobijene su sledeće vrednosti

parametara: $K_p=0.93$, $T_i=0.03$. Za ove vrednosti parametara odabrana funkcija cilja ima vrednost 1.28.

U trenutku $t=3s$ motor je opterećen konstantnim nominalnim opterećenjem u iznosu od 10.3Nm. Trajektorija brzine asinhronog motora se vidi na slici 3.



Slika 3. Simulacija regulacije brzine

Dobijeni rezultati pokazuju da je ostvaren zavidan kvalitet upravljanja. Trajektorija brzine ne odstupa od željene referentne trajektorije. U trenutku pojave poremećaja „propad“ brzine odnosno, odstupanje od referentne vrednosti je veoma malo. Maksimalno odstupanje brzine od željene referentne vrednosti u trenutku pojave opterećenja je reda veličine 4.34rad/s, odnosno 2.17% od referentne vrednosti. Vrednost IAE iznosi 0.19 dok srednja apsolutna greška iznosi 0.04rad/s, odnosno 0.02% od referentne brzine.

2.3. Projektovanje estimatora brzine

Procenu brzine obrtanja vratila asinhronog motora moguće je realizovati bez prisustva direktnog merenja brzine. Informacije o brzini se dobijaju estimacijom na osnovu merenja terminalnih napona i struja u dvofaznom stacionarnom dq-koordinatnom sistemu, [2], [3].

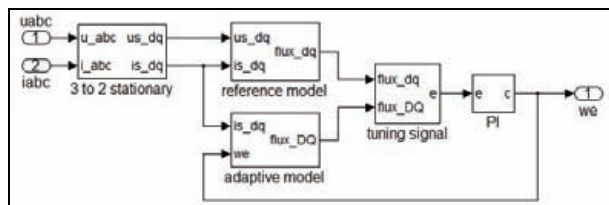
Metode estimacije brzine obrtanja vratila trofaznog asinhronog motora analizirane u ovom radu može se podeliti u tri celine:

- estimacija primenom MRAS observera (Model Reference Adaptive System, MRAS),
- estimacija primenom veštačke neuronske mreže.

Estimacija brzine primenom MRAS observera zasniva se na poređenju referentne i estimirane promenljive stanja. Promenljive stanja ψ_d i ψ_q dobijene na osnovu poznavanja referentnog modela u kome ne figuriše brzina kao promenljiva, porede se sa komponentama promenljive stanja $\hat{\psi}_d$ i $\hat{\psi}_q$ estimiranih na osnovu adaptivnog modela u kome figuriše brzina kao promenljiva.

Razlika referentne i estimirane promenljive stanja formira signal greške e koji se primenjuje kao ulazni signal u adaptivni mehanizam čiji je izlaz estimirana brzina rotora $\hat{\omega}_r$. Kao adaptivni mehanizam se može primeniti PI regulator, [2].

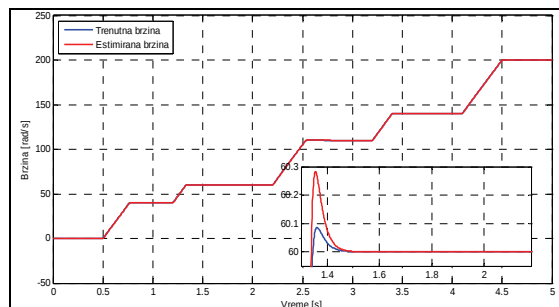
U softverskom paketu MATLAB/Simulink projektovan je estimator brzine baziran na MRAS observeru čija se realizacija vidi na slici 4.



Slika 4. Model estimatora brzine baziranog na MRAS observeru

Optimizacija parametara PI regulatora primenjenog kao adaptivni mehanizam u MRAS sistemu izvršena je primenom genetskog algoritma. Primenjeno je grafičko razvojno okruženje Genetic Algorithm and Direct Search Toolbox, u okviru softverskog paketa MATLAB, [5]. Veličina populacije iznosi 20 jedinki dok je optimizacija izvršena u 100 generacija. Kao funkcija cilja uzeta je IAE funkcija. Signal greške predstavlja razliku izlaza referentnog i adaptivnog modela i dovodi se na ulaz PI regulatora. Genetski algoritam vrši pretragu prostora rešenja u cilju pronalaska parametra za čije vrednosti funkcija IAE ima minimalnu vrednost. Dobijene su optimalne vrednosti parametara PI regulatora $K_p=449$, odnosno $K_i=15360$, a funkcija cilja je dostigla vrednost od 0.01.

Motor se zaleće u praznom hodu po složenoj trajektoriji referentne brzine. Uporedni prikaz trajektorija trenutne i estimirane brzine motora dat je na slici 5.



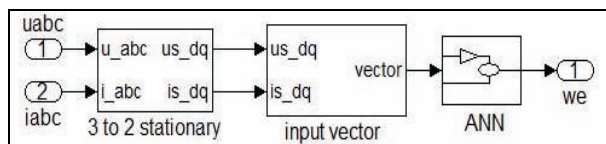
Slika 5. Simulacija estimacije brzine primenom MRAS observera

Rezultati pokazuju da je ostvaren zavidan kvalitet estimacije. Odstupanje trajektorije estimirane brzine od trenutne brzine je najizraženije prilikom dostizanja iste. Kad je referentna brzina konstantna greška estimacije je skoro minorna. Maksimalno odstupanje estimirane brzine od referentne apsolutno iznosi 0.49rad/s, odnosno 0.24% od maksimalne referentne brzine. Vrednost IAE iznosi 0.34 dok srednja apsolutna greška iznosi 0.06rad/s, odnosno 0.03% od maksimalne referentne brzine.

Za postupak estimacije brzine vektorski upravljanog trofaznog asinhronog motora može se primeniti višeslojna feedforward veštačka neuronska mreža. U postupku estimacije brzine ulaze u neuronsku mrežu čine d i q komponente napona i struje u dvofaznom stacionarnom koordinatnom sistemu u trenucima vremena k i $k-1$. Na ulaze neuronske mreže dovode se signali $u_{sd}(k)$, $u_{sd}(k-1)$, $u_{sq}(k)$, $u_{sq}(k-1)$, $i_{sd}(k)$, $i_{sd}(k-1)$, $i_{sq}(k)$ i $i_{sq}(k-1)$. Na izlazu neuronske mreže generiše se estimirana brzina, [2], [3].

U softverskom paketu MATLAB/Simulink projektovan je estimator brzine baziran na feedforward backpropagation

VNM koja je projektovana i obučena pomoću MATLAB Neural Network Toolbox, [6].



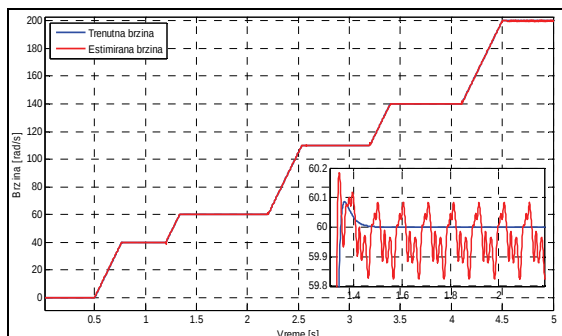
Slika 6. Model estimatora brzine baziranog na VNM-i

Odabrana struktura veštačke neuronske mreže je $8 \times 9 \times 7 \times 1$, [2]. Aktivaciona funkcija skrivenih slojeva je tangent sigmoidna funkcija dok je aktivaciona funkcija izlaznog sloja linearna funkcija. Broj neurona u prvom skrivenom sloju je 9, a u drugom 7. Izlazni sloj poseduje jedan neuron, dok ulazni sloj poseduje osam neurona.

Generisana je proizvoljna trajektorija referentne brzine i izvršeno je snimanje napona i struja statora u stacionarnom dvofaznom koordinatnom sistemu u trenucima vremena k i $k-1$ što predstavlja ulazni skup podataka. Takođe je izvršeno i snimanje trenutne brzine obrtanja rotora u trenucima k što predstavlja izlazni skup podataka. Perioda odabiranja iznosi $0.001s$, a interval snimanja je $5s$.

U toku obuke mreže od prikupljenih podataka 60% parova ulaz-izlaz će biti korišćeno kao skup za obuku, 20% kao validacioni skup, a preostalih 20% kao test skup. Treba napomenuti da je ovaj raspodela načinjena slučajnim izborom parova. Kao metod za unapređenje generalizacije je primenjeno rano zaustavljanje. Metod je implementiran u okviru algoritma za obuku trainlm u okviru MATLAB Neural Network Toolbox, [6].

Nakon završetka procesa obuke izvršeno je testiranje neuronske mreže nad proizvoljnim test skupom. Uporedni prikaz trenutne i estimirane brzine za slučaj primene prethodno obučene veštačke neuronske mreže dat je na slici 7.



Slika 7. Simulacija estimacije brzine primenom VNM-e

Dobijeni rezultati pokazuju da je ostvaren slabiji kvalitet estimacije od prethodnog, ali ipak zadovoljavajući. Odstupanje trajektorije estimirane brzine od trenutne brzine je prihvatljivo osim u trenucima promene reference kada je odstupanje izraženije.

Maksimalno odstupanje estimirane brzine od referentne apsolutno iznosi 1.79 rad/s , odnosno 0.89% maksimalne referentne brzine. Vrednost IAE iznosi 0.76 dok srednja apsolutna greška iznosi 0.09 rad/s , odnosno 0.05% od maksimalne referentne brzine.

3. EKSPERIMENTALNI REZULTATI

3.1. Opis eksperimentalne makete

Upravljački algoritmi su realizovani pomoću razvojnog sistema ACE 1104, odnosno pomoću upravljačke kartice DS 1104 bazirane na PowerPC 603e procesoru.

Upravljeni asinhroni motor je dvopolna mašina nominalne snage 1.5 kW . Na vratilu asinhronog motora za potrebe merenja brzine postavljen je optički enkoder E6C3 – CWZ3XH sa 3600 impulsa po obrtaju, proizvođača Omron. Opterećenje je realizovano asinhronim motorom čija je osovina spojnicom povezana na osovinu upravljanog motora. Obrtanje upravljanog motora je u suprotnom smeru od obrtanja motora opterećenja. Izgled eksperimentalne makete može se videti na slici 8.

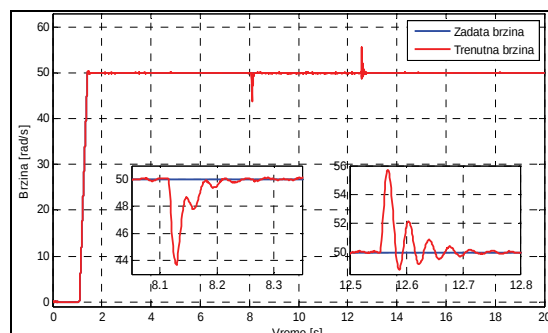


Slika 8. Prikaz eksperimentalne makete

Kompletan softver je realizovan u programskom paketu MATLAB/Simulink i programskom paketu razvojnog sistema ACE1104 za razvoj aplikacija u realnom vremenu koji se zajednički nazivaju Total Development Enviroment – TDE, [7].

3.2. Eksperimentalni rezultati regulacije brzine

Motor se zaleće neopterećen po rampa funkciji do nominalne brzine od 50 rad/s , zatim se u proizvoljnim trenucima vremena optereti, a onda i rastereti konstantnim nominalnim opterećenjem u iznosu od 10.3 Nm . Trajektorija brzine asinhronog motora se može videti na slici 9.



Slika 9. Regulacija brzine

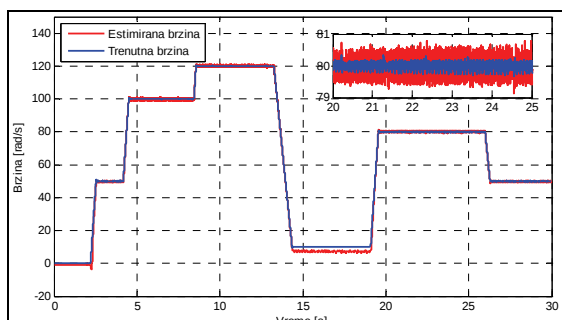
Dobijeni rezultati pokazuju da je ostvaren zavidan kvalitet upravljanja. Trajektorija brzine ne odstupa od željene referentne trajektorije. U trenutku pojave poremećaja „propad“ brzine odnosno odstupanje od referentne vrednosti je veoma malo. Maksimalno odstupanje brzine od željene referentne vrednosti u trenutku pojave opterećenja je reda veličine 6.3 rad/s , odnosno 12.6% od referentne vrednosti, dok u trenutku pojave rasterećenja

reda veličine 5.7rad/s, odnosno 11.4% od referentne vrednosti. Vrednost IAE iznosi 1.03 dok srednja apsolutna greška iznosi 0.05rad/s, odnosno 0.1% od referentne brzine.

3.3. Eksperimentalni rezultati estimacija brzine

Motor se zaleće u praznom hodu po složenoj trajektoriji referentne brzine. Estimirana brzina i brzina dobijena sa enkodera se snimaju u trajanju od 30s.

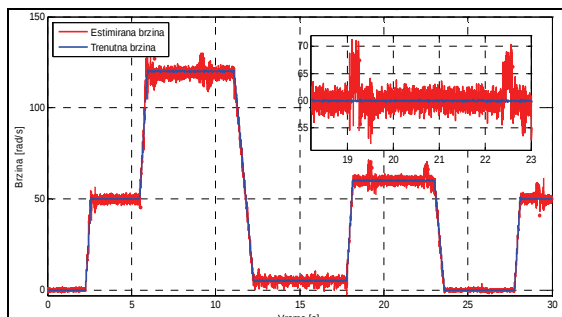
U prvom slučaju kao estimator brzine je upotrebljen estimator baziran na MRAS observeru i dobijene trajektorije brzina prikazane su na slici 10.



Slika 10. Estimirana brzina primenom MRAS observera

Dobijeni rezultati pokazuju da je ostvaren solidan kvalitet estimacije na nekim segmentima trajektorije. Međutim na nekim segmentima, a to su najčešće niže brzine, estimacija je dosta loša.

U drugom slučaju kao estimator brzine je upotrebljen estimator baziran na VNM-i i dobijene trajektorije brzina prikazane su na slici 11.



Slika 11. Estimirana brzina primenom VNM-e

Dobijeni rezultati pokazuju da je ostvaren dosta slabiji kvalitet estimacije nego u prethodnom rešenju. Na svim segmentima trajektorije rezultati su podjednako slabi.

Radi lakšeg upoređivanja performansi estimatora izračunati su na osnovu signala greške usvojeni kriterijumi optimalnosti i rezultati su prikazani u tabeli 1.

Tabela 1 Uporedni prikaz performansi estimatora

	$\int_0^t e(t) dt$	$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n e_i $	$\max e $
MRAS	26733	0.74	12.73
VNM trainlm	34599	0.96	21.58

4. ZAKLJUČAK

Na osnovu simulacija i prikazanih eksperimentalnih rezultata može se zaključiti da primena PI algoritma, čiji su parametri optimizovani pomoću genetskog algoritma, u regulaciji brzine vektorski upravljano elektromotornog pogona obezbeđuje dobre performanse u slučaju kada se referenca ne menja često i kada nema velikih poremećaja. U slučaju promenljive reference i velikih i čestih poremećaja ovo baš ne bi bilo najbolje rešenje.

Estimacija brzine bazirana na MRAS observeru daje generalno bolje rezultate od estimatora baziranog na VNM-i. Međutim, najveći potencijal estimatora baziranih na VNM-a je u tome što parametri motora ne figurišu u njihovoj realizaciji za razliku od MRAS observera pa su nezavisni od promena istih. Taj potencijal se može iskoristiti studioznom analizom upotrebe VNM-a u estimaciji brzine.

Primena enkodera obezbeđuje manju grešku merenja, dok je primena estimatora rezervisana za aplikacije gde nije zahtevana velika tačnost i gde su cena i/ili pouzdanost od većeg interesa.

Važno je napomenuti da su eksperimentalni rezultati ograničeni primenom skromnijih upravljačkih algoritama zbog ograničenja dSPACE upravljačke kartice. Postoji prostor za dalja usavršavanja i unapređenje performansi regulacije i estimacije brzine elektromotornog pogona

5. LITERATURA

- [1] V. Vučković, "Električni pogoni", Beograd, Akademska misao, 2002.
- [2] P. Vas, "Sensorless Vector and Direct Torque Control", Oxford University Press, 1998.
- [3] P. Vas, "Artificial Intelligence Based Electrical Machines and Drives", Oxford University Press, 1999.
- [4] K. J. Astrom and T. Hagglund, "PID controllers: Theory, design and tuning", Research triangle park, USA, Instrument Society of America, 1995.
- [5] The MathWorks Inc. "Genetic Algorithm and Direct Search Toolbox", Users's Guide, 2008. www.mathworks.com
- [6] The MathWorks Inc. "Neural Network Toolbox", User's Guide, 2008, www.mathworks.com
- [7] dSPACE, "Squirrel Cage Induction Motor Control with DS1104", Application Notes, 2005.

Kratka biografija:



Ilija Kamenko rođen je u Kikindi 1985. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva - Upravljanje elektromotornim pogonima odbranio je 2009. god.

FILTRIRANJE PODATAKA PRIKUPLJENIH IZ RAZLIČITIH IZVORA U NADZORNO-UPRAVLJAČKIM SISTEMIMA**FILTERING DATA COLLECTED FROM VARIOUS SOURCES IN SCADA AND UMS SYSTEMS**Marija Nikolić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U radu je, po uzoru na GDA standard, predloženo rešenje za nadogradnju postojećeg nadzorno-upravljačkog sistema, tako da se omogući centralizovani generički pristup podacima iz različitih izvora sa mogućnošću složenog filtriranja. Pri tome je i opis filtera generičan, te se u njegovim uslovima takođe mogu koristiti podaci iz različitih izvora. Pretpostavljeno je da postojeći sistem obuhvata tipičnu klijent-server arhitekturu i nudi mogućnost očitavanja podataka iz svakog izvora pojedinačno. U tom smislu, realizacija rešenja je podrazumevala uvođenje dodatne proxy komponente, kao centralnog izvora podataka, koji kombinuje podatke iz postojećih izvora i implementira modul za složeno filtriranje.

Abstract – This paper submits a solution, modeled on GDA specification, to upgrade the existing power, SCADA system, to enable centralized generic access to data from various sources, with the possibility of complex filtering. In fact the description of filter is generic, and in its terms can also be used the data from different sources. It is presupposed that the existing system includes a typical client-server architecture and offers the possibility of reading data from each source individually. In this sense, the implementation of the solution includes the addition of new proxy component, as the central data source, which combines data from existing sources and implements a module for complex filtering.

Cljučne reči: Nadzorno-upravljački sistem, Generički pristup podacima, Filtriranje podataka, Proxy

1. UVOD

Osnovni zadatak svakog nadzorno-upravljačkog sistema jeste mogućnost merenja, praćenja ponašanja sistema i uticanja na ponašanje sistema preko pokretanja upravljačkih akcija. Jedan od načina unapređenja takvih sistema predstavlja *Utility Managment System (UMS)*. Reč je o softveru namenjenom sofisticiranom upravljanju u okviru sistema sa velikom količinom raznorodnih podataka (npr. sistem za upravljanje distribucijom električne energije), gde se vrše brojne simulacije i optimizacioni proračuni nad složenim modelima podataka. Stoga se u takvim sistemima javlja potreba za standardizovanim interfejsom koji će omogućiti

jednostavan i jednoobrazan pristup podacima, bez obzira na njihovu složenost ili specifičnost, tako da govorimo o generičkom pristupu podacima. Istorijski posmatrano, upravo na osnovu takvih potreba nastale su brojne specifikacije i standardi, između ostalih *Data Access Facility Specification (DAF)* i *Generic Data Access (GDA)* standard. *DAF* interfejs predstavlja standardizovan API za pristup podacima u sistemima koji imaju raznorodne i složene tipove podataka koji se prenose između brojnih servisa i gde se zahteva generičnost. Pri tome se u *DAF*-u pod pristupom podacima podrazumeva pristup u cilju očitavanja podataka. *GDA* standard, nastao po uzoru na *DAF*, proširuje mogućnosti koje *DAF* specifikacija nudi, time što uvodi dodatni interfejs, namenjen takođe pristupu podacima, ali u cilju njihovog filtriranja.

Filtriranje podataka je u ovakvim sistemima korisno jer omogućava klijentima da specificiraju koje podatke žele da dobiju.

Softver savremenih *UMS* sistema čine brojni servisi, što dovodi do postojanja više izvora podataka. Komponenta koja u takvim sistemima omogućava kombinovanje različitih, nezavisno razvijanih izvora podataka, kako bi činili kompletan sistem, naziva se *proxy data provider* (u daljem tekstu *proxy*).

Proxy sakriva prisustvo više izvora od klijenata tako da oni mogu raditi nepromenjeno i u slučaju kada je prisutan jedan i u slučaju kada je prisutno više izvora. Uvođenje *proxy*-ja takođe donosi i određene probleme, koji su vezani su za logiku particionisanja upita između raspoloživih izvora podataka i kombinovanje rezultata kako bi se formirao odgovor koji se šalje klijentu.

U ovom radu biće opisan predlog rešenja servisa na *proxy*-ju, koji klijentima omogućava filtriranje podataka prikupljenih iz različitih izvora u okviru elektro-energetskog, ili nekog drugog, nadzorno-upravljačkog sistema. Rešenje rada realizovano je po uzoru na *GDA* standard, kako bi se postigla generičnost kod pristupa podacima.

Kako .Net predstavlja portabilno okruženje, bazirano na opšteprihvaćenim standardima, koje može da se izvršava na proizvoljnom operativnom sistemu, a *Microsoft Windows Communication Foundation (WCF)*, deo .Net-a, koji se odlikuje interoperabilnošću, i kako je *GDA* standard koji nije vezan za određenu tehnologiju, tj. platformu, dobri kandidati za realizaciju rešenja jesu C#, programski jezik .NET okruženja, i WCF tehnologija. U realizaciji su takođe upotrebljene prednosti koje nudi LINQ tehnologija kada je u pitanju pristup podacima u memoriji.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Aleksandar Erdeljan, docent

2. DOKUMENTI O GENERIČKOM PRISTUPU PODACIMA

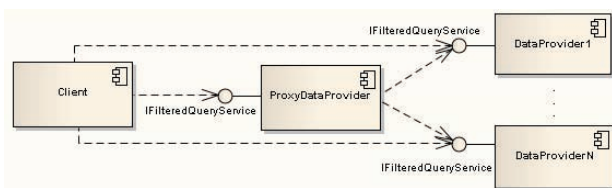
Data Access Facility (DAF) specifikacija predstavlja OMG dokument, čiji je cilj da olakša povezivanje UMS-a sa ostalim aplikacijama. DAF se odnosi na pristup podacima, dojave o promenama podataka i konkurentan pristup podacima. Ova specifikacija formuliše upite i rezultate upita na osnovu resursa (engl. resource), osobina resursa (engl. property) i vrednosti osobina (engl. value). Rezultat se dobija u formi opisa resursa (engl. resource description). Resurs može da predstavlja bilo šta sa jasnom identifikacijom, osobina je neki aspekt resursa koji se može opisati, dok vrednost predstavlja elementarnu jedinicu podataka. Opis resursa daje vrednost za svaku osobinu datog resursa [1].

Polazeći od DAF specifikacije IEC je napravio standard (IEC 61970-403) gde se definišu servisi koji su neophodni za pristup entitetima u domenu elektro-energetskih sistema. Pomenuti standard se naziva i *Generic Data Access (GDA)* jer opisuje interfejsse koje aplikacija treba da implementira kako bi bila u mogućnosti da razmenjuje informacije sa drugim komponentama, i/ili da pristupa podacima koji su raspoloživi na standardan način. Krajnji cilj ove dokumentacije jeste da obezbedi interoperabilnost aplikacija i sistema [2].

Ono što razlikuje GDA od DAF specifikacije, kada je u pitanju pristup podacima jeste mogućnost očitavanja podataka uz upotrebu filtriranja. Iz ugla SQL-a (*Standard Query Language*), dodavanje filtera kod očitavanja podataka ekvivalentno je dodavanju „where“ uslova. Na taj način GDA filtriranje pruža klijentima mogućnost da specificiraju koje informacije žele da dobiju, tj. da specificiraju vrednosti osobina koje se koriste kako bi se kvalifikovao upit. Filter koji GDA uvodi, baziran je na vrednostima osobina resursa (engl. *property value*).

3. ARHITEKTURA REŠENJA

Arhitektura rešenja podrazumeva postojanje sledećih komponenti (Slika 1):



Slika 1. Arhitektura rešenja - UML dijagram komponenti

Komponente označene sa *DataProvider1* do *DataProviderN* predstavljaju izvore podataka u sistemu (u daljem tekstu *data provider*). Svaka od ovih komponenti izlaže interfejs, koji predviđa GDA modul za filtriranje, a čije metode klijentima omogućavaju filtriranje podataka za koje je dotični *data provider* odgovoran. Metode ovog interfejsa klijenti mogu pozivati direktno sa *data provider-a*, međutim, kako se radi o sistemu sa više izvora podataka, klijenti bi u tom slučaju bili u obavezi da znaju, ne samo lokacije raspoloživih *data provider-a* u sistemu, već i koji od *data provider-a* je odgovoran za koje podatke. Zaključak koji se na osnovu ovoga izvodi jeste da je potrebna dodatna komponenta, odnosno *proxy*, koji je sa jedne strane okrenut klijentima, tako što im izlaže interfejs identičan onom na *data provider-ima*, dok je sa

druge strane okrenut ka postojećim *data provider-ima*. On poseduje logiku i konfiguracione informacije za određivanje odgovornih *data provider-a*, particionisanje upita, koji se tiču filtriranja, između njih i kombinovanje rezultata kako bi se formirao odgovor koji se vraća klijentu. U takvim okolnostima klijenti su u obavezi da poznaju jedino lokaciju *proxy-ja*, ne vodeći računa o tome odakle podaci potiču.

Scenario prilikom slanja upita u realizovanom sistemu podrazumeva sledeće korake:

1. Klijent je svestan postojanja jedino *proxy-ja*, tako da upit prosleđuje njemu.
2. Zadatak *proxy-ja* je dalje delegiranje upita do odgovornih *data provider-a*. Logika kojom se određuje odgovoran *data provider* zasniva se na osobinama resursa koje učestvuju u filtriranju, te se kao problem javlja filtriranje koje je bazirano na osobinama podataka sa dva ili više *data provider-a*. U skladu s tim *proxy* najpre proverava da li se radi o upitu koji podrazumeva filtriranje zasnovano na osobinama podataka sa samo jednog *data provider-a*.
 - a) Ukoliko je rezultat provere potvrđen, *proxy* kompletan upit prosleđuje do odgovornog *data provider-a*.
 - b) Ukoliko je rezultat provere negativan zadatak *proxy-ja* je da na osnovu osobina sadržanih u filteru izvrši particionisanje upita, tako da do *data provider-a* stignu samo oni delovi upita koji su u njihovoj nadležnosti.
 - c) Kombinovanje rezultata pristiglih sa *data provider-a* i slanje istih nazad do klijenta.

4. SERVIS ZA GENERIČKI PRISTUP PODACIMA

Jedna od osobina GDA standarda je da se ne vezuje za određenu tehnologiju, odnosno platformu. Stoga se kao dobar kandidat za implementaciju GDA servisa nameće *Windows Communication Foundation (WCF)*, čija su dva važna aspekta: interoperabilnost sa *Microsoft* tehnologijama koje su prethodile WCF-u i interoperabilnost sa drugim platformama. Ova tehnologija nudi jedinstven okvir za izgradnju pouzdanih, sigurnih, transakcionih i interoperabilnih aplikacija.

Naime, WCF je programsko okruženje (deo *.Net Framework-a*), koje služi za međuprocensnu komunikaciju i predstavlja jedan od četiri nova API-a koji su uvedeni u *.Net 3.0* okruženje. Ideja WCF-a je da ujedini različite komunikacione programske modele, koji su postojale u *.NET 2.0*, u jedinstven model [3].

WCF servis se sastoji iz tri dela: servis koji implementira metode koje će biti pozivane, *host* u kome će se servis izvršavati, jedna ili više tačaka pristupa (engl. *endpoints*) na koje će se klijenti povezivati. Sva komunikacija u WCF-u dešava se kroz tačke pristupa [3].

5. LINQ TEHNOLOGIJA

Specifičnosti LINQ tehnologije upotrebljene su kao spona između *.Net* okruženja i potrebe za filtriranjem.

LINQ je *Microsoft* proizvod, razvijen kako bi se stvorilo rešenje koje objedinjuje pristup podacima bez obzira na njihov izvor. Tako je vremenom postao alat koji se može koristiti za pristup podacima u memoriji (*LINQ to Objects*), bazama podataka (*LINQ to SQL*), XML dokumentima (*LINQ to XML*), fajl-sistemu ili bilo kom dru-

gom izvoru. *LINQ to Objects* se odnosi na rad sa kolekcijama objekata u memoriji, tačnije omogućava da se nad pomenutim kolekcijama vrše upiti, slični upitima koje SQL nudi bazama podataka. Razlika u odnosu na SQL je u tome što LINQ tehnologija, kroz skup izraza, integriše upite direktno sa .Net programskim jezicima (između ostalih C#, u kome je realizovano rešenje ovog rada). Sve što je potrebno da se nad kolekcijom primeni LINQ to Objects jeste da ona implementira *IEnumerable<T>* interfejs (takve su sve generičke kolekcije u .Net okruženju). Ovaj interfejs uvodi .Net 2.0 okruženje, a značajan je zbog toga što standardni (*query*) operatori na čijoj se upotrebi LINQ zasniva, očekuju objekte tipa *IEnumerable<T>* [4].

U realizaciji ovog rada, upotrebljene su mogućnosti koje nudi LINQ to Objects alat prilikom implementacije metoda servisa za filtriranje podataka.

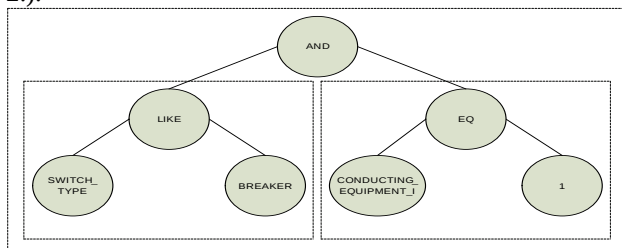
6. PROGRAMSKA REALIZACIJA

Realizacija rešenja podrazumevala je nadogradnju postojećeg nadzorno-upravljačkog sistema, tako da se omogući centralizovani generički pristup podacima iz različitih izvora sa mogućnošću složenog filtriranja. Pretpostavljeno je da postojeći sistem nudi mogućnost očitavanja podataka iz svakog izvora pojedinačno. U tom smislu, realizacija rešenja je podrazumevala uvođenje dodatne proxy komponente, kao centralnog izvora podataka, koji kombinuje podatke iz postojećih izvora i implementira modul za složeno filtriranje.

6.1. Biblioteka tipova podataka (Common)

U okviru biblioteke *Common* implementirani su tipovi podataka, neophodni da bi rešenje bilo u skladu sa GDA specifikacijom i da bi se samim tim mogla postići generičnost kod pristupa podacima u cilju filtriranja. Među tipovima implementiranim u okviru biblioteke *Common* nalazi se i GDA filter, koji se konstruiše na osnovu trojki filter-čvorova (engl. *filter node*). Filtriranje predstavlja primenu logičkih operatora AND i OR na rezultate poređenja vrednosti osobina, kako bi se dobio kompletan, složeni filter. Čvor filtera je generički, atomski element koji može biti upotrebljen kao *Operator*, *Property* ili *Value* filter čvor. *Property* filter čvor se koristi za specificiranje osobine koja će učestvovati u poređenju, *Value* se koristi za smeštanje vrednosti koja se poredi sa vrednošću određenom *Property* filter čvorom, dok se *Operator* filter čvor koristi za poređenje vrednosti određenih prethodno opisanim čvorovima [2].

Jedan primer filtera (čija je primena karakteristična za elektro-energetske sisteme), mogao bi da podrazumeva filtriranje resursa klase SWITCH, tako da se izdvoje oni koji su tipa BREAKER i prekidaju struju jačine 1A (Slika 2.).



Slika 2. Primer konstruisanja filtera

U skladu sa prirodom problema, metoda kojom se realizuje filtriranje implementirana je kao rekurzivna, što znači de će metoda sama sebe pozivati za svaki nivo stabla filtera dok se ne dostigne uslov prekida - nivo sačinjen jedino od čvorova tipa *Property* ili *Value*. Pre nego što se dođe do uslova prekida, rekurzija na stek postavlja sve prethodne pozive, čime je omogućeno razrešavanje stabla filtera od dna ka vrhu.

6.2. Izvori podataka

Realizovano rešenje sadrži dva izvora podataka (*data provider-a*): *data provider* zadužen za skladištenje podataka koji reprezentuju model konkretnog elektro-energetskog sistema (u daljem tekstu *DataProvider1*) i *data provider* zadužen za informacije koji se tiču rezultata karakterističnih za podatke sa *DataProvider1* (u daljem tekstu *DataProvider2*). Realizacija podrazumeva definisanje tipova podataka za čije su skladištenje i upravljanje oni odgovorni, definisanje interfejsa koji izlažu, načina povezivanja sa klijentima (i sa proxy-jem u ovom slučaju) i implementaciju servisa.

DataProvider1 koristi *SQLite* bazu podataka za skladištenje informacija koje opisuju model sistema. Podaci iz baze mapiraju se na objektni model, implementiran u skladu sa IEC 61970-301 standardom (*Common Information Model - CIM*) i grupišu u okviru određenih generičkih kolekcija na osnovu klase resursa kojoj pripadaju.

Organizacija podataka na *DataProvider2* podrazumeva postojanje generičkih kolekcija određenih struktura koje reprezentuju simulacione rezultate.

Da bi bilo moguće kombinovati podatke sa oba *data provider-a*, kada korisnik uputi zahtev za filtriranjem podataka, neophodno je tim podacima pristupiti na generički način. Stoga se oni, na zahtev klijenta, konvertuju u oblik opisa resursa i kao takvi učestvuju u filtriranju.

Ugovor, u ovom slučaju, definiše metode koje predviđa GDA modul za filtriranje (Tabela 1) [2].

Tabela 1. Ugovor koji predviđa GDA modul za filtriranje

Operacija	Opis
<i>getFilteredExtent Values</i>	<i>ResourceIterator GetFilteredExtentValues</i> (PropertySequence properties, ClassID classId, FilterNode filterNode)
<i>getFilteredRelated Values</i>	<i>ResourceIterator GetFilteredRelatedValues</i> (PropertySequence properties, Association association, ResourceID source, FilterNode filterNode)
<i>getFilteredDescendent Values</i>	<i>ResourceIterator GetFilteredDescendentValues</i> (PropertySequence properties, AssociationSequence path, ResourceIDSequence sources, FilterNode filterNode, AssociationSequence tail)

Servis koji nude postojeći *data provider-i* predstavlja implementaciju metoda definisanog ugovora. U implementaciji rešenja je definisano da će pomenuti servis biti dostupan pomoću *NetTcp* transportnog protokola.

Rezultat poziva metode *GetFilteredExtentValues* treba da predstavlja skup resursa odgovarajuće klase koji zadovoljavaju uslove specificirane filterom. Kao što je u ranijem tekstu objašnjeno, organizacija podataka u sistemu podrazumeva postojanje generičkih kolekcija objekata. LINQ to Object je alat koji omogućava vršenje upita upravo nad tako organizovanim podacima u memoriji, te je stoga metoda *GetFilteredExtentValues*

realizovana na dva načina, od kojih jedan podrazumeva primenu *LINQ to Object* tehnologije. Cilj takve realizacije je ispitivanje performansi u pogledu brzine izvršavanja. Upotreba *LINQ to Objects* tehnologije zapravo podrazumeva upotrebu *Where*, *OrderBy*, *Select* i drugih standardnih operatora prilikom pristupanja kolekcijama objekata u memoriji. U okviru ove metode pomenuti operatori upotrebljeni su da bi se na jednostavan način specificirao skup resursa prilikom filtriranja, kao i osobine resursa od interesa.

Dobijeni rezultati su na strani realizacije primenom *LINQ* tehnologije.

U slučaju metode *GetFilteredRelatedValues* *data provider* ispituje povezanost, specificiranu preko asocijacije, sa datim, izvornim, resursom i rezultat tog postupka može biti nula ili više međurezultata. Povratne vrednosti se filtriraju korišćenjem filtera baziranog na vrednostima osobina.

Metoda *GetFilteredDescendentValues* predstavlja relativno složen upit, dizajniran kako bi obezbedio jednostavnu upotrebu i omogućio optimizaciju na strani *provider-a*. Ekvivalentan je ponovljenom upitu *GetFilteredRelatedValues*.

6.3. Proxy

Proxy ima ulogu sprege između klijenata i raspoloživih *data provider-a*. Informacije o tome koji su *data provider-i* prisutni u sistemu i za koje su podatke oni odgovorni, *proxy* čuva u okviru svoje konfiguracione datoteke, što je pogodno iz ugla proširenja sistema. Dodavanje nove komponente, tj. novog *data provider-a* podrazumevalo bi jedino dodavanje informacija koje se tiču njegove lokacije i podataka koji su u njegovoj nadležnosti u pomenutu datoteku.

Realizacija *proxy-ja* podrazumeva definisanje interfejsa, definisanje načina povezivanja sa klijentima i *data provider-ima* i implementaciju servisa.

S obzirom da je *proxy* spona između klijenata i *data provider-a*, interfejs koji se na njemu definiše identičan je onom koji izlažu pomenuti *data provider-i* (Tabela 1.).

Kada je u pitanju način povezivanja, *proxy* na osnovu informacija iz konfiguracione datoteke formira komunikacioni kanal prema svakom od raspoloživih *data provider-a*, i takođe kreira kanal preko koga će komunicirati sa klijentima, u skladu sa konceptima *WCF* tehnologije.

Implementacija servisa podrazumeva implementaciju metoda definisanog interfejsa. U okviru pomenutih metoda vrši se particionisanje upita na osnovu osobina resursa koje učestvuju u filtriranju, delegiranje delova upita do *data provider-a* koji su za njih odgovorni i kombinovanje rezultata kako bi se formirao odgovor koji se vraća klijentu. Kombinovanje rezultata svodi se na primenu logičkih operatora *AND* ili *OR* na rezultate izvršavanja filtera, dobijenih od strane *data provider-a*. Primena operatora *AND* zapravo predstavlja presek, tj. utvrđivanje identifikatora resursa koji se nalaze u rezultatima pristiglim sa oba *provider-a*, dok primena operatora *OR* predstavlja uniju, tj. objedinjavanje rezultata *data provider-a*.

U slučaju prijema upita koji podrazumeva filtriranje podataka klase *SWITCH* prema kriterijumima specificiranim filterom prikazanim na slici 2, prvi zadatak *proxy-ja* podrazumeva proveru da li se radi o upitu kod koga je fil-

triranje zasnovano na osobinama podataka sa samo jednog *data provider-a*. Na osnovu informacija iz konfiguracione datoteke *proxy* zna da je *SWITCH_TYPE* osobina podataka sa *DataProvider1*, a da je *CONDUCTING_EQUIPMENT_I* osobina podataka sa *DataProvider2*. To znači da je njegov sledeći korak particionisanje upita i delegiranje delova upita do odgovornih *data provider-a*. Particionisanje najpre podrazumeva podelu složenog filtera (Slika 2.) na elementarni filter 1, baziran na osobini *SWITCH_TYPE* (Slika 2.), i elementarni filter 2, baziran na osobini *CONDUCTING_EQUIPMENT_I* (Slika 2.). Na osnovu dobijenih elementarnih filtera *proxy* kreira upite koje delegira do odgovornih *data provider-a*. Njihov zadatak je filtriranje podataka i slanje rezultata filtriranja nazad do *proxy-ja*. Kombinovanje rezultata na *proxy-ju* se u ovom slučaju svodi se na primenu logičkog operatora *AND* na rezultate pristigle sa *data provider-a*. Poslednji korak podrazumeva slanje rezultata do klijenta. Rezultati se šalju u obliku iteratora resursa, na osnovu koga klijent može podatke o rezultatima da povlači sekvencijalno.

7. ZAKLJUČAK

Rezultat ovog rada jeste sistem kod koga je omogućen centralizovan pristup podacima iz različitih izvora sa primenom složenog filtriranja gde se u uslovu takođe mogu koristiti podaci iz različitih izvora. Rešenje je realizovano uvođenjem nove centralne komponente *proxy* u kojoj je implementiran modul za filtriranje, u skladu sa *GDA* standardom.

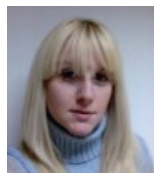
Zahvaljujući implementaciji pomenutog modula klijentima je pružena mogućnost da raznorodnim i složenim tipovima podataka, koji u sistemu postoje, pristupaju na generički način, kao i da specificiraju koje informacije žele da dobiju. Zahvaljujući uvođenju *proxy-ja* klijenti ne vode računa o tome gde se željene informacije u sistemu nalaze, tj. koji *data provider* je za njih odgovoran.

Glavni doprinos rada jeste činjenica da je, zahvaljujući primeni opisanih tehnologija i specifikacija u realizaciji rešenja, postignuta generičnost, interoperabilnost aplikacije i sistema i primenljivost na više izvora podataka.

8. LITERATURA

- [1] OMG, Utility Management System (UMS) Data Access Facility Specifications, 2005.
- [2] IEC 61970-403 Ed.1: Energy management system application program interface (EMS-API) - Part 403: Generic data access, final draft, 2008.
- [3] C. Peiris, D. Mulder, „*Pro WCF: Practical Microsoft SOA Implementation*“, Apress, New York, 2007.
- [4] F. Merquerie, J. Wooley, „*LINQ in Action*“, Greenwich, Manning Publications Co., 2008.

Kratka biografija:



Marija Nikolić rođena je u Leskovcu 1985. god. gde je 2004 god. završila Gimnaziju „Stanimir Veljković-Zele“. Apsolvent je na Fakultetu tehničkih nauka, odsek Računarstvo i automatika, katedra za Automatiku i upravljanje sistemima.

UPRAVLJANJE DC MOTORIMA

DC MOTORS MOTION CONTROL

Boris Majski, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U okviru ovoga radu prikazan je postupak projektovanja i realizacije kompletnog uređaja za upravljanje DC motorom. Detaljno je opisan način povezivanja sa računarom, podešavanje softvera kao i izvršeni eksperimenti nad uređajem sa različitim opterećenjima.

Abstract – This paper presents the process of projecting and realization of complete device for DC motor control. It is described the way of connecting to the PC, setting the software and performed experiments with different load.

Ključne reči: PID regulacija, impulsno-širinska modulacija, enkoder, kontrola brzine i kontrola pozicije.

1. UVOD

Motor za jednosmernu struju je pogodan za pogone gde je potrebna promenljiva brzina. Njegova brzina se može kontinualno podešavati promenom jednosmernog napona u širokim granicama koje obuhvataju oba smera brzine, uključujući i bazno upravljanje. Pored ovoga ovaj motor ima dobre dinamičke osobine koje se odražavaju u brzom odzivu na naglu i skokovitu promenu ulaznih veličina. Mane ovog motora su stvaranje elektro-magnetnih smetnji i složenost njegove konstrukcije, pre svega zbog mehaničkog komutatora koji ima za posledicu veliku cenu i troškove održavanja, manju pouzdanost i kraći vek.

Sa druge strane asinhroni motor ima veoma jednostavnu konstrukciju, jeftin je i lako se održava. Međutim ovaj tip motora je mnogo manje upravljiviji od jednosmernog i zahteva relativno složeni upravljački mehanizam. Iz ovog razloga je za izvršni objekat u ovom projektu odabran motor jednosmerne struje.

2. PRINCIPI RADA UREĐAJA

Princip rada uređaja se zasniva na PMW (Pulse Width Modulation) signalu koji se dobija na izlazu iz PID regulatora.

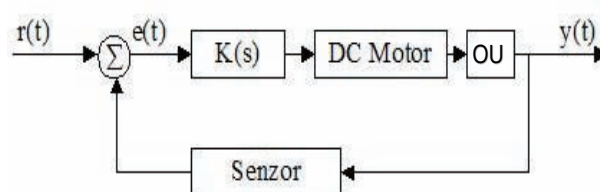
2.1. PWM (Pulse Width Modulation)

PWM je tehnika upravljanja analognim veličinama analognih uređaja preko digitalnih izlaza procesora (mikrokontrolera). Napon, odnosno struja se dovode do analognog primaoca kao serija impulsa, a informacija o amplitudi analognog signala se predstavlja širinom

(trajanjem) impulsa PWM signala [1]. Glavna prednosti korišćenja PWM signala je to što signal ostaje digitalan celim putem od procesora do primaoca, tako da DA konverzija nije potrebna. PWM signal se smatra digitalnim signalom jer je u svakom trenutku vremena nivo signala ili na nuli ili na maksimumu. Korišćenjem čisto digitalnog signala efekat šuma se minimizuje, što je velika prednost u odnosu na analogni prenos i kontrolu. Šum može da utiče na digitalni signal samo ako je toliko jak da promeni logičku nulu na jedinicu ili obrnuto. Zbog toga se PWM u nekim slučajevima koristi i za komunikaciju. Prelaz sa analognog signala na PWM može drastično povećati dužinu komunikacionog kanala. Vraćanje PWM signala u analogni oblik se na strani primaoca obavlja vrlo jednostavno uz pomoć otpornika, kondenzatora ili kalema. Ukoliko nam je na raspolaganju dovoljno velika frekvencija PWM signala, svaku analognu vrednost možemo predstaviti kao PWM. Još jedna dobra strana ove vrste modulacije je i to što je po gubitku sinhronizacije između predajnika i prijemnika moguće normalno nastaviti sa radom.

2.2. PID regulacija

PID regulacija se često koristi zato što ona uglavnom ima dobar odziv u sistemima sa zatvorenim povratnom spregom, može se koristiti lako zbog jednostavne matematike i jednostavna je za izvedbu uz pomoć bilo analognih ili digitalnih kola. Na slici 1. prikazan je blok dijagram sa zatvorenim povratnom spregom gde je objekat upravljanja DC motor [2-3].



Slika 1. Sistem sa zatvorenim povratnom spregom

PID kontroler je u glavnoj grani blok dijagrama da bi izlaz direktno uticao na napon napajanja motora. Signal koji ide kroz povratnu spregu je informacija o brzini koja se dobija preko enkodera (u našem slučaju HEDS 5540). Izlazni signal brzine $y(t)$ se upoređuje sa referentnim signalom $r(t)$, čime se dobija signal greške $e(t)$. Signal greške je ulazni signal za PID kontroler.

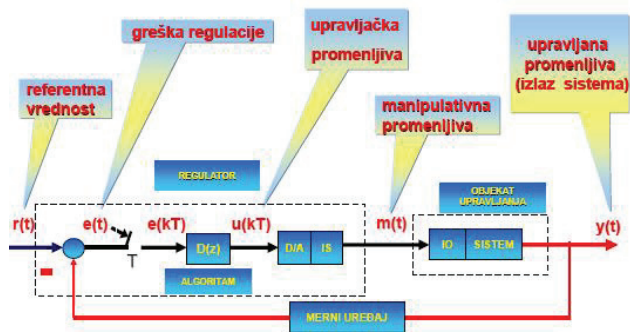
2.2.1. Digitalni PID

Računarom upravljani sistemi prirodno nameću zakon upravljanja prilagođen izvršavanju na računaru - u digitalnoj formi. Diskretizacijom analognog ekvivalenta se dobija diskretni PID upravljački algoritam, čiji se parametri mogu podešavati procedurama poznatim iz

NAPOMENA:

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

prakse kontinualne regulacije. Blok šema digitalnog sistema upravljanja je data na slici 2. [4-5]

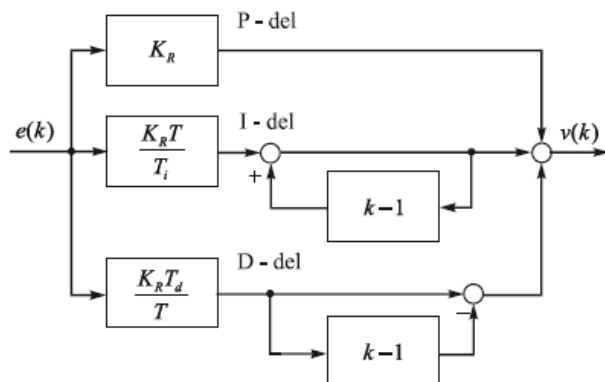


slika 2. Blok šema digitalnog sistema upravljanja

Pri maloj periodi odabiranja T , diskretni ekvivalent upravljačkog algoritma (ekvivalentni diskretni zakon upravljanja) se može dobiti aproksimacijom izvoda diferencom (pozicioni):

$$u(k) = K \left\{ e(k) + \frac{T}{T_i} \sum_{i=0}^k e(i) + \frac{T_d}{T} [e(k) - e(k-1)] \right\} \quad (1)$$

Na slici 3 je data blok šema digitalnog PID-a.



Slika 3. blok šema digitalnog PID-a

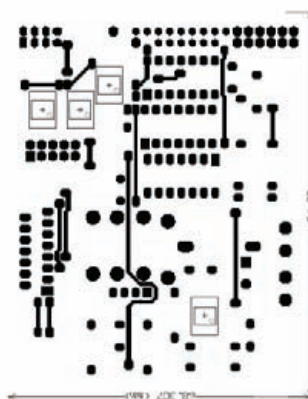
3. REALIZACIJA UREĐAJA

Primenom PMD-ovog razvojnog okruženja Magellan [6] projektovan je kompletan uređaj za upravljanje brzinom i pozicijom DC motora. Uređaj se sastoji iz dva dela, upravljačkog i pojačavačkog sklopa. Upravljački sklop na osnovu signala greške generiše upravljački signal prema motoru. Pojačavački sklop služi kao sprega između upravljačkog sklopa i motora. On generisani upravljački signal iz upravljačkog sklopa pojačava u signal koji je sposoban da pobudi i izvede motor iz stanja mirovanja.

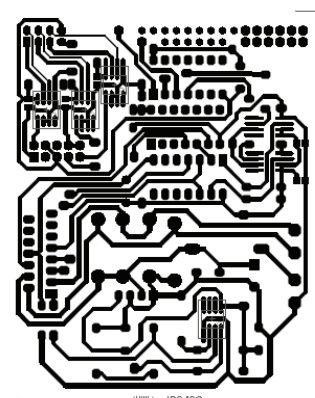
3.1. Pojačavački sklop

Za potrebe razvoja pojačavačkog sklopa korišćen je programski paket Altium Designer 6. U njemu je projektovana štampana ploča sa jasno definisanim rasporedom komponenti i veza. Na slikama 4 i 5 dati su izgled ploče sa obe strane.

Kao pojačivački element je korišćen dualni DC pojačavač L298N firme STMicroelectronics u vertikalnoj izvedbi kućišta [7]. On na osnovu PWM signala generiše upravljački signal ka motoru. Blok dijagram pojačivača je dat na slici 6.

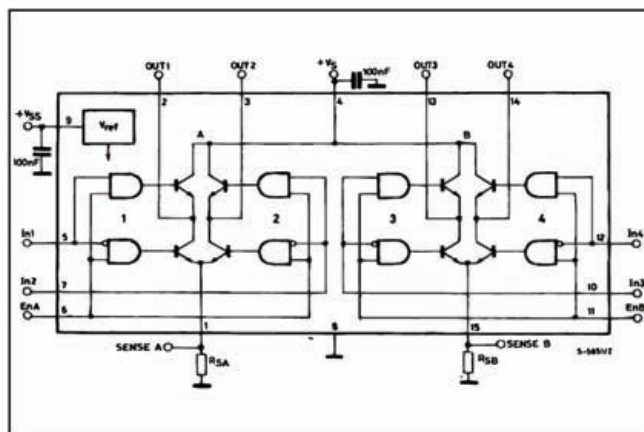


Slika 4. Izgled ploče sa gornje strane



Slika 5. Izgled ploče sa donje strane

L298 sadrži 2 izlazna stepena (A i B). Svaki izlazni stepen predstavlja most čiji izlazi mogu da pogone induktivna opterećenja u opštom ili diferencijalnom modu, u zavisnosti od stanja ulaza. Struja koja teče kroz opterećenje izlazi iz mosta na detektujućim izlazima. Spoljni zaštitni otpornici (R_{sa} i R_{sb}) služe da detektuju intenzitet ove struje.



Slika 6. Blok dijagram L298 drajvera

Svaki most se upravlja vrednostima dve ulazne kapije od kojih se jedna sastoji od ulaza In1, In2 i EnA, a druga od In3, In4 i EnB. In ulazi postavljaju stanje mosta kad su En ulazi na visokom nivou (prisutan signal dozvole). Kad su En ulazi na niskom nivou, tad je most zakočen. Svi ulazi su TTL kompatibilni.

Signali PWM i Dir iz procesora šalju se prema pojačivaču koji u zavisnosti od njihovih vrednosti generiše

upravljački signal koji se preko H-mosta vodi na motor i pokreće ga željenom brzinom. Da bi sprečilo pregorevanje pojačavača, koristio sam LM393N komparator koji poredi PWM signal sa strujama na zaštitnim otpornicima i daje signal dozvole (enable) koji aktivira pojačavač. Signal Dir se preko invertora pretvara u dva In ulaza koji direktno utiču na propusnost H-mosta i njegov način rada. Upravljački signal iz pojačavača se preko snažnih dioda vodi na motor.

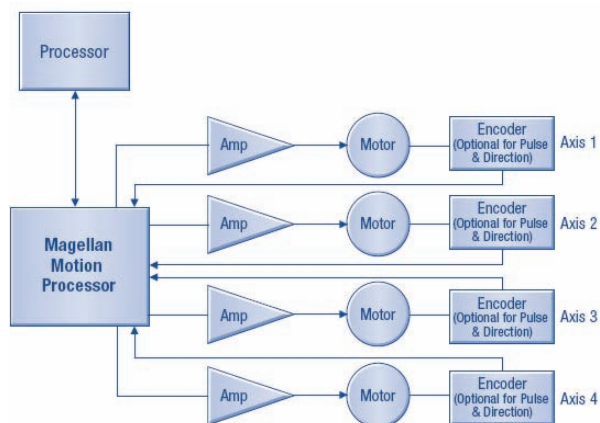
Pošto sam motor radi na 24V, a ostale komponente kao i logika pojačavača na 5V, na uređaj dovodimo 24V iz izvora, dok pomoću DC/DC konvertora TME2495S obezbeđujemo 5V za ostale komponente.

Sama PCI Magellan-ova kartica predstavlja izvor napajanja od 5V pa prateća elektronika enkodera se napaja sa nje. Zbog ovakve situacije tj. postojanja dva nezavisna izvora napajanja, u slučaju proboja DC/DC konvertora, moramo zaštititi karticu od pregorevanja. Ovo se postiže galvanskim odvajanjem ova dva napajanja pomoću ultra brzih optokaplera HCPL0601.

3.2. Upravljački sklop

Upravljački sklop predstavlja PMD-ovo Magellan Motion Procesor okruženje. Ono uključuje integrisanu ploču i softverski paket za razvijanje aplikativnog softvera i upotrebu hardverskih komponenti. Ovo razvojno okruženje objedinjuje softver i hardver u jednu funkcionalnu celinu koja se koristi za upravljanje DC motorima. Da bi se formirala ovakva celina, pored razvojnog okruženja je potreban samo pojačivački elemenat.

Na slici 7. je prikazana blok šema veza između Magellan-ovog procesora sa ostalim komponentama koje čine jedan funkcionalni sistem za kontrolu kretanja DC motora.



Slika 7. Blok šema sistema za kontrolu kretanja DC motora

Magellan-ov processor komunicira sa PC procesorom, a preko pojačavača upravlja sa motorima na sva četiri podržana izlaza. Povratnu informaciju o položaju i brzini motora dobija preko enkodera.

4. EKSPERIMENTALNO ODREĐIVANJE PARAMETARA PID-A

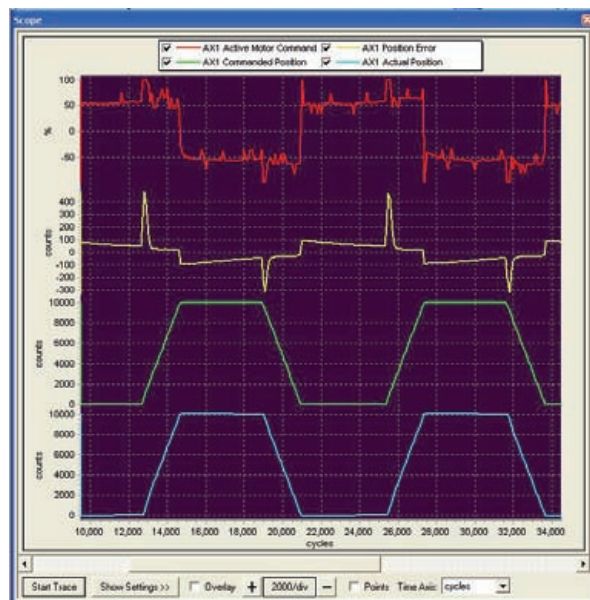
Sistem se sastoji od motora koji je sa radnim elementom vezan preko zavojnog vratila. Povratna sprega se ostvaruje preko optičkog enkodera koji se nalazi sa druge

strane vratila. On daje informaciju o položaju radnog elementa. Cilj rada je da se vidi kako se sistem sam prilagođava promeni opterećenja tj. radnog elementa.

Za upravljanje realizovanim hardverom koristio sam PMD-ov sofisticirani softver Pro-Motion. Startovanjem programa potrebno je podesiti vrstu motora i enkodera i obaviti testove njihovog rada. Po ustanovljavanju ispravnosti prelazi se na podešavanje parametara PID-a. Softver ima ugrađenu rutinu za automatsko određivanje parametara.

Promena opterećenja je vršena u rasponu od 0 do 2100g u koracima od po 350g. Za svako opterećenje je izvršeno testiranje odziva sa vrednostima parametara iz prethodnog oglada i automatsko i ručno podešavanje parametara za svako opterećenje i diskutovanje dobijenih odziva. Biće objašnjena prva dva oglada.

Prvi ogled je bez opterećenja. Automatski dobijeni parametri PID-a su: $K_p=314$, $K_i=16$ i $K_d=6254$. Odziv je dat na slici 8.



Slika 8. Odziv sa automatskim parametrima

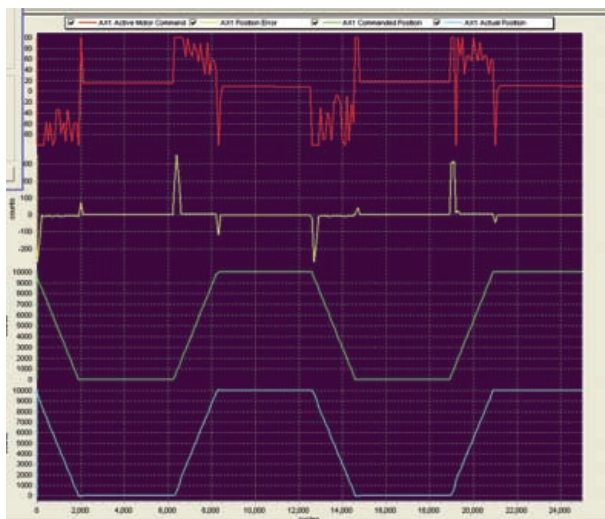
Sa slike 8 se vidi da je najveće odstupanje od zadate putanje u momentu polaska elementa iz mirovanja i pri dolasku u krajnji položaj. Između početnog i krajnjeg položaja greška je zanemarljiva.

Posle ovoga sam parametre PID-a podešavao ručno. Njihove vrednosti su sada: $K_p=3000$, $K_i=15$ i $K_d=8000$. K_d sam povećao da bi smanjio preskok, a K_p sam povećao da bi se smanjila greška u ustaljenom stanju. Ovo se vidi na slici 9. koja prikazuje odziv sistema sa ovako podešenim parametrima.

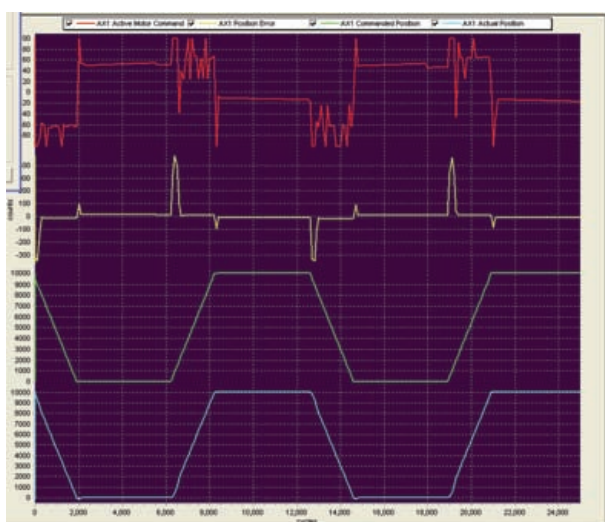
Preskok je duplo manji, a greška pomeraja između početnog i krajnjeg položaja je nula. Smanjenjem brzine kretanja dobija se još bolji odziv zbog manjeg uticaja inercije.

Drugi ogled je sa opterećenjem 350g.

Automatski dobijeni parametri su: $K_p=1268$, $K_i=9$ i $K_d=12287$. Odziv je dat na slici 10.

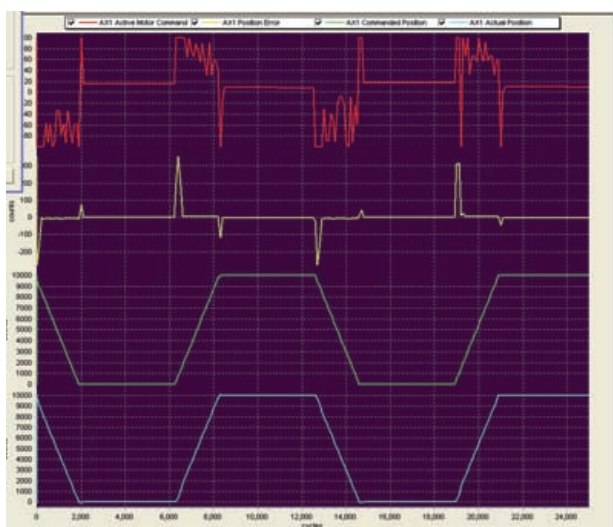


Slika 9. Odziv sa ručnim parametrima



Slika 10. Odziv sa automatskim parametrima

Posle ručnog podešavanja vrednosti parametara su: $K_p=4000$, $K_i=15$ i $K_d=7000$. Odziv sistema je sada prikazan na slici 11.



Slika 11. Odziv sa ručnim parametrima

Ručno podešavanje podrazumeva povećanje K_p zbog smanjenja greške u ustaljenom stanju, povećanje K_i radi eliminacije greške i smanjenje K_d zbog nepotrebno

velike vrednosti dobijene pri automatskom određivanju. Na slici 11 se vidi da je postignuto smanjenje preskoka i skoro eliminisanje greške između početnog i krajnjeg položaja. Smanjenjem brzine se postižu još bolji rezultati. Treba primetiti da je smanjenje brzine više utiče na promenu greške nego kod slučaja bez opterećenja. U ogledima sa većim opterećenjima se parametri menjaju po istom pravilu kao i ovde. Sa porastom opterećenja dolazi do izraženijih trzaja i nestabilnosti sistema, pa se mora voditi računa o brzini motora.

5. ZAKLJUČAK

Radom su obuhvaćeni svi problemi koji su se našli na putu pri izradi uređaja. Takođe je urađeno detaljno ispitivanje pločice i ustanovljena je njena potpuna funkcionalnost. Sve greške pri izradi su blagovremeno otklonjene i pri eksperimentalnom radu nije dolazilo do otkaza komponenata.

Eksperimentima je simuliran rad uređaja sa različitim radnim elementima. Sa povećanjem opterećenja, izraženije su oscilacije i raste vreme smirenja. Ovo ne predstavlja problem kod pozicioniranja elemenata pre obrade, al nikako nije poželjno u toku obrade, jer nepovratno može da ošteti obradak. Zbog toga se za režime obrade pri većim opterećenjima ručno podešavaju parametri PID-a, i smanjuje brzina, što eliminiše oscilacije i smanjuje vreme smirenja u prihvatljive granice.

Primena uređaja je moguća u svim aplikacijama gde je potrebno realizovati pozicioniranje, kao i regulaciju brzine DC motora. U ovom slučaju se vrši upravljanje jednim motorom, ali promene za rad sa dva ili više motora ne zahteva velike izmene.

6. LITERATURA

- [1] Ž. Mihajlović, E. Adžić, M. Raković, "Osnovno O Impulsno Širinskoj Modulaciji", Beograd 2009,
- [2] Slajdovi sa predavanja iz predmeta Sistemi Automatskog Upravljanja, dr. Filip Kulić, FTN, Novi Sad,
- [3] www.automatika.rs/index.php/projekti – PID - regulacija,
- [4] <http://act.rasip.fer.hr/materijali> – Primena digitalnog PID-a,
- [5] http://laris.fesb.hr/digitalno_vodjenje/text_5.htm – Projektovanje digitalnog PID-a
- [6] www.pmdcorp.com/support/application_notes.cfm - Karakteristike Magellan-ovog razvojnog okruženja,
- [7] www.st.com – L298N datasheet,

Kratka biografija:



Boris Majski rođen je u Vrbasu 1984. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva - Upravljanje DC motorom odbranio je 2010. god.

JEDNA REALIZACIJA REGRESIVNOG ISPITIVANJA DSP COMPOSER SISTEMSKE PROGRAMSKE PODRŠKE NA PLATFORMI SA OGRANIČENIM RESURSIMA**ONE IMPLEMENTATION OF REGRESSIVE TESTING OF DSP COMPOSER APPLICATION ON PLATFORM WITH LIMITED RESOURCES**Ivan Stojanović, Nenad Četić, Jelena Kovačević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratik sadržaj - Prikazana je jedna realizacija regresivnog ispitivanja DSP Composer sistemske programske podrške. Ispitivanje programske podrške na platformi sa ograničenim resursima je izvršeno upotrebom programske podrške za ispitivanje zasnovano na principu crne kutije. U radu je dat opis algoritma i detalji konkretne implementacije.

Abstract - This paper describes one implementation of Regressive Testing of DSP Composer application. Testing of software on platform with limited resources was realized by using application for testing based on the principle of the black box. The paper gives a description of the algorithm and specific implementation details.

Ključne reči: regresivno ispitivanje, DSP

1. UVOD

Prilikom otklanjanja grešaka programske podrške primećeno je da se često pojavljuju novi problemi. Ispravka problema u jednom delu može da prouzrokuje probleme u drugom delu programske podrške. Kada se problem u programskoj podršci pronade i reši preporučljivo je ponovno pokretanje ispita koji su otkrili grešku sa ciljem pronalaženja novonastalih grešaka [1].

Regresivno ispitivanje (eng. *regression testing*) je vrsta ispitivanja u kome se na osnovu jednom razvijenog ispita više puta sprovodi ispitivanje programske podrške [2].

Svrha regresivnog ispitivanja je da obezbedi da otklanjanje greške i dodata funkcionalnost ne utiču negativno na funkcionalnost prethodne verzije programske podrške. Zato se prilikom regresivnog ispitivanja programska podrška ispituje upotrebom svih regresivnih ispita da bi se potvrdilo da se ponaša isto kao i pre izmene, osim ako je izmena očekivana [1].

Poželjno je regresivno ispitivanje primenjivati od najranije faze razvoja programske podrške, kao što je prikazano (Slika 1. *Regresivno ispitivanje*) [3].

Slika 1. *Regresivno ispitivanje***2. ANALIZA PROBLEMA**

DSP Composer predstavlja grafički alat za ispitivanje i programiranje digitalnih signal procesora.

NAPOMENA:

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

Regresivno ispitivanje DSP Composer-a [4] ima za cilj potpuno autonomno pokretanje i izvršavanje ispita na platformi sa ograničenim resursima. Ispitivanje obuhvata primitive koje spadaju u grupu prilagodljivih primitiva bloka naknadne obrade (eng. *post-processing module* - PPM). Primitive su uređaji koji mogu biti prevučeni na radnu površinu DSP Composer-a i učitan na ciljanu platformu.

Neophodno je ispitati kvalitet realizovanih primitiva. U tu svrhu potrebno je realizovati regresivno ispitivanje.

Struktura direktorijuma grupa ispita mora da zadovolji standardnu formu usvojenih procesa rada. Ovo podrazumeva korenski direktorijum sa četiri poddirektorijuma (Slika 2. *Struktura direktorijuma*). Korenski direktorijum može da se nalazi bilo gde u masovnoj memoriji.

Slika 2. *Struktura direktorijuma*

Za stvaranje grupe ispita korišćen je alat *ReplicateTest.exe*. Ovaj alat se koristi za stvaranje ispita za BBT [5] (eng. *Black Box Testing*) programsku podršku upotrebom ispitnih šablona (eng. *test template*).

Zbog konačnog broja ispitnih šablona, primitive se dele po grupama. Karakteristike primitiva koje bi uticale na njihovo razvrstavanje u određene grupe su:

- broj kanala
- broj i^2 s [6] linija
- ulazni tok podataka

Svaki ispit je podeljen na šest faza:

1. pokretanje DSP Composer-a i generisanje prevedenog oblika programa
2. učitavanje prevedenog oblika programa na ciljanu platformu
3. reprodukcija i snimanje zvuka
4. sinhronizacija izlazne datoteke
5. pretvaranje datoteke WAVE [6] formata u datoteku PCM [6] formata
6. poređenje izlazne datoteke sa referentnom

U narednom poglavlju će biti detaljno opisana svaka faza.

3. OPIS REŠENJA

U cilju regresivnog ispitivanja primitiva DSP Composer-a realizovano je ispitivanje programske podrške na platformi sa ograničenim resursima. Pokretanje i izvršavanje ispita je izvršeno upotrebom BBT programske podrške. Regresivno ispitivanje DSP Composer-a obuhvatilo je 202 primitive prilagodljivog PPM nivoa

obrade. Ispiti su podeljeni u četiri grupe. Sledeća tabela (Tabela 1. *Broj primitiva po grupama*) predstavlja broj primitiva po grupama:

Tabela 1. *Broj primitiva po grupama*

Grupa ispita	Broj primitiva
do 2 kanala	144
2 do 4 kanala	31
4 do 6 kanala	14
6 do 8 kanala	13

Prva grupa (do 2 kanala) ima najveći broj primitiva. Među primitivama ove grupe su i primitive koje imaju kontrolne prolaze - ulazne i/ili izlazne.

Razlike između grupa ispita su predstavljene u sledećoj tabeli (Tabela 2. *Razlike između grupa ispita*):

Tabela 2. *Razlike između grupa ispita*

Grupa ispita	Broj kanala	Broj i^2 's linija
do 2 kanala	2	1
2 do 4 kanala	4	2
4 do 6 kanala	6	3
6 do 8 kanala	8	4

Broj kanala se odnosi na:

- broj kanala ulazne datoteke,
- broj kanala izlazne datoteke i
- broj kanala za reprodukciju i snimanje zvuka.

Uobičajeno, broj i^2 's linija je upola manji od broja kanala pošto se svakom linijom reprodukuju/snimaju po dva kanala [6].

Potrebno je izvršiti pokretanje *DSP Composer-a*, automatsko ažuriranje i prevođenje projekta [4], stvaranje prevedenog oblika programa i zatvaranje programske podrške. Koristeći realizovane bibliotečne funkcije *DSP Composer-a*, realizovana su ova unapređenja.

Upotrebom *BBT* uređaja *CmdLine* [5] vrši se pokretanje *DSP Composer-a*. Realizovana unapređenja se upotrebljavaju dodavanjem argumenata komandne linije na poziv *DSP Composer-a*:

- \update_device – ažuriranje projekta
- \compile – prevođenje projekta
- \generate_deliverables – stvaranje prevedenog oblika programa
- \close – zatvaranje *DSP Composer-a*

Da bi se omogućilo ispitivanje primitiva prilagodljivog *PPM* nivoa obrade, realizovane su četiri pomoćne primitive opisane u sledeća dva poglavlja 3.1 i 3.2.

3.1. Pomoćne primitive *Sync Input* i *Sync Output*

Nakon učitavanja prevedenog oblika programa na ciljanu platformu započinje obrada ulaznih podataka u realnom vremenu. Otkrivanje korisnog dela ulaznog toka podataka vrši se pomoću prethodno dodate sinhronizacione reči. Pronalaženje sinhronizacione reči vrši primitiva *Sync Input*. Primitiva *Sync Output* dodaje sinhronizacionu reč na izlazni tok podataka. Primitive *Sync Input* i *Sync Output* su u sprezi. Primitiva *Sync Input* signalizira primitivu *Sync Output* da je sinhronizaciona reč pronađena. Sinhronizaciona reč se koristi za izdvajanje korisnog dela izlaznog toka podataka i poravnavanje podataka na početak bloka obrade.

Podešavanje broja ulazno/izlaznih kanala i sinhronizacione reči se vrši pre učitavanja prevedenog

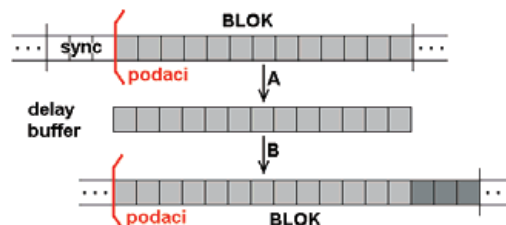
oblika programa na ciljanu platformu. Sinhronizaciona reč predstavlja 32-bitnu vrednost.

3.1.1. Primitiva *Sync Input*

Zadatak primitiva *Sync Input* sastoji se iz četiri koraka:

- pronalaženje sinhronizacione reči
- poravnavanje svih kanala na početak bloka obrade (niz od 16 odbiraka)
- signaliziranje *Sync Output* primitive da je sinhronizaciona reč pronađena
- prosleđivanje podataka

Kada se pronađe sinhronizaciona reč (Slika 3. - sync), ostatak korisnih podataka u bloku se prebacuje u prihvatnu memoriju (*eng. buffer*) *delay_buffer* (Slika 3. - korak A). Sledećim pozivom funkcije za obradu bloka se iz prihvatne memorije *delay_buffer* prebacuju sačuvane vrednosti (Slika 3. - korak B) i dobavlja nov blok podataka. Deo ovog bloka se koristi za dopunjavanje izlazne prihvatne memorije bafera. Ostatak korisnih podataka se čuva u prihvatnoj memoriji *delay_buffer*. Sledeći blok sadržati podatke koji trebaju biti obrađeni. Dalji tok podatak se svodi na korak B.



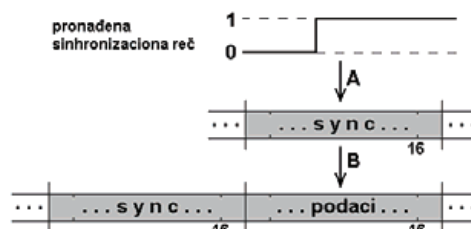
Slika 3. Tok podataka – primitiva *Sync Output*

3.1.2. Primitiva *Sync Output*

Zadatak primitiva *Sync Output* sastoji se iz tri koraka:

- otkrivanje signala da je pronađena sinhronizaciona reč u ulaznom toku podataka
- dodavanje sinhronizacione reči na izlazni tok podataka
- prosleđivanje podataka

Pomoćna primitiva *Sync Input* kontrolnim signalom javlja da je pronađena sinhronizaciona reč (Slika 4. - korak A). Tada se ceo izlazni blok podataka popunjava sinhronizacionim rečima. Sledećim pozivom funkcije za obradu bloka se vrši prosleđivanje podataka sa ulaza na izlaz (Slika 4. - korak B). Dalji tok podataka se svodi na korak B.



Slika 4. Tok podataka – primitiva *Sync Output*

3.2. Pomoćne primitive *Control To Audio* i *Audio To Control*

Poseban skup ispita predstavljaju primitive koje imaju kontrolne prolaze (*eng. control audio ports*). Ovi prolazi mogu biti ulazni ili izlazni. Da bi se izvršilo ispitivanje ovog skupa primitiva, realizovane su dve pomoćne primitive. Pomoćne primitive prosleđuju podatke sa kontrolnog prolaza na zvučni prolaz, i obrnuto. U

zavisnosti od broja kontrolnih prolaza (do 2, 4, 6 ili 8), ispiti primitiva se raspoređuju u neku od spomenutih četiri grupa.

3.2.1. Primitiva *Audio To Control*

Zadatak *Audio To Control* primitive se sastoji iz sledećih koraka:

- prihvatanje podataka sa ulaznog zvučnog prolaza
- prosleđivanje podataka na izlazni kontrolni prolaz

Obrada se vrši nad blokom podataka. Asemblerska funkcija (Slika 5. *Prosleđivanje podataka*) zadužena za prosleđivanje podataka sa ulaznog zvučnog prolaza na izlazni kontrolni prolaz je prikazana ispod:

```
I_P_S_Block
    i4 = xmem[i7]; i7 += 1
    i3 = xmem[i7]; i7 += 1
    i4 = ymem[i4]
    nop
    a1 = ymem[i4]
    ymem[i3] = a1
    ret
```

Slika 5. *Prosleđivanje podataka*

Upotrebom akumulatora [8] *a1* preuzima se prva vrednost iz bloka podataka. Ova vrednost se prosleđuje na izlazni kontrolni prolaz. Po bloku obrade moguće proslediti samo jednu vrednost na izlazni kontrolni prolaz.

3.2.2. Primitiva *Control To Audio*

Zadatak *Control To Audio* primitive se sastoji iz sledećih koraka:

- prihvatanje podataka sa ulaznog kontrolnog prolaza
- prosleđivanje podataka na izlazni zvučni prolaz

Asemblerska funkcija (Slika 6. *Prosleđivanje podataka*) zadužena za prosleđivanje podataka sa ulaznog kontrolnog prolaza na izlazni zvučni prolaz je prikazana ispod:

```
I_P_S_Block
    i4 = xmem[i7]; i7 += 1
    i0 = xmem[i7]; i7 += 1
    i4 = ymem[i4]
    a1 = ymem[i0]
    do (DESIGN_BRICK_SIZE), >
    %   ymem[i4] = a1; i4 +=1
    ret
```

Slika 6. *Prosleđivanje podataka*

Upotrebom akumulatora *a1* preuzima se vrednost sa izlaznog kontrolnog prolaza. Ova vrednost se prosleđuje na izlazni zvučni prolaz. Na nivou bloka možemo prihvatiti samo jednu vrednost na ulazni kontrolni prolaz. Zato se koristi *do* [8] petlja da bi se vrednost sa ulaznog kontrolnog prolaza 16 puta prosledila na izlaz. Svih 16 odbiraka imaju istu vrednost.

3.3. Struktura direktorijuma

Korenski direktorijum ispitnog okruženja sadrži četiri poddirektorijuma. Sadržaj i svrha svakog od ovih četiri direktorijuma biće objašnjena u sledećih četiri poglavlja.

U korenskom direktorijumu se nalazi i datoteka *primitive_testing.ini*. Ova datoteka sadrži globalne promenljive koje se koriste u ispitima (putanja ulaznih datoteka, alata,...).

3.3.1. Direktorijum *ReplicateTest*

Direktorijum *ReplicateTest* sadrži ispitne šablone. Alat *ReplicateTest.exe* koristi ove šablone za generisanje ispita. Na osnovu ispitnog šablona, alat vrši pretragu *DSP Composer* projekata i generiše ispite. Šablon ispita mora biti sačuvan sa oznakom tipa datoteke *.tst*.

ReplicateTest.exe se koristi i za generisanje ispita koji služe za stvaranje referentne datoteke. Referentne datoteke se formiraju na početku ispitivanja tako što se prvi rezultat ispita proglasi za referentni. U slučaju da se u toku ispitivanja ustanovi da referentna datoteka nije odgovarajuća, ona se može zameniti.

3.3.2. Direktorijum *testing*

Direktorijum *testing* sadrži:

- *DSP Composer* projekte,
- ulazne i referentne datoteke - direktorijum *input*,
- izlazne datoteke - direktorijum *output* i
- prevedeni oblik programa - direktorijum *load*.

DSP Composer projekti raspoređeni su po grupama. Zbog preglednosti i lakšeg snalaženja organizovani su u više poddirektorijuma, nalik na raspored primitiva u meniju *DSP Composer-a*.

3.3.3. Direktorijum *tests*

Direktorijum *tests* sadrži poddirektorijume koji predstavljaju grupe ispita. Svaki od poddirektorijuma sadrži veliki broj ispita koji su generisani alatom *ReplicateTest.exe*.

3.3.4. Direktorijum *tools*

U direktorijumu *tools* se nalaze alati koji se koriste pri izvršavanju ispita i drugi pomoćni alati:

- *wav2pcm.exe* – koristi se za pretvaranje datoteke WAV formata u datoteku PCM formata
- *ReplicateTest.exe* – koristi se za generisanje ispita na osnovu tesnih šablona

3.4. Faze ispitivanja

Svaki ispit je podeljen na šest faza, nezavisno od grupe u kojoj se nalazi.

3.4.1. Prva faza - pokretanje *DSP Composer-a*

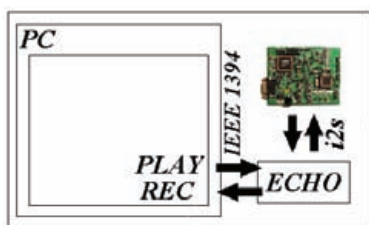
Prva faza predstavlja pokretanje *DSP Composer-a* sa odgovarajućim argumentima komandne linije. Argumenti za ažuriranje projekta, prevođenje projekta i zatvaranje programske podrške su isti u svakom ispit. Putanja projektne datoteke i putanja gde će biti sačuvan prevedeni oblik programa se razlikuju za svaki ispit. Pokretanje *DSP Composer-a* se vrši iz komandne linije. Poziva se sa dodatnom opcijom *start/wait*. Opcija *start/wait* se koristi da bi se sačekao završetak rada programske podrške. U slučaju da se ne koristi, sledeći ispitni korak bi bio izvršen, što bi moglo dovesti do nekonzistentnosti ispita.

3.4.2. Druga faza - učitavanje programa

Druga faza predstavlja učitavanje prevedenog oblika programa na ciljanu platformu. Učitavanje se vrši upotrebom uređaja *CS485XXConsole* [5]. Pozivom komandne datoteke *load.bat* vrši se inicijalizacija, dovođenje u početno stanje i učitavanje prevedenog oblika programa na ciljanu platformu.

3.4.3. Treća faza - reprodukcija i snimanje

Treća faza predstavlja reprodukciju i snimanje zvuka (Slika 7. *Reprodukcija i snimanje zvuka*).



Slika 7. Reprodukcijska i snimanje zvuka

Za reprodukciju i snimanje zvuka se upotrebljava BBT uređaj Asio [5]. Asio se koristi za kontrolisanje rada zvučne kartice EchoAudio [9]. Ova zvučna kartica je sa računarom povezana putem IEEE 1394 sprege [10].

Pre reprodukcije, na ulazni tok podataka se dodaje sinhronizaciona reč. Sinhronizaciona reč se podešava kao parametar primitive Sync Input.

Za vreme reprodukcije primitiva Sync Input pronalazi sinhronizacionu reč i signalizira primitivu Sync Output. Sync Output primitiva dodaje sinhronizacionu reč na izlazni tok i prosleđuje podatke. Sinhronizaciona reč Sync Output primitive se podešava pre učitavanja na ciljanu platformu.

3.4.4. Četvrta faza - sinhronizacija izlazne datoteke

Četvrta faza predstavlja sinhronizaciju izlazne datoteke. Sinhronizacija podrazumeva pronalaženje sinhronizacione reči i izdvajanje korisnih podataka. Sinhronizaciona reč je definisana kao parametar BBT uređaja SyncAlign [5], koji se koristi za sinhronizaciju izlazne datoteke. Kada se pronade sinhronizaciona reč, podaci koji se nalaze posle sinhronizacione reči prebacuju se u drugu datoteku.

3.4.5. Peta faza - pretvaranje datoteke

Peta faza predstavlja pretvaranje datoteke WAVE formata u datoteku PCM formata. Za pretvaranje datoteke koristi se alat wav2pcm.exe. Datoteka PCM formata se poredi sa referentnom datotekom u sledećoj fazi.

3.4.6. Šesta faza - poređenje rezultata

Šesta faza predstavlja poređenje izlazne datoteke sa referentnom datotekom. Poređenje se vrši upotrebom BBT uređaja AudioBitExactComp. Ovaj uređaj vrši poređenje dve datoteke. U slučaju da datoteke nisu identične, informacije o razlici se beleže u datoteci compare.log.

4. REZULTATI ISPITIVANJA

Ispitno okruženje obuhvatilo je 202 primitive prilagodljivog PPM nivoa obrade.

Sledeća tabela (Tabela 3. Broj ispita po grupama) predstavlja broj ispita po grupama:

Tabela 3. Broj ispita po grupama

Grupa ispita	Broj ispita
do 2 kanala	159
2 do 4 kanala	48
4 do 6 kanala	27
6 do 8 kanala	27

Tabela (Tabela 4. Ispiti u ispitnom okruženju) predstavlja brojčani i procentualni odnos ispita koji su uspešno završeni i ispita koji nisu uspešno završeni, kao i ukupan broj ispita.

Tabela 4. Ispiti u ispitnom okruženju

Ispiti	Ukupno	Ispit je prošao	Ispit nije prošao
Broj	262	159	103
Procenat	100.00%	60.68%	39.32%

Razlozi zbog kojih ispiti nisu prošli su sledeći:

- nekonzistentan izlaz
- greška pri prevodenju projekta

Ispiti koji iz gore navedenih razloga nisu prošli ispitivanje uzimaju se u dalje razmatranje.

5. ZAKLJUČAK

Regresivnim ispitivanjem primitiva prilagodljivog PPM nivoa obrade je postignuto otkrivanje već postojećih grešaka.

Rezultati regresivnog ispitivanja primitiva su detaljno analizirani. Ispiti koji nisu prošli ispitivanje (prijavljeni kao neuspešni) mogu se dalje analizirati u cilju ispravljanja greške.

Realizovano ispitno okruženje je fleksibilno u pogledu dodavanja novih ispita. Dovoljno je napraviti novi DSP Composer projekat koji sadrži primitivu koja se ispituje i sačuvati ga. Ostale aktivnosti su automatizovane.

Realizovano regresivno ispitivanje može se koristiti prilikom razvoja u cilju ranog otkrivanja grešaka. Ovo okruženje se takođe može koristiti prilikom provere kvaliteta realizovanih primitiva.

6. LITERATURA

- [1] Hiraral Agrawal, "Incremental Regression Testing", IEEE Conference on Software Maintenance (ICSM), Montreal, 1993
- [2] "Razvoj softvera za upravljanje test slučajevima", diplomski rad, Marko Skočić, prof.dr Igor Tartalja, Elektrotehnički fakultet Beograd, Beograd, 2007
- [3] Bret Pettichord, "Lessons learned in software testing", New York, 2002
- [4] DSP Composer Manual - Cirrus Logic, 2007
- [5] BB Testing - RT-SP, 2007
- [6] I²S Bus Specification - Philips, 1996
- [7] WAVE - PCM format, Stanford university, 2003
- [8] Coyote Assembly Guide - Cirrus Logic, 2009
- [9] AudioFire Owner's Manual - Echo Digital Audio Corporation, 2009
- [10] "IEEE Standard for a High-Performance Serial Bus". IEEE Std. 1394-2008. 2008-10-21. ISBN 978-0-7381-5771-9.

Kratka biografija:



Ivan Stojanović rođen je u Kragujevcu 1985. god. Apsolvent je na Fakultetu tehničkih nauka, odsek Računarstvo i automatika, katedra za računarsku tehniku i računarske komunikacije.



Nenad Četić rođen je u Novom Sadu 1981. god. Diplomirao je na Fakultetu tehničkih nauka 2006. god. Od 2007. godine radi kao asistent za užu naučnu oblast na katedri za računarsku tehniku i računarske komunikacije Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu.



Jelena Kovačević diplomirala je na Fakultetu tehničkih nauka 1997. god, gde je i magistrirala 2003. god. Od 2003. godine radi kao asistent za užu naučnu oblast na katedri za računarsku tehniku i računarske komunikacije Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu.

PROJEKAT FUNDIRANJA STAMBENOG OBJEKTA NA DETELINARI U NOVOM SADU

THE PROJECT OF FOUNDATION OF THE MULTI STOREY BUILDING ON DETELINARA IN NOVI SAD

Filip Burbah, Fakultet Tehničkih nauka, Novi Sad

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – Prvi deo rada prezentuje rezultate geomehaničkih ispitivanja tla za potrebe fundiranja stambenog objekta u Novom Sadu. Na osnovu geomehaničkih ispitivanja izvršen je proračun statičkih uticaja u temeljnoj ploči primenom programskih paketa TOWER 5.5 i SAP2000 ver.12. U drugom delu rada obrađeni su rezultati uticaja u temeljnoj ploči za različite module elastičnosti tla.

Abstract -The first part of this study presents the results of geomechanic researches of the soil for the needs of multi-storey building in Novi Sad. The calculation of static influences is performed in slab foundation based on parameters of soil using programs TOWER 5.5 and SAP2000 ver.12. In the second part, the results of static influences in the foundation were analysed for different modulus of elasticity of soil.

Cljučne reči: Fundiranje, stambeni objekat, temeljna ploča, "SAP", "TOWER", deformacijske karakteristike tla.

1. UVOD

Stambeni objekat spratnosti P+4+T nalazi se u Novom Sadu na uglu ulica H.Ruvimove i V.Maslaša. Zgrada je koncipirana i projektovana kao armirano-betonska prostorna skeletna konstrukcija, pravilnog oblika sa spoljnim merama 19,50x15,00m.

Rad sadrži :

- geotehnička istraživanja tla na predmetnoj lokaciji za potrebe određivanja sastava, karakteristika tla i definisanje uslova fundiranja.
- proračun statičkih uticaja u elementima konstrukcije i njihovo dimenzionisanje
- analiza uticaja u temeljnoj ploči

2. GEOMEHANIČKA ISPITIVANJA TLA

Izvršena su geomehnička terenska i laboratorijska ispitivanja, na uglu ulica Hadži Ruvimove i Veselina Maslaša u Novom Sadu, na osnovu kojih je urađen Geomehnički elaborat.

U ovom elaboratu dati su:

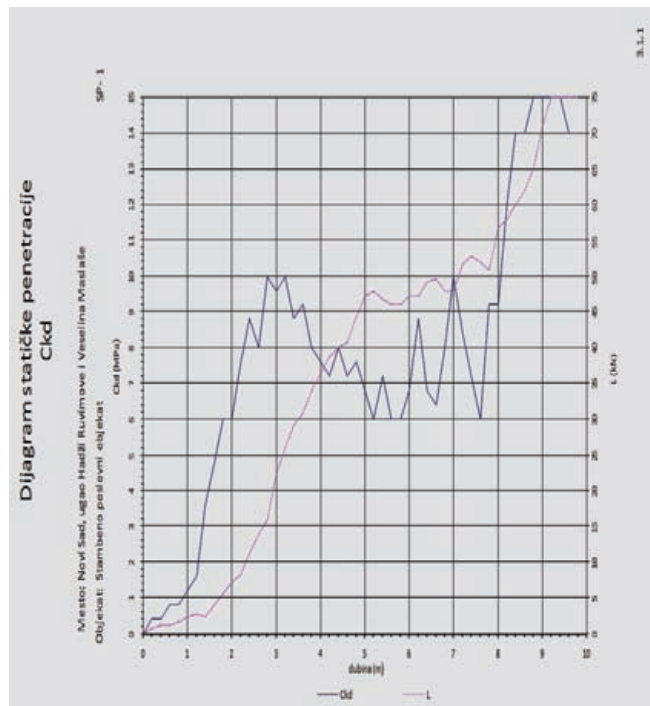
rezultati terenskih istražnih radova dobijenih istražnim bušenjem i opitima statičke penetracije (slika 1.),

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je dr Mitar Đogo, vanr. prof.

- rezultati laboratorijskih ispitivanja i analiza neporemećenih i poremećenih uzoraka tla,
- proračun graničnog i dozvoljenog opterećenja temeljnog tla i
- proračun sleganja.

Na osnovu izvršenih geomehničkih ispitivanja dati su opšti uslovi za gradnju i projektovanje objekta.



Slika 1. Dijagram statičke penetracije

Cilj terenskih istražnih radova jeste da se utvrdi litološka građa terena (slojevitost i sastav tla), uzimanje poremećenih i neporemećenih uzoraka tla za laboratorijska ispitivanja, određivanje nivoa podzemne vode i ugrađivanje pjezometra. Terenski istražni radovi sastojali su se od jedne istražne bušotine dubine 10.00 m, inženjerskogeološkog kartiranja, uzimanja poremećenih i neporemećenih uzoraka tla, utvrđivanje nivoa podzemnih voda i dva opita statičke penetracije.

Nakon makroskopske identifikacije uzoraka tla uzetih tokom istražnog bušenja i laboratorijskih opita identifikacije i klasifikacije, utvrđeno je da je tlo na ispitivanoj lokaciji izgrađeno od sledećih litoloških članova:

- HUMUS - prašinasto glinovit materijal, tamno braon boje debljine je 0.30 m i nije detaljnije izučavan jer se mora ukloniti.
- PRAŠINA - peskovita žute boje. Prostire se horizontalno na dubini od 0.30 - 1.10 m. Sloj je loših

geomehaničkih karakteristika i ne može poslužiti kao temeljno tlo.

PESAK prašinast, žute boje. Leži na dubini od 1.10 - 1.70 m. Vrednosti C_{kd} -a kreću se oko 4.00 MPa. Sloj je dobrih mehaničkih karakteristika i može poslužiti kao temeljno tlo uz manje mere sanacije

PRAŠINA glinovito peskovita sive boje. Prostire se na dubini od 1.70 - 2.00 m. U okviru ovog sloja registrovan je nivo podzemne vode na dubini od 1.75 m.

PESAK žute boje, prostire se od 2.00-6.50 m, a u njegovoj podini nalazi se čist jednoličan pesak sive boje do dubine od 10 m. Ovaj paket peskova je dobrih geomehaničkih karakteristika.

Dubina fundiranja je $D_f=1.20$ m. Dozvoljeno opterećenje tla računato je za dubinu fundiranja, oblik i dimenzije temeljne ploče [3]. Sleganje tla ispod temeljne ploče biće ravnomerno i u granici dozvoljenih. Zaključak je da postoje povoljni geomehanički uslovi za izgradnju stambenog objekta na uglu ulica Hađi Ruvimove i Veselina Maslaša u Novom Sadu.

3. ANALIZA OPTEREĆENJA I STATIČKI UTICAJI

Statički proračun izvršen je pomoću programskog paketa Tower 5.5 [6], prema podacima o tlu preuzetih iz geotehničkog elaborata, a u skladu sa postojećim važećim propisima i pravilnicima za projektovanje objekata. Analizirana su sledeća opterećenja:

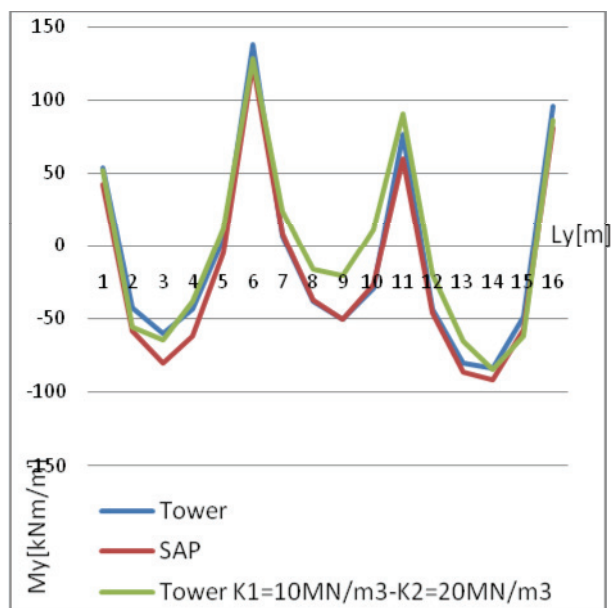
- Stalno opterećenje
- Povremeno opterećenje
- Opterećenje od vetra
- Seizmičko dejstvo

Opterećenje snegom je usvojeno $0,75 \text{ kN/m}^2$ osnove krova. Opterećenje vetrom je računato prema važećim standardima, a osnovna brzina vetra za područje Novog Sada je 35 m/s. Seizmičko opterećenje je računato prema važećim standardima. Dimenzionisanje svih elemenata i objekta u celini je takođe izvršeno u skladu sa postojećim važećim propisima PBAB 87 [4, 5].

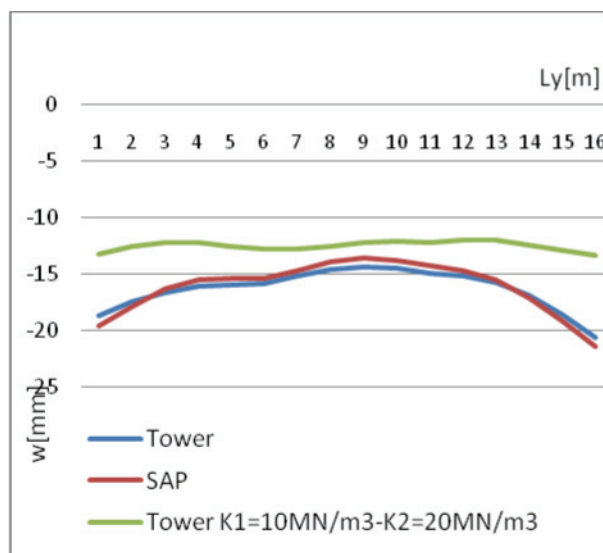
4. PRORAČUN STATIČKIH UTICAJA U KONSTRUKCIJI NA OSNOVU PARAMETARA TLA

Proračun statičkih uticaja u temeljnoj ploči izvršeni su primenom programa TOWER 5.5 i SAP2000 ver.12 [7], idealizujući tlo prema pretpostavkama Vinklerovog modela tla [1, 2]. Tlo je tretirano kao elastična podloga sa koeficijentom posteljice tla 10 MN/m^3 . Na slici 2. prikazani su momenti savijanja karakterističnog preseka ispod rama. Razlike u sleganjima konstrukcije prikazane su na slici 3.

U drugom delu sprovedena je analiza statičkih uticaja na temeljnu ploču oslonjenu na sloj ograničene debljine sa karakteristikama tla-solid element (slika 4.). Solid elementu varirane su vrednosti modula elastičnosti 25 MPa, 30 MPa, 35 MPa i 40 MPa. U temeljnoj ploči dolazi do preraspodele uticaja. Sa povećanjem modula elastičnosti, momenti savijanja se smanjuju u zonama između stubova, a ispod stubova se povećavaju. Na slici 5. prikazani su momenati savijanja poprečnog preseka.



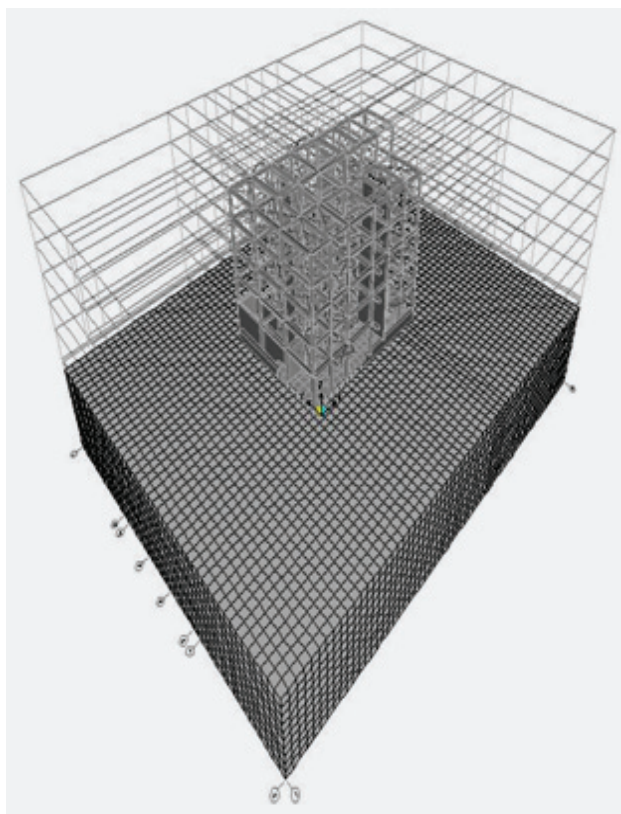
Slika 2. Momenti savijanja M_y poprečnog preseka



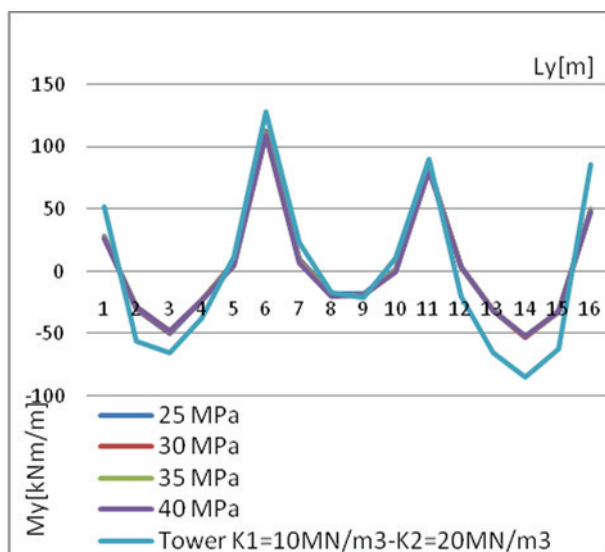
Slika 3. Sleganje poprečnog preseka

Za dobijanje realnijeg rešenja korišćen je model u Tower-u sa promenljivim koeficijentom posteljice tla (slika 6.). Po obimu u širini od 2m koef. posteljice tla povećava se na 20000 kN/m^3 , a njegova vrednost u središnjoj zoni je 10000 kN/m^3 .

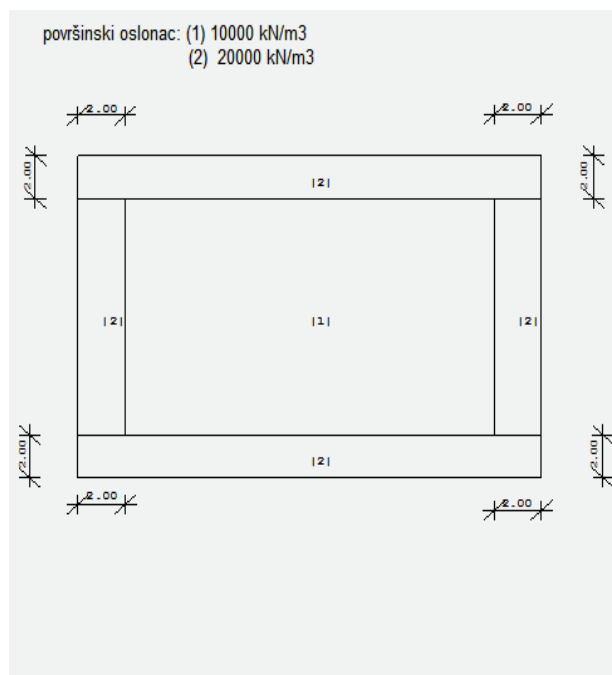
Na grafiku 7. prikazan je odnos Tower modela sa promenljivim koeficijentom posteljice tla sa SAP-Tower modelom (temeljna ploča oslonjena celom površinom na 10 MN/m^3) i SAP-Solid element sa variranim modulom elastičnosti.



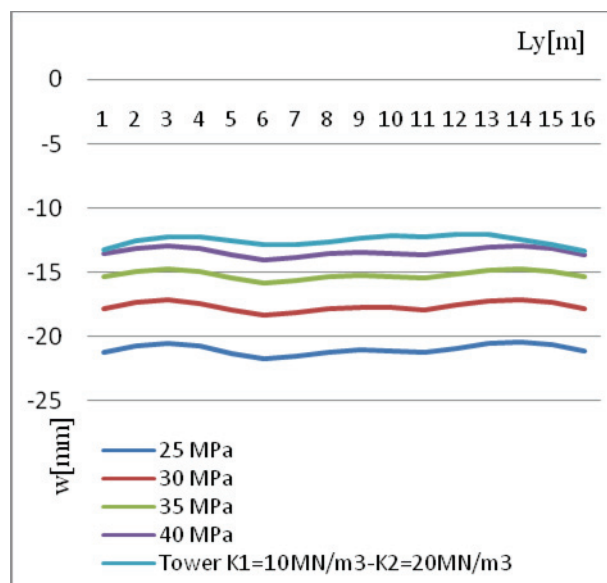
Slika 4. Solid element



Slika 5. Momenti savijanja M_y poprečnog preseka



Slika 6. Tower model sa promenljivim koeficijentom posteljice tla



Slika 7. Sleganje poprečnog preseka

5. ZAKLJUČAK

Objekat na uglu ulica Hadži Ruvimove i Veselina Masleše fundiran je na armirano-betonskoj temeljnoj ploči debljine 40cm ukrućenoj gredama visine 110cm. Dubina fundiranja iznosi 1.2m. U radu je izvršena detaljna analiza statičkih uticaja u konstrukciji kao i u temeljnoj ploči.

Analiza je sprovedena pomoću programskog paketa Tower 5.4. i Sap2000 v12 tako što je temeljna ploča tretirana kao nosač na Vinklerovoj podlozi, prema kojoj elastičnu podlogu čine sistem posebnih međusobno nezavisnih elastičnih opruga. Krutost posteljice od 10 000

kN/m³ korišćena je za detaljnu analizu uticaja u konstrukciji i temeljnoj ploči kao i za dimenzionisanje.

Razlike u sleganjima konstrukcije dobijene ovim aplikacijama su zanemarljivo male u odnosu na očekivana sleganja objekta.

U drugom delu sprovedena je analiza statičkih uticaja na temeljnu ploču oslonjenu na sloj ograničene debljine sa stvarnim karakteristikama tla. Solid elementima varirane su vrednosti modula elastičnosti 25 MPa, 30 MPa, 35 MPa i 40 MPa. Analiza rezultata ukazuje da povećanjem modula elastičnosti dolazi do smanjenja sleganja objekta, dok se momenti savijanja smanjuju u zonama između stubova, a ispod stubova povećavaju. Njihova razlika u uticajima na potrebnu armaturu u objektu gotovo je zanemarljiva.

Analize u ovom radu ukazuju na nedostatke Vinklerove hipoteze i da modeliranje konstrukcije na ovaj način nije najrealnije. Rezultati proračuna sa solid elementima bliži su stvarnosti. Za dobijanje tačnijeg rešenja, pri korišćenju Vinklerovog modela tla, predloženo je povećanje koeficijenta posteljice tla po obodu temeljne ploče.

6. LITERATURA

1. Stevan Stevanović, Fundiranje 1, Naučna knjiga, Beograd, 1982.
2. Johan Sklena, Rešeni zadaci iz fundiranja, Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu. OOUR Naučno-obrazovni institut za industrijsku gradnju, Novi Sad, 1987

3. Dušan Milović, Mitar Đogo, Greške u fundiranju, monografija, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad 2005.

4. Beton i armirani beton prema BAB87 – Osnove proračuna i konstruisanja, Univerzitetska štampa, Beograd, 2000.

5. Beton i armirani beton prema BAB87 – Primeri i prilozi, Univerzitetska štampa, Beograd, 2000.

6. "TOWER-3D MODEL BUILDER 5.5"

website:<http://www.radimpex.co.yu>;

e-mail: info@radimpex.co.yu

7. "SAP2000 V12"

website:<http://www.csiberkeley.com>

Kratka biografija



Filip Burbah rođen je u Vrbasu 1983.god. Diplomski – Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti građevinarstva – Fundiranje objekta odbranio je 2009.god.

UPOTREBA PRETHODNOG NAPREZANJA PRI PROJEKTOVANJU NOSAČA KRANSKE STAZE

USE OF PRESTRESSING IN THE DESIGN OF THE BRIDGE CRANE GIRDER

Siniša Mršić, Đorđe Lađinović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – U radu je prikazan način na koji mostna dizalica opterećuje nosače kranske staze. Takođe su obrađeni gubici sile prednaprežanja, kao i uvođenje sile prednaprežanja u nosač, odnosno obezbeđenje pojave horizontalnih prslina. Proračun je urađen u programu Tower6®.

Abstract –Way in which the bridge crane loads the bridge crane girders is interpreted and presented in this work, as well as losses of prestressed force and introduction of pr-stressed force in the girder or ensure the appearance of horizontal cracks. The calculation is done in the Tower6 program.

Ključne reči: NKS, prethodno naprežanje, Tower®

1. UVOD

Kao nezaobilazan elemenat industrijskih hala danas se pojavljuje mostna dizalica. Način na koji se obavlja proračun opterećenja objekta od mostne dizalice razlikuje se od standarda do standarda. Nosači kranske staze izvođa se uglavnom sistema proste grede, ređe kao kontinualni nosači. Mogu biti od čelika, armiranog betona ili prethodno napregnutog betona.

Za predhodno napregnute nosače je karakteristično da osim spoljašnjeg opterećenja na njih deluje i unutrašnje opterećenje uneto u nosače zatezanjem kablova za prednaprežanje.

To unutrašnje opterećenje je promenljivo u toku eksploatacije, jer se javljaju razni gubici sile prethodnog naprežanja. Najveći naponi u prethodno napregnutim elementima javljaju se na mestu uvođenja sile, tako da je te delove potrebno dodatno obezbediti uzengijama, da bi se sprečila pojava prslina.

2. OPTEREĆENJE OD MOSTNE DIZALICE

Dejstva od kranova se klasifikuju kao promenljiva, a mogu izazvati i incidentna opterećenja. Dinamički karakter opterećenja se obuhvata dinamičkim faktorima kojima se uvećavaju statička dejstva:

$$F_k = \phi F,$$

gde je

F – statička komponenta dejstva,

ϕ – dinamički koeficijent.

Saglasno domaćim standardima, dinamički koeficijent je zavisao od vrste kрана i režima rada, te od vrste konstruktivnog elementa.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio prof. dr Đorđe Lađinović.

Vrednosti dinamičkog koeficijenta za NKS kreću se od 1,2 do 1,6, a za konstruktivne elemente koji nose NKS od 1,1 do 1,4, odnosno od 1,0 do 1,3 ukoliko se u pogonu nalazi više kранаova.

Po EuroCodu postoji više dinamičkih koeficijenata.

Dinamički faktori	Razmatrani uticaji	Veličina koja se množi
v_1	-Pobuđivanje konstrukcije dizalice usled podizanja tereta sa zemlje	Težina tereta
v_2 or v_3	-Dinamički efekat usled prenosa tereta sa zemlje na dizalicu -Dinamički efekat iznenadnog oslobađanja korisne nosivosti ukoliko se, na primer koriste hvataljke ili magnet	Sopstvena težina kрана i tereta
v_4	-Dinamički efekti izazvani kretanjem dizalice po stazama ili sinama	Pokretne sile
v_5	-Dinamički efekat prouzrokovan pokretnim silama	Probno opterećenje
v_6	-Kada se test opterećenje pomera silama na način koji se koristi kod kранаa	Opterećenje amortizera
v_7	- Razmatra dinamičke elastične efekte uticaja na amortizere	

Tabela1.Dinamički koeficijenti po Eurocode

2.1. Vertikalno opterećenje mostnim kranom

Maksimalno opterećenje jedne strane: čekrk o kojem je obešen maksimalni teret je u krajnjem položaju bližem posmatranoj strani.

2.2. Horizontalno opterećenje mostnim kranom

Domaćim standardom se predviđa mogućnost delovanja dve vrste horizontalnog opterećenja:

- bočni udar
- sile kočenja

Horizontalna sila kočenja kранаa iznosi 1/7 pritiska kranskih točkova I deluje u visini gornje ivice kranske šine u pravcu vožnje. Horizontalna sila bočnog udara deluje takođe na istoj visini, ali upravno na pravac vožnje, a veličine je 1/10 pritiska kranskih točkova.

Saglasno EuroCode normama (EN 1991-3) horizontalna dejstva od mosnih kранаova su klasifikovana na sledeći način:

- sile izazvane ubrzanjem ili usporenjem mosnog kранаa
- sile izazvane ubrzanjem ili usporenjem čekrka
- sile izazvane bočnim pomeranjem i rotiranjem kранаa (normalno na pravac kretanja)
- sile na graničnicima odgovarajuće podužnom kretanju kранаa
- sile na graničnicima odgovarajuće kretanju čekrka

Ukoliko nisu definisani drugačiji uslovi, ova dejstva su međusobno isključiva – smatra se da dva ili više njih ne deluje istovremeno.

- sile izazvane ubrzanjem ili usporenjem kрана

3. PRETHODNO NAPREZANJE

Prethodno napregnuti beton ili bolje rečeno prethodno napregnuti betonski, odnosno armirano-betonski elementi i konstrukcije su elementi i konstrukcije, koje su tako spregnute sa prethodno zategnutim čelikom visokih mehaničkih karakteristika da su u njima izazvani prethodni naponi pritiska potrebni da potpuno eliminišu ili da na propisanu ili unapred utvrđenu meru smanje napone zatezanja ili širinu eventualnih prslina pri najnepovoljnijim kombinacijama opterećenja u toku eksploatacije.

Prethodno naprezanje izvodi se na jedan od dva sledeća načina: takozvanim prethodnim zatezanjem (zatezanjem čelika za prethodno naprezanje pre ugrađivanja betona) ili naknadnim zatezanjem (zatezanjem kablova za prethodno naprezanje posle ugrađivanja i očvršćavanja betona).

Prethodno zatezanje sastoji se u zatezanu pojedinačnih ili snopova glatkih, paralelnih ili upredenih žica, šipki ili specijalnih užadi koji se nazivaju zajedničkim imenom kablovi, i njihovom ukotvljenju, u tako zategnutom stanju, u posebne oporce na krajevima takozvane staze za prethodno naprezanje.

Prethodno naprezanje naknadnim zatezanjem kablova zahteva da se u betonskom elementu ostave otvori potrebnog poprečnog preseka, tačno duž projektovane trase kablova. Najčešće se takvi otvori obezbeđuju postavljanjem u oplatu, pre betoniranja, specijalnih rebrastih metalnih cevi od tankog lima i njihovim utvrđivanjem kako u toku betoniranja ne bi došlo do pomeranja i odstupanja od projektovanog položaja.

4. GUBICI SILE PRETHODNOG NAPREZANJA

U stvarnosti je nemoguće ostvariti toku vremena nepromenljivu silu prethodnog naprezanja N_k duž kabla. S jedne strane razlog tome su tehnološka ograničenja samog postupka utezanja kablova - pojavljuju se „gubici sile u toku prethodnog naprezanja”, a sa druge strane zbog specifične reakcije betonskih konstrukcija na deformacije izazvane prethodnim naprežanjem - pojavljuju se „promene sile usled vremenskih deformacija betona.” Rezultat je promenljiva sila prethodnog naprezanja duž trase kabla, manja od sile utezanja na presi. Gubici se tako mogu podeliti na:

4.1. **trenutne gubitke** (nastaju trenutno ili u kratkom vremenskom intervalu; izaziva ih trenje pri zatezanju kablova, delimično uvlačenje kabla usled popuštanja zahvata u trenutku prenošenja sile zatezanja sa prese na anker, elastične deformacije AB elementa u trenutku unošenja sile prethodnog naprezanja).

4.2. **gubitke zavisne od vremena** (tečenje betona pri dejstvu prethodnog naprezanja i opterećenja dugotrajnog karaktera, skupljanje betona i relaksacija čelika za prethodno naprezanje).

Za proračun prethodnog naprezanja elemenata u posmatranom preseku značajne su dve karakteristične vrednosti:

- početna sila prethodnog naprezanja N_{k0} (deluje neposredno posle završetka prethodnog naprezanja)

- krajnja sila prethodnog naprezanja $N_{k\infty}$ (sila koja u preseku preostaje posle dovoljno dugo vremena)

Odnos ove dve sile je koeficijent efikasnosti prethodnog naprezanja ω :

$$N_{k\infty} / N_{k0} = \omega$$

Gubici početne sile prethodnog naprezanja ΔN_{k0} predstavljaju razliku početne i krajnje sile prethodnog naprezanja:

$$\Delta N_{k0} = N_{k0} - N_{k\infty} = (1 - \omega) N_{k0}$$

Pri analizi ukupnih gubitaka početne sile zatezanja kabla odnosno sile na presi, prvo se sračunavaju gubici koji nastaju pre i u toku samog postupka unošenja sile prethodnog naprezanja u armiranobetonski element,

$$\Delta N_p = N_p - N_{k0}$$

i određuje se uneta početna sila prethodnog naprezanja N_{k0} . Posle toga računaju se gubici. Gubici sile prethodnog naprezanja zavise i od postupka prethodnog naprezanja.

U slučaju prethodnog naprezanja na stazi (zatezanje kablova pre očvršćavanja betona, prethodno zatezanje), gubitke početne sile zatezanja pre i u toku unošenja sile prethodnog naprezanja u element, ΔN_p zavise od:

1. **Trenja pri zatezanju žica** (samo u slučaju da se žice zatežu na unapred fiksiranoj poligonalnoj trasi)

2. **Eventualnog uvlačenja (klizanja) žica** u trenutku ukotvljavanja u ankerne uređaje na stazi

3. **Dela ukupne relaksacije čelika** od trenutka zatezanja do trenutka otpuštanja žica, odnosno unošenja sile u element

4. **Elastične deformacije AB elementa** u toku prihvatanja sile prethodnog naprezanja

Pri prethodnom naprežanju zatezanjem kablova nakon očvršćavanja betona gubitke izazivaju:

1. **Trenje pri zatezanju kablova**

2. **Uvlačenje kabla pri ankerovanju**

3. **Elastične deformacije AB elementa** u toku zatezanja kablova (samo u slučaju većeg broja kablova koji se sukcesivno zatežu - pri zatezanju samo jednog kabla istovremena elastična deformacija se kompenzuje odgovarajućim povećanjem hoda prese).

Pri određivanju gubitaka unete početne sile prethodnog naprezanja usled relaksacije čelika, mora se voditi računa da je u slučaju prethodnog zatezanja već došlo do delimične relaksacije dok se pri naknadnom zatezanju ukupni proces relaksacije kablovskog čelika odigrava posle unošenja sile prethodnog naprezanja u armiranobetonski element.

Pri proračunu veličine pojedinih gubitaka se mora voditi računa o međusobnoj zavisnosti pojedinačnih uzroka pada sile prethodnog naprezanja. To se posebno odnosi na tečenje betona i na relaksaciju kablovskog čelika koji se odigravaju u uslovima stalno promenljive sile prethodnog naprezanja odnosno stvarne deformacije kablova.

Na grafikonima su prikazani gubici sile prethodnog naprezanja u zavisnosti od vremena, u slučaju prethodnog zatezanja i u slučaju naknadnog zatezanja.

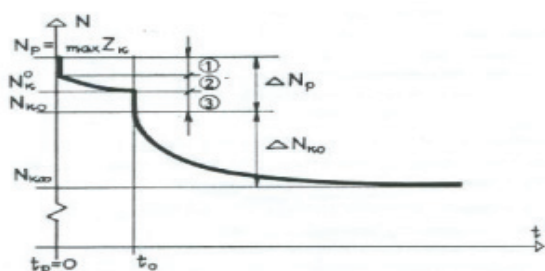
t_p - trenutak zatezanja kabla

t_0 - trenutak unošenja sile prethodnog naprezanja u ab element

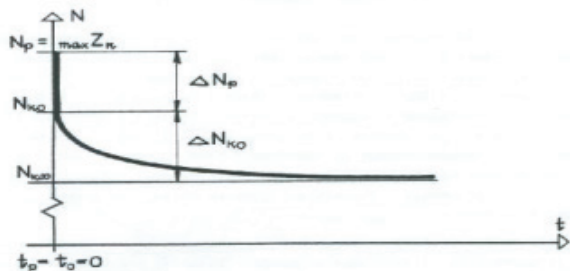
N_k^0 - sila u trenutku neposredno pred otpuštanje žica

Sa silom N_k^0 sračunavaju se elastične deformacije i odgovarajući gubici pri unošenju sile prethodnog

napreznja u armiranobetonski element postupkom prethodnog zatezanja.



Sl.1. Gubici sile u slučaju prethodnog napreznja na stazi



Sl.2. Gubici sile prethodnog napreznja u slučaju naknadnog zatezanja

Oblasti na grafikonima označavaju:

1. eventualno trenje pri zatezanju i popuštanje pri ankerovanju
2. deo relaksacije na stazi
3. elastična deformacija armiranobetonskog

Red veličine gubitaka početne sile prethodnog napreznja obično nije veći od 15 do 20 % N_{k0} . Ukupni trenutni i vremenski gubici na presi mogu postići i 25 do 30 % sile na presi.

5. ZONE UVOĐENJA SILE PRETHODNOG NAPREZNJA

U delovima nosača gde se vrši uvođenje sile prethodnog napreznja u konstrukciju, javljaju se specifični naponski uslovi o kojima se mora posebno voditi računa.

5.1. Prethodno napreznje na stazi

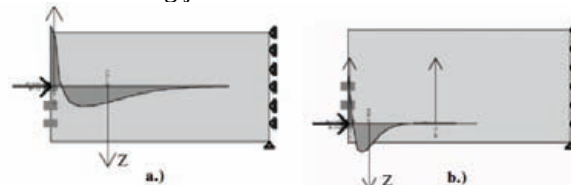
U slučaju prethodnog napreznja na stazi (adhezionog prednapreznja) nakon presecanja užadi sila se iz užeta prenosi na beton jedino preko adhezije između betona i čelika. Da bi se sila uvela u beton, potrebna je izvesna dužina, dužina prenošenja l_{t0} . Ova vrednost je obično definisana propisima. Prema EuroCode, dužina uvođenja zavisi od kvaliteta betona, i iznosi (30-50) prečnika užeta, za čvrstoće betonskog cilindra 50-30 MPa. Na ovoj dužini napon u užetu raste od nule na kraju užeta, do računskog napona σ_{k0} .

5.2. Naknadno prethodno napreznje

Na mestu uvođenja sile prethodnog napreznja pomoću kotvi, dozvoljavaju se vrlo veliki naponi pritiska na beton ispod samih podložnih ploča kotve. Da bi se ova zona betona obezbedila i sprečilo lokalno bočno cepanje betona, odmah uz podložnu ploču stavlja se spiralna armatura, koja je obavezni deo kotve.

Iza kotve, trajektorije napona pritiska se polako šire i 'ulivaju' u presek elementa, što za posledicu ima pojavu bočnih napona zatezanja u betonu, na dužini nosača

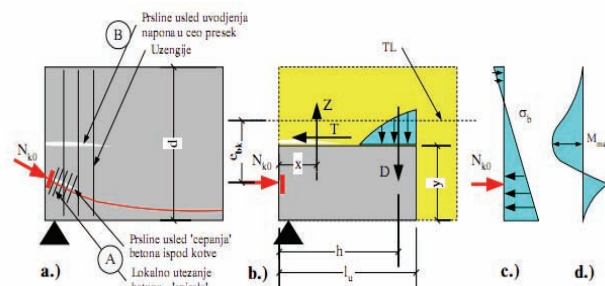
približno jednakoj visini elementa. Ove sile zatezanja mogu da izazovu pojavu horizontalnih prslina, zbog čega je potrebno izvršiti kontrolu i armirati zonu uvođenja vertikalnim uzengijama.



Sl.3. Sile cepanja betona u zoni uvođenja sile prethodnog napreznja

Na slici 3. su dijagrami poprečnih napona i rezultujuća sila zatezanja Z u horizontalnom preseku nosača kroz osu kotve, za dva položaja kotvi

U američkoj literaturi dosta je zastupljen modela analize uvođenja prikazan na sl.4. Model se bazira na elastičnom rešenju i metodologiji dopuštenih napona. Spiralna armatura kojom se obezbeđuju lokalni naponi ispod kotve (A), kao i vertikalne uzengije za prihvatanje sile zatezanja zbog uvođenja trajektorija u ceo presek (B), prikazani su na sl.4.a.



Sl.4. Model proračuna uzengija za osiguranje horizontalnih prslina u zoni uvođenja

Jedina opterećenja dela nosača na dužini uvođenja l_u su sila na kotvi N_{k0} sa leve strane, odnosno formirano stanje napona σ_b usled dejstva samo prethodnog napreznja sa desne strane, sl.4.c. Pretpostavka modela je da će se horizontalna prslina pojaviti na rastojanju y od donje ivice preseka, u horizontalnom preseku u kome se javlja najveća sila zatezanja Z poprečno na osu nosača, sl.4.b. Sila Z je posledica momenata savijanja horizontalnih preseka, sa maksimalnom vrednošću M_{max} , koja će i izazvati prslinu, sl.4.d. Momenti savijanja po visini preseka posledica su skretanja trajektorija pritisaka, čija je rezultanta sa leve strane na mestu kotve, dok na desnoj strani rezultanta prolazi kroz težište preseska T_L . Maksimalni moment savijanja uravnotežen je spregom unutrašnjih sila Z i D , na kraku sile $(h-x)$, a sila smicanja T obezbeđuje ravnotežu horizontalnih sila u preseku sa prslinom. Potrebna vertikalna armatura F_{au} za prihvatanje sile Z sračunava se sa nižim dopuštenim vrednostima napona u čeliku uzengija zbog kontrole širine prslina (ne više od 140 MPa) i raspoređuje se na dužini od oko $h/2$ od čela nosača. Algoritam proračuna je sledeći:

- sračunava se stanje normalnih napona σ_b preseka visine d usled dejstva samo sile prednapreznja N_{k0} . Za vrednost sile N_{k0} poželjno je uzeti maksimalnu vrednost sile na presi, sa eventualnim prekoračenjem zbog kompenzacije gubitaka usled klizanja klina;

- ПРЕХОДНО НАПРЕРЪНТИ НК**
- V=3,80m3
G=9,50t
-
- The drawing illustrates a transition reinforcement cage for a concrete slab. It consists of three main views:
- Top View:** A rectangular cage with overall dimensions of 745mm by 1200mm. The cage is composed of longitudinal bars (labeled ①-3B10/10) and transverse bars (labeled ②-3B10/10). The distance between the longitudinal bars is 120mm.
 - Side Elevation:** Shows the profile of the cage with a total height of 60mm. The cage is shown as a series of connected segments.
 - Cross Section:** Shows the internal structure of the cage with dimensions of 20mm, 40mm, and 20mm. The cage is shown as a series of connected segments.
- АРМИРАНО-БЕТОНСКИ НК**
- V=3,80m3
G=9,50t
-
- The drawing illustrates a reinforced concrete transition cage for a concrete slab. It consists of three main views:
- Top View:** A rectangular cage with overall dimensions of 745mm by 1200mm. The cage is composed of longitudinal bars (labeled ①-3B10/10) and transverse bars (labeled ②-3B10/10). The distance between the longitudinal bars is 120mm.
 - Side Elevation:** Shows the profile of the cage with a total height of 60mm. The cage is shown as a series of connected segments.
 - Cross Section:** Shows the internal structure of the cage with dimensions of 20mm, 40mm, and 20mm. The cage is shown as a series of connected segments.

7. ZAKLJUČAK

Kao i u slučaju opterećenja kranskih staza, tako se i za naše propise koji se odnose na prethodno naprezanje može reći da su „zaostali“. Kod nas su trenutno važeći propisi iz 1971. godine PNB71. Tako da je pri proračunu, neophodno koristiti podatke i preporuke, koje daju proizvođači kablova i opreme za prednaprezanje, kao i iskustva iz drugih standarda. Kao što se za proračun osiguranja zone uvođenja sile prethodnog naprezanja, primenjuje postupak koji je definisan američkim standardom.

8. LITERATURA

- ### Kratka biografija:



Siniša Mršić je rođen u Novom Sadu 1979. god. Diplomski master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstva – Konstrukcije u građevinarstvu odbranio je 2009.god.



Đorđe Ladinović rođen je 1956. god. u Šidu doktorsku disertaciju odbranio 2002. na Fakultetu tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu na kojem je od 2004. godine šef Katedre za materijale i konstrukcije Bavi se statičkom i dinamičkom analizom građevinskih konstrukcija.

KOMPARATIVNA ANALIZA RAZLIČITIH PRISTUPA MODELIRANJU GREDNIH ARMIRANOBETONSKIH I PRETHODNO NAPREGNUTIH MOSTOVA

VARIOUS APPROACHES TOWARD MODELING OF THE REINFORCED AND PRESTRESSED (PRESTRAINED) CONCRETE GIRDER BRIDGES

Tadija Kojić, Đorđe Lađinović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj - U radu su razmatrani ključni problemi odnosa greda (podvlaka) i kolovozne ploče koji su prisutni prilikom prostornog matematičkog modeliranja jedne mostovske, bilo armiranobetonske, bilo prethodno napregnute konstrukcije.

Abstract - In the following graduated thesis, the key problems related to the relation of girders and slabs, present during the process of the space mathematical modeling of reinforced and prestressed (prestrained) constructions, are to be surveyed and presented to the audience.

Ključne reči: Gredni mostovi, armirano betonski mostovi

1. UVOD

Prvobitna zamisao ovog rada bila je poprilično jednostavna - isprojektovati betonski most preko tri polja kojem će glavni nosači biti statičkog sistema kontinualnih greda i te rezultate uporediti sa postojećim projektom koji je podrazumevao niz prostih greda. Usled prirode analiziranih raspona (16,45+30,00+16,45m), kao i zbog kosine kolovozne ploče od 60°, rad je evoluirao u nešto sasvim drugo. Ovome je znatno doprinela i činjenica da jedan gredni most po pravilu podrazumeva betone različitih starosti i elemente koji u toku građenja prolaze kroz više statičkih sistema, pri tom i sami menjajući parametre svojih krutosti. Samim tim, modeli su morali podrazumevati fazni proračun konstrukcije i različite parametre elemenata u svakoj od faza.

Ovaj rad je pokušao, da rasvetli kroz prizmu poređenja, koji su mogući putevi modeliranja jednostavne mostovske konstrukcije; na šta treba obratiti pažnju; gde se i kada softveru može prepustiti da uradi uslovno rečeno sve umesto nas; gde tražiti njegove eventualne greške...

2. RAZLIČITI PRISTUPI PROBLEMU

2.1. Projekat

Projekat „Zavoda za puteve, mostove i saobraćaj Vojvodine” iz aprila meseca 2001, u ovom radu je i nazivan upravo tako - „Projekat”.

Radi se o drumskom mostu na putu M-24, deonice Padej-Sajan /km 60+730,00/ preko vodotoka Zlatica, koji pomenuta tri raspona savladava trima prostim gredama od kojih su krajnje armiranobetonske, a srednja prethodno napregnuta. Ovo rešenje može se posmatrati u odnosu na sva tri naredna.

NAPOMENA:

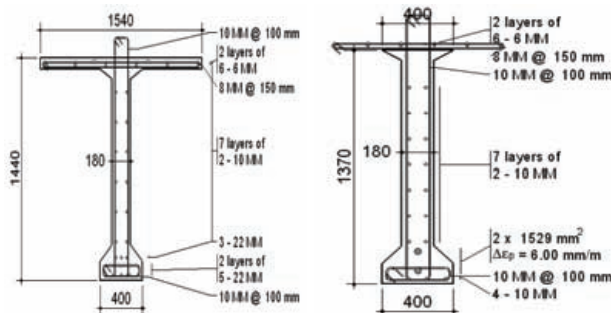
Ovaj rad je proistekao iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Đorđe Lađinović.

Proračun je rađen u programu STRESS bez obzira što su u to vreme uveliko bili u primeni softveri sa prilagođenim grafičkim interfejsom.

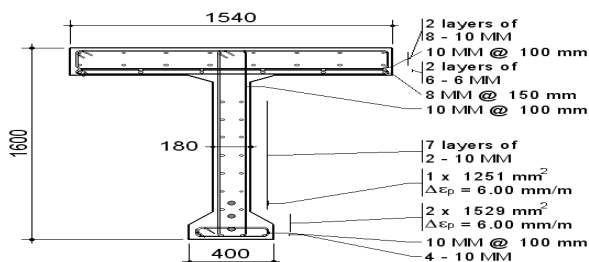
Za ovaj rad to je bilo čak mnogo zanimljivije. Radi se o čistom i jednostavnom pristupu - „šta se na šta oslanja”. Konstrukcija je proračunavana po sklopovima: tri segmenta kolovozne konstrukcije, krilni zidovi i prelazne ploče, njihove reakcije prenošene na dve grupe po dva istovetna poprečna rama sačinjena od po tri šipa dužine 25m i njihovih naglavica.

Poprečno posmatrano, sedam prostih greda čije se gornje flanše dodiruju obezbeđuju odsustvo potrebe za oplatom kolovozne ploče sa kojom sačinjavaju svaki od tri segmenta kolovozne konstrukcije.

Njihova silueta armiranobetonskih (krajnja polja) i prethodno napregnutih greda (središnje polje) izgleda kao na slikama 1 i 2, dok je monolitizovana forma prikazana na slici 3, respektivno.



Slika 1: Faza I - AB nosač Slika 2: Faza I - PN nosač



Slika 3: Faza II – monolitizovan PN nosač

Centralni deo problema modeliranja jedne ovakve konstrukcije bio je adekvatno kreiranje roštilja greda, sačinjenog od glavnih nosača u podužnom i zamenjujućih štapova, koji simuliraju rad same betonske ploče u poprečnom pravcu.

2.2. Model sa primenom fiktivne ekscentričnosti

Naziv ovog modela je posledica terminologije primenjene u programu Tower, beogradske firme Radimpex, u

kojem je većina ovog rada bila urađena. Radi se o jednom od tri različita pristupa modeliranja rešenja sa upotrebom kontinualnih grednih glavnih nosača koji je primenjen u ovom radu. Njihove razlike se ogledaju u različitom pristupu definisanja greda (podvlaka) u odnosu na ploču sa kojom su spregnute. Pomenuti program ovde razgraničava: odnos grede i ploče može se definisati na dva načina – primenom fiktivne ekscentričnosti i njenim odsustvom (postoji još par finesa, ali one za ovaj rad nisu toliko bitne). Ovaj model je, kao i preostala dva, tretiran primenom faznog građenja. U prvoj fazi nosači su imali statički sistem prostih greda marke MB30. Druga faza je podrazumevala njihovo kontinuiranje pri dostizanju pune čvrstoće od MB40, a tek u finalnoj - trećoj, u fazi eksploatacije, oni su imali statički sistem kontinualnih nosača objedinjenih sa kolovoznom pločom marke MB30. Nužnost promene položaja neutralne ose u odnosu na geometrijsku osu greda u završnoj fazi proračuna, zarad njene monolitizacije sa pločom, uslovlja je pojavu većine problema ovog modela.

Šta je zapravo fiktivna ekscentričnost i koje su njene posledice?

2.2.1. Fiktivna ekscentričnost

Poštujući Hajgens-Štajnerovu teoremu, a u duhu postavke zajedničkog delovanja ploče i grede koje su monolitizovane, softver primenjivan u ovom radu čini sledeće – bez obzira kako je linijski entitet pomen/poravnat u odnosu na ploču u prostoru, on biva postavljen centrično u odnosu na težišnu osu ploče, pri čemu u matricu krutosti njegov sopstveni momenat inercije biva uvećan za vrednost položajnog. Usled povećane fleksione krutosti, linijski elemenat poprima veće presečne sile. Pri tome se preporučuje još i da se torzioni momenat inercije smanji dovoljan broj desetina/stotina, pa i hiljada puta kako bi energija koja u modelu odlazi na torziju grede, zapravo izazvala savijanje ploče što daleko bolje opisuje ponašanje konstrukcije. Ulazni podaci za dimenzionisanje ploče koja sadejstvuje sa gredom smeju da ignorišu normalne presečne sile. Greda će usled toga što je u matematici proračuna znatno „viša” (samo formalno, brojčano...), „trpeti” veće presečne sile. Sa tim uticajima i pripadajućom širinom ploče program će izdimenzionisati potrebnu armaturu.

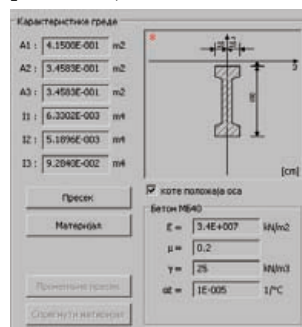
AxisVM, softver firme hiCAD, istu stvar radi definisanjem karaktera površinskog elementa – razlikuje ploču i ljusku. Ako je ploča „ploča (Plate)” onda sa gredom „upasanom” u nju („Rib” - šest stepeni slobode svake tačke) ima istovetan tretman fiktivnoj ekscentričnosti kao kod Tower-a. Ako je ploča „Shell” (prostorni površinski elemenat sa svih šest stepeni slobode), onda upasana greda postaje greda sa odsustvom fiktivne ekscentričnosti.

Na prvi pogled, u Tower-u stvari su jasne – greda se „poravna” (Slika 4), pridruži joj se povećan momenat inercije u skladu sa Hajgens-Štajnerovom teoremom (samo se klikne na ček-boks „fiktivna ekscentričnost”) i izvrši proračun. Dimenzioniše se. Greda je dobila pripadajuću širinu kao da je T-presek i samim tim nakon dimenzionisanja dobija i kvalitativno odgovarajuću potrebnu površinu armature.

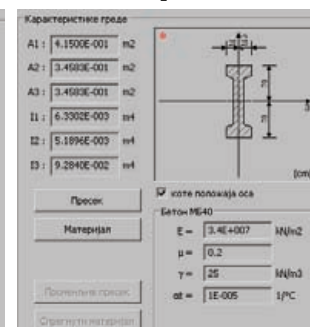
Međutim, šta se dešava pri faznom građenju kada greda koju analiziramo nema stvarnu visinu koja podrazumeva i visinu ploče, a hoćemo da primenimo fiktivnu

ekscentričnost? Proizvedena je takva, ostavljene su ispuštene uzengije zarad kontinuiteta sa pločom, a kasnije kad beton ploče očvrstne i „proradi” ona će dobiti statičku visinu adekvatnu primeni fiktivne ekscentričnosti.

Jedan jedini zajednički problem za manje-više svaki softver ovde postoji: geometrijsko mesto nalaženja podvlake (zapravo njene neutralne ose, jer softver ne zna za dimenziju i sve mu je broj, matrica, prost numerički podatak...) mora biti definisano unutar ose ploče.



Slika 4: *Primena fiktivne ekscentričnosti*



Slika 5: *Nosači (Realno) linkovanog modela*

2.3. Model bez primene fiktivne ekscentričnosti

Kao što naziv kaže, radi se o alternativnom, ali suštinski različitom, pristupu opisivanja podvlaka u odnosu na prethodni model.

U programu Tower ukoliko ček-boks „fiktivna ekscentričnost” nije uključen, u programu AxisVM ukoliko je ploča definisana kao „Shell”, a grede pripadajuće njoj su morale biti definisane kao „Rib” dešava se istovetna situacija – linijski entitet poprimio je karakteristike, isključivo koje mu parametrima preseka pripadaju, u odnosu na pomen položaj u prostoru (setimo se – glavni nosači se nalaze „upasani” u odnosu na donju ivicu kolovozne ploče). U duhu tog pomenog, decentrisanog položaja, dobili su i adekvatne uticaje.

Usled odsustva intervenisanja na brojnim vrednostima parametara preseka, u ploči se javljaju ozbiljnije normalne sile i, posledično, manji momenti savijanja. Normalne sile i u gredama i u ploči moraju biti uzete u obzir prilikom dimenzionisanja.

U oba pominjana softvera dobijeni uticaji su bliski. Razlikuju se za 5-8% što je u okviru rada i prikazano.

Obratimo pažnju na nosač koji je usvojen kao glavni u ovom radu (Slika 8 i Slika 9). Nakon montiranja, elementi bivaju monolitizovani sa pločom. Grede MB40, ploča MB30. Elementi su stariji od ploče tri do četiri nedelje. Nalaze se na međusobnom rastojanju 154cm. U duhu tretmana spregnute konstrukcije, morali bismo i dimenzionisati preseke u skladu sa važećom teorijom što je zametan posao. Osnovna postavka odsustva upotrebe fiktivne ekcentričnosti nalagala bi da se uticaji iz grede redukuju na srednju liniju ploče, saberu sa vrednostima površinskog elementa integraljenog po pripadajućoj širini i – to bi bili uticaji sa kojima računamo armaturu takvog spregnutog preseka, odnosno ulazimo u svaki proračun.

Odsustvo primene fiktivne ekscentričnosti daje uticaje u gredi, koji uslovno rečeno, odgovaraju uticajima u rebru T preseka i sve dok ih ne objedinimo sa „gornjom flanšom” nemamo korektne parametre za dimenzionisanje. Naravno, kompletna ova priča bila bi potrebna za pro-

račun armature bez prepuštanja automatizma dimenzionisanja softveru.

Nažalost, i u ovom modelu, softveri naponsku sliku i dalje proračunavaju u skladu sa povećanim momentom inercije za vrednost položajnog. U skladu sa tim, njegova primenljivost na primenu prethodnog naprezanja linijskih elemenata ostaje ograničena.

2.4. (Realno) linkovan model

Sloboda autora ovog teksta bila je da upotrebi termine „realno” i „linkovan”, bez obzira na to što se odnose na model konstrukcije i što su primenjeni u softveru, koji ne „poznaje” link elemenat kao kategoriju. „Realno” je pokušaj da se ukaže na to da ni jednom elementu nisu geometrijski parametri preseka menjani i da je on striktno postavljen u položaj u kojem se njegova neutralna osa poklapa sa geometrijskom (Slika 5). Termin „linkovan” govori da model sadrži elemente koji simuliraju link-elemente, elemente veze koji su bezdimenzioni i kojima dobar broj današnjih programa manipuliše i u potpunosti ih razume.



Slika 6: Karakteristike simuliranog link elementa

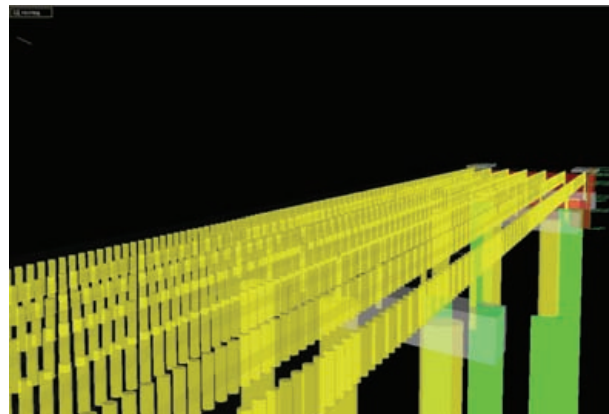
Prethodno naprezanje greda zahtevalo je uvid u naponsku sliku linijskih elemenata, tako da je softverska manipulacija parametrima preseka morala biti ostavljena po strani. Trebalo je modelirati i sinhronizovati tri nivoa: ose naglavice šipova, ose glavnih nosača i srednju površ kolovozne ploče. Stvari su bile znatno jednostavnije u prva dva modela kod kojih su srednje linije greda bile unutar ploče. S obzirom da je softver nudio i fazno građenje i prethodno naprezanje, i pokretno opterećenje i 3D modeliranje, ali ne i klasične link elemente, bio je izazov ipak sve postaviti i obraditi u okviru dva modela: jedan za seizmički proračun i drugi za statički. Verzija 6 programa Tower omogućava da se čak i odvojeno definišu parametri za statički, od onih za seizmički proračun u okviru istog modela, pa su i ta dva fajla postala jedan. Jedan model – jedna konstrukcija, a jedna konstrukcija – dva ili više modela... izbegavamo dok možemo.

Kreiran je materijal koji je imao najveću dopuštenu krutost, gustinu i Poasonov koeficijent ravne nuli. Napravljen je gredni element kružnog poprečnog preseka koji je dimenzijom odgovarao širini rebra analiziranih glavnih nosača (Slika 6). Svi parametri preseka su pretvoreni u jedinične. Pokušaji maksimalnih povećanja ovih vrednosti nikako nisu davali dobre rezultate! Prvi pokazatelj bila je modalna analiza koja je i prva nailazila na singularitete, a ako bi oni bili pobeđeni varijacijama sa mrežom konačnih elemenata, pa čak i kad su se uspevali dobiti smisleni i logični tonovi oscilovanja konstrukcije, rezultati statičkog proračuna bili su „degenerisani”.

Očigledno model ne trpi tako nasilne poteze unutar krutosti sistema. Kad se bolje pogleda, i jeste veoma logično: znatan broj jednačina sa velikim dijapazonom reda veličine parametara - greške zaokruživanja moraju doći do izražaja. Ponekad zaboravimo koliko su nam značile redukovane krutosti ili redukovana pomeranja prilikom ručnog proračuna statički neodređenih sistema. Model sa primenom fiktivne ekscentričnosti i Model bez primene F.E. sve vreme su analizirani sa osnovnom mrežom od 40cm koja se pokazala sasvim dovoljnom, tako da su u Realno linkovanom modelu ovi elementi veze bili raspoređeni na tom rastojanju (Slika 7).

Težilo se što manjem narušavanju strukture mreže i smanjenju mogućnosti da program eventualno tretira ove elemente kao tačkaste oslonce, umesto kao štapove. Na mestima na kojima su „link elementi” menjali pokretna ležišta, oslobađani su momenata savijanja u podužnom pravcu na oba kraja i time pretvarani u delimične pendele, dok je nepokretno ležište zadržavalo krut ugao na mestu spoja sa naglavicom šipova.

Od srednje površine naglavice šipova (naglavice su modelirane kao površinski umesto kao gredni elementi) do vrha naglavice – jedan štap koji nije imao nikakvih oslobađanja uticaja na svojim krajevima. Dužina mu je $120\text{cm}/2=60\text{cm}$. Na njih se nadovezuju štapovi do srednje linije glavnih nosača, sa adekvatnim, a već spomenutim oslobađanjima uticaja. Od srednje linije glavnih nosača do srednje površine ploče – ponovo štap tipa „k” kao i onaj kod naglavica. I ovaj štap je čak mogao biti podeljen na dva na kontaktu donje zone ploče i glavnog nosača. Međutim, čemu dodatno povećanje broja čvorova mreže kad svakako možemo očitati te uticaje?

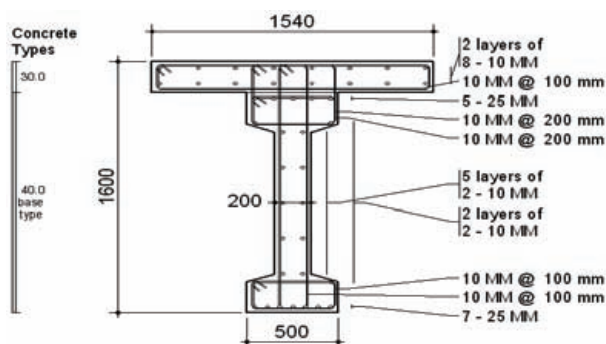


Slika 7: Elementi veze (link elementi)

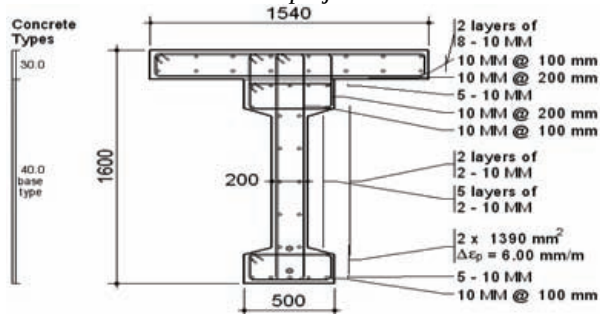
3. ZAKLJUČAK

U radu je usvojeno rešenje koje podrazumeva primenu i armiranobetonskih i prethodno napreznih nosača, a potom i njihovo kontinuiranje u jedinstven nosač. Krajnji nosači su armiranobetonski dužine 21,0m i u fazama montaže i kontinuiranja su jednostrano prepuštene grede (16,75+4,25m) čija se armatura u sredinama krajnjih polja vidi na slici 8.

Središnji nosači su prethodno napregnuti dužine 21,5m sistema proste grede. U završnoj fazi, fazi eksploatacije, zajedno sa po dva spomenuta krajnja nosača tvore jedinstven kontinualni nosač dužine 63,5m. Dispozicija kablova u središnjem preseku prikazana je na slici 9.



Slika 8: Usvajeno rešenje – središnji preseki krajnjih polja



Slika 9: Uvojeno rešenje – središnji preseki prethodno napregnutih nosača

Sumirajmo celokupnu priču i zaključke rada u par rečenica.

Projekat: poprilično neprijatna silueta nosača sa znatnim utroškom armature u krajnjim poljima i približno 650m kablova za prethodno naprezanje; količina armature u ploči je tolika da bi ona gotovo mogla opstati i bez gornjih flanši greda, a marka betona primenjena za nju je MB40; relativno sumnjivo sprezanje ploče i glavnih nosača; završna faza prethodnog naprezanja odvija se na gradilištu; povredljiv statički određeni sistem; dvanaest šipova dužine 25m;

Kontinualni nosač: utrošak betona za izvođenje kolovozne konstrukcije gotovo istovetan onome u Projektu sa razlikom niže marke betona za ploču; neznatno veći utrošak armature, dok je dužina upotrebljenih kablova oko 300m sa nižom silom prethodnog naprezanja, koja se unosi u potpunosti u pogonu; dva poprečna nosača više; dva šipa manje; statički neodređena konstrukcija i svi boniteti koje sa sobom nosi;

Model sa primenom fiktivne ekscentričnosti: prijatno definisanje modela koji nam daje rezultate pogodne za automatsko dimenzionisanje ali i „divergentnu” naponsku sliku; otežano kvalitetnije poimanje ponašanja kolovozne ploče i svake manipulacije rezultatima u uslovima spregnutih preseka; izuzetno teško sagledavanje prethodnog naprezanja u jedinstvenom modelu koji primenjuje fazno građenje;

Model bez primene fiktivne ekscentričnosti: uticaji dekomponovani na činioce spregnutih preseka; omogućeno delimično variranje armiranobetonskih i prethodno napregnutih rešenja; „udobnost” unosa podataka i primena faznog proračuna ekvivalentna onoj kod prethodnog modela; problemi sa naponskom slikom ravnatih elemenata ostaju prisutni;

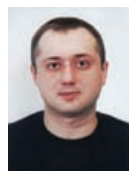
Realno linkovan model: otežano definisanje geometrije modela; pruža uvid u stvarnu naponsku sliku elemenata;

potpuno je saglasan svim aspektima faznog proračuna konstrukcije; još uvek nije moguć potpun automatizam modeliranja reoloških svojstava materijala ali je to u današnje vreme već u pojedinim softverskim paketima prevaziđeno.

4. LITERATURA

- [1] Alendar V: Prethodno napregnuti beton – primeri za vežbe; Naučna knjiga, Beograd, 2003.
- [2] Ačić M, Pakvor A, Perišić Ž: teorija armiranobetonskih i prethodno napregnutih konstrukcija; Naučna knjiga, Beograd, 2006.
- [3] Ačić M, Ivković M, Miladinović Ž, Muravljov M, Pakvor A, Perišić Ž, Radojičić T, Radosavljević Ž, Ukrainčik V, Žnidarič J: Osnovna izlaganja o primeni Pravilnika BAB'87; Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Institut za materijale i konstrukcije, Beograd, 1988.
- [4] Ačić M, Alendar V, Marinković S, Milosavljević B, Ojdrović N, Ostojić D, Pakvor A, Pavić A, Pavlović P, Pecić N, Perišić Ž, Stojanović M, Tatomirović M, Tomićić I: Beton i armirani beton – prema BAB87 (tom 2 – prilozi); Građevinska knjiga, beograd, 1991.
- [5] AxisVM® 9, Manual AxisVM® 9; InterCad®
- [6] Brčić V: Otpornost materijala; Građevinska knjiga, Beograd, 1989.
- [7] Građevinski propisi i normativi; Beograd 2005.
- [8] Kovačević D: MKE modeliranje u analizi konstrukcija; Građevinska knjiga, Beograd, 2008.
- [9] Pakvor A: Organizacija nastave teorije betonskih konstrukcija; Fakultet tehničkih nauka, Institut za arhitekturu i građevinarstvo, Novi Sad, 2001.
- [10] Perišić Ž, Alendar V: Prethodno napregnuti beton – vežbe na IX semestru odseka za konstrukcije školske 2003/2004 godine; Građevinski fakultet u Beogradu, Institut za materijale i konstrukcije, 2003.
- [11] Radosavljević Ž: Armirani beton 1; Građevinska knjiga, Beograd, 1990.
- [12] Radosavljević Ž: Armirani beton 3 – elementi armiranobetonskih konstrukcija; Građevinska knjiga, Beograd
- [13] Stevanović S: Fundiranje I; Naučna knjiga, Beograd, 1989.
- [14] Tower 6, Uputstvo, Radimpex

Kratka biografija:



Tadija Kojić rođen je 7. februara 1980. god. u Beogradu. Osnovnu školu završio je 1994. u Sirigu, a gimnaziju 1998. u Novom Sadu. Diplomski - master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstva odbranio je 2009. godine.



Đorđe Ladinović rođen je 6. marta 1956. god. u Šidu, gde je 1970. završio osnovnu školu, a 1974. gimnaziju. Diplomirao na Građevinskom odseku FTN u Novom Sadu 1980, magistrirao 1995, a doktorsku disertaciju odbranio 2002. na Fakultetu tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu na kojem je od 2004. godine šef Katedre za materijale i konstrukcije.

PROJEKAT BETONA ZA VIŠESPRATNI STAMBENI OBJEKAT U ULICI KOSTE ŠOKICE br. 21-23 U NOVOM SADU**PROJECT OF CONCRETE FOR RESIDENTAL BUILDING IN KOSTE ŠOKICE STREET No. 21-23 IN NOVI SAD**Maria Malešević-Čučulis, Mirjana Malešev, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

Kratak sadržaj – Zadatak ovog diplomskog – master rada jeste projekat betona za gradilište. Predmetni objekat je višespratna stambena zgrada u Novom Sadu. Diplomski – master rad se sastoji iz dva dela, teorijsko – istraživačkog dela u kome je dat prikaz o malterima u građevinarstvu i stručnog dela koji obuhvata: opis konstrukcije objekta, projekat betona za predmetni objekat, projekat betona izvođača radova – izvedeno stanje, komparativnu analizu planiranih i izvedenih radova i zaključake.

Abstract – The topic of this diploma's-master work is the Project of concrete for site. The objective structure is residential building in Novi Sad. Diploma-master work consists of two parts:

1) Theoretical-research part, whose main theme is plaster, its historical development, and today's relevance.
2) Expert part that encircles the main data of object, Project of concrete for the objective building, Project of concrete which was made by contractor – accomplished case, the comparative analyze of constructed and accomplished works and conclusion.

Ključne reči: projekat betona, vrste betona, klase betona, dinamički plan, partije betona, kontrola kvaliteta, oplata, malter, vrste maltera, agregat, cement, gips, kreč.

1. MALTERI U GRAĐEVINARSTVU

U okviru teorijsko - istraživačkog rada razmatrani su malteri. Očvršćavanjem tzv. malterskih smeša, tj. homogenizovanih mešavina sitnog agregata, vezivnih supstanci, vode i dodataka dobijaju se veštački kameni materijali, malteri čija osnovna svojstva zavise, pre svega od vrste, količine i kvaliteta veziva i agregata. Projektuju se u zavisnosti od namene i uslova korišćenja, tj. sastav maltera određuje se prema: projektnim uslovima, debljini sloja i predviđenoj konzistenciji. Nazive nose, po pravilu po vezivu, odnosno vezivima koja su korišćena.

1.1. Istorijat

Još od davnina ljudi su koristili malter koji je vremenom, tokom istorije prešao dug put razvoja, praktično od običnog blata pa sve do danas nama poznatog kompleksnog višenamenskog materijala. Početak upotrebe maltera datira još iz doba praistorije, tačnije iz perioda neolita. Najpoznatija nalazišta iz ovog prioda su: Lepenski Vir na Dunavu između Golubca i Donjeg Mila-novca, Starčevo kod Pančeva i Vinča kod Beograda. Neolitske kuće u Vinči su bile malterisane i spolja i iznutra, a

lesno blato i glina, mogu se smatrati prvim malterima. Rekonstrukcija neolitske kuće u Vinči prikazana je na slici 1. Usled sve veće upotrebe kamena kao građevinskog materijala, vremenom dolazi do blage „nestašice” istog. Kako zbog toga, tako i zbog izobilja gline, građevine drevnog Vavilona počinju da se grade od novog materijala, pečenih opeka, koje su se povezivale malterom od blata i katrana. Mnogi smatraju da je za građenje Keopsove piramide (oko 2560. g.p.n.e), kao i svih piramida u Gizi korišten malter od blata i gline ili gline i peska. Malter se kao građevinski materijal pojavljuje i u antičkoj Grčkoj. Iskopavanje podzemnog tunela na ostrvu Samos, sagrađenog oko 600.godine p.n.e., koji je imao ulogu akvadukta, pokazalo je da je rezervoar tj. sam tunel bio obložen pucolanskim malterom debljine 12 mm.



Slika 1. Rekonstrukcija neolitske kuće u Vinči

Primena maltera kod Rimljana je bila mnogo raznovrsnija, pa je samim tim postojalo i više vrsta maltera. Na osnovu vrste veziva koja su Rimljani tada koristili za izradu maltera, malteri se mogu podeliti u tri grupe:

1. blatne maltere – koji su se koristili u ranim periodima razvoja, kao i kasnije u izgradnji pomoćnih objekata,
2. gipsane maltere i maltere od mlevenog mermera – koji su se koristili isključivo za enterijerske radove,
3. krečne maltere – čijom primenom su Rimljani, može se reći unapredili graditeljstvo.

Malteri na bazi kreča “vladali” su dugi niz godina, praktično od doba Rimljana pa sve do kraja druge polovine XVIII veka, kada se polako pojavljuju i nova hidraulična veziva i naravno, portland cement koji je postao nezamenljiva komponenta skoro svake vrste savremenog maltera.

1.2. Komponente koje ulaze u sastav malterskih smeša

Pod agregatom se podrazumeva materijal rastresite strukture formiran u vidu skupa čestica relativno homogenih u smislu supstance – izgrađivača i on može biti neorganskog ili organskog porekla, prirodni ili veštački. Veziva za maltere mogu biti, kao i u opštem slučaju, neorganskog (mineralnog) ili organskog porekla. Najčešće korišćena veziva za maltere: cement, kreč-hidratisani i gips, ali i polimeri koji se danas veoma često koriste u službi veziva.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bila dr Mirjana Malešev, vanr.prof.

Voda koja se koristi za spravljanje maltera ne sme da sadrži rastvorene ili suspendovane sastojke koji negativno utiču na hemijske reakcije na relaciji voda-vezivo. Dodaci malterima su različite materije koje svojim hemijskim, katalitičkim ili fizičkim dejstvom poboljšavaju neka svojstva maltera, kao što su: otpornost prema mrazu, vodonepropustljivost, ugradljivost, usporavanje ili ubrzanje vezivanja, povećanje čvrstoće, smanjenje zapreminske mase i dr.

1.3. Domaća tehnička regulativa za maltere

Evropski standard EN 998 „Tehnički uslovi za maltere za zidane konstrukcije” pripremio je Tehnički komitet CEN/TC125 „Zidane konstrukcije”. Standard je usvojen u toku 2003. godine i sastoji se iz dva dela:

1 – Malter za spoljašnje i unutrašnje malterisanje (EN 998-1: 2003) i 2 – Malter za zidanje (EN 998-2: 2003).

Kod nas su ova dva standarda usvojena 2008. godine i imaju oznake:

1 – Malter za spoljašnje i unutrašnje malterisanje (SRPS EN 998-1: 2008) i 2 – Malter za zidanje (SRPS EN 998-2: 2008).

1.4. Vrste maltera

Malteri prema vrsti veziva mogu se podeliti na: cementne, krečne, gipsne, krečno – cementne (produžne), gipsno-krečne i polimer maltere. Prema nameni malteri se mogu podeliti na: maltere za zidanje i maltere za malterisanje. U specijalne vrste maltera spadaju fasadni (dekorativni) malteri, malteri za zaštitu od zračenja, hidroizolacioni malteri, termoizolacioni malteri, malteri za zvučnu zaštitu (akustični malteri), malteri za zaštitu od požara, reparaturni malteri i injekcioni malteri. Neki od primera završne obrade fasadnih maltera prikazani su na slici 2.



Sl.2. Završne obrade fasadnih maltera

1.5. Spravljanje maltera

Malteri se spravljaju ručno ili mašinski - primenom mešalica za maltere koje su izrađene na principu prinudnog mešanja i koje mogu biti različitog kapaciteta, od 50 do 1500 litara (0,05 – 1,5 m³). Takođe, mogu se koristiti i mešalice za beton sa prinudnim mešanjem manjeg učinka. Malter se nanosi ili ručno ili mašinski.

2. PROJEKAT BETONA ZA STAMBENI OBJEKAT

Projekat betona je elaborat tehnološkog karaktera čijom primenom treba da budu osigurana dva osnovna cilja: obezbeđenje svih zahteva postavljenih kroz projekat konstrukcije kao i blagovremeno planiranje svih aktivnosti koje su u vezi sa pomenutim zahtevima, kako bi se isključila potreba i mogućnost improvizacija u fazi izvođenja radova i time izbegle eventualne štetne posledice vezane za propuste u organizaciji i tehnologiji.

2.1. Osnovni podaci o predmetnom objektu

Višespratni stambeni objekat (Su+P+3+T) namenjen je kolektivnom stanovanju i nalazi se u ulici Koste Šokice br. 21-23 u Novom Sadu. Predviđena su dva ulaza, jedan iz ulice Koste Šokice, a drugi iz parka. Projekat konstrukcije je urađen u projektnom birou „dba”, u Novom Sadu. Objekat po svom dispozicionom obliku u

osnovi formira nepravilno slovo „L”. Neto površina objekta je 2.498,14 m².

Fundiranje objekta je izvršeno na monolitnoj AB ploči debljine 40 cm, koja je izvedena na sloju tampon šljunka, na koti -3,40.

Noseći sistem konstrukcije je armirano betonski skelet, projektovan u različitim rasterima (max 5,2 x 4,16 m), ojačan armirano betonskim zidovima i platnima. Vertikalne noseće elemente čine stubovi kvadratnog i pravougao-nog poprečnog preseka, promenljivih dimenzija i po visini i po širini (25x25, 25x40, 40x40 cm) kao i AB zidovi (d=15 cm) koji su sastavni delovi liftovskih jezgara i delova fasade. Visina stubova na svim etažama iznosi 3,0m, a u suterenu 2,82m. Međuspratne ploče projektovane su kao pune armirano betonske ploče različitih debljina. Međuspratna ploče iznad suterena je promenljive debljine (15, 20, 25 i 30 cm, iznad skloništa), a debljina ostalih ploča iznosi d=20cm. Krovna konstrukcija objekta je standardna drvena krovna konstrukcija.

Spoljni zidovi su projektovani kao „sendvič zidovi” i sastoje se od: opekarskog bloka d=19cm, termoizolacije „tervol” d=5cm i spoljne obloge od opeke d=12cm. Finalna obrada fasade je malter u boji prema izboru odgovornog projektanta (slika 3).



Sl.3. Stambeno poslovna zgrada – izgled

2.2. Definisanje kategorija, klasa i vrsta betona

Proračunom je dobijeno da ukupna količina betona, koju je potrebno ugraditi u predmetni objekat, iznosi 1234,76m³. U konkretnom slučaju primenjivaće se transportovani betoni, pa saglasno BAB 87 u okviru ovog objekta svi primenjivani betoni pripadaće kategoriji BII. 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, izborom načina ugrađivanja betona i zahtevom za postizanje vodonepropustljivosti. Zaključeno je da će se AB konstrukcija objekta izvesti od dve klase betona: klasa A (MB30), klasa B (MB30 + VDP), (tabela 1). U okviru klase A razlikuju se tri vrste betona, a u okviru klase B takođe, tri vrste (tabela 1).

Tabela 1. Klasa, vrste betona sa oznakama receptura

Klasa betona	A			B		
Vrsta betona	A1	A2	A3	B1	B2	B3

Predmetne oznake imaju sledeća značenja:

A1 - MB 30, četvorofrakcijski agregat D_{max}=31,50cm, pumpani beton-tečna konzistencija

A2 - MB 30, četvorofrakcijski agregat D_{max}=31,50cm, plastična konzistencija

- A3** - MB 30, trofrakcijski agregat $D_{max}=16,0\text{cm}$,
pumpni beton - tečna konzistencija
B1 - MB 30, četvorofrakcijski agregat $D_{max}=31,50\text{cm}$,
vodonepropusan, pumpni beton-tečna konzistencija
B2 - MB 30, četvorofrakcijski agregat $D_{max}=31,50\text{cm}$
vodonepropusan, plastična konzistencija
B3 - MB 30, trofrakcijski agregat $D_{max}=16,0\text{cm}$,
tečna konzistencija

2.3. Projektovanje sastava betona

Pre početka sastavljanja receptura za izradu probnih betonskih mešavina, urađena su laboratorijska ispitivanja cementa, agregata i vode i 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 $f_{b,28}=MB+8\text{MPa}$,

- količina hemijskog dodatka – superplastifikatora, prema preporuci proizvođača,
- količina uvučenog vazduha $\Delta p=2\%$.
- količina agregata iz sume apsolutnih zapremina komponentnih materijala u 1m^3 betona.

Računski sastavi betonskih mešavina prikazani su u tab.2.

Tabela 2. Računski sastavi betonskih mešavina, kg/m^3

Oznaka	m_c	m_v	m_{ad}	m_a			
				$m_{a,I}$	$m_{a,II}$	$m_{a,III}$	$m_{a,IV}$
A/1	375	188	/	659	338	302,5	480,5
A/2	358	180	/	871	182	363	399
A/3	376	189	4,10	869	390	515	/
B/1	364	182	1,82	666	342	306	485
B/2	348	175	1,80	885	184	369	406
B/3	411	215	2,00	818	367	485	/

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 zadržavala 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: $f_{km} \geq MB+8\text{MPa}$.

2.4. Plan betoniranja, način transporta i potrebna oprema

Sve predviđene vrste betona spravljaće se u fabrici betona: "Baza SEVER" koja se nalazi u sklopu preduzeća "AD BUDUĆNOST" u N.Sadu. Kapacitet predmetne fabrike betona je $50\text{m}^3/\text{h}$. Spoljni transport sveže betonske mase vrši se automikserima nosivosti $6,0-9,0\text{m}^3$. Fabrika betona poseduje 6 automiksera: 2 automiksera kapaciteta 9m^3 i 3 automiksera kapaciteta 6m^3 . Prosečna brzina kretanja vozila iznosi oko 40km/h . Udaljenost fabrike betona od gradilišta je 3km . Transport betona od fabrike betona do mesta ugrađivanja prosečno traje 10 minuta.

Za unutrašnji transport betona koristiće se auto-pumpa za beton i toranjski kran. Časovni učinak auto-pumpe je

$80\text{m}^3/\text{h}$. Toranjska dizalica (kran) vrši unutrašnji transport sveže betonske mase pomoću korpi za beton - kibli, zapremine $0,5\text{m}^3$ i to direktnim pretovarom iz auto-mešalice. Časovni učinak kрана je $6-10\text{m}^3/\text{h}$.

Za kompaktiranje odnosno zbijanje betona u svim slučajevima primenivaće se električni pervibrator, tipa „DYNAPAC“ AX 48“. Za završnu obradu (izravnavanje) gornje površine ploča koristiće se vibro letve širine $3,0\text{m}$ tipa WACKER SB 10F.

AB temeljna ploča je debljine 40cm . U nju se ugrađuje $317,68\text{m}^3$ betona u jednom sloju, a za njeno betoniranje, koje prema proračunu traje $8,36$ sati, potrebno je angažovati sledeću raspoloživu opremu: 5 automiksera, auto-pumpu za beton, 3+1 rezervni dubinski vibrator i jednu vibroletvu.

2.5. Faze betoniranja

Na osnovu prethodno određene količine betona koja se može ugraditi i raspoložive opreme, definisane su faze betoniranja pojedinih AB elemenata. AB temeljna ploča će se betonirati u jednoj fazi u jednom sloju u trakama od $2,5\text{m}$ širine. AB međuspratne ploče će se betonirati u jednoj fazi u jednom sloju, u trakama širine $3,0\text{m}$. Zidovi suterena i skloništa se betoniraju u četiri faze. Dinamički plan betonskih radova rađen je u programskom paketu Microsoft Office - Microsoft Office Project 2003. Na osnovu dinamičkog plana radovi na betoniranju trebalo bi da se izvedu u periodu 18.08.2008.– 07.02.2009.

Uzimajući u obzir pravila za formiranje partija betona, tj. da količina betona u jednoj partiji ne treba da bude veća od one količine koja može da bude ugrađena u roku 30 dana i dinamički plan izvođenja betonskih radova, formirano je 8 partija za kontrolu saglasnosti sa uslovima iz projekta konstrukcije. Kontrola postignute MB se sprovodi prema kriterijumima 1 i 3.

2.6. Oplate i skele

Pri izvođenju višespratnog stambenog objekta upotrebljena je jedna vrsta oplate, tzv. opšivke-delovi oplate (klasična drvena grada-drvene grede $10/12/400\text{cm}$ na razmaku od 60cm) koji su u neposrednom kontaktu sa betonom (treba voditi računa da ne dođe do procurivanja cementne paste) i tzv. blažujke, vodootporne šperploče debljine 20mm , a kod zidova skloništa 50mm . Unutrašnje površine oplate moraju da budu čiste i prema potrebi premazane zaštitnim sredstvima. Ova sredstva se uglavnom primenjuju iz dva razloga: da smanje prijanjanje (slepljivanje) oplate i betona i da se isključi mogućnost zadržavanja mehurića vazduha na kontaktu beton-oplate.

2.7. Termnsko oslobađanje konstrukcije od oplate

Uzimajući u obzir odredbu BAB 87, kao i temperature vazduha u periodu izvođenja betonskih radova, kao i dinamiku betoniranja, oslobađanje stubova i zidova od oplate je predviđeno nakon 3 dana od betoniranja istih, a oslobađanje međuspratne konstrukcije, nakon 21 dana od betoniranja.

3. PROJEKAT BETONA PREDMETNOG OBJEKTA – IZVEDENO STANJE

3.1. Definisanje kategorija, klasa i vrsta betona

S obzirom da se u ovom slučaju radi o betonu kategorije B.II koji se proizvodi u fabrici betona i odabranim

sredstvom spoljašnjeg transporta dovozi na gradilište, moraju se uraditi prethodna laboratorijska ispitivanja radi određivanja sastava ovih betona.

Fabrika betona izvođača radova na predmetnom objektu ima, u okviru svog Projekta betona- elaborata, isprojektovane recepture za betone koji se najčešće koriste u njihovoj praksi. Od tih receptura odabrano je 5, koje su predviđene za betoniranje svih elemenata AB konstrukcije predmetnog objekta. Upotrebljene recepture se, u okviru iste vrste betona, razlikuju za period 01.05.-01.11.(letnji period) i 01.11.-01.05.(zimski period). u količini cementa, vodo-cementnom faktoru i u konzistenciji. U recepturama, koje su se koristile u zimskom periodu betoniranja, upotrebljen je i „Reobet“ za mraz T-10, „Prvi maj“, Čačak (1% u odnosu na masu cementa). U tabeli 3 date su predviđene recepture (gotove recepture izvođača radova).

Tabela 3. Gotove recepture izvođača radova

Recepture				
30p-1	31-2	30-0	30p-0	31-0

3.2. Plan betoniranja- izvedeno stanje

Prilikom kreiranja dinamičkog plana za betoniranje pojedinih konstruktivnih elemenata uzet je u obzir kapacitet i učinak mehanizacije koju poseduje fabrika betona „BUDUĆNOST“ Novi Sad kao i količina skela i oplata koja je na raspolaganju za betoniranje međuspratne A.B ploče. Kritična faza koja je uzeta u obzir jeste betoniranje A.B. temeljne ploče. Količina betona koja je potrebna za ugrađivanje u A.B. temeljnu ploču iznosi 317,68 m³.

3.3. Faze betoniranja

AB temeljna ploča betonirana je u jednoj fazi i u jednom sloju, bez traka. AB međuspratne ploče su betonirane pumpanim betonom svaka u po jednoj fazi, bez traka. Za betoniranje vertikalnih AB elemenata nisu definisane faze po etaži. Radovi na betoniranju AB konstrukcije stambenog objekta su izvedeni u periodu 18.08.2008.– 31.03.09. Radi kontrole saglasnosti sa uslovima projekta konstrukcije ugrađenog betona u tom periodu, definisano je 8 „partija betona“. Kontrola je izvršena po kriterijumima 1. U svim partijama, izuzev dva uzorka sedme partije je postignuta projektovana MB.

3.4. Termínsko oslobađanje konstrukcije od oplata

Za izvedeno stanje predmetnog objekta ne postoji detaljan i precizan terminski plan oslobađanja konstrukcije od oplata, tj. skele. Do nepotpunih podataka se može doći iz građevinskog dnevnika- dnevnika rada.

4. KOMPATIVNA ANALIZA

Prilikom poređenja projekata betona u poglavlju 2. i 3. došlo se do zaključka da postoje sličnosti, ali i razlike u preporučenom projektu betona, i u projektu betona (elaboratu) za izvedeno stanje koji je napravljen po završetku radova na stambenoj zgradi u ulici Koste Šokice br.21-23, u Novom Sadu. U poglavlju 2 definisane su 3 vrste betona klase A (A/1, A/2 i A/3) i 3 vrste betona klase B (B/1, B/2, B/3). U poglavlju 3 se vidi da ovakva analiza nije rađena, već je za potrebe betoniranja pojedinih elemenata konstrukcije upotrebljen beton unapred definisan prema postojećim, standardnim recepturama iz proizvodnog programa fabrike betona AD „BUDUĆ-

NOST“. Pri obradi podataka iz elaborata utvrđeno je da su se u pojedinim periodima betoniranja upotrebljavale nepredviđene betonske mešavine, tj. receptura koje nisu planirane. Radi se o recepturama 30/3 i 30/4. U poglavlju 2 je početak radova 18.08.2008., a završetak istih, prema dinamičkom planu radova je 07.02.2009. U poglavlju 3 se navodi da su betonski radovi započeti 18.08.2008, a završeni 31.03.2008. Razlika u završetku betonskih radova u poglavlju 2 i u poglavlju 3 nastaje zbog kišnih i neradnih dana, koji nisu predviđeni u samom dinamičkom planu. S obzirom na sva pravila za formiranje partija betona, tj. da količina betona u jednoj partiji ne treba da bude veća od one količine koja može da bude ugrađena u roku od mesec dana, definisano je 8 partija betona za period od 18.08.2008.- 07.02.2009. u kojem je planirano betoniranje predmetnog objekta. U poglavlju 3, partije betona su formirane bez poštovanja odredbi Pravilnika BAB 87 o načinu formiranja partija betona radi kasnije ocene opstignute MB. Partije betona u ovom elaboratu obuhvataju betone koji se međusobno razlikuju po sastavu i koji su ugrađivani u periodu dužem od mesec dana.

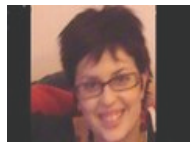
5. ZAKLJUČAK

Uporednom analizom poglavlja 2 i 3 došlo se do zaključka da su uočene razlike između projekta betona predmetnog objekta i elaborata za izvedeno stanje. Neke od razlika su: način analize i određivanja broja različitih vrsta betona, pristup u određivanju trajanja aktivnosti na betoniranju elemenata, neispunjenost zahtevanog uslova o vodonepropustljivosti betona itd. Kao najveća razlika, navodi se nepoštovanje odredbi P BAB 87 u poglavlju 3, pri formiranju partija betona za ocenu saglasnosti sa uslovima iz projekta. Sama ocena izvedena je grupisanjem rezultata ispitivanja u serije od po 3 uzorka, odnosno prema kriterijumu 1.

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] Građevinski materijali, *Građevinska knjiga*, Beograd, 2000.

Kratka biografija:



Maria Malešević-Čučulis rođena je u Novom Sadu 1980. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstva-teorija i tehnologija betona odbranila je decembra 2009.god.



Mirjana Malešev rođena je u Zmajevo 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 Po+ Pr+ 7

DESIGN OF A MULTI - STOREY RESIDENTIAL AND COMMERCIAL BUILDING

Boško Ivanović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

Kratak sadržaj – U radu je prikazan dio projekta stambeno-poslovne zgrade, opis konstrukcije, analiza opterećenja, rezultati proračuna i način dimenzionisanja elemenata. Takođe, dat je i uporedni prikaz metoda za seizmičku analizu konstrukcija.

Abstract – This paper describes a design of a multi-storey residential and commercial building, and includes main segments of the project: description of the construction, load analysis, design results and dimensioning. The paper also contains comparison of methods for seismic analysis of structures.

Ključne reči: Projekat zgrade, Seizmička analiza, Faktor redukcije

1. UVOD

Projektnim zadatkom predviđeno je projektovanje stambeno-poslovne AB zgrade, skeletnog tipa sa platnima za ukrućenje. Objekat se nalazi u Budvi, u devetoj seizmičkoj zoni. Konstruisanje elemenata i detalja mora biti takvo da konstrukcija u predviđenom eksploatacionom vijeku ispuni propisanu pouzdanost, tj. da ima odgovarajuću nosivost, upotrebljivost i trajnost.

2. OPIS KONSTRUKCIJE**2.1. Arhitektonsko riješenje objekta**

Arhitektonskim riješenjem nastojao se osmisliti stambeni objekat u užem gradskom jezgri sa jasnim karakterom i fizionomijom koji u funkcionalnom smislu zadovoljava sve kriterijume modernog stanovanja i poslovanja.



Slika 1. Arhitektonski izgled objekta

Horizontalni gabarit i dispoziciju objekta uslovljavaju, odnosno formiraju građevinske linije, definisane regulaciono nivelacionim elementima.

NAPOMENA:

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

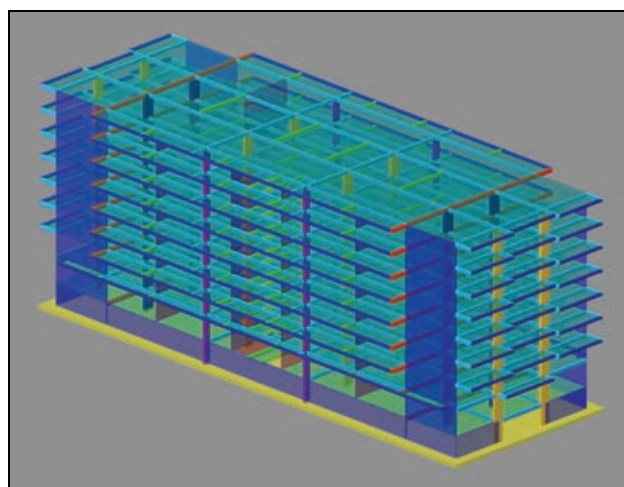
Objekat ima stalan karakter, njegova namjena je višeporodično stanovanje na svim etažama osim prizemlja i prizemne galerijske etaže, na kojima je predviđeno poslovanje, dok je podruma etaža po funkciji podzemna garaža. Iz podruma je omogućena vertikalna komunikacija stanarima između etaža liftom i stepenicama. Spratnost objekta je podrum, prizemlje, prizemena galerijska etaža i šest spratova. Osnova objekta je pravougaona, visine je 27.70m, dužine 51.85m i širine 19.25m.

2.2. Konstrukcijsko riješenje objekta

Glavni konstrukcijski sistem čine pune AB krstasto armirane ploče koje vertikalno opterećenje prenose na sistem ortogonalno postavljenih AB ramova. Ramovi zajedno sa AB zidnim platnima, srazmjerno svojim krutostima, zaduženi su za prijem horizontalnog opterećenja i njegov transfer do temeljne ploče. Stepenište se sastoji od dvije koljenaste ploče koje se oslanjaju na podvlake. Objekat se fundira na temeljnoj ploči debljine $d=55\text{cm}$ i kontaktnom površinom $50.25 \times 17.85 \text{ m}$.

Dimenzije u osnovi ploče usvojene su iz uslova da proračunski naponi i sleganja u tlu budu manji od maksimalnih dozvoljenih. Rasteri stubova u podužnom pravcu su 3.0m, 6.0m, a u poprečnom 5.0m, 5.6m. Spratna visina podruma je 3.0m, prizemlja 3.5m, prizemne galerijske etaže 3.2m, a ostalih spratova 3.0m. Svi navedeni elementi izrađeni su od betona marke MB 40 i rebraste armature RA 400/500-II.

Za statički i dinamički model usvojen je 3D prostorni model, urađen u specijalizovanom programskom paketu Tower3D Model Builder 6.0 (build 1350), zasnovan na proračunu konstrukcija prema metodi konačnih elemenata (MKE).

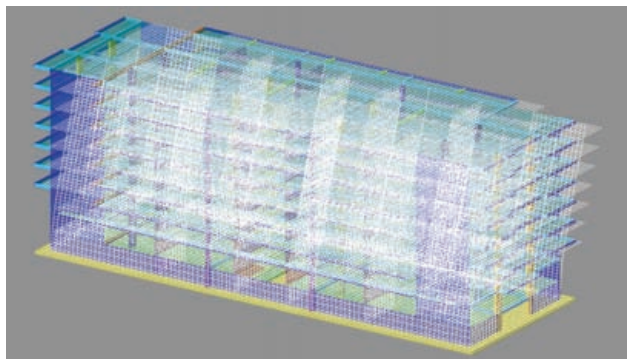


Slika 2. 3D proračunski model konstrukcije

3. ANALIZA OPTEREĆENJA I MODELIRANJE KONSTRUKCIJE

Objekat je proračunat na normativne vrijednosti opterećenja propisane trenutno važećim pravilnikom. Od interesa je da se odrede uticaji u konstrukciji od stalnog i korisnog opterećenja, dejstva vjetrova i seizmičkih sila i opterećenja snijegom. Sopstvena težina elemenata se programski obračunava (zavisi od dimenzija elemenata i zapreminske težine betona koja je uzeta u iznosu od 25 kN/m^3), a dodatno stalno opterećenje je modelirano kao površinsko. Korisno opterećenje za stambene površine iznosi $1,5 \text{ kN/m}^2$, kancelarijski prostor $2,0 \text{ kN/m}^2$, a na balkonu i stepeništu $3,0 \text{ kN/m}^2$. Opterećenje snijegom je uzeto sa minimalnom vrijednošću s obzirom na lokaciju objekta i iznosi $0,35 \text{ kN/m}^2$ osnove krova. Opterećenje vjetrom je naneto kao linijski raspodeljeno opterećenje po stubovima u dva ortogonalna pravca. Intezitet i distribucija seizmičkog sile sračunati su metodom ekvivalentnog statičkog opterećenja koju propisuje naš pravilnik. Vrijednosti masa potrebnih za određivanje dinamičkih karakteristika konstrukcije (perioda oscilovanja), programski su izgenerisane i postavljene u čvorove mreže konačnih elemenata. Analizom opterećenja sračunata dejstva, aplicirana su na prostorni model konstrukcije kojim obuhvaćeno realnije ponašanje konstrukcije u odnosu na pojednostavljene ravanske modele. Tako svaki element prima opterećenje srazmjerno svojoj krutosti i elastičnim konturnim uslovima oslanjanja. Model se sastoji iz linijskih (grede, stubovi) i površinskih (ploče, zidovi) konačnih elemenata. Programski omogućeno modeliranje interakcije konstrukcije i podloge je 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 vrijednost koeficijenta posteljice je 30000 kN/m^3 . Prosječna veličina konačnog elementa je $0,5 \text{ m}$ tako da je broj konačnih elemenata korištenih pri statičkoj i dinamičkoj analizi modela oko 44900.

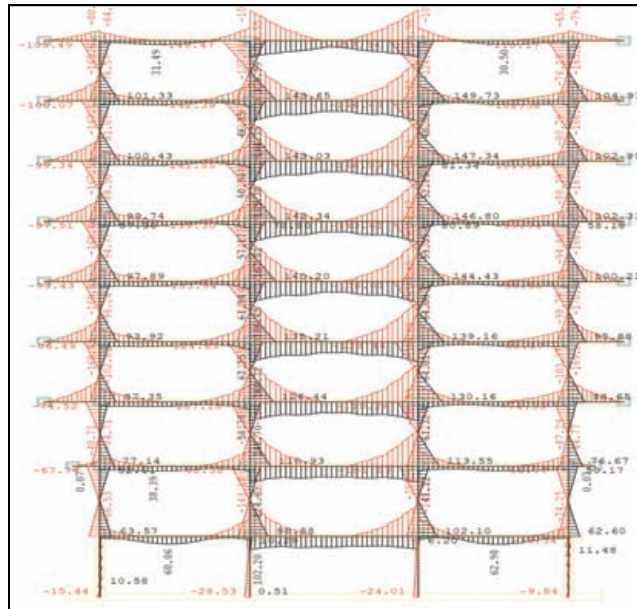
4. REZULTATI PRORAČUNA



Slika 3. Oscilovanje konstrukcije u prvom tonu

Kao rezultat linearno-elastične analize, sračunate su presječne sile u elementima (momenti savijanja, transverzalne i normalne sile) na osnovu kojih pristupilo daljem dimenzionisanju konstrukcije. Određeni su i periodi oscilovanja konstrukcije na osnovu modalne

analize. Period oscilovanja pri oscilovanju konstrukcije u podužnom x-pravcu iznosi $T_{1x}=0,9838 \text{ s}$ a u y-pravcu $T_{2y}=0,9693 \text{ s}$. Ukupna seizmička sila iznosi $6093,3 \text{ kN}$. Kao primjer statičkog proračuna, na slici tri je prikazana anvelopa momenata savijanja, u ramu V-4, od programski formiranih graničnih kombinacija uticaja koje su mjerodavne za dimenzioniranje presjeka (ukupno 143 kombinacije).



Slika 4. Anvelopa graničnih momenata savijanja

5. DIMENZIONISANJE KONSTRUKCIJE

Dimenzionisanje elemenata vršeno je prema PBAB'87 i poštujući specifične zahtjeve za aseizmičko projektovanje. Programski je određena potrebna količina armature na osnovu mjerodavne granične kombinacije uticaja, koju takođe program sam pronalazi. Na osnovu toga usvojena je armatura u presjecima vodeći računa o minimalnim procentima armiranja za svaki specifični element po na osob. Grede su dimenzionisane prema graničnim momentima savijanja i transverzalnim silama. Momenti savijanja dali su podužnu armaturu u zategnutoj zoni presjeka, a na osnovu transverzalnih sila određena je poprečna armatura-uzengije. Osim minimalno potrebne u gredama je nad osloncima, količina pritisnute armature usvajana kao polovina potrebne površine zategnute armature, u cilju povećanja duktilnosti pritisnute zone presjeka.

Razmak uzengija na dužini od $0,2$ raspona je sa 20 cm usvajan na 10 cm . Nastavljanje, sidrenje i oblikovanje armature rađeno je u svemu prema pravilniku. Stubovi su sračunati i dimenzionisani kao simetrično armirani elementi ($A_{a1}=A_{a2}$) prema graničnim momentima savijanja, normalnim i transverzalnim silama.

Minimalni procenat armiranja stubova približno je oko $0,8\%$. I kod stubova, uzengije su progušćene u zoni potencijalnih plastičnih zglobova, kako bi se obezbjedila veća disipacija unijete kinetičke energije tokom zemljotresa. Usvojene su uzengije na razmaku od $7,5 \text{ cm}$ tokom cijele dužine i propuštene su kroz čvorove okvira. Kontrolisan je i nivo aksijalnog naprezanja u stubovima, koji prema seizmičkim zahtjevima mora da zadovolji sledeći izraz

$N_e/A \leq 0.35\beta_k$, gdje je N_e aksijalna sila usled eksploatacijskih opterećenja, A -površina presjeka, β_k -karakteristična čvrstoća betonske prizme na pritisak. Vođenje armature je vršeno na način da se polovina armature vodi neprekinuto kroz dvije etaže a druga polovina nastavi preklapanjem (bez kuka) iznad tavanice. Zidna platna su dimenzionisana na osnovu graničnih momenta savijanja, normalnih i transverzalnih sila u kritičnim presjecima. U presjecima gdje nije bila potrebna računska, 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 po nešto strožijem kriterijumu $N_e/A \leq 0.20\beta_k$. Krstasto armirane ploče dimenzionisane su na osnovu graničnih momenata savijanja u oba ortogonalna pravca. Kod temeljne ploče izvršena je kontrola ploče na probijanje stubova. Temeljna ploča je svojom debljinom zadovoljila uslove, i ni u jednom preseku nije prekoračen smičući napon ali je u pojedinim presjecima dobijena dodatna armatura za obezbjeđenje od probijanja. U sklopu dimenzionisanja provjereni su naponi u tlu kao i pomjeranje konstrukcije usled vjetrova i seizmičkih sila pri čemu su proračunske vrijednosti ostale u dozvoljenim granicama.

6. UPOREDNI PRIKAZ METODA ZA SEIZMIČKI PRORAČUN KONSTRUKCIJA

U ovom dijelu rada daje se uporedna analiza rezultata dobijenih različitim metodama za seizmički proračun, na primjeru zadate konstrukcije. Metode koje su uzete u obzir su: metoda ekvivalentnog statičkog opterećenja prema našem pravilniku (YU'81 ESO), metoda modalne superpozicije kombinovana sa spektrom odgovora ili spektralna analiza prema našim propisima (YU'95 SMA) i spektralna analiza prema Evrokodu 8 (EC 8 SMA). Analizirani su uticaji na nivou konstrukcije-pomjeranja etaža, ukupne seizmičke sile, maksimalna međuspratna pomjeranja i na nivou presjeka zida za ukućenje-momenti savijanja i max. količina armature. Naime, konstrukcija samo za slabe i umjerene zemljotrese ostaju u elastičnom području, dok za nešto veći intezitet zemljotresa prelazak u nelinearno područje i pojava prslina u betonu je neminovna. Pojava prslina smanjuje krutost konstrukcije što često (ne i nužno) dovodi do povećanja horizontalnih pomjeranja objekta. Ne uzimanje u obzir isprskalosti betona može dovesti do podcjenjene procjene pomjeranja. Pravilnik YU'81 ne obuhvata ovu problematiku, dok EC 8 nalaže [4.3.1 (7)] da se pri proračunu pomjeranja uzme u obzir efektivna krutost elemenata k_{ef} koja odgovara krutosti pri prvoj plastifikaciji armature. Ako se proračun ove krutosti ne vrši putem nelinearne statičke 'pushover' metode, evropski standard dozvoljava da se efektivne uzmu kao polovina inicijalne krutosti. Za potrebe proračuna usvojeno je više različitih modela u zavisnosti od primjenjene metode seizmičkog proračuna i početne k_0 odnosno efektivne krutosti k_{ef} (EC 8 SMA_{red}). Konstrukcija je proračunata i modalnom analizom koristeći modificovani spektar odgovora dobijen skaliranjem vrijednosti koeficijenta k_d sa $g=9.81$, koji je dat pravilnikom iz '81 godine (YU'81 SMA*). Da bi se izbjegla eksplicitna nelinearna analiza, procjena nelinearnih efekata na uticaje sračunate u skladu sa našim pravilnikom vrši se sa faktorom redukcije R^* , koji se prema preporukama [1]

uzima kao prosječni faktor duktilnosti $R=5$ za sve AB konstrukcije, ili se sračunava na sledećem izrazu [3]:

$$R^* = \frac{\alpha_g \cdot \beta}{\gamma \cdot K}$$

gdje je:

α_g - maksimalno ubrzanje tla, β - faktor amplifikacije

ubrzanja tla (uzima se 2.5), γ - parcijalni koeficijent sigurnosti za AB konstrukcije uzet je u iznosu $\gamma=1.3$

K - ukupni seizmički koeficijent. U ovom slučaju on iznosi:

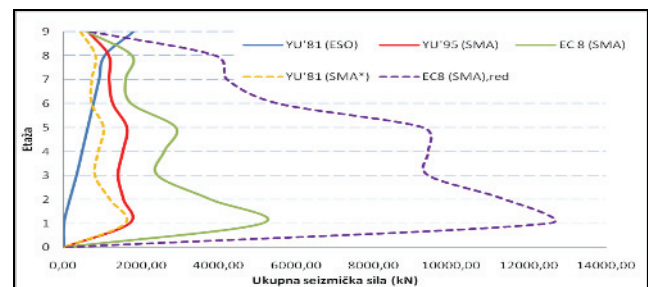
$$\alpha_g = 0.4$$

$$K = 1 \cdot 0.712 \cdot 0.1 \cdot 1 = 0.0712$$

$$R^* = \frac{\alpha_g \cdot \beta}{\gamma \cdot K} = \frac{0.4 \cdot 2.5}{1.3 \cdot 0.0712} = 10.80$$

Činjenicu da raspoloživa duktilnost pomjeranja realnih konstrukcija zavisi od raspoložive duktilnosti krivina presjeka elemenata kao i konstrukcijskog sistema, EC8 uvažava definisanjem promjenljive vrijednosti faktora redukcije opterećenja R , koji se u EC8 naziva faktor ponašanja q . Vrijednost faktora ponašanja za datu konstrukciju iznosi $q=3.6$.

Rezultati proračuna dati su sledećim dijagramima i tabelama:



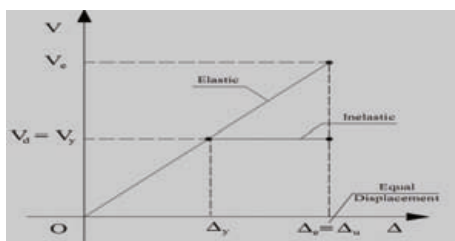
Slika 4. Intezitet i raspored sila po etažama x-pravac

Kao što se može vidjeti, projektno seizmičko opterećenje prema EC 8 je ≈ 3.7 puta veće nego prema YU'81, što je u skladu i sa [4]. Podatak da je ukupna seizmička sila dobijena putem YU'81 (ESO) manja od sile izračunate prema YU'81 (SMA) ($\Delta=34.3\%$) ukazuje na to da su viši tonovi i torzioni efekti imali izražen uticaj međutim dalja analiza je pokazala konzervativnost u korist ESO metode.

Tabela 1. Uporedne vrijednosti seizmičkih sila

	YU'81 (SMA*)	YU'95 (SMA)	EC 8 (SMA)
YU'81 (ESO)-X	+34.3%	+97.6%	+269.8%
YU'81 (ESO)-Y	+36.4%	+105.2%	+269.7%

Za proračun uobičajenih konstrukcija u praksi se najčešće upotrebljava približna metoda faktora duktiliteta koja bazira na standardnoj elastičnoj analizi sa redukovanim seizmičkim opterećenjem. Analizirana konstrukcija može se svrstati u red zgrada srednje i male krutosti sa osnovnim periodom između $0.5 \leq T \leq 1.0$ sekunde. Kod ovakvih zgrada maksimalna pomjeranja kod elastičnog i kod neelastičnog ponašanja konstrukcije približno su jednaka. To praktično znači da su maksimalna pomjeranja nezavisna od nosivosti konstrukcije.



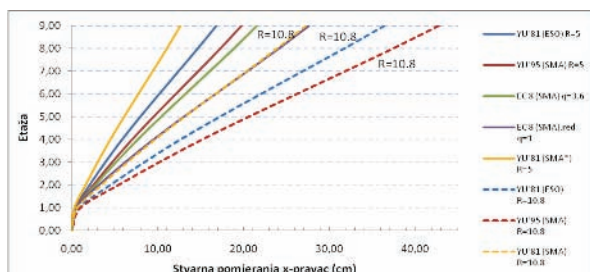
Slika 5. Koncept jednakih pomjeranja

Rezultat elastične analize sa opterećenjem $V_d = V_y$ tj. projektom seizmičkim opterećenjem je pomjeranje Δ_y koje predstavlja proračunsko pomjeranje. Pomjeranja, dobijena elastičnom analizom sa seizmičkim silama pop propisima treba pomnožiti sa faktorom redukcije $R = V_e/V_d = \Delta_e/\Delta_d$ seizmičkih sila da bi dobili procjenu stvarnih pomjeranja. Bez obzira na konceptualne, kao i razlike u detaljima, nivo ukupnog projektog seizmičkog opterećenja prema EC8 i YU81 je upoređljiva veličina. Njegovim upoređivanjem, prema konceptu jednakih pomjeranja, dobija se ekvivalentna vrijednost faktora ponašanja q ugrađenog u YU propise. Za potrebe ove analize, konstrukcija je proračunata na elastičan odgovor $q=1$ prema EC 8 (SMA). Izračunate vrijednosti tako dobijenog faktora ponašanja date su u tabeli 2.

Tabela 2. Ekvivalentni faktor ponašanja

	YU'81 (ESO)	YU'81 (SMA*)	YU'95 (SMA)
ekviv. q	11.93	8.88	6.03

Kao referentne vrijednosti momenta savijanja M , transverzalne sile T , i potrebne količine armature A_a uzete su vrijednosti iz presjeka 1-1 na mjestu spoja AB zida za ukrućenje i podrumskih zidova.



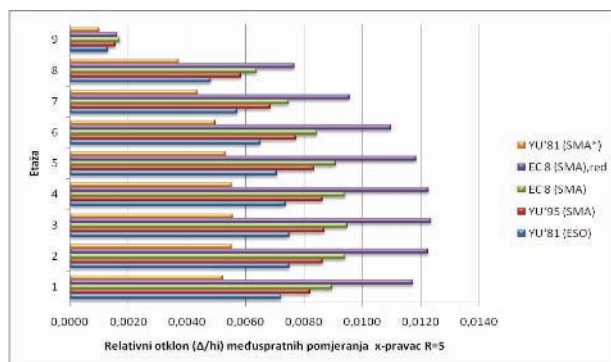
Slika 6. Stvarna pomjeranja vrha zgrade

Tabela 3. Uporedne vrijednosti pomjeranja

R=5	YU'81 (SMA*)	YU'95 (SMA)	EC 8 (SMA)	EC 8 (SMA)red
YU'81 (ESO)-X	-	+17.40%	+28.00%	+64.07%
YU'81 (ESO)-Y	-	+21.67%	+33.58%	-57.75%

Tabela 4. Vrijednost $M.T.A_a$ u presjeku 1-1

	YU'81 (ESO)	YU'81 (SMA*)	YU'95 (SMA)	EC 8 (SMA)
M (kNm)	18092.04	13777.33	21645.15	33322.30
T (kN)	1407.04	1153.60	1818.20	3110.90
Aa (cm ²)	Aa1/Aa2 = 55,24	Aa1/Aa2 = 34.97	Aa1/Aa2 = 76.33	Aa1/Aa2 = 95.29
	Aav/Aah = 5,0/4,4	Aav/Aah = 3,7/3,6	Aav/Aah = 5,2/5,6	Aav/Aah = 5,2/6,7



Slika 7. Relativni otklon međuspratnih pomjeranja

7. ZAKLJUČAK

Iz navedene analize se može konstatovati da metodama seizmičke analize koje su primjenjuju po našim propisima konstrukcije se projektuju na niži nivo projektog opterećenja u poređenju sa EC 8. Niži nivo projektog opterećenja prema YU'81 svakako da podrazumjeva obezbjeđenje visoke duktilnosti konstrukcije, više nego prema EC 8. U slučaju konstrukcija koje realno mogu da razviju visoku duktilnost ($q=5-10$), za niže projektno opterećenje prema YU'81 posledice su nešto veći iznos post-elastičnih deformacija, samim tim i oštećenja u zoni "plastičnih zglobova".

8. LITERATURA

- [1] Aničić D., Fajfar P., Petrović B., Szavits-Nossan A., Tomažević M.: "Zemljotresno inženjerstvo – visokogradnja", Građevinska knjiga, Beograd, 1990.
- [2] "EN 1998-1 – Eurocode 8: Design of Structures for Earthquake Resistance, Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings", European Committee for Standardization, Brussels, December 2004.
- [3] Ladinović Đ., Folić R.: "Analiza konstrukcija zgrada na zemljotresna dejstva". Časopis "Materijali i konstrukcije" br. 3-4, JUDIMK, Beograd, 2004, str. 31-64
- [4] V. Alendar: "Projektovanje seizmički otpornih armanobetonkih konstrukcija kroz primere" Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Institut za materijale i konstrukcije, Beograd, novembar 2004.

Kratka biografija:



Boško Ivanović rođen je u Foči 1986. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstva – Konstrukcije odbranio je 2009. god.

PRIMENA FEROCEMENTA NA PROJEKTOVANJE PROIZVODNIH HALA

APPLICATION OF FERROCEMENT ON PRODUCTION HALLS DESIGN

Duška Ogrizović, Đorđe Ladinović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu prikazani su tehnički opis, analiza opterećenja i opis proračuna konstrukcije kao ključni delovi projekta ferrocementne proizvodne hale. Takođe je obrađena tema o specifičnostima materijala i tehnologije izvođenja.

Abstract – In this paper technical description, structural analysis and part of dimensioning as key parts of ferrocement halls design are shown. The topic about technology and performance of this structures is presented.

Ključne reči: Ferrocement, proizvodna hala, prefabrika-cija, analiza opterećenja.

1. UVOD

Beton je najrasprostranjeniji materijal napravljen ljudskom rukom na čitavoj planeti. Od 2005. godine proizvodi se šest milijardi kubnih metara godišnje, što je gotovo kubni metar po glavi stanovnika planete. Industrija betona ima obrt od 35 milijardi dolara i zapošljava oko dva miliona radnika samo u SAD. U Kini se trenutno utroši 40% svetske potrošnje cementa, odnosno betona.

Razvojem tehnologije, uz razna istraživanja, neprestano se pojačavala potreba za napretkom i usavršavanjem uporedo sa visokim zahtevima koje sve više nameće savremeno konstrukterstvo. Uvek iznova traže se novi načini za poboljšanjem kvaliteta i prednosti uz istovremeno ublažavanje nedostataka i njihovo potencijalno otklanjanje.

Materijali poboljšanih karakteristika koriste se za građenje novih konstrukcija doprinoseći kvalitetu koji već zadovoljava sve osnovne zahteve vezane za nosivost i funkcionalnost.



Slika 1. Aero snimak gotove hale

NAPOMENA.

Ovaj rad je proistekao iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio prof.dr Đorđe Ladinović.

2. MATERIJALI

Danas, više nego ikada pre, svoj udeo u industriji betona imaju posebni betoni – izrađeni po specijalnim sistemima ugradnje i receptima sa dodatkom aditiva koji bi trebalo da betonu obezbede najoptimalnije osobine za svaki od specifičnih slučajeva upotrebe.

Pri gradnji istog objekta, mogu se istovremeno koristiti i kombinovati materijali različitih karakteristika koje se međusobno nadopunjavaju.

Takvu jednu kompoziciju realizuju - ferrocement i simpro-lit.

2.1. Ferrocement

Ferrocement je atraktivan građevinski materijal, širokih mogućnosti upotrebe i poželjnih fizičko-mehaničkih svojstava. Načinjen je od portland cementnog maltera i više slojeva finih mreža. Mreže su najčešće od čeličnih žica, a izrađuju se još od polipropilena, jute, vlaknaca bambusa i konoplje.

Razlikuje se od konvencionalnog armiranog betona uglavnom po načinu armiranja i upotrebi samo sitnih frakcija agregata za izradu maltera, što mu daje bitno drugačija svojstva i mogućnosti primene.

Ugrađena armatura vrlo se lako savija u finalni oblik, pa se ferrocement može upotrebljavati za izradu zakrivljenih ploča raznovrsnih oblika i namena. Tako se izvode ljuskaste konstrukcije – veoma tanki a samim tim i lakši elementi visokih mehaničkih karakteristika (preuzeto iz [1] gde su detaljno opisane sve osobine materijala).

Kao takav, uz mnoge druge kvalitete, ovaj materijal ima tendenciju sve šire i masovnije primene u oblasti građevinskog konstrukterstva.

Osobine koje se posebno izdvajaju:

- Čvrstoća
- Žilavost
- Vodonepropusnost
- Trajnost
- Otpornost na spoljne uticaje

2.2. Simprolit

Simprolit® – patentirani polistirolbeton predstavlja vrstu lakog betona na bazi agregata od ekspaniranih granula polistirola - stiropora. Dakle, pored toga, u sastav mu ulaze: portland cement, voda i posebni aditivi.

Ono što Simprolit izdvaja u okviru grupe polistirolbetona kojoj pripada je njegova izuzetno mala težina i malo upijanje vode iz okolne sredine - putem apsorpcije i kapilarnog penjanja, visoka otpornost na mraz, postojanost fizičko-mehaničkih karakteristika bez obzira na procenat sadržaja vlage u njemu i optimalna korelacija između čvrstoće i toplotne provodljivosti.

Simplolit polistirolbeton je negoriv materijal, klase gorivosti NG (negoriv). Zavisno od projektovanog i primenjenog tipa dodatnih termoizolacionih uložaka, konstrukcije od Simplolita mogu imati grupu gorivosti od G1 (slabo gorivi) do NG.

Dalje, Simplolit ima najpovoljniji koeficijent odnosa čvrstoće, otpornosti na vlagu kao i dugovečnosti prema termoizolacionim karakteristikama među analogima.

Zahvaljujući pre svega svojim izuzetnim termo-fizičkim i fizičko-mehaničkim karakteristikama, svoju primenu nalazi svuda gde su one, zatim lakoća konstrukcije, otpornost na vlagu, mraz, požar, površinska čvrstoća i dugovečnost opredeljujući faktori u izboru materijala. U odnosu na analoge iz klase lakih betona, kao i u odnosu na konstrukcije sa standardnim izolatorima u tablama (mineralna vuna, stiropor, stirodur i dr.), Simplolit se vidno izdvaja svojim optimalnim karakteristikama.

3. FEROCEMENTNI OBJEKTI I TEHNOLOGIJA IZGRADNJE



Slika 2. Unutrašnjost hale – lukovi i podužne grede

Pored toga što se pri projektovanju hala koristi ferocement koji je male težine, i Simplolit sa svojim termoizolacionim karakteristikama; usvojen je lučni sistem kao statički sistem konstrukcije.

Primena posebnih betona je novina ali ekonomičnost lukova kao elemenata betonskih konstrukcija je činjenica (detaljno opisano u [2]) koja je iskorištena kako bi se dodatno povećao kvalitet i racionalnost konstrukcije. Uz to objekti su montažni sa prednostima koje im to donosi. Kao što je poznato, prefabrikacija omogućava da se elementi konstrukcije izrađuju u zatvorenom prostoru; samim tim - tokom cele godine i uz obezbeđenje kontrolisanog zadanog kvaliteta. Praktično ne postoji ograničavajuća sezona uobičajena u građevinarstvu što omogućava bolje iskorištenje radne snage.



Slika 3. Priprema ferocementnog elementa za izlivanje

Osim toga, izrađeni elementi su istog, ujednačenog kvaliteta a to utiče na znatno brži rad na samom gradilištu.

Paralelizacija i optimizacija poslova, smanjenje troškova i povećanje produktivnosti su značajni faktori kada se govori o prafabrikaciji.

Ipak, tehnologija koja se primenjuje kod ovih objekata, suštinski se razlikuje od svih drugih poznatih tehnologija montažnih građevinskih elemenata. Bez obzira radi li se o čeliku, betonu ili drvetu, svuda se prefabrike noseći elementi odnosno: stubovi, grede, eventualno lukovi koji su često vanstandardnih gabarita pa je transport problematičan, skup i složen. Kada se transportuju na mesto gradnje, montiraju se, a ispunja se formira na licu mesta.

Međutim, ova tehnologija je suprotna. Na mesto gradnje se dovoze gotove ferocementne korube koje se montiraju kao ispunja a noseća konstrukcija se izvodi u klasičnom betonu na gradilištu.

3.1. Prefabrikovani ferocementni elementi

U toku razrade ideje, definisani su osnovni ciljevi koje razvijeno rešenje mora da ispuni – jednostavna i brza izrada, da elementi budu što lakši i da ima što manje različitih elemenata, zatim da se elementi brzo i jeftino transportuju do mesta ugradnje i da se lako i jednostavno ugrađuju.

Na osnovu tih zahteva za serijsku proizvodnju su usvojeni elementi površine 1,8 x 3,8 m, debljine 13,0 cm i mase od oko 1300 kg.

Finalni proizvod spreman za ugradnju je orebren i izrađen kao „sendvič“ više materijala. Osnova elementa (koruba) izrađena je od ferocementa i čini njegovu konstruktivnu bazu na koju se postavlja termoizolacioni i ujedno protivpožarni završni sloj izrađen od Simplolita i to tokom same izrade (izlivanja) elementa.

Opisanim postupkom dobijaju se elementi visoke čvrstoće i izuzetnih termoizolacionih karakteristika zahvaljujući primeni kombinacije ova dva materijala i njihovom zajedničkom radu.

Dimenzije FC (ferocementnih) elemenata nisu slučajno odabrane već im je poklonjena posebna pažnja da bi se uklopile u sve pojedinačne procese koje element u prefabrikaciji, ali i kasnije, pri transportu i ugradnji, mora da prođe.

Uslovljene su i dimenzijom kalupa koji se opet rade po dimenziji čoveka koji ih opslužuje. Ukratko, sve je na dohvata ruke.

Takođe, vodilo se računa i o tome da dimenzije elemenata pogoduju standardnim transportnim sredstvima. Slažu se u pakete (od po 6 kom. po visini) a potom se 3 paketa postavljaju na šleper standardnih dimenzija i nosivosti. Ovakvim transportom omogućeno je da se u javnom prevozu prenesu elementi dovoljni za oko 90 m² osnove hale rapona 17,0 m. Za utovar elementa potrebno je standardno sredstvo – auto dizalica ili viljuškar.

Nad FC elementima je vršeno ispitivanje pod opterećenjem od 600 kg/m² pri čemu su se oni ponašali više nego zadovoljavajuće, pokazujući svega 25% dozvoljenog ugiba što otvara nove mogućnosti primene samih elemenata – poput međuspratnih tavanica ali i za objekte sa većim opterećenjem poput biblioteka.

3.1. Montaža i monolitizacija

Dovoženjem na gradilište elementi se montiraju na posebnu čeličnu lučnu skelu raspona 17,0 m koja ima funkciju određivanja budućeg objekta ali istovremeno služi i kao skela radnicima pri montaži elemenata.



Slika 4. Montaža elemenata pomoću čelične lučne skele

Montaža se vrši jednostavnim slaganjem 14 elemenata po luku, koji se međusobno vezuju građevinskim lepkom a spojevi između segmenata (na svaka 4 metra po dužini objekta) se armiraju i zatvaraju oplatom. Ovaj sistem omogućava paralelno izvođenje dve strane objekta (dva tima ljudi mogu da postavljaju elemente s obe strane objekta susrećući se na vrhu) čime se dobija na brzini izgradnje.

Naizmeničnim slaganjem (zidanjem) elemenata sa jedne i druge strane uz međusobni razmak koji se armira, šaluje i zaliva betonom formiraju se AB poligonalni lukovi kao noseća konstrukcija hale u koji je uključena armatura podužnih AB greda koje su sastavni deo elemenata i daju im čvrstoću. Ovde treba skrenuti pažnju na još jednu specifičnost primenjene tehnologije: prefabrikovani elementi su ispunjeni a tek u fazi monolitizacije formiraju se glavni noseći elementi što je suprotnost u odnosu na klasičnu metodu korištenu kod montažnih betonskih konstrukcija. Po očvršćavanju betona u lukovima, čelična lučna konstrukcija se demontira i koristi za podupiranje narednih elemenata.

Formiranjem AB lukova dobija se stabilan objekat otporan na horizontalne uticaje.

Montažom elemenata i njihovom monolitizacijom završava se ceo proces izgradnje noseće konstrukcije objekta.

Nakon montaže sledi izgradnja zidova na ulazu i izlazu iz hale. Kao osnovni materijal koriste se simplolit blokovi ojačani AB gredama i stubovima. Oni predstavljaju nezavisnu konstrukciju čija je namena zatvaranje prostora i kao takvi se odvojeno modeliraju i proračunavaju.

Ovde dolazi do izražaja dodatna inovacija koja predstavlja još jednu od specifičnosti ove tehnologije a kojom je predviđeno potpuno razdvajanje statičkog nosećeg od pregradnog sistema. Noseća konstrukcija projektuje se i izvodi nezavisno od potreba buduće hale – njena namena direktno određuje način pregrađivanja ili eventualnog etažiranja što je sve moguće i izvodivo. Naravno, obzirom da pregradni sistem i raspored unutrašnjih zidova i tavanica ni na koji način ne mogu

ugroziti stabilnost objekta, moguća je i promena njegove namene ako se u budućnosti ukaže potreba za tim.

4. PROJEKAT FEROCEMENTNE PROIZVODNE HALE

4.1. Tehnički opis

Hala je lučnog poprečnog preseka raspona 15,99 m (unutrašnji prečnik) i dužine 4,0 x 14,0 = 56,0 m.

Konstrukcija se sastoji od gotovih montažnih ferocementnih koruba koje pripadaju proizvodnom programu kompanije „Milinkovic Company“, armirano betonskih lukova i podužnih greda.

Korišteni materijali su beton marke MB30, rebrasta armatura RA 400/500 i mrežasta MAR 500/560 kao sastavni deo prefabrikovanih ferocementnih elemenata. Hala je fundirana na trakastim temeljima širine 115 cm. Obzirom da su temelji već ranije bili urađeni, usvojen je statički sistem dvozglobnog luka sa zategom. Na ovaj način temelji se centrično opterećuju i naponi na tlo ne prelaze 90 kN/m². Podna ploča je takođe urađena pre izrade hale.

AB lukovi su trapeznog poprečnog preseka, visine 50 cm i sastoje se od po 14 poligonalnih segmenata približavajući se svojim oblikom obliku luka.

Ovde je potrebno naglasiti da se ferocementni elementi koriste kao ispuna i direktno utiču na masu objekta. Međutim, noseća konstrukcija koju čine lukovi i podužne grede se radi od klasičnog armiranog betona.

Lukova je ukupno 15 postavljenih na međusobnom rastojanju od po 4,0 m.

O podužne grede na visini H= 5,0 m, okačeni su nosači kranskih staza od ose 2 do ose 14 (odnosno, od drugog do četrnaestog luka po dužini hale).

Montaža i betoniranje lučne konstrukcije daju se posebnim projektom tehnologije i montaže.

Sama hala je nezavisna konstrukcija u odnosu na sve ostale konstrukcije u gabaritu hale.

Zidovi hale čija funkcija je zatvaranje objekta su rađeni kao nezavisne konstrukcije jer se rade od Simplolit blokova koji se zidaju na licu mesta a šupljine blokova se ispunjavaju betonom. Ovi zidovi se rade sa nezavisnim temeljima u odnosu na temelje hale. Obzirom da je ta unutrašnja konstrukcija od simplolit blokova i simplolit tavanica, ona je izuzetno laka, te su dimenzije temelja velike u odnosu na temelje nosećeg dela konstrukcije (da bi se sprečila opasnost od preturanja konstrukcije usled dejstva vetra). Ove ramove (zidove) treba shvatiti kao autostabilne u odnosu na halu. Kod ulaznog rama naponi u tlu su do 60 kN/m², a kod zadnje strane do 100 kN/m².

4.2. Analiza opterećenja

Analiza opterećenja koja deluju na objekat vršena je prema standardima [3] za sledeća opterećenja:

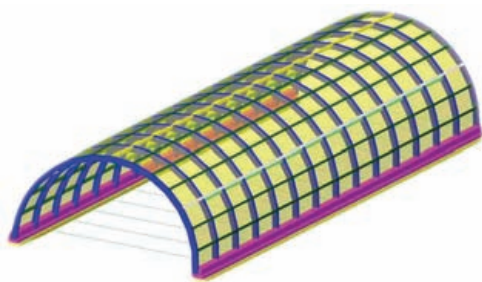
- Stalno opterećenje
- Opterećenje snegom
- Opterećenje vetrom
- Opterećenje od kрана
- Seizmičko opterećenje

4.4. Statički i seizmički proračun

Proračun konstrukcije sproveden je uz pomoć specijalizovanog softvera za statičku i dinamičku analizu "TOWER - 6", primenom metode konačnih elemenata. Konstruktivni elementi, geometrija, stalno i pokretno opterećenje definisani su tako da se proračunski model što više približi stvarnim osobinama i stanjima objekta. Glavni konstruktivni sistem hale je skeletni sistem koji se sastoji od 15 armiranobetonskih ramova povezanih podužnim gredama.

Ramovi su statičkog sistema dvozglobnih lukova sa zategama raspona 17,0 m i strele 8,5 m na sredini preseka. Prefabrikovanu ispunu čine ferocementne korube dimenzija 1,8 x 3,8 m čija rebra međusobno, svojim spoljašnjim površinama obrazuju formu podužnih nosećih greda. U proračun se uzimaju sa svojom sopstvenom težinom koja je zahvaljujući karakteristikama ferocementa mala a objektu obezbeđuju neophodnu krutost i stabilnost u skladu sa svim propisanim zahtevima i normama. Zatege imaju funkciju da prihvatanja horizontalnih oslonačkih sila da bi rasteretile temeljne trake koje su prethodno postojale.

Kako je predviđeno idejnim rešenjem, rađeni su odvojeni modeli: jedan glavne noseće konstrukcije od ferocementa i dva za svaki od ramova – prednji i zadnji, od Simprolita. Dimenzionisanje svih elemenata hale rađeno je na način kako je to dato u Pravilniku BAB 87 [4] .



Slika 5. Troidimenzionalni prikaz hale

5. LITERATURA:

- 1] Antoine E. Naaman – „Ferrocement & laminated Cementitious Composites“
- [2] Radosavljević Ž - „Armirani beton 3 – elementi armiranobetonskih konstrukcija“; Građevinska knjiga, Beograd
- [3] “Zbirka Jugoslovenskih pravilnika i standarda za građevinske konstrukcije” – Knjiga 1 – Dejstva na konstrukcije – Beograd 1995.
- [4] „Beton i armirani beton prema BAB87 – Osnove proračuna i konstruisanja“, Univerzitetska štampa, Beograd, 2000.

Kratka biografija:



Duška Ogrizović rođena je u Vukovaru 1980. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstva – Betonske konstrukcije odbranila je 2009.god.



Dordje Ladinović rođen je 1956. god. u Šidu, doktorsku disertaciju odbranio 2002. na Fakultetu tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu na kojem je od 2004. godine šef Katedre za materijale i konstrukcije. Bavi se statičkom i dinamičkom analizom građevinskih konstrukcija.

PROJEKAT SANACIJE REAKTORA U SKLOPU TE-TO NOVI SAD

REPAIR OF THE REACTOR OF THE THERMAL POWER STATION IN NOVI SAD

Milena Milošević, Vlastimir Radonjanin, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – U radu su prikazani defekti i oštećenja koji su registrovani prilikom vizuelnog pregleda objekta. Na osnovu analize uočenih oštećenja, data je ocena stanja i predlog sanacionih radova radi produžetka životnog veka konstrukcije.

U drugom delu rada dat je projekat ojačanja konstrukcije na osnovu urađenog kontrolnog proračuna.

Abstract – This paper shows defects and damages registered during visual inspection of object. Based on the analysis of detected defects and damages, the assesment of current condition is given together with the suggestion for the repair in purpose of prolonging the structure lifetime.

In the second part of the paper strengthening of this structure, based on control calculation is given.

Ključne reči: AB rezervoar, defekti, oštećenja, sanacija, pojačanje

1. UVOD

Termoelektrana-toplana, TE-TO Novi Sad je energetski objekat za kombinovanu proizvodnju električne energije, tehnološke pare i toplotne energije. Smeštena je na levoj obali Dunava, 1km nizvodno od ušća kanala DTD u Dunav i prostire se na površini od 35 ha.

U sistemu hemijske pripreme vode predviđen je reaktor sastavljen od rezervoara u obliku kružnog betonskog cilindra i bazena vertikalnih zidova.

1.1. Opis objekta

Reaktor, koji se nalazi u sistemu hemijske pripreme vode, sastoji se iz rezervoara cilindričnog oblika i prelivnog bazena vertikalnih zidova. Betonski cilindar Ø17.0 metara, sastavljen je od dva cilindra, gornjeg i donjeg, međusobno kruto vezanim.

Zidovi donjeg cilindra su debljine 40cm a gornjeg 25cm. Cilindrični rezervoar fundiran je na kružnom prstenu.

Pravougaoni bazen, koji je dilatacionom spojnicom povezan sa cilindričnim rezervoarom je vertikalnih zidova kontinualno promenljive širine po visini $d=20-60\text{cm}$

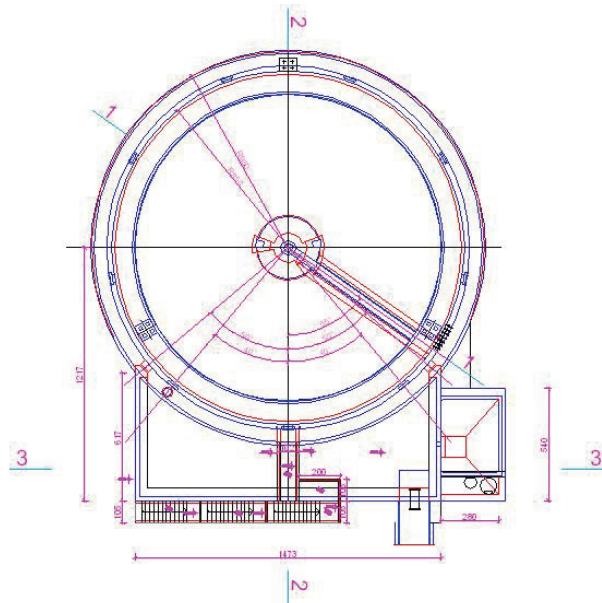
Zidovi bazena su fundirani na temeljnoj ploči.

Za betoniranje predmetnog objekta je korišćen vodonepropusni beton marke MB40, a armiran je rebrastom armaturom RA400/500. Na slici 1 dat je izgled spoljašnjosti reaktora, a na slikama 2 i 3 osnova i presek reaktora.

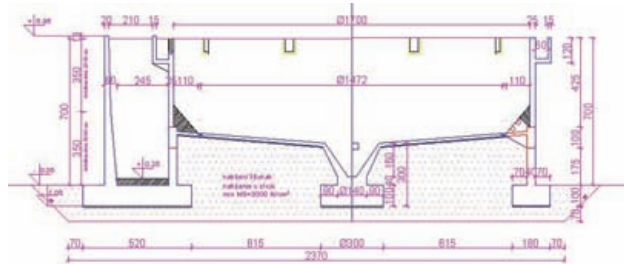


Slika 1. Izgled spoljašnjosti reaktora

Radius cilindričnog rezervoara je $R=8.50\text{m}$ a visina $H=7.0\text{m}$. Prelivni bazen je pravougaone osnove sa dužinama zidova 14.7m i 5.75m i visina $H=7.0\text{m}$.



Slika 2. Osnova reaktora



Slika 3. Presek kroz reaktor

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio prof. dr Vlastimir Radonjanin.

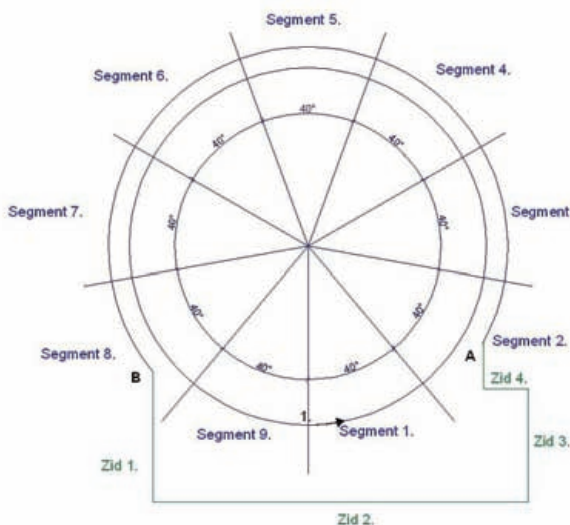
2. PROCENA STANJA KONSTRUKCIJE

Ova faza obuhvatila je prikupljanje postojeće projektne tehničke dokumentacije i upoznavanje sa objektom, a zatim terenski rad, snimanje i ucrtavanje postojećih defekata i oštećenja.

2.1. Detaljan vizuelni pregled rezervoara

Detaljnim vizuelnim pregledom obuhvaćena je spoljašnjost objekta kao i unutrašnjost radi registrovanja karakterističnih defekata i oštećenja koji bi mogli narušiti funkcionalnost ili nosivost objekta.

Radi jednostavnije orijentacije i klasifikacije oštećenja, reaktor je podeljen u segmente počevši od tačke 1 na svakih 40° u smeru suprotnom kazaljke na satu (Sl. 4.) i napravljena je mreža 1x1m na kojoj su ta oštećenja ucrtana (Sl. 8.)



Slika 4. Šema segmenata reaktora

Detaljnim vizuelnim pregledom objekta uočeni su sledeći defekti: šupljikava površina betona, nedovoljna debljina zaštitnog sloja betona i loše izvedeni prekidi i nastavci betoniranja; kao i oštećenja: ljuskanje i otpadanje površinskog sloja betona usled korozije armature, ispiranje kreča, prsline i pukotine i procurivanje na mestu dilatacione spojnice. U prethodnom periodu na objektu su vršene pojedine popravke: popravke na mestu prekida i nastavka betoniranja i injektiranje prsline nastalih nakon 20-ak dana od izgradnje objekta. Na slikama 5, 6 i 7 prikazana su gore navedena oštećenja i prethodno urađene popravke.



Sl. 5. Procurivanje na mestu dilatacije

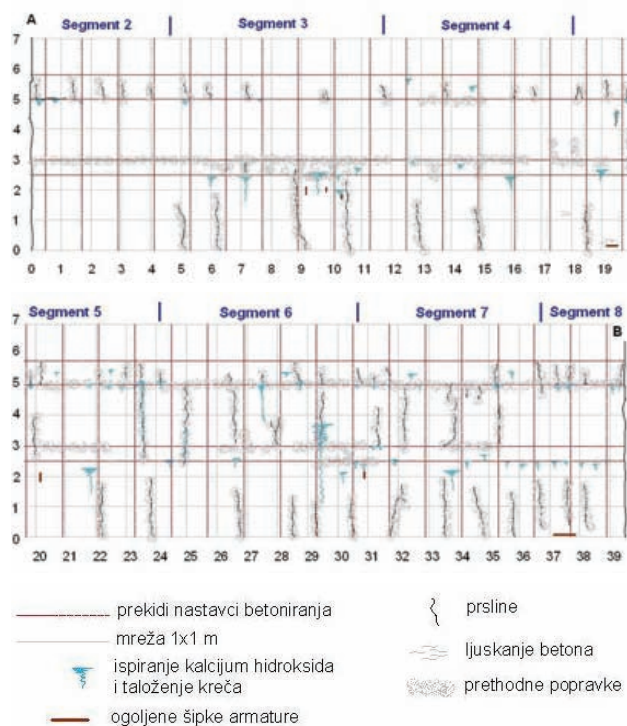


Sl. 6. Novonastala prsline na mestu injektiranja



Slika 7. Ispiranje kalcijum-hidroksida (1); sanirane prsline (2) i popravke na mestu prekida i nastavka betoniranja (3) na pojasu segmenta 3

Na slici 8 šematski su prikazana sva oštećenja registrovana na objektu.



Slika 8. Šematski prikaz oštećenja sa legendom

2.1. Detaljan vizuelni pregled bazena

Na zidovima bazena kao najdominantnije oštećenje javljaju se ogoljene šipke armature. Usled nedovoljne debljine zaštitnog sloja došlo je do znatne korozije armature. Poprečni presek se vremenom redukovao, a povećana zapremina produkata korozije armature izazvala je odvajanje i otpadanje zaštitnog sloja betona, tako da je sada na površini uočljiva ogoljena armatura i ljuskanje betona (slika 9). Takođe su zastupljena i druga oštećenja: ispiranje kalcijum hidroksida i taloženje kreča i prsline prosečne širine 0.2mm.



Slika 9. Ogoljene šipke armature (1); novonastale prsline (2) i ispiranje $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (3) na zidu bazena

2.3. Analiza trenutnog stanja objekta

Na osnovu analize podataka prikupljenih detaljnim vizuelnim pregledom, nedestruktivnim ispitivanjem i makroskopskim pregledom konstrukcije reaktora u sklopu sektora za hemijsku pripremu vode termoelektrane-toplane na lokaciji Šangaj, zaključeno je:

- Ukupna dužina prsline debljine 0.2mm: 110 m'
- Procurivanje na mestu dilatacije: 14 m'
- Ukupna površina zahvaćena talogom kreča: 3.4 m²
- Ukupna površina ogoljene armature i ljuskanja betona usled korozije: 12.3 m²

2.4. Zaključak o stanju objekta

Sva uočena oštećenja su površinskog karaktera i s obzirom na njihovu veličinu nemaju bitniji uticaj na nosivost konstrukcije kao celine niti ugrožavaju njenu stabilnost.

Iako su oštećenja takvog stepena da ne narušavaju njenu nosivost, njihov kvantitet i karakter neosporno utiču na smanjenje trajnosti, a ujedno i narušavaju funkcionalnost objekta.

Uzimajući u obzir prethodne zaključke potrebno je izvesti određene sanacione radove, kojima bi se sprečilo progresivno povećanje oštećenja, odnosno sprečila dalja destrukcija objekta.

3. KONTROLNI PRORAČUN KONSTRUKCIJE

Pre donošenja odluke o vrsti sanacionih mera urađen je kontrolni proračun konstrukcije. Proračun je urađen u računarskom programu za proračun građevinskih konstrukcija Tower 6.0 i u potpunosti je sproveden prema važećem pravilniku za armiranobetonске konstrukcije "PBAB 87".

Cilj ovog proračuna je bio da se dobije jasna slika o trenutnom stanju konstrukcije i da se dobije odgovor na pitanje da li je potrebno sprovesti dodatne konstrukcijske mere sanacije radi obezbeđenja nosivosti i stabilnosti konstrukcije i produženja njenog životnog veka.

3.1. Analiza opterećenja

Analizirani su sledeći slučajevi opterećenja: stalno opterećenje koje čine sopstvena težina konstrukcije, težina čelične konstrukcije koja nosi motor reaktora i opterećenje od tla unutar reaktora; povremeno

opterećenje, koje čini opterećenje od ode u rezervoaru, opterećenje od vode u bazenu, promena temperature $\Delta=15^\circ$ i opterećenje vetrom. Opterećenje vetrom je analizirano saglasno aktuelnim standardima SRPS U.C7.110, 111 i 112.

3.2. Statički proračun

Konstrukcija objekta je modelirana u programu za analizu konstrukcija Tower 6.0, kao prostorni model. Opterećenja na model su aplicirana kao linijska i površinska, saglasno analizi opterećenja, a posebno za svaki slučaj osnovnog opterećenja. Pri formiranju proračunskog modela korišćena je gusta mreža konačnih elemenata.

3.3. Dimenzionisanje i armiranje elemenata

Pri dimenzionisanju konstrukcije korišćen je beton MB40. Usvajena je rebrasta armatura RA 400/500. Svi elementi su dimenzionisani prema uticajima merodavnih graničnih kombinacija opterećenja.

Izračunate su potrebne površine armature i izvršeno je njihovo upoređivanje sa postojećim količinama armature ugrađene u konstrukciji. Utvrđene su potrebe za ugradnjom dodatne armature i izvršeno je usvajanje dodatnih profila armature. Raspored i načini ugrađivanja dodatne armature su opisani u tački 5.

4. SANACIJA I OJAČANJE OBJEKTA

U ovom delu su ukratko opisani primeri sanacije registrovanih oštećenja. Od sanacionih radova potrebno je injektirati prsline, sanirati svu armaturu zahvaćenu korozijom i sanirati dilatacionu spojnicu.

4.1. Injektiranje prsline epoksidom

Opšta procedura saniranja prsline injektiranjem sastoji se od: čišćenja prsline, zapunjavanje prsline na površini betona, postavljanje ulivnih dizni, injektiranje epoksida i uklanjanje zaprivne mase sa površine betona.

Čišćenjem prsline potrebno je odstraniti svu prljavštinu i nečistoće koje bi mogle narušiti atheziju između starog betona i epoksida za zapunjavanje i injektiranje. Na mestima straih prsline, koje su ranije injektirane, potrebno je odstraniti staru zaptivnu masu struganjem, očistiti okolinu prsline žičanom četkom a zatim komprimovanim vazduhom i samu prslinu.

Prsline se zatim površinski zapunjava epoksidom da bi se sprečilo izlivanje epoksidnog materijala koji se kasnije injektira.

Nakon što je prsline površinski zaptivena, lepe se ravne ulivne dizne. Ovi ravni injektori imaju otvor na vrhu, kroz koji se ubrzgava injekciona masa, i flanšu na donjoj strani, koja se lepi za površinu betona. Masa za injektiranje, koja je po svemu spravljena po uputstvu proizvođača, sada se ubrizgava u injektore kompresorskim pištoljem za zaptivanje. Sa procesom injektiranja se počinje od donjeg, najnižeg injekcionog otvora i ubrizgavanje epoksidnog materijala se ne zaustavlja dok se na prvom višljem injekcionom otvoru ne pojavi injekciona masa. Donji injektor se tada zatvara i nastavlja se proces sve dok se prsline potpuno ne zapuni i dok se ne zatvore sve ulivne dizne.

Nakon završenog injektiranja i isteka vremena potrebnog za očvršćavanje epoksida, uklanjanje se masa koja je korišćena za površinsko zaptivanje.

4.2. Sanacija oštećene armature

Svu armaturu zahvaćenu korozijom potrebno je sanirati. Proces sanacije sastoji se iz više faza:

U prvoj fazi uklanjanja se sav trošan beton iznad šipki armature zahvaćene korozijom. Otklanjanje se vrši lakim čekićem, mase oko 7kg.

Nakon početnog uklanjanja "labavih" delova betona, u drugoj fazi, potkopava se beton oko svih izloženih šipki armature oštećene korozijom. Postupkom podkopavanja treba obezbediti prostor ispod šipki za nesmetano čišćenje i pun obim šipke za dobru prionljivost sa reparaturnim materijalom. Uklanjanje betona vrši se do dela armature koje nije zahvaćeno korozijom i gde postoji dobra athezija između okolnog betona i armature. Dužina dodatno odštemovanog dela, gde je dobra athezija treba da iznosi min 50 mm..

Nakon uklanjanja svog betona oko armature zahvaćene korozijom, pristupa se detaljnom čišćenju armaturnih šipki od korozije i uklanjanje svih njenih trošnih, ljuštenih delova koji bi mogli narušiti vezu između armature i reparaturnog materijala. Uklanjanje korozije se vrši hidromehaničkim putem do metalnog sjaja.

Nakon što je armaturno gvožđe očišćeno od labilne korozije, obezmašćeno i obezprašeno; nanosi se antikorozioni premaz na bazi cementa i polimera

Okolni beton se prajmeriše radi boljeg prijanjanja reparatur maltera za površinu starog betona. Nakon 30-120 min od nanošenja predpremaza, nanosi se reparatur malter, dvokomponentna smesa na cementno-polimernoj osnovi. Reparatur malter se nanosi u slojevima od 1.5 cm špahtlom.

4.3. Sanacija dilatacione spojnice

Na mestu spoja rezervoara i bazena reaktora izvedena je dilataciona spojnica, ispunjena gumenom trakom koja ne dozvoljava curenje vode. Vremenom, traka je izgubila vodonepropusna svojstva i omogućila curenje vode. Sanacija dilatacione spojnice obuhvata uklanjanje stare trake postavljene u dilataciju, čišćenje dilatacije celom dubinom komprimovanim vazduhom tako da se ona potpuno očisti od prašine, nevezanih delova i ostale prljavštine.

Nakon što je spojnica pripremljena, umeće se neoprenska traka. Fuga se zatim, obezbeđuje trajno elastičnim gitom.

5. OJAČANJE KONSTRUKCIJE

Kontrolnim proračunom dobijena je potrebna armatura u svim preseccima. Kako postojeća količina armature ne zadovoljava potrebnu, neophodno je izvršiti ojačanje dodatnim šipkama armature. Za pravilno izvođenje ojačanja neophodno je pripremiti staru betonsku podlogu za novi betonski plašt i pravilno postaviti novu armaturu.

5.1. Priprema zidova za ojačanje

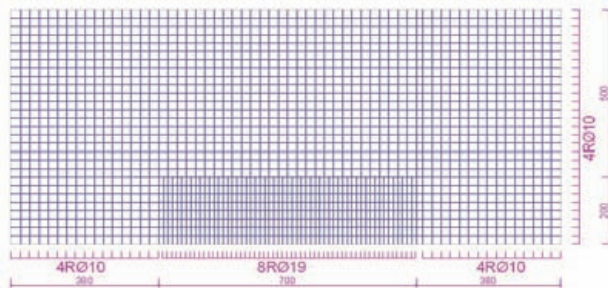
Da bi stari beton imao dobru vezu sa novim, neophodno je:

- spoljnu stranu reaktora dobro očistiti od naslaga kreča,
- sa unutrašnje strane ukloniti stari kiselooprni premaz,
- penetrirane masnoće i nečistoće odstraniti deterdentsima ili drugim preparatima za tu namenu,
- naneti epoksid prajmer u dva sloja tvrdom četkom,

- pri drugom nanosu epoksid prajmera nabacati kvarcno punilo, kako bi se dobila hrapava podloga i bolje prijanjanje nove betonske mase.

5.2. Formiranje armaturnog koša

Dodatna armatura postavlja se u vidu mreže vertikalnih i horizontalnih šipki. Raspored armature zida 2 dat je na slici 10. Položaj vertikalne armature se ostvaruje ankerovanjem u temelj konstrukcije i distancerima u vidu čeličnih pločica 10x10x2. Horizontalna se postavlja preko vertikalne i sa njom povezuje paljenom žicom. Položaj horizontalne armature se obezbeđuje ankerima ubušanim u zid. U ovom slučaju kao anker koristi se armaturno gvožđe Ø12.



Slika 10. Šema dodatne armature zida 2.

5.3. Ugradnja betonskog plašta

Kada je podloga pripremljena za novi beton i armaturni koš formiran, pristupa se ugradnji betona postupkom mokrog torkretiranja.

Za pripremu torkret betona koristi se trofrakcijski agregat sa maksimalnom veličinom zrna 16 mm. Pri spravljanju betona neophodno je dodati hemijske dodatke za kraće vreme vezivanja, povećanje prionljivosti između novog i starog betona i smanjenje odskoka čestica pri torkretiranju betona.

Torkretiranje se vrši u dva sloja u vremenskom razmaku od 24h. Debljina pojedinačnih slojeva iznosi cca 4cm.

6. LITERATURA

- [1] Grupa autora: "Beton i armirani beton" prema BAB 87, knjiga 1 i 2, Univerzitetska štampa, Beograd, 2000.
- [2] Ž. Radosavljević, D. Bajić: "Armirani beton 3", Građevinska knjiga, Beograd, 2007.
- [3] V. Radonjanin, M. Malešev, Materijal sa predavanja iz predmeta "Praćenje, procena stanja i održavanje građevinskih objekata" i "Materijali i tehnike sanacije i zaštite", Novi Sad, 2007.
- [4] K.V.Sahnovski: "Armirano betonske konstrukcije", Građevinska knjiga, Beograd, 1954.

Kratka biografija:



Milena Milošević rođena je u Novom Sadu 1984. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstvo – Procena stanja, održavanje i sanacija građevinskih objekata odbranila je 2010.god.



Vlastimir Radonjanin rođen je u Skoplju 1957. god. 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.

ANALIZA USLOVA ODVIJANJA SAOBRAĆAJA NA BULEVARU VELJKA VLAHOVIĆA U ZRENJANINU

ANALYSIS OF TRAFFIC CONDITIONS ON THE BOULEVARD VELJKO VLAHOVIC IN ZRENJANIN

Branislav Jovanović, Vuk Bogdanović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – SAOBRAĆAJ

Kratak sadržaj – U okviru rada izvršena je analiza uslova odvijanja saobraćaja na Bulevaru Veljka Vlahovića u Zrenjaninu, od ulice Bogdana Teodosina do pešačkog prelaza kod pijace. Posle izvršene analize dat je predlog mera kojim se postojeće stanje može unaprediti i podići na viši nivo.

Ključne reči: Saobraćajni tok, Kapacitet, Nivo usluge

Abstract – In the work an analysis of traffic conditions on the Boulevard Veljko Vlahovic in Zrenjanin, from the street Bogdan Teodosina to the pedestrian crossing over the market is carried out. Following the analysis the proposal of measures are given and their use can improve the existing situation and raise to a higher level.

Key words: Traffic flow, Capacity, Level of service

1. UVOD

Saobraćaj, kao deo privrednog sistema jedne zemlje, zauzima značajno mesto u državi. Zbog svoje uloge, saobraćajni sistem zahteva dobro funkcionisanje, pa je iz tih razloga potrebno obezbediti dobro funkcionisanje njegovih elemenata. Ovo se postiže smanjivanjem vremena čekanja što dalje postizemo smanjivanjem vremena putovanja i zastoja pri prolasku vozila kroz raskrsnice i druge putne objekte. Za dobro funkcionisanje saobraćaja posebna pažnja se posvećuje regulisanju saobraćaja na glavnim gradskim saobraćajnicama.

U okviru diplomskog rada izvršena je analiza uslova odvijanja saobraćaja na Bulevaru Veljka Vlahovića, koji ima značajnu ulogu, pre svega zbog efikasnog funkcionisanja saobraćaja, jer se preko njega odvija i tranzitni i lokalni saobraćaj. Bulevar Veljka Vlahovića predstavlja ulazni pravac u Zrenjanin, iz pravca Novog Sada i poklapa se sa magistralnim putem M-7, koji spada u red opterećenijih saobraćajnica u gradu. Veliki deo dolazaka, odlazaka i prolazaka kroz Zrenjanin obavlja se putem M-7, odn. Bulevarom Veljka Vlahovića te je ovaj putni pravac i raskrsnice na njemu od velikog značaja za efikasno funkcionisanje saobraćaja, na ulazu odnosno izlazu iz Zrenjanina. Izvršena je analiza postojećeg stanja na raskrsnicama i analiza uslova odvijanja saobraćaja na njima. Nakon analize i identifikacije problema predložene su konkretne mere kako bi se poboljšali postojeći uslovi odvijanja saobraćaja, bezbednost i kvalitet odvijanja saobraćaja na posmatranom bulevaru.

NAPOMENA:

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

2. ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA

Analiza uslova odvijanja saobraćaja, na Bul. Veljka Vlahovića u Zrenjaninu zasnovana je na rezultatima brojanja saobraćaja koje je sprovedeno na tri raskrsnice, kao i na osnovu rezultata dobijenih proračunom kapaciteta, vremenskih gubitaka i nivoa usluge na ovim raskrsnicama. Raskrsnica sa Stražilovskom ulicom (R1) i ulicom Zdravka Čalara (R2) su signalisane raskrsnice, dok raskrsnica sa ulicom Bogdana Teodosina (R3) funkcioniše kao prioritarna raskrsnica.



Slika 1. Položaj Bul. Veljka Vlahovića na uličnoj mreži (označen crvenom bojom)

2.1. Istraživanje karakteristika saobraćajnog toka brojanjem saobraćaja

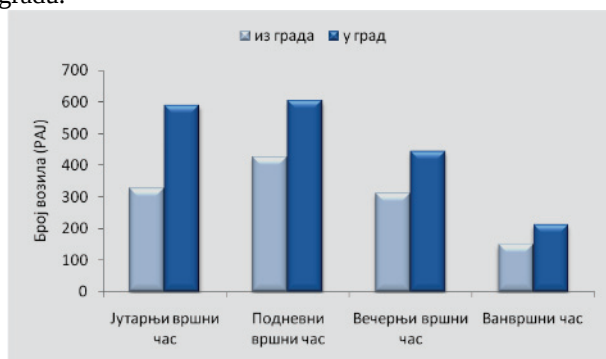
Brojanjem saobraćaja se dobijaju podaci o opterećenju ulivnih grla raskrsnica po smerovima kretanja vozila kroz raskrsnicu, kategorijama vozila, neravnomernosti protoka po 15-minutnim intervalima, vršnom času itd. Na osnovu ovih podataka dobija se prava slika o karakteristikama saobraćajnog toka, a sa druge strane na osnovu ovih podataka možemo izvršiti analizu efikasnosti odvijanja saobraćaja na posmatranom bulevaru.

Brojanje saobraćaja na Bulevaru Veljka Vlahovića vršeno je 28.05.2009. godine (četvrtak). Brojanje je vršeno na sve tri raskrsnice koje se nalaze na bulevaru, u jutarnjem vršnom periodu od 7:00 do 9:00 časova, popodnevnom vršnom periodu od 13:00 do 15:00 časova i večernjem vršnom periodu od 18:00 do 20:00 časova. Vršeno je brojanje i u vanvršnom periodu od 22:00 do 23:00 časova. Iz tehničkih razloga brojanje pešačkog saobraćaja na raskrsnicama je vršeno 04.06.2009. godine, u periodu od 13:00 do 14:00 časova, upravo za vreme vršnog časa koje je ustanovljeno nakon obrade i analize prikupljenih poda-

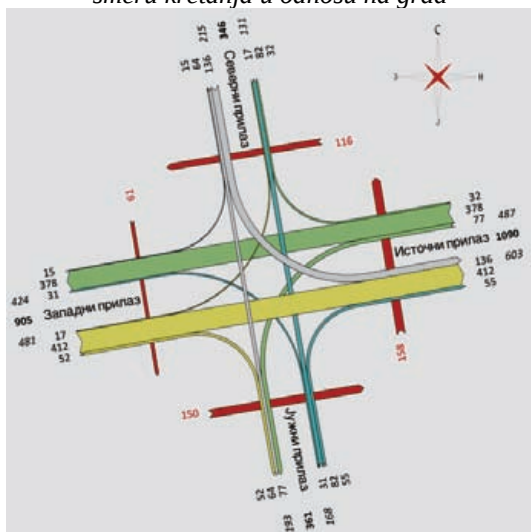
taka o saobraćajnom toku vozila. Brojanje na pešačkom prelazu je vršeno isto 04.06.2009. godine (četvrtak, „pijačni dan“) u periodu od 8:30 do 9:30 časova.

2.2. Rezultati brojanja saobraćaja

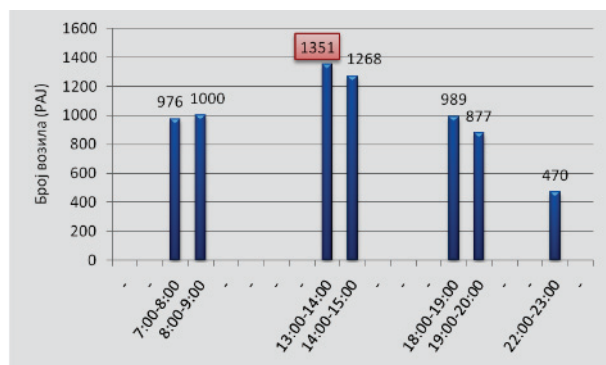
Na osnovu podataka dobijenih brojanjem saobraćaja utvrđeno je da ne postoje veće oscilacije saobraćajnog opterećenja u toku dana sem da je u vanvršnom času primećeno znatno slabije opterećenje. Najopterećenija raskrsnica je raskrsnica R1, dok se na ostalim raskrsnicama javljaju znatno manja opterećenja. U strukturi toka najzastupljeniji su putnički automobili, čije učešće iznosi od 75 do 87 %, dok su od komercijalnih vozila najzastupljenija autovozovi i autobusi. Najopterećeniji smer kretanja na bulevaru je smer ka gradu.



Grafik 1. Raspodela broja vozila na raskrsnici R1 po smeru kretanja u odnosu na grad



Slika 2. Raspodela tokova vozila i pešaka na raskrsnici R1 u najopterećenijem, popodnevnom vršnom času



Grafik 3. Raspodela broja vozila na raskrsnici R3 u toku celog dana

Na grafiku 1., grafiku 2. i slici 2. prikazani su rezultati obrade podataka dobijeni brojanjem saobraćaja na raskrsnici R1.

2.3. Rezultati proračuna kapaciteta i nivoa usluge

Na osnovu proračuna kapaciteta i nivoa usluge signalisanih raskrsnica, koja je rađena po metodologiji HCM-2000, ustanovljeno je da raskrsnica R1 radi sa neprihvatljivim nivoom usluge „E“ sa vremenskim gubicima od 59 sekundi. Raskrsnica R2 funkcioniše sa neprihvatljivim nivoom usluge „D“, pri čemu vremenski gubici iznose 49 sekundi, a raskrsnica R3 funkcioniše sa najboljim nivoom usluge „A“, a vremenski gubici na njoj iznose 6 sekundi.

3. PREDLOG MERA ZA POBOLJŠANJE USLOVA ODVIJANJA SAOBRAĆAJA

Na osnovu izvršene analize odvijanja saobraćaja na Bulevaru Veljka Vlahovića, možemo doći do zaključka da samo jedna raskrsnica na posmatranom bulevaru funkcioniše sa zadovoljavajućim nivoima usluge „A“, dok preostale dve funkcionišu sa nivoom usluge „D“, odnosno „E“. U cilju poboljšanja uslova odvijanja saobraćaja i održanja nivoa bezbednosti saobraćaja preduzeće se određene mere.

Na raskrsnicama koje su regulisane svetlosnom signalizacijom (raskrsnice R1 i R2) primećuje se da je međufaza (ranije sečenje, odn. zadržka zelenog vremena), zbog levih skretanja sa glavnih prilaza, nepotrebna, i ne odgovara realnim zahtevima saobraćaja dobijenim posmatranjem na terenu. Sledeće što je primećeno, je to da su faze podeljene nesrazmerno opterećenjima prilaza. Uzimajući u obzir da leva skretanja sa glavnih prilaza i nisu nešto intenzivna (1-2 vozila u toku ciklusa), odlučeno je da se međufaze ukinu, a samim tim i skрати dužina trajanja ciklusa. Usvojena je nova fazna podela na osnovu rezultata istraživanja, odnosno opterećenja pojedinih prilaza koji pripadaju različitim fazama.

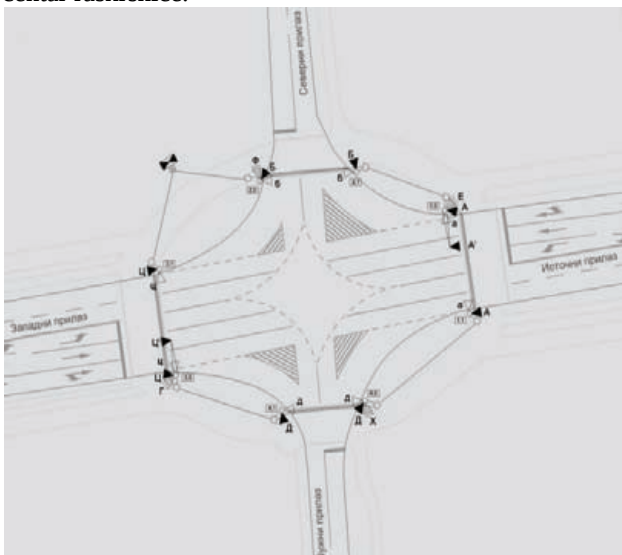
Na ovim raskrsnicama izvršiće se izmene na signalnim uređajima, i to, za tokove koji skreću desno, pored osnovnih postavljeni će biti i dopunski signali za desno. Imajući u vidu, da se brojanjem došlo do zaključka da je pešački saobraćaj malog intenziteta, to se i može uraditi, i time smanjiti bespotrebno čekanje vozila za skretanje desno. Obzirom da ne postoji značajnije odstupanje u protoku vozila na raskrsnici, za period vršnog popodnevnoг и вршног јутарњег и вечерњег opterećenja, koristiće se jedan program rada signalizacije, koji će raditi od 06-24 časa. Tako da će svetlosna signalizacija raditi na osnovu plana tempiranja koji je urađen na osnovu zahteva za protokom u vršnom času. Pošto taj plan tempiranja zadovoljava zahteve za protokom u popodnevnom vršnom periodu, nesumnjivo je da će isti zadovoljiti i uslove za protokom u jutarnjem i večernjem vršnom periodu. Zbog malih protoka u kasnim večernjim satima, što je u poglavlju 3 i prikazano, raskrsnice mogu da funkcionišu i bez svetlosne signalizacije, odnosno kao prioritетне raskrsnice. Dakle, u periodu od 24-06 časova svetlosni signali neće raditi, odnosno radiće žuto treptuće svetlo. Na prilazima ovih raskrsnica, pešački prelazi će se obeležiti vertikalnom signalizacijom.

Kako se signalisane raskrsnice i pešački prelaz nalaze na bliskom rastojanju predlog mera se sastoji i od

koordinacije svetlosnih signala, u periodu dok funkcioniše projektovani plan tempiranja (od 06-24 časa). Proračunom je utvrđeno da brzina zelenog talasa iznosi 40 km/h.

Prethodna analiza uslova odvijanja saobraćaja, na pešačkom prelazu kod pijace, pokazuju da su za postavljanje svetlosne signalizacije ispunjeni svi uslovi, tako da i iz bezbednosnih razloga, kao predlog rešenja će se zadržati svetlosna signalizacija na pešačkom prelazu. Izmene signalnog plana kod pešačkog prelaza ogledaju se u dužini trajanja ciklusa i faznoj podeli, čija je izmena uslovljena koordinacijom sa ostalim raskrscima, R1 i R2.

Raskrsnica R3 ne zahteva intervencije koje bi poboljšale odvijanje saobraćaja. U pogledu bezbednosti ovde se javlja nedostatak saobraćajnog znaka prioriteta na istočnom prilazu i nedostatak zaustavne linije na severnom prilazu, za kretanje pravo. Postavljanjem saobraćajnog znaka i obeležavanjem zaustavne linije se može rešiti ovaj problem. Jedna od izmena će biti i razmeštaj pešačkih i biciklističkih staza u odnosu na centar raskrsnice.



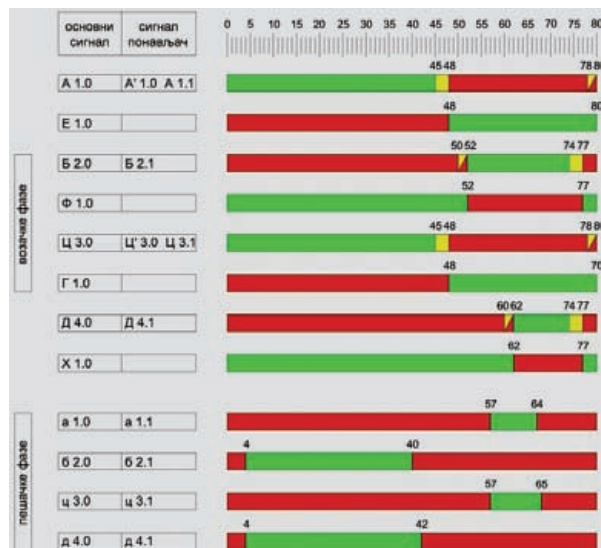
Slika 3. Dispozicija svetlosnih signala na raskrsnici R1

Na raskrsnici R1 projektovana je međufaza za leva skretanja, za vozila koje skreću iz Stražilovske ulice sa severnog prilaza, koja iznosi 10 sekundi. (Slika 3.)

3.1. Vrednovanje novoprojektovanog stanja

Nakon preduzetih mera, na najopterećenijoj raskrsnici R1 došlo je do smanjenja vremenskih gubitaka i povećanja nivoa usluge, tako da raskrsnica funkcioniše sa nivoom usluge „C“. Na raskrsnici R2, takođe je došlo do smanjenja vremenskih gubitaka i povećanja nivoa usluge, i ona funkcioniše sa nivoom usluge „C“.

Uvođenjem koordinacije svetlosnih signala dolazi i do jedne karakteristične pojave koja je u neposrednoj suprotnosti sa osnovnim ciljevima uvođenja linijske koordinacije. Vremenski gubici tokova koji presecaju ili se ulivaju u koordinisanu saobraćajnicu su veći u koordinisanom sistemu. To znači da su uvođenjem koordinisane signalizacije stvoreni povoljniji uslovi i povećan kapacitet tokova duž koordinisane saobraćajnice, ali je to ostvareno na račun tokova koji presecaju ili se ulivaju u koordinisanu saobraćajnicu.



Sl. 4. Novoprojektovani plan tempiranja za raskrsnicu R1

Tabela 1. Uporedna analiza vremenskih gubitaka za postojeće i novoprojektovano rešenje

RASKRSNICA	Vremenski gubici pre izmena [s/paj]	Vremenski gubici posle izmena [s/paj]
R1	59	24
R2	49	25

Prethodna tabela pokazuje da je nakon preduzetih mera došlo do značajnih ušteda vremena na raskrscima R1 i R2, koje iznose 35, odnosno 24 sekunde.

3.2. Koordinacija svetlosnih signala

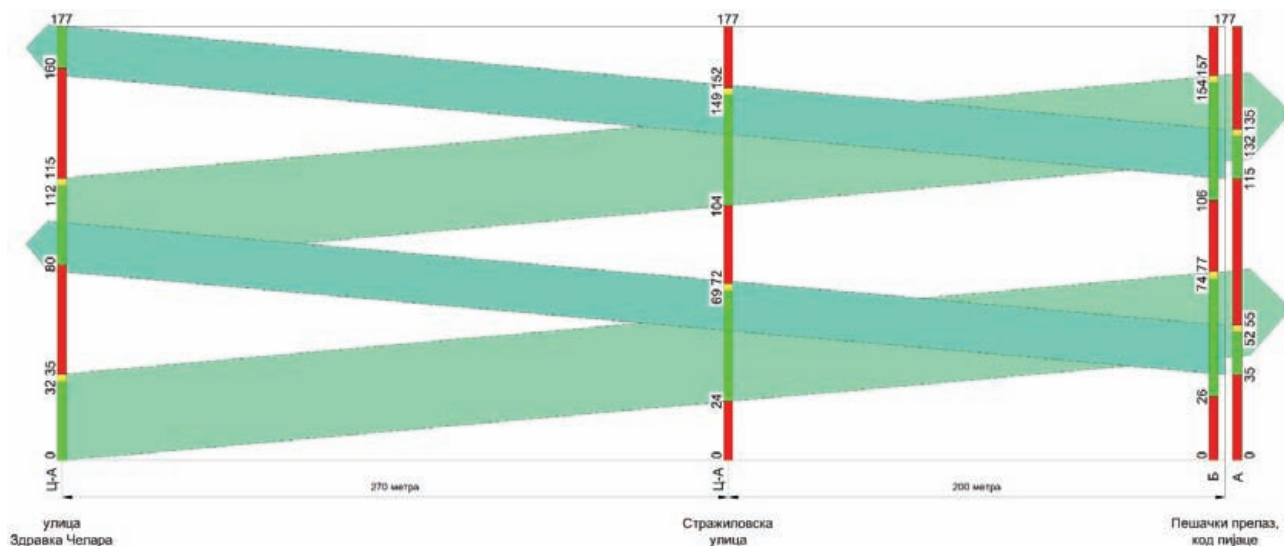
Kada se na jednoj saobraćajnici javi više uzastopnih signaliziranih raskrsnica javljaju se međusobni uticaji u pogledu načina formiranja i karaktera saobraćajnih tokova. Linijskom koordinacijom raskrsnica ovi uticaji mogu da se kanališu i stanje podigne na viši nivo.

Kod koordinacije svetlosnih signala na Bulevaru Veljka Vlahovića, koordinacija se zasniva na usklađivanju brzina saobraćajnog toka i fazne podele. Trajanje ciklusa je jednako na svim raskrscima u ovoj ulici i iznosi 80s. Za merodavnu raskrsnicu je uzeta raskrsnica R1, obzirom da je najopterećenija. Koordinacije signala na Bulevaru Veljka Vlahovića u Zrenjaninu je prikazana na slici 4.

Uvođenjem koordinacije omogućen je gotovo kontinuiran tok u prioritarnom pravcu, zadanom brzinom i u uslovima visokog komfora. Posmatranjem lokalnih potreba raskrsnice, odnosno sporednih prilaza raskrsnice sa Stražilovskom ulicom, došlo je do manjeg povećanja vremenskih gubitaka, međutim, kada se posmatra funkcionisanje svih raskrsnica kao sistema, dolazi do optimizacije sistema i njegovog boljeg funkcionisanja.

4. ZAKLJUČAK

Bulevar Veljka Vlahovića u Zrenjaninu spada u red glavnih gradskih saobraćajnica pa je za funkcionisanje saobraćaja u gradu potrebno obezbediti visok nivo usluge na njoj. Cilj ovog rada je ukazivanje na postojeće probleme u ovoj ulici, kao i mogućnosti rešavanja istih primenom određenih regulativnih mera.



Slika 4. Koordinacija signala na Bulevaru Veljka Vlahovića u Zrenjaninu

Analizom karakteristika saobraćajnog toka došlo se do zaključka da postojeći način regulisanja saobraćaja na prioritetnoj raskrsnici R3 odgovara opterećenjima koja se javljaju na njoj (funkcioniše sa nivoom usluge „A“). Način regulisanja saobraćaja na raskrsnicama koje su regulisane svetlosnom signalizacijom, R1 i R2, ne odgovara opterećenjima koja se javljaju na njima. Raskrsnica R1 funkcionije sa nivoom usluge „E“, a raskrsnica R2 funkcionije sa nivoom usluge „D“. Postojeći nivo usluge na bulevaru, odnosno na semaforisanim raskrsnicama zajedno sa pešačkim prelazom, je moguće poboljšati primenom novog optimizovanog signalnog plana predstavljeno u radu kojim se mogu postići određena poboljšanja.

Preduzete mere su:

- ✓ manjenje dužine trajanja ciklusa i nova fazna podela
- ✓ ukidanje međufaze na glavnim prilazima
- ✓ uvođenje dopunskih signala za desno, na svim prilazima
- ✓ koordinisanje svetlosnih signala

Preuzetim merama ostvareno je:

- ✓ smanjenje vremenskih gubitaka
- ✓ povećanje nivoa usluge
- ✓ povećanje kapaciteta
- ✓ smanjenje emisije štetnih gasova, usled kraćeg zadržavanja vozila na raskrsnici
- ✓ kontinuirani tok u prioritetnom pravcu, zadatom brzinom
- ✓ poboljšanje stanja bezbednosti saobraćaja
- ✓ bolje funkcionisanje raskrsnica, kao sistem

Preduzete mere pre svega utiču na smanjenje vremenskih gubitaka na raskrsnicama, smanjenje broja zaustavljanja vozila po ciklusu na uzastopnim raskrsnicama duž koordinisanog pravca i bolje funkcionisanje svih raskrsnica posmatranih kao sistem.

Pored predloženih mera i izmena na ovim raskrsnicama, vrednosti koeficijenta iskorišćenja kapaciteta, vremenski gubici i nivoi usluge na pojedinim prilazima su takvi da zahtevaju konstantno praćenje, jer bi u budućnosti, sa povećanjem stepena motorizacije i mobilnosti, mogli prozrokovati povećanje saobraćajnog opterećenja i pojavu zagušenja. U budućnosti bi trebalo pored regulativnih koristiti i rekonstruktivne mere.

5. LITERATURA

- [1] Đorđević T., "Regulisanje saobraćajnih tokova svetlosnom signalizacijom", Beograd, 1997.
- [2] Kuzović Lj. „Kapacitet i nivo usluge drumskih saobraćajnica“ Beograd 2000 god.
- [3] Kuzović Lj., Bogdanović V., "Teorija saobraćajnog toka", Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2004.
- [4] Highway Capacity Manual 2000, Chapter 16. Signalized intersections
- [5] Highway Capacity Manual 2000, Chapter 17. Unsignalized intersections

Kratka biografija:



Branislav Jovanović rođen je u Zrenjaninu 1984. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Saobraćaj – Saobraćajni sistemi odbranila je 2009.god.

Vuk Bogdanović rođen je u Sremskoj Mitrovici 1966 godine. Zaposlen je na Departmanu za saobraćaj, Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu. Trenutno ima zvanje docenta na Katedri za saobraćajne sisteme.

UTVRĐIVANJE EKONOMSKE EFIKASNOSTI PRIMENE POKRETNE POŠTE U POŠTANSKOJ EKSPLOATACIJI**FORTIFICATION OF ECONOMIC EFFICIENTY APLIANCE MOBILE POST SERVICE IN THE POSTAL EKSPLOATATION**

Predrag Glendža, Momčilo Kujačić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – SAOBRAĆAJ

Kratak sadržaj – U radu je ukazano na značaj pružanja poštanskih usluga korisnicima putem pokretne pošte. Ukratko je prikazana poštanska mreža i njen budući oblik, kao i sam pojam pokretne pošte i uslove koje mora zadovoljiti. Dat je prikaz projektovanja i realizacije pokretne pošte, kao i strana iskustva drugih država. Bavićemo se i konkretnim primerom uvođenja pokretne pošte na području RJ Subotica kao i biznis planom koji će ukazati na elemente ekonomske efikasnosti.

Abstract – The significance of offering a postal service to the users of a mobile post is pointed in the work. The postal network and her future form is shortly represented, as well as the concept of a mobile post and conditions that must satisfy. The representation of projecting and organisation of a mobile post is given as well as the experiences of foreign countries. We will also be concerned about concrete example of introduction a mobile post on area of RJ Subotica as well as the bussines plan that will point on elements of economical efficiency.

Ključne reči: Pokretna pošta, poštanska mreža

1. UVOD

Pošta je u dugom periodu imala monopol i bila jedina organizovana služba za prenos poruka. Danas se ta tradicija uveliko promenila i ona je suočena sa konkurencijom privatnih prenosioaca kao i razvojem modernih sredstava prenosa (internet mreže, telefaks, računari). Cilj je reorganizacija poštanske mreže. U takvoj mreži, umesto tradicionalnih pošta na koje smo navikli, uveli bi i akcenat stavili na alternativni vid obavljanja poštanskih usluga putem pokretnih pošta, sa krajnjim ciljem da se napravi takva mreža koja bi u potpunosti zadovoljila potrebe korisnika, a sa druge strane se ostvarila maksimalna produktivnost i ekonomičnost za JP PTT saobraćaja „Srbija” na tom delu poštanske mreže. Preduzeće bi i dalje vršilo usluge u svakom naseljenom mestu, što se takođe podudara sa zakonskom obavezom, ali bi putem pokretnih pošta došlo do racionalizacije i ekonomičnosti poslovanja.

2. POŠTANSKA MREŽA

Poštanska mreža je veoma važna i ima socijalnu vrednost isto kao i ulogu u ekonomiji.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog- master rada čiji mentor je bio prof.dr Momčilo Kujačić.

Poštanska mreža predstavlja ukupnost jedinica, objekata, postrojenja, aparata, poštanskih i drugih transportnih sredstava i opreme, međusobno povezanih u jedinstvenu tehničku i tehnološku celinu, koji su namenjeni za prenos poštanskih pošiljaka i vršenje poštanskih usluga na celoj teritoriji ili delovima zemlje, kao i u međunarodnom saobraćaju [1].

2.1. Struktura poštanske mreže

Struktura poštanske mreže proističe iz faza proizvodnog ciklusa i u našoj zemlji svodi se na jedinice poštanske mreže i sredstva i kapacitete poštanske mreže. U jedinice poštanske mreže spadaju: jedinice za pružanje usluga korisnicima i jedinice za prerađu poštanskih pošiljaka. Ove jedinice imaju sledeće organizacione i funkcionalne oblike: **pošta, sezonska pošta, šalterska pošta, ugovorna pošta**. Osim ovih, nazovimo ih osnovnih jedinica poštanske mreže za pružanje usluga korisnicima, postoje i posebni organizacioni delovi jedinica za pružanje usluga korisnicima u koje spadaju: **poštanska samousluga, pokretna pošta**, ugovorni šalter, **izdvojeni šalter**. U jedinice za prerađu poštanskih pošiljaka spadaju: **GPC** (Glavni Poštanski Centar), **PC** (Poštanski Centar), **IP** (Izmenična Pošta). Osim navedenih vrsta postoje i posebni organizacioni delovi ovih jedinica u koje spadaju: *Pretovarna tačka, Centar za zaštitu, Inostrani odeljak, Pošta carinjenja*.

Sredstva poštanske mreže podrazumevaju tipiziranu opremu, uređaje i transportna sredstva koja služe za obavljanje određenih radnih operacija u fazama prenosa poštanskih pošiljaka, i tu spadaju sredstva za: samousluživanje korisnika, rad na poštanskim šalterima, pripremu prerade i prerađu poštanskih pošiljaka, spoljašnji transport poštanskih pošiljaka, zaštitu, obuhvat i primarnu obradu podataka.

3. BUDUĆI OBLIK MREŽE

Moraju se usvojiti fleksibilniji i ekonomsko isplativiji načini dostavljanja-plasiranja usluga i odgovora na potrebe korisnika. Da bi se stvorila održiva mreža, neophodno je modernizovati poštanske mreže, ulaganjem u nove projekte i načine da se korisnicima ponude službe i servisi na najbolji i najprihvatljiviji način, stim da i poštanske mreže povrate profit [2]. Cilj je da tamo gde postoje pošte sa punim radnim vremenom a koje uslužuju mali broj korisnika, postoji alternativni način pružanja usluga korisnicima, putem mobilnih jedinica poštanske mreže. Dakle, osnova na kojoj treba da se temelji reorganizacija i budući oblik poštanske mreže oslanja se na sledeće ciljeve : Obračanje pažnje na potrebe udaljenih područja i naselja i uskraćenih urbanih područja.

Fokusiranje na korisničke usluge pre nego na izgradnju stabilnih poštanskih jedinica, što znači uvođenje fleksibilnih, inovativnih načina pružanja usluga udaljenim zajednicama putem mobilnih jedinica poštanske mreže i drugim naprednim modelima. Uvođenje naprednih usluga koje pomažu smanjenju troškova, dok se pomaže ljudima da se postepeno adaptiraju i prihvate promene o tome kako bi se poštanske usluge mogle plasirati u budućnosti. Nakon svega, verovanje da predložene mere stvaraju ravnotežu između troškova pošte i najosetljivijih grupa korisnika, posebno u udaljenim ruralnim i uskraćenim urbanim područjima.

4. POKRETNA POŠTA

POKRETNE POŠTE (*Mobilne Pošte - Mobile Post Office*) javljaju se kao posebni organizacioni delovi jedinica za pružanje poštanskih usluga korisnicima. **POKRETNA POŠTA (MPO)** smeštena je u tipsko drumsko vozilo, u kome je poslovni prostor organizovan po sistemu šalterskog poslovanja, a usluge se pružaju korisnicima u utvrđenom vremenu u dva ili više naseljenih mesta. Namenjene su potrebama naselja sa dobrim komunikacijama, koje nemaju svojih jedinica poštanske mreže, zatim seoskim i drugim ruralnim zajednicama udaljenih područja, izletističima, turističkim i sportskim manifestacijama, kao i drugim masovnim okupljanjima. Naziv, žig i poštanski broj pokretne pošte, kao i obračunski sistem utvrđen je normativnim aktom jedinice poštanske mreže kojoj organizaciono pripada.

4.1. Potrebni tehnički uslovi

Pokretne pošte najviše se koriste za rad na područjima koja su slabo naseljena, pa je iz tog razloga nerentabilno postojanje stabilne pošte. Vozilo čija se šasija koristi za postavljanje pokretne pošte mora posedovati odgovarajuće ateste. Danas se na tržištu automobila mogu naći takva vozila koja se proizvode spremna za odgovarajuće nadogradnje. Takvo jedno vozilo se koristi upravo za postavljanje pokretne pošte. Područja na kojima se koriste mobilne (pokretne) pošte po pravilu su slabo razvijena u infrastrukturnom smislu (slabi putevi, nedostatak struje ili telefona), pa je u ovakvim vozilima potrebno obezbediti i alternativne uslove, kao što su agregat za električnu energiju, mobilni telefon i sl.

4.2. Funkcionalni nivoi vozila pokretne pošte

Postoje tri nivoa vozila pokretne pošte koja ćemo spomenuti.

Prvi nivo: To su vozila snabdevena najsavremenijom opremom za obavljanje poštanskih usluga. Omogućavaju korisnicima kompletan komfor u pružanju usluga uključujući servise bazirane na Internet uslugama, bez obzira na trenutnu lokaciju vozila.

Drugi nivo: To su vozila koja omogućavaju obavljanje poštanskih usluga, ali sa komunikacionom zavisnošću od lokacije vozila i sa manjim komforom prema korisnicima (manja vozila).

Treći nivo: To su manja vozila (kombi) koja su namenjena dnevnom obilasku više lokacija sa kraćim zadržavanjem na pojedinim lokacijama. I u ovim vozilima postojeće tehnički uslovi za pružanje svih vrsta usluga ali bi se podaci obavljenim transakcijama obrađivali nakon povratka vozila u centar.

5. PROJEKTOVANJE POKRETNE POŠTE

Pokretna pošta kao savremeno rešenje, trebalo bi da zadovolji sledeće zahteve: a) Brzinu usluživanja i organizaciju što je moguće bolje prilagođenu potrebama. b) Vrednovanje ljudskog rada kroz faktore humanizacije i najpovoljnije uslove rada. Rešenje projekta pokretne pošte, uslovljeno je onim neophodnim kontaktima između korisnika i osoblja pokretne pošte, iz kojih proizilaze ljudski odnosi, uzajamno poverenje, a samim tim i bolje usluživanje. Pokretna pošta u sklopu projekta trebalo bi da ima i sledeće osnovne površine: Trem, Prostorija za korisnike, Šalterski radni prostor.

6. ORGANIZACIJA RADA POKRETNE POŠTE

Zbog specifičnosti poslovnog ambijenta, najoptimalnija organizacija rada pokretne pošte je kao samostalne Poslovne jedinice. Za potrebe kvalitetne organizacije rada potrebno je definisati sledeće: Kadrovske potrebe, Stajališta pokretne pošte. *Kadrovske potrebe* u pokretnoj pošti treba optimizovati prema specifičnostima radnih uslova. Za Prvi i Drugi funkcionalni nivo radnici u pokretnoj pošti bi se obezbeđivali povremenim preuzimanjem iz one poslovne jedinice na čijoj bi se teritoriji trenutno nalazila pokretna pošta. Za Treći funkcionalni nivo potrebno je da šalterski radnici imaju položen vozački ispit B kategorije, kako bi se obezbedilo da sam vozač bude i šalterski radnik. *Stajališta pokretne pošte* bi se organizovala na posebnim prostorima na kojima bi se pokretna pošta zadržavala određeni vremenski period.

7.1. Tehničke karakteristike vozila pokretne pošte

U širokoj lepezi najrazličitijih modela, posmatraćemo vozilo marke Mercedes, tip 412 D, 90 KW, nosivosti 3. 5 T, zapremine furgona 16. 3 m³. Danas na tržištu automobila mogu se naći takva vozila koja se proizvode spremna za odgovarajuće nadogradnje. Vozilo bi pripadalo Drugom funkcionalnom nivou. Vozilo bi bilo opremljeno računarskom opremom i savremenim šalterskim sistemom i rekvizitima. Sa spoljne strane vozila mogu da se nalaze priključni paneli za telefonski priključak, strujna i računarska utičnica. Uz kamion može biti postavljen i agregat određene nominalne vrednosti, ali se strujni priključak može ostvariti i preko fiksne mreže. U prostoru pokretne pošte predviđeno je da rade dva poštanska službenika.

8. STRANA ISKUSTVA

Ujedinjeno Kraljevstvo - U Ujedinjenom Kraljevstvu vozila koja su ujedno i pošte poznate su kao Mobile Post Office. Prvi put koristili su se 1936 godine u specijalnim prilikama. Pošta je shvatila da postoji potreba za nabavljanje telegrafa, telefona i poštanskih sredstava kada se organizuju specijalni događaji. Danas je mobilna pošta konektovana uz pomoć satelita sa centralnim poštanskim računarskim sistemom i u stanju je da ponudi poštanske usluge koje uključuju pisma, pakete, penzijski i trgovački fond, i mnogo više. **United States** - U USA, par gradova dvadesetih godina prošlog veka imalo je ulične pošte na vozilima. Danas je njihov pojam koji se vezuje za pokretne pošte razvijen naročito u gradovima, i nazivaju ih

''Post office on Wheels''. **Druge zemlje** - Sudeći po Svetskom Poštanskom Savezu, pored naše zemlje u kojoj bi tek trebalo da se značajnije razvije ovaj metod, druge zemlje koje imaju pokretne odnosno mobilne pošte su: Austrija, Belorusija, Češka, Egipat, Grčka, Mađarska, Norveška, Rusija, Rumunija, Španija, Švedska, Turska, Ukrajina Novi Zeland itd. [3].

9. PRIMENA POKRETNE POŠTE NA PODRUČJU RJ PTT SAOBRAĆAJA SUBOTICA

Konkretna primena uvođenja pokretne pošte uz analizu primera prikazana je u ovom radu. Radi se o primeni pokretne pošte na prostoru Radne Jedinice Subotica. Ovo područje bilo bi pogodno za jednu ovakvu analizu, jer postoji veliki broj manjih naselja, salaša, pa bi primena pokretne pošte na ovom području bila interesantna. U pitanju je relacija dužine 72 km: Subotica PC – Kucura (Francišković šor) – Mala Bosna – Kaponja – Mišićevo – Đurđin – Mala Pešta – Višnjevac – Klisa – Subotica PC. Među mnogobrojnim varijantama koje se odnose na ovu relaciju, sledeća ideja učinila se najekonomičnijom i interesantnom: Naime, pokretna pošta bi daniima 1, 3, 5 tj. Ponedeljak, Utorak i Petak radila u Maloj Bosni 2^h a u Đurđinu 3^h, dok bi daniima 2, 4 tj. Utorak i Četvrtak radila u Višnjevcu 2^h i u Đurđinu 3^h [4].

9.1. Utvrđivanje ekonomske efikasnosti primene pokretne pošte na posmatranom području

Mesečni troškovi:

- Prevoz: 17.225,00 din.
- Grejanje: 7.095,00 din
- Mesečni BLD (bruto lični dohodak) upravnika pokretne pošte : 43. 000, 00 din.
- Mesečni BLD dostavljača : 31. 000, 00 din.
- Topli obrok upravnika i dostavljača : $2 \cdot 6.400,00 = 12.800,00$ din.
- Regres za upravnika i dostavljača: $2 \cdot (32.000,00/12) = 5.300,00$ din.
- Službena odeće i obuća upravnika i dostavljača : 4.000,00 din. **Ukupno:** 130.420,00 din.

Kao rezultat uvođenja pokretne pošte na prikazanoj relaciji ukinule bi se stabilne pošte u naseljima: Mala Bosna, Đurđin, Višnjevac. U zgradama pošta 24217 Mala Bosna i 24213 Đurđin instalirana je telefonska centrala, što znači da troškovi električne energije i grejanja i nadalje ostaju.

Ovaj iznos uračunat je u sumu troškova koji se odnose na uvođenje pokretne pošte. Ukidanjem pošte 24222 Višnjevac ukidaju se i troškovi grejanja i električne energije.

Pregled troškova koji se ukidaju mesečno :

- BLD upravnika pošte 24217 Mala Bosna : 43.000,00 din.
- BLD upravnika pošte 24213 u Đurđinu : 43.000,00 din
- BLD dostavljača u Đurđinu: 31.000,00 din.
- BLD upravnika pošte 24222 Višnjevac: 43.000,00 din.
- Grejanje i električna energija : 12.000,00 din.
- Topli obrok : $4 \cdot 6.400,00 = 25.600,00$ din.
- Regres : $4 \cdot (32.000,00/12) = 10.700,00$ din.
- Službena odeća i obuća: $4 \cdot 4.000,00 = 16.000,00$ din.

Ukupno: 224.300,00 din.

Rekapitulacija: 130.420,00-224.300,00=-93.880,00din
(Mesečna ušteda u troškovima).

10. ZAKLJUČAK

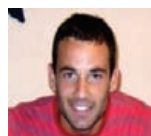
Što se tiče konkretnog primera obrađenog u ovom master radu, uvođenje pokretne pošte na određenom području ne samo da doprinosi smanjivanju ukupnih troškova poslovanja, već se i njen pozitivan efekat ogleda u približavanju pošte korisnicima. Naravno, sve to pretpostavlja izgrađene puteve do seoskih naselja, kao i postavljene zbirne kovčežiće za svaki salaš ili grupu salaša.

Pored toga, diskutabilno je to da li bi pokretna pošta trebalo da pored upravnika ima još i dostavljača, ili će upravnik pokretne pošte (koji je ujedno i vozač) nakon završenog prijema pošiljaka napustiti vozilo i sam vršiti dostavu pošiljaka stanovništvu određenog naselja. O ovome sam organizator projekta treba da donese odluku, imajući pri tome na umu i bezbednost lica i PTT imovine. Sagledavanjem ovih specifičnosti sa jedne strane, a ekonomičnost, kvalitet i humanizaciju rada sa druge, dolazimo do zaključka o uvođenju ili ne uvođenju pokretne pošte na određenoj relaciji.

11. LITERATURA

- [1] Nikola V. Gulan: ''Organizacija i eksploatacija poštanskog saobraćaja 2'', Beograd 1982 god.
- [2] www.ruralnet.uk
- [3] www.wikipedia.org
- [4] Elaborat RJ PTT saobraćaja Subotica

Kratka biografija:



Predrag Glendža rođen je u B. Topoli 1985 god. Diplomski-Master rad na fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Saobraćaj-Poštanski saobraćaj i telekomunikacije, odbranio je 23. 12. 2009 god.

ANALIZA PROIZVODNO-EKONOMSKIH REZULTATA POSLOVANJA AD „DRINATRANS“ ZVORNIK SA PREDLOGOM MJERA ZA POBOLJŠANJE POSLOVANJA

ANALYSIS OF THE PRODUCTION RESULTS IN AD “DRINATRANS” ZVORNIK WITH PROPOSALS FOR ITS IMPROVEMENT

Danijela Lugonja, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – SAOBRAĆAJ

Kratak sadržaj – U ovom radu izvršena je analiza proizvodno ekonomskih rezultata poslovanja preduzeća AD „Drinatrans“ Zvornik. Dat je predlog mjera za poboljšanje poslovanja preduzeća.

Abstract – In this paper analysis has been done for results of economics production in AD „Drinatrans“ Zvornik. Proposals for its improvement are presented.

Ključne reči: Analiza rada, Organizacija, Putnici, Troškovi

1. UVOD

Transport predstavlja skup ili kompleks aktivnosti premještanja putnika ili robe od „izvora“ do „cilja“ putovanja, pomoću transportnih sredstava [1].

Tema rada vezana je za AD „Drinatrans“ iz Zvornika, preduzeće koje se bavi prevozom putnika. Cilj izrade ovog rada jeste da se kroz analizu poslovanja i rezultata rada preduzeća, uoče i evidentiraju nedostaci u poslovanju i podlože mjere za rješavanje problema ukazujući na uzroke poremećaja u poslovanju.

Analizom organizacione i kadrovske strukture, strukture voznog parka, kao i načina prikupljanja i obrade podataka bitnih za uspješno poslovanje preduzeća, kao i finansijskih rezultata preduzeća, moguće je predložiti mjere za poboljšanje poslovanja preduzeća u narednom periodu [2].

2. OSNOVNE KARAKTERISTIKE PREDUZEĆA

AD „Drinatrans“ Zvornik registrovano je za prevoz putnika i robe, servis i održavanje vozila i turizam. Djelatnost preduzeća možemo podijeliti u dvije grupe i to: osnovne djelatnosti i prateće djelatnosti. Pod osnovnim djelatnostima podrazumijevamo [3]:

- prevoz putnika u unutrašnjem i međunarodnom saobraćaju
- gradski prevoz putnika
- izdavanje u zakup autobusa sa vozačem
- usluge autobuske stanice

Pod pratećim djelatnostima podrazumijevamo:

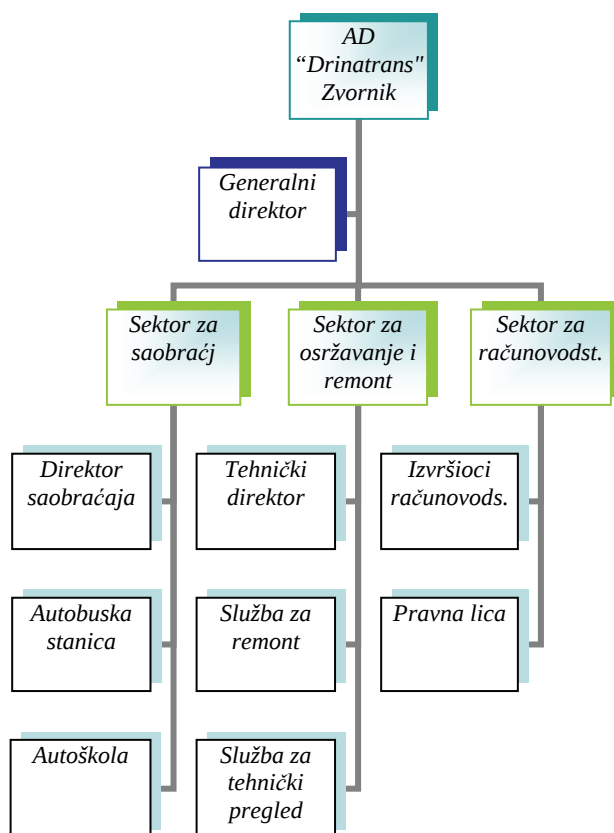
NAPOMENA:

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

- turistička agencija koja vrši usluge organizacije putovanja, izleta, ekskurzija i drugih turističkih aranžmana, rezervacija avio-karata, ishodovanja viza. Ona je u sklopu Holdinga sa sjedištem u Bijeljini.
- opravka i održavanje autobusa
- izdavanje poslovnog i reklamnog prostora

2.1. Organizacija preduzeća po radnim jedinicama

U organizaciji preduzeća uočava se da je u ATP „Drinatrans“ zastupljena podjela po sektorima, radnim jedinicama koje su, međusobno povezane. Na čelu preduzeća je generalni direktor koji saraduje sa rukovodiocima svakog sektora. Postojeći sektori preduzeća su: sektor računovodstva, sektor za održavanje i remont i sektor za saobraćaj. Na čelu sektora za saobraćaj je direktor saobraćaja, a na čelu sektora za održavanje i remont je tehnički direktor.



Slika 1. Šematski prikaz organizacije preduzeća po radnim jedinicama

Sektor za saobraćaj brine se za redovno i uredno izvršavanje preuzetih obaveza u izvršavanju ugovorenih transportnih usluga za prevoz putnika. Ovaj sektor obezbeđuje ostvarivanje prevoza u gradskom, prigradskom i međugradskom saobraćaju. U sastav sektora saobraćaja ulaze: autobuska stanica i autoškola. U sektoru održavanja i remonta vrši se održavanje tehničke ispravnosti vozila u voznom parku uz minimalne troškove opravke i održavanja. Vrše se preventivna i korektivna održavanja vozila. Preventivni tehnički pregledi su obavezni, vrše se pod prinudom zakona i sve intervencije su unapred definisane, pa se kontrola sprovodi po usvojenoj tehnologiji opravke i održavanja u autobazi svakodnevno.

U ATP „Drinatrans“ prije izlaska vozila na liniju vozač je dužan da izvrši pregled vozila (nivo ulja, rad sistema za osvetljenje itd.). Kontrolor tehničkog pregleda, zajedno sa dispečerom i vozačem potpisuju putni nalog i vozilo može da ide na liniju. Po povratku sa posla vrši se redovna njega i kontrola vozila (pranje vozila, čišćenje unutar vozila, kontrola goriva, ulja, i dr.) kao i prijavljivanje eventualno uočenih nedostataka na vozilu. U ovom preduzeću se vrši i vanredni (korektivni) pregled vozila. Radi se po potrebi kad dođe do kvara vozila ili njegovih dijelova. Opravka se vrši u autobazi preduzeća gdje se nalazi hala sa svim potrebnim instrumentima za vršenje tehničkog pregleda za sopstvene potrebe, kao i mini pumpa za gorivo.

U autobazi postoji posebna radionica za reparaciju dijelova, sklopova sa rashodovanih vozila. Na vozila se umjesto pokvarenog sklopa montira reparirani ili novi dio. Potrošnja rezervnih dijelova:

- po potrebi se naručuju novi dijelovi. Iz radionice se prijavi trebovanje nakon čega se vrši naručivanje.
- vodi se evidencija o potrošnji, ugradnji novih dijelova i njihovom trajanju i održavanju.

U sklopu sektora računovodstva vode se radnici, izvršioci računovodstva koji obavljaju sve finansijske poslove od bilansiranja stanja i uspjeha do obračuna dnevnica osoblja i ličnih dohodaka i pravna lica koja se staraju da poslovanje preduzeća bude u skladu sa zakonskim propisima i da zastupaju preduzeće u pravnim procesima.

3. KVALIFIKACIONA STRUKTURA RADNIKA

Za preduzeću AD „Drinatrans“ Zvornik posmatračemo kvalifikacionu strukturu radnika po:

- radnim jedinicama
- stepenu stručne spreme

Rezultati istraživanja su dati graficima 1. i 2. Preduzeće zaposljava 200 radnika. Broj zaposlenih po jednom vozilu iznosi 2,8 radnika po vozilu što je ispod prosjeka evropskih preduzeća gde se kreće od 1,6 do 1,8 radnika po vozilu. Najveći broj radnika je registrovan u sektoru za saobraćaj 110 radnika od kojih su 83 vozača, a najmanje radnika zaposleno na autobuskoj stanici i ima ih 15, što je procentualno prikazano na grafiku 1.

Kada je u pitanju stručna sprema radnika, najviše je kvalifikovanih, 107 radnika i uglavnom su to vozači. Sa visokom i višom stručnom spremom imaju 34 radnika, njih 6 je zaposleno u sektoru saobraćaja. U sektoru održavanje i remont ima jedan inženjer mašinstva,

tehnički direktor. Ostali visokoobrazovani radnici su zaposleni u sektoru za računovodstvo. Treba nastaviti trend zapošljavanja mladih kadrova iz oblasti saobraćaja, koji je započet u 2008. godini. kako bi se postigli bolji rezultati poslovanja

Potrebno je uvesti savremene informacione sisteme radi smanjivanja broja radnika u računovodstvu i administraciji i to bi dovelo do veće efikasnosti i poboljšanja rada preduzeća.



Grafik 1. Struktura zaposlenih po sektoru



Grafik 2. Kvalifikaciona struktura zaposlenih

4. KARAKTERISTIKE VOZNOG PARKA

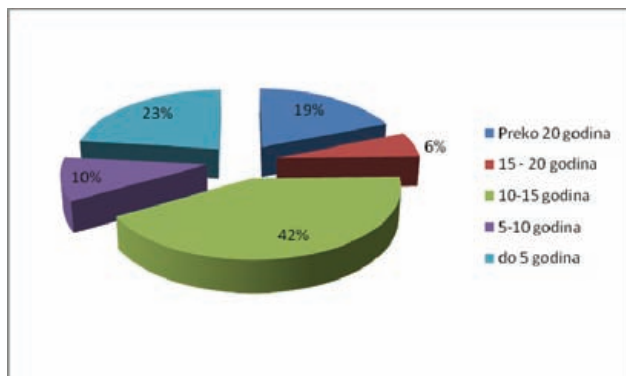
Vozni park je skup svih transportnih sredstava autotransportnog preduzeća (teretna motorna vozila, tegljači, prikolice, poluprikolice, solo autobusi, zglobni autobusi itd.) [1]. Kada je u pitanju struktura voznog parka primjećuje se „šarolikost“ po markama vozila i godinama starosti. Od 69 voznih jedinica AD „Drinatrans“ 16 ih je marke TAM, 15 autobusa je marke Mercedes, 10 marke MAN, marke DAF je 9 autobusa, 11 ISUZU, a 5 autobusa je SETRA marke, dva su Marbus i jedan Iveco marke [4].

Starosna struktura voznog parka predstavlja veoma bitan faktor i u preduzeću AD „Drinatrans“ Zvornik se eksploatašu vozila stara i do 30 godina, ali i ona od godinu dana starosti, konforma, moderna i po standardima Evropske Unije.

Sve ukazuje na „neslavnu“ činjenicu da je više od pola vozila u voznom parku starije od 10 godina.

Heterogenosti voznog parka doprinjelo je i to što u godinama građanskog rata na ovim prostorima nije bilo mogućnosti kupovine novih vozila nego su eksploatašena vozila iz prijeratnog perioda, a kasnije su i nabavljana

polovna vozila. Situacija na tom planu se poboljšala od kad je preduzeće preraslo u Holding „Drinatrans“ AD Zvornik 2007. godine, gdje je većinski akcionar sa privatnim kapitalom Kompanija „Bobar“ iz Bijeljine sa 91,33 % učešća, a ostalih 8,67 % je učešće državnog kapitala. U toku 2008. godine nabavljeno je 16 vozila, sa tom godinom proizvodnje, marke ISUZU i MAN.



Grafik 3. Struktura voznog parka po godinama starosti

Zelenom bojom je obilježen dio koji čine vozila starosti od 10 do 15 godina starosti i ima ih 30, a najmanje je vozila starosti 15 do 20 godina, dakle 5 vozila.

Struktura kapaciteta vozila u voznom parku AD „Drinatrans“ Zvornik podijeljena je na vozila koja vrše prevoz u prigradskom i međugradskom saobraćaju. U međugradskom saobraćaju AD „Drinatrans“ Zvornik ima 33 autobusa i ukupno 1529 mjesta za sjedenje putnika, a u prigradskom saobraćaju, raspolaže sa 36 autobusa i 1578 mjesta za sjedenje i 1349 mjesta za stajanje. Za vanlinijski prevoz putnika preduzeće AD „Drinatrans“ Zvornik može ponuditi vozila različitih kapaciteta starosti do 5 godina, što je primarno za dačke ekskurzije, ali i za druga vanlinijska putovanja. Kapacitet autobusa je 71 mjesto, 57 mjesta, 47 do 51 mjesto, zatim autobusi sa 29 do 31 mjesto kao i sa 29 do 31 (stajanje)

5. UKUPNI PRIHODI I TROŠKOVI U PREDHODNOM PERIODU

Analizom troškova i prihoda je oslikano realno stanje poslovanja preduzeća AD „Drinatrans“ Zvornik za period od godinu dana, za 2008. godinu. U narednoj tabeli 1. prikazani su finansijski rezultati poslovanja preduzeća AD „Drinatrans“ Zvornik.

Tabela 1. Ukupan finansijski prihod

Redni Br.	PRIHODI	KM (konvertibilne marke)	(%)
1.	Poslovni prihodi	8600594,00	94,29
2.	Ostali prihodi	115915,00	1,27
3.	Finansijski prihodi	404950,00	1,44
UKUPNO		9.121459,00	100

U tabeli 1. su dati ukupni finansijski prihodi. Vidi se da su najveći poslovni prihodi ostvareni od 94,29 %, na osnovu čega možemo potvrditi predhodno navedenu tezu da je AD „Drinatrans“ Zvornik preduzeće čija je osnovna djelatnost prevoz putnika

Troškovi se po proizvodnom obilježju dijele na stalne troškove i promenljive troškove.

Stalni troškovi se formiraju po vremenu (najčešće za period od jedne godine) i nezavisni su troškovi od intenziteta, eksploatacije i obima proizvodnje [1].

Promjenljivi troškovi su troškovi koji se mijenjaju upravo proporcionalno sa brojem pređenih kilometara voznog parka [1]. U ove troškove spadaju troškovi: potrošnje goriva, auto-guma, troškovi za službena putovanja, itd.

Tabela 2. Ukupan finansijski rashod preduzeća

Redni Br.	STALNI TROŠKOVI	KM (konvertibilne marke)	(%)
1.	Troškovi bruto zarade	2323395,00	25,72
2.	Troškovi amortizacije	1035149,00	11,46
3.	Troškovi materijala za održavanje	46561,00	0,51
4.	Troškovi naknada, putarina	835384,00	9,25
5.	Troškovi ulja i maziva	66628,00	0,74
6.	Nematerijalni troškovi	685540,00	7,59
7.	Ostali troškovi	128234,00	1,42
8.	Troškovi poreza	1029084,00	11,39
UKUPNI STALNI TROŠKOVI		6149975,00	68,09
Redni br.	PROMJENLJIVI TROŠKOVI	KM (konvertibilne marke)	(%)
11.	Troškovi goriva	2260992,00	25,03
12.	Troškovi auto-guma	156723,00	1,74
13.	Troškovi za službena putovanja	463915,00	4,14
UKUPNI PROMJENLJIVI TROŠKOVI		2881630,00	31,91
UKUPNO		9031605,00	100

U tabeli 2. su dati ukupni finansijski rashodi preduzeća. Uočava se da najveću stavku od stalnih troškova čine troškovi zarada, naknada i ličnih rashoda, tj. bruto zarade koji iznose 2323395,00 KM ili oko 25,72 % dok najveću stavku u promjenljivim troškovima čini potrošnja goriva koja iznosi 2260992,00 KM ili oko 25,03 %.

Vrijednosti ukupnih troškova:

$$\sum \mathcal{S} = \sum \mathcal{S}_s + \sum \mathcal{S}_p = 9031605,00 \text{ (KM)}$$

$\sum \mathcal{S}_s$ - ukupni stalni troškovi

$\sum \mathcal{S}_p$ - ukupni promjenljivi troškovi

Na osnovu vrijednosti ukupnog prihoda (UP) i ukupnih troškova poslovanja preduzeća može se zaključiti da je preduzeće AD „Drinatrans“ Zvornik poslovalo sa dobitkom od: $D = UP - (\sum 9_s + \sum 9_p) = 89854,00$ (KM)

5.1. Određivanje praga troškova vozila - početak formiranja čiste dobiti

Za organizatore transporta i planere rada vozila, od posebne važnosti je mogućnost određivanja dijela pređenog puta vozila pri kojem se dostiže prag troškova i kada vozilo počinje da stvara akumulaciju – dobit [1].

Za prosječno vozilo u voznom parku sa godišnjom kilometražom $K_{god} = 57584,03$ km, godišnji stalni troškovi iznose $\sum 9_s = 89130,07$ KM, promjenljivi troškovi $\sum 9_p = 41762,72$ KM, ukupni troškovi iznose $\sum 9 = 130892,83$ KM.

Utvrđena je vrijednost prihoda po vozilu i to tako što se vrijednost ukupnog prihoda podijeli sa brojem vozila, pa je $UP = 132195,58$ KM. Cijena pređenog kilometra vozila je: $\sum 9_{AK} = UP / K_{god} = 2,30$ (KM/km)

Promjenljivi troškovi po kilometru iznose:

$$9_{PR} = \sum 9_p / K_{god} = 0,73 \text{ (KM/km)}$$

Na kom će kilometru godišnje kilometraže vozilo početi da stvara dobit, tj. kada će ukupni prihod od prevoza putnika biti veći od ukupnih troškova određeno je iz sledeće formule:

$$K_M = \sum 9_s / (9_{AK} + 9_p) = 89130,07 / (2,30 - 0,73) = 56770,75 \text{ (km)}$$

Vozilo počinje da stvara dobit posle pređenih 56770,75 km/god. Na osnovu ovih proračuna se može zaključiti da je preduzeće u 2008-oj godini poslovalo na rubu egzistencije, s obzirom da ukupni prihod od prevoza putnika postaje veći od ukupnih troškova tek nakon pređenih 56770,75 (KM/god) za prosječno vozilo. Relativno „bogat“ vozni park od 69 vozila prosječne starosti od oko 10 godina kojim raspolaže ovo preduzeće, zahtjeva obnovu i „pomlađivanje“ voznog parka, bolju organizaciju prevoza uvođenjem novih linija, vođenje kontrolnih listova na svim linijama, kontrolno brojanje i anketiranje putnika, doobuka vozača.

6. PREDLOG MJERA

Realnim sagledavanjem trenutnog stanja AD „Drinatrans“ i uočavanjem određenih problema u poslovanju pomenutog preduzeća dat je sledeći predlog mjera čijim bi se uvođenjem omogućilo rentabilnije poslovanje preduzeća, kao i bolji kvalitet prevozne usluge:

- Nastaviti započeti trend kupovine novih vozila i modernizacije voznog parka, planiranjem homogenizacije voznog parka
- Zapošljavanje kadrova iz oblasti saobraćaja
- Uvođenje informacionog sistema kroz širu primjenu računara radi brže obrade podataka i smanjenja broja radnika u administraciji
- Doobuka vozača

7. ZAKLJUČAK

U ovom diplomskom radu je realno sagledano stanje u kome se nalazi preduzeće AD „Drinatrans“ iz Zvornika. Uočeno je da je ostvareni dobitak u poslovanju u 2008. godini iznosio 89854,00 (KM). Međutim daljom analizom se zaključuje da dobitak i nije na zavidnom nivou jer prosječno vozilo počinje da stvara dobit tek nakon pređenih 56770,75 (KM/god). Prihvatanjem predloženih mjera u narednom planskom periodu preduzeće bi zabilježilo pozitivnije rezultate, odnosno poslovalo sa većom dobiti.

8. LITERATURA

- [1] Pavle Gladović: „Tehnologija drumskog saobraćaja“, Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, 2003. godine,
- [2] Radovan Banković: „Organizacija i tehnologija javnog gradskog putničkog prevoza“, Beograd 1994. godine,
- [3] Diplomski-master rad Đukić Aleksandar: Analiza proizvodno-ekonomskih rezultata poslovanja preduzeća STP „Derventa“ sa predlogom mera za poboljšanje poslovanja, Fakultet tehničkih nauka, u Novom Sadu 2009. godine
- [4] Dokumentacija preduzeća AD „Drinatrans“ Zvornik, 2008. i 2009. Godina

Kratka biografija:

Danijela Lugonja rođena je u Livnu 1983.god Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Saobraćaj – Analiza proizvodno – ekonomskih rezultata poslovanja preduzeća AD „Drinatrans“ Zvornik sa predlogom mjera za poboljšanje poslovanja, odbranila je 2009. God.

ANALIZA KARAKTERISTIKA PARKIRANJA NA LOKACIJI RAKIJSKI PIJAC U UŽICU**ANALYSIS OF CHARACTERISTICS OF PARKING AT THE LOCATION OF RAKIJSKI PIJAC IN UŽICE**Tanja Jovičić, Svetozar Kostić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – SAOBRAĆAJ**

Kratak sadržaj – U ovom radu date su osnovne karakteristike parkiranja na teritoriji Rakijskog pijaca, u gradu Užicu, a zatim je predstavljena analiza potreba za parkiranjem..

Abstract – In the following paper the basic characteristics of the parking in the territory Rakijski pijac, in the town Užice is given, followed by the analysis of the needs to park users.

Ključne reči: Parkiranje, obrt, obim

1. UVOD

Poslednjih godina u Užicu, pritisak na parking mesta, kao posledica povećanja stepena motorizacije stanovništva toliko sa pojačao, da je efikasnije upravljanje oskudnim parking površinama postalo neophodno. Pored kategorije mobilnih korisnika parking mesta, čiji su zahtevi za parkiranjem povezani sa radnim mestom, službenim poslovima, kupovinom, zabavom, i dr., u centralnoj zoni Užica veoma je zastupljena kategorija korisnika čiji su zahtevi za parkiranjem povezani sa mestom stanovanja. Sam karakter grada je takav da je veoma teško definisati granicu između lokacija parkirališta čiji su korisnici stanari i lokacija na koje korisnici vozilom dolaze iz drugih razloga

Kao rezultat rada je neophodno utvrditi osnovne karakteristike parkiranja na parkiralištima na teritoriji Rakijskog pijaca.

Potrebno je utvrditi uzroke parkiranja, prostornu i vremensku distribuciju vozila u zavisnosti od svrhe putovanja, kao i prihvatljive distance pešačenja korisnika parkirališta, za uslove grada Užica. Da bi se do tih podataka došlo, pored snimanja na terenu, potrebno je i izvršiti anketu korisnika parkirališta nad reprezentativnim uzorkom.

2. PRIKAZ POSTOJEĆE LOKACIJE

Generalnim urbanističkim planom Užica iz 1891. godine osmišljeno je pet otvorenih prostora, od kojih je najznačajnija Obilićeva pijaca. Ova pijaca nakon Prvog svetskog rata dobija naziv Rakijska pijaca.

2.1. Parkiralište u ulici Nikole Pašića

Ulica Nikole Pašića je jednosmerna ulica gledano u smeru ka Carini.

NAPOMENA:

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

Duž ove ulice obeleženo je ukupno 50 parking mesta sa leve strane kolovoza pod uglom od 0°. Međutim, na delu ulice gde je parkiranje dozvoljeno parkira se oko 60 vozila, dakle 10 više od broja označenih mesta

2.2. Parkiralište u ulici Nemanjinoj

Ulica Nemanjina je jednosmerna ulica gledano u smeru ka ulici Žičkoj. Duž ove ulice obeleženo je ukupno 49 parking mesta sa desne strane kolovoza pod uglom od 0°. Međutim, na delu ulice gde je parkiranje dozvoljeno parkira se oko 59 vozila, dakle 10 više od broja označenih mesta.

Stanje horizontalne signalizacije je loše i ona se jedva nazire ili ne postoji, dok je vertikalna signalizacija stara i nepotpuna.

3. KARAKTERISTIKE PARKIRANJA NA TERITORIJI RAKIJSKOG PIJACA

U cilju utvrđivanja osnovnih karakteristika parkiranja u ulicama Nikole Pašića (od nesignalisane raskrsnice sa ulicama Žička i Vojvode Demira, pa do ulice Ratarske) i Nemanjinoj, izvršeno je snimanje zahteva za parkiranjem na odabranim parkiralištima, u periodu od 07:00- 18.00h.

U okviru snimanja, na brojačkim listićima, evidentirani su ulasci i izlasci vozila sa parking mesta u petnaestominutnim intervalima, a identifikacija vozila vršena je prema njihovim registarskim oznakama.

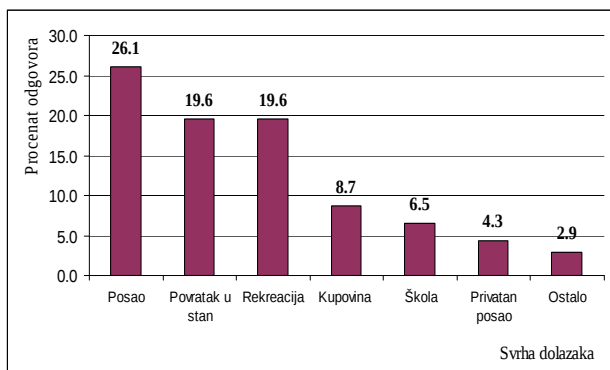
Na početku snimanja, izvršen je popis vozila koja su zatečena na parkiralištu, dok su na kraju snimanja evidentirana vozila koja su na parkiralištu ostala posle završetka perioda snimanja.

Uzrok parkiranja se najjednostavnije može definisati kao razlog korišćenja parking mesta u okviru posmatranog područja istraživanja.

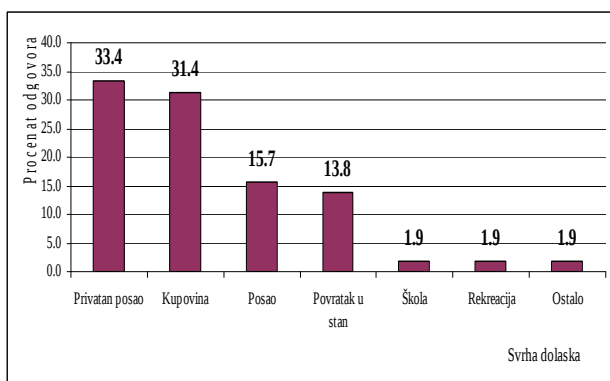
S obzirom da su razlozi dolaska na posmatrane lokacije različiti i da se do ovih saznanja može doći jedino ispitivanjem korisnika parking mesta, u okviru ankete jedno od postavljenih pitanja bilo je i uzrok, odnosno svrha dolaska na posmatranu lokaciju.

Analizom dobijenih rezultata utvrđeno je da se kao dominantne svrhe dolaska u Ulicu Nikole Pašića izdvajaju posao sa učešćem od 26,1% , i povratak u stan sa učešćem od 19,6% u ukupnoj strukturi odgovora.

U ulici Nemanjinoj, koja sa ulicom Nikole Pašića predstavlja jednu celinu za parkiranje na Rakijskom pijacu, imamo malo drugačiju raspodelu svrha dolaska. Analizom dobijenih rezultata utvrđeno je da se kao dominantne svrhe dolaska izdvajaju privatan posao sa učešćem od 33,4%, i kupovina sa učešćem od 31,4% u ukupnoj strukturi odgovora.

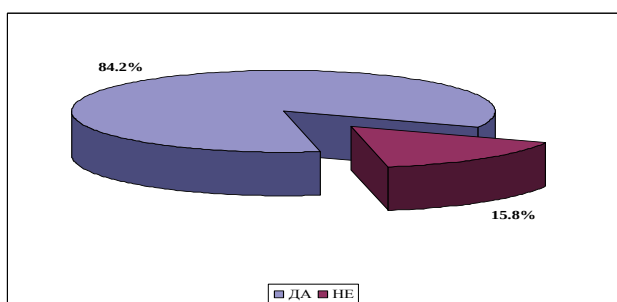


Slika 1. Grafički prikaz svrha putovanja anketiranih korisnika u ulicu Nikole Pašića



Slika 2. Grafički prikaz svrha putovanja anketiranih korisnika u ulicu Nemanjinu

Korisnicima koji su u anketi kao svrhu dolaska naveli "povratak u stan" je postavljeno pitanje da li je za njih prihvatljivo da se uvede naplata na parkiralištima u neposrednom okruženju njihovog mesta stanovanja, ali pod uslovom da stanari dobiju povlašćenu pretplatnu kartu. Najveći broj korisnika odgovorilo je sa DA, 84,2% od ukupnog broja anketiranih, a 15,8% je bilo protiv.

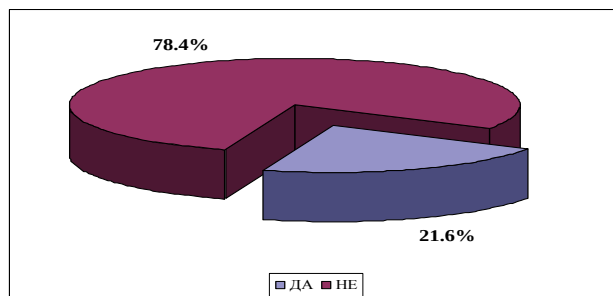


Slika 3. Grafički prikaz odgovora anketiranih stanara o prihvatanju uvođenja sistema naplate u ulici njihovog stanovanja

Na pitanje da li svakodnevno ili povremeno svojim vozilom dolaze u centralno područje korisnici su dali sledeću strukturu odgovora:

-svakodnevno	47,4%,
-nedeljno	33,0%,
-mesečno	19,6%.

Na pitanje da li su iz prvog pokušaja našli mesto za parkiranje 78,4% ispitanika odgovorilo je sa NE i 21,6% sa DA.



Slika 4. Grafički prikaz odgovora korisnika o mogućnosti nalaženja slobodnog mesta za parkiranje iz prvog pokušaja

Postojeće stanje, korisnici parkirališta centralne zone su ocenili tako što je oko 49,5% anketiranih dalo ocenu 1., ocenu 2. dalo je 29,9% anketiranih, ocenu 3. 15,5%, ocenu 4. 3,1%, a ocenu 5. dalo je svega 2,0% anketiranih. Prosečna ocena postojećeg sistema parkiranja na području Rakijskog pijaca je 1,8.

Tabela 1. Ocena postojećeg sistema parkiranja ocenama od 1 do 5

Ocene	Broj korisnika	Procenat
1	48	49,5
2	29	29,9
3	15	15,5
4	3	3,1
5	2	2,0
UKUPNO	97	100,0
PROSEČNA OCENA		1,8

Dominantni odgovori na pitanje o prihvatljivoj ceni parkiranja su 20 i 25 dinara. Za najveći broj anketiranih korisnika prihvatljiva cena parkiranja je 20 dinara, i čak 45,4% anketiranih odgovorilo je da im je ta cena prihvatljiva, a 18,6% korisnika je dalo odgovor 25 dinara.

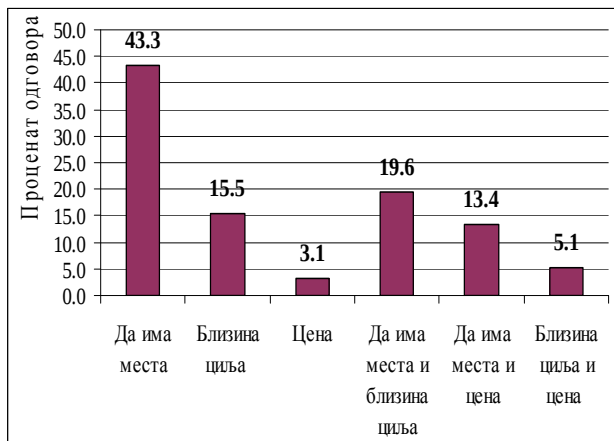


Slika 5. Grafički prikaz prihvatljive cene parkiranja za jedan sat

Korisnici koji su izneli mišljenje da je potrebno uvesti naplatu na parkiralištima u zoni njihovog mesta stanovanja je postavljeno pitanje da se izjasne o prihvatljivoj ceni mesečne karte za stanare. Odgovori korisnika su svrstani u sledeće klase pri čemu je dobijena sledeća zastupljenost odgovora:

-100-200 din	6,25 %
-200-300 din	12,5 %
-300-400 din	25,0 %
-400-500 din	31,5 %
-više 500 din	25,0 %.

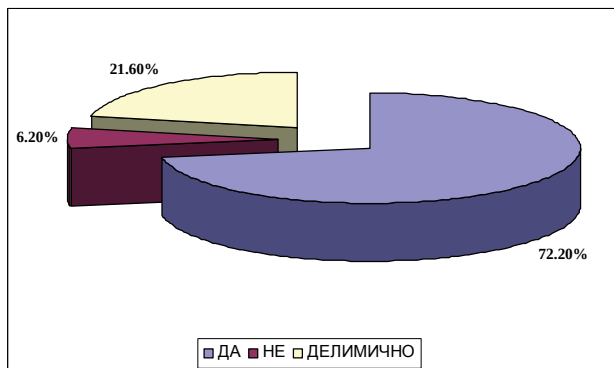
Na pitanje, šta je od ponuđenih parametara kvaliteta najvažnije za korisnike parkirališta, 43,3% korisnika je odabralo odgovor "da ima mesta", 19,6% "da ima mesta i blizina cilja", a samo 3,1% "cena".



Slika 6. Grafički prikaz ranga važnosti parametara kvaliteta u sistemu parkiranja po mišljenju korisnika

Korisnici su imali mogućnost da iznesu svoje mišljenje o poboljšanju sistema parkiranja izgradnjom parking garaže.

Najveći broj korisnika 72,2% , je iznelo stav da bi se izgradnjom parking garaže u značajnoj meri poboljšao sistem parkiranja, 21,6% misli da bi se on delimično poboljšao, a samo 6,2% da se izgradnjom parking garaže ne bi ništa u sistemu promenilo.



Slika 7. Grafički prikaz mišljenja stanara o izgradnji parking garaže

3.1. Prikaz determinanti parkiranja-obrt parkiranja

Obrt parkiranja predstavlja odnos između broja korisnika parkirališta i njegovog raspoloživog kapaciteta. U konkretnoj analizi, sagledan je dnevni obrt parkiranja, odnosno obrt vezan za period snimanja.

Obrt parkirališta utvrđen je na osnovu odnosa ukupnog broja vozila koja su u periodu brojanja ušla (u obzir su uzeta vozila koja su ušla i izašla sa parkinga prostora) na parking prostor i kapaciteta.

$$O_p (=) \frac{B_v}{C_p} [\text{voz / mestu}]$$

Tabela 2.Obrt parkirališta prikazan za period istraživanja

Lokacija parkirališta	Ukupno vozila u obrtu	Kapacitet	Obrt
Parkiralište u ulici Nemanjinoj	201	49	4,1
Parkiralište u ulici Nikole Pašića	159	50	3,2
UKUPNO	360	99	3,6

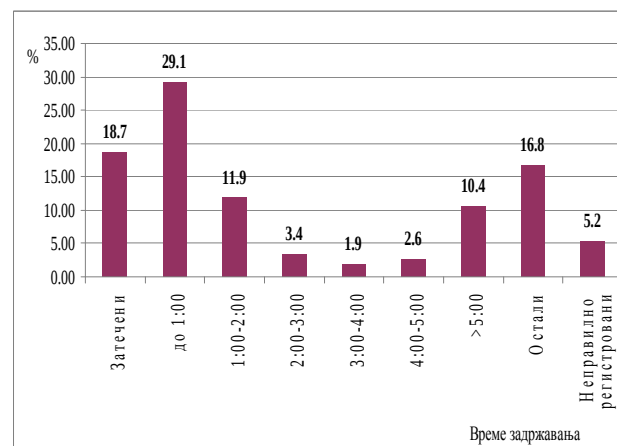
3.2. Trajnost parkiranja

Trajnost parkiranja predstavlja vreme zadržavanja vozila na parking mestu. Podaci su prikazani po časovnim i petnaestominutnim intervalima vremena.

Petnaestominutnom distribucijom vremena zadržavanja vozila na parkiralištima, obuhvaćena su samo ona vozila koja su ušla i izašla sa parkinga tokom vremena trajanja snimanja.

Tabela 3.Časovna distribucija vremena zadržavanja u ulici Nemanjinoj

Vremenski interval	Broj	%
Zatečeni	49	16,3
0:00-1:00	141	47,0
1:00-2:00	13	4,3
2:00-3:00	13	4,3
3:00-4:00	5	1,7
4:00-5:00	7	2,3
>5:00	22	7,3
Ostali	34	11,3
Nepravilno registrovani	16	5,3
UKUPNO	300	100



Slika 8. Grafički prikaz vremena zadržavanja po časovima u ulici Nikole Pašića izražen procentualno

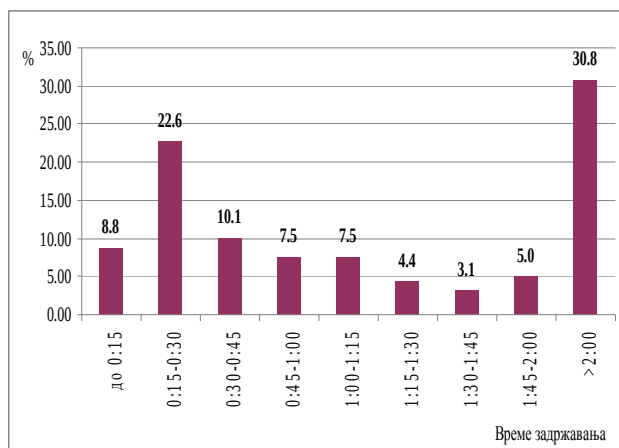
Analizom dobijenih rezultata, utvrđeno je da su u svim zonama istraživanja, dominantna zadržavanja korisnika parkirališta do jednog sata.

Više od 40% korisnika u zoni obuhvaćenoj istraživanjem zadržava se do jednog sata. Posmatrano po petnaestominutnim intervalima vremena, najviše vozila zadržava se u intervalu od 0:00 do 1:00.

minutnim intervalima, najveći broj korisnika parkirališta svih zona su od 15 do 30 minuta.

Tabela 4. Prikaz zadržavanja vozila po petnaestominutnim intervalima u ulici Nemanjinoj

Vremenski interval	Broj	%
do 0:15	64	31,8
0:15-0:30	54	26,9
0:30-0:45	16	8,0
0:45-1:00	7	3,5
1:00-1:15	5	2,5
1:15-1:30	2	1,0
1:30-1:45	6	3,0
1:45-2:00	0	0,0
>2:00	47	23,4
UKUPNO	201	100



Slika 9. Grafički prikaz vremena zadržavanja po petnaestominutnim intervalima izražen procentualno u ulici Nikole Pašića

3.3. Utvrđivanje potreba za parkiranjem stanara Rakijskog pijaca

U cilju utvrđivanja potreba stanara na Rakijskom pijacu u noći između utorka i srede u oktobru mesecu izvršeno je snimanje akumulacije u periodu od 02:00h-04:00h.

U ovom periodu aktivnosti stanovništva su minimalne, tako da se utvrđena akumulacija može smatrati na ovom području.

Snimanje karakteristika izvršeno je u okviru prostora istraživanja kao i prilikom snimanja karakteristika parkiranja u dnevnim uslovima. Rezultati istraživanja po lokacijama dati su u tabeli 5.

Tabela 5. Prikaz akumulacija parkiranja u periodu od 02:00-04:00

Lokacija parkirališta	Kapacitet	Vršna akumulacija	Noćna akumulacija
Parkiralište u ulici Nemanjinoj	49	62	46
Parkiralište u ulici Nikole Pašića	50	59	45

4. ZAKLJUČAK

Problemi parkiranja na teritoriji Rakijskog pijaca su vezani za nedostatak kapaciteta i nepostojanje uređenog sistema parkiranja na širem centralnom području.

Shodno tome, osnovni cilj izrade ovog rada bio je regulisanje postojećeg stanja parkiranja i izmena režima parkiranja, koji bi omogućili uvođenje komunalnog reda u ovu oblast kao i iznalaženje mogućnosti za izgradnju novih kapaciteta.

U okviru istraživanja izvršeno je snimanje ulične mreže i postojeće organizacije parkiranja svih parkirališta u ovoj zoni, kao i lokacija koje se potencijalno mogu iskoristiti za organizaciju parkiranja. Na lokacijama koje su bile obuhvaćene istraživanjem analizirana je postojeća organizacija parkiranja i stanje signalizacije i opreme na parkiralištima.

Nakon analize, zaključeno je da postojeća organizacija parkiranja ima određenih nedostataka i da postoje neusaglašenosti sa zakonima i standardima kojima je regulisana oblast parkiranja.

U prvoj fazi potrebno je pripremiti projektnu dokumentaciju za zonu „Rakijske pijace“. U skladu sa tim, kao kratkoročne mere koje se u periodu od jedne godine moraju sprovesti su:

- Uspostavljanje neophodnih tehničko- tehnoloških rešenja za mogućnost plaćanja usluga SMS-om,
- Uspostavljanje mreže prodaje parking karata
- Izdavanje stanarskih karata
- Uspostavljanje zonskog sistema naplate i njegove efikasne kontrole i sankcionisanja
- Uređenje parkirališta van zone naplate po istim standardima

5. LITERATURA

- [1] Bogdanović V., Simeunović M., Papić Z.: " Studija stacionarnog saobraćaja Užica", Novi Sad, 2008.
- [2] www.opstinauzice.org

Kratka biografija:



Tanja Jović rođena je u Užicu 1985. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Drumski i gradskih terminala branila je 2009.god.

MREŽE SLEDEĆE GENERACIJE

NEXT GENERATION NETWORK

Đorđe Damjanov, *Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad*

Oblast – SAOBRAĆAJ

Kratak sadržaj-Ovaj rad sadrži strategije migracije današnjih mreža na mreže sledeće generacije- NGN (Next Generation Network), sa primerima Huawei rešenja u vidu PacketAX IP AN (Internet Protocol Access Network) i C&C08iNET NGN Switching Platform.

Abstract-This work contain migration strategies from present networks to Next Generation Networks (NGN-s), with examples of Huawei solutions such as PacketAX IP AN (Internet Protocol Access Network) and C&C08iNET NGN Switching Platform

Ključne reči:NGN,Huawei, PacketAX IP AN, C&C08iNET Swtching Platform.

1. UVOD

Trenutno postoje dve svetske telekomunikacione mreže: javna komutaciona mreža, u nastavku PSTN (Public Switched Telephone Network) i Internet. PSTN mreža se bazira na komutaciji vodova i radi na osnovu konstantne pojasne širine te malih, ali jednakih kašnjenja. Pruža široki spektar visoko kvalitetnih govornih usluga. Internet koristi paketsku mrežu koja se bazira na IP protokolu. Pruža veoma fleksibilne usluge za prenos podataka, kao što su e-pošta, virtuelne privatne mreže (Virtual Private Network - VPN) i pristup Internetu.

Priroda IP paketske mreže ne obezbeđuje konstantnu pojasnu širinu, jednaka zakašnjenja i odgovarajući kvalitet usluge [1].

Mreže sledeće generacije, NGN, (Next Generation Networks) će biti osnova za kreiranje novih multimedijalnih aplikacija koje će koristiti prednosti karakteristika širokopojasnih mreža i mogućnosti stalne dostupnosti ("always on").

Već duži niz godina telekomunikaciona industrija se suočava sa problemom razvoja tehnologije koja bi pomogla operatorima da ostanu konkurentni u uslovima deregulacije tržišta. NGN sa svojom dekompozicionom mrežnom arhitekturom, koriste prednosti novih tehnologija da bi ponudile nove sofisticirane servise koji povećavaju prihode operatorima.

2. DEFINICIJA NGN-a

Termin "Next Generation Networks" je široko rasprostranjen i različito se tumači u zavisnosti od učesnika u komunikacijskom poslu. Definicija koju je dao ETSI (European Telecommunications Standards Institute):

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Emil Šećerov.

NGN je koncept za definisanje i razvoj mreža, koji sadrži formalnu podelu na različite slojeve i ravni a koji koriste otvorene sprege, nudeći pružaocima servisa i operatorima platformu koja se može razvijati korak po korak, ka kreiranju, razvoju i upravljanju novim servisima.

3. STRATEGIJE MIGRACIJE

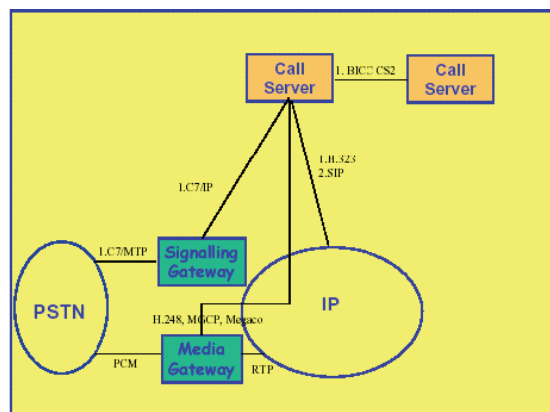
Strategija migracije ka NGN-u mogla bi da bude ista za sve operatore. Najvažnije je: ako je moguće smanjiti troškove mrežne infrastrukture i održavanja, optimalno koristiti resurse investirane u nove tehnologije, maksimalno upotrebiti već instaliranu opremu, omogućiti brži razvoj naprednih servisa, a time kreirati novi izvor prihoda, očuvati kvalitet postojećih servisa najmanje na istom nivou kao u postojećim mrežama. Različiti su pogledi na to gde prvo početi, ne postoje čvrste instrukcije kako to uraditi i koji bi to koraci trebalo da budu.

Postoje dva različita pristupa (gledišta): prvi, rastavljanje problema u manje delove, što može biti isplativo rešenje, jer se svaki deo mreže može razvijati unutar svojih ekonomskih uslova; drugo, modernizovati kontrolu postojećih komutatora za prenos glasa i njihovih signalizacionih mreža korak po korak u smeru prelaska na NGN model. Vrlo je važno da budu razvijene sledeće ključne prednosti: zaštita investicija, čuvanje operativnih i kapitalnih troškova, nivo pouzdanosti transporta, skalabilnost, poboljšana selekcija proizvoda, brzina inovacija i uvođenja servisa.

Postoje različite strategije migracije kao što su: EUROSCOM, Siemens, Alcatel, Lucent, ZTE (Zhong Xing Telecommunication Equipment Company Limited).

EUROSCOM-ov scenario migracije:

Rešenje je isto i za PSTN i GSM kao što je prikazano na slici 1.



Slika 1. Povezivanje PSTN na IP mrežu

To je jedan od scenarija koji rastavlja problem na manje delove. Predlog obuhvata povezivanje PSTN i GSM

(Global System for Mobile) mreže na jedinstvenu IP mrežu. Predložene su funkcije i interfejsi koji su potrebni kao i primeri tipičnih protokola.

ALCATEL-ov scenario migracije:

U zavisnosti od specifične situacije na tržištu (tj. da li se radi o razvijenoj zemlji ili zemlji u razvoju) i zasićenosti mreže, primenjuju se različite strategije evolucije mreže:

- Konsolidacija: optimizovanje PSTN-a da bi se smanjili kapitalni (CAPEX-capital expenses) i operativni (OPEX-operational expenses) troškovi. Konsolidacija se može kombinovati sa selekcijom proizvoda kako bi se izvršila priprema za migraciju ka NGN;
- Ekspanzija: zadržavanje postojeće PSTN infrastrukture i servisa, ali i uvođenje NGN sloja (na bazi širokopojasnog pristupa) za nove korisnike i uvođenje novih servisa;
- Zamena: zamena zastarelih PSTN komponenti sa ekvivalentnim NGN komponentama.

SIEMENS predlaže strategiju migracije ka NGN-u na osnovu zamene komutatora klase 4 i 5 sa "softswitch", od centra ka periferiji mreže. Prvi korak je migracija na transportnom sloju, drugi korak je uvođenje servisa na bazi IP-a i na kraju treći korak je zamena lokalnih komutatora.

LUCENT je razvio dva scenaria migracije i to:

Prvi scenario: gde je fokus na prenosu glasa preko širokopojasnih veza i minimizovanju rizika. Početak je sa VoBB (Voice over Broad Band) na bazi "voice gateway". Ponovnom upotrebom TDM mreže i OAM(Operation, Administration and Maintenance) infrastrukture dobijemo sledeće prednosti: QoS (Quality of Service) je upravljiv i izbegava se rizik "softswitch" tehnologija, dobija se iskustvo sa različitom opremom korisnika (CPE-Customer Premises Equipment), dobija se iskustvo sa komercijalnim paketima i prihvatanjem tržišta. Sledeći korak je migracija ka potpunom NGN rešenju čime se dobijaju prednosti od VoIP rešenja sa kraja na kraj i uvode napredne NGN aplikacije (SIP-Session initiation Protocol, serveri aplikacija).

Drugi scenario: gde je fokus na prelivnom saobraćaju i isplativim "gateway". Početak je sa ICD (Internet Call Diversion) aplikacijama na bazi LSS-a (Lucent Softswitch) za internet prelivni saobraćaj. Ponovna upotreba "dialin gateways" takođe i za VoIP. Uvođenje VoIP transportne mreže. U drugom koraku je dodavanje VoIP krajnjih tačaka sa podrškom za prenos glasa preko široko-pojasnih veza i uvođenje naprednijih NGN aplikacija (SIP, serveri aplikacija)

ZTE je razvio dva rešenja na bazi "softswitch" i to zamenom komutatora klase 4 i 5. Prvi korak je "Softswitch" oprema zajedno sa "Trunking Gateway" ispunjava funkcije nasleđenih tandem komutatora dok krajnji komutatori klase 5 ostaju isti. Drugi korak je "Softswitch" oprema zajedno sa "Access Gateway" ispunjava funkcije nasleđenih krajnjih komutatora dok korisnički deo preko upredenih parica ostaje isti [2].

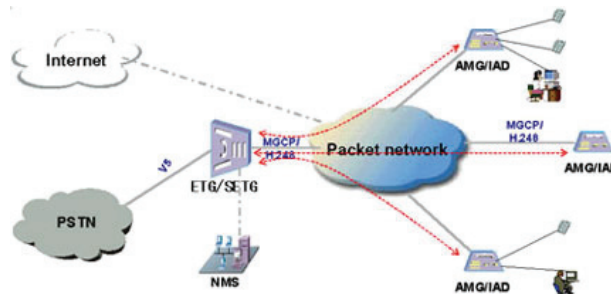
4. HUAWEI REŠENJA

4.1. Huawei PacketAX

PacketAX je rešenje bazirano na Huawei-jevim U-SYS NGN komponentama. Ono koristi paketski bazirane mreže za prenos glasa, podataka, videa i multimedijalnih servisa. Veoma popularan glasovni servis može biti spojen na tradicionalnu PSTN mrežu standardima V5.2, PRA, R2¹ protokolom preko ETG(Edge Trunking Gateway)/ SETG (Super Edge Trunking Gateway). Glasovni saobraćaj korisnika koji koriste POTS(Plain old telephone service) telefone se preko IAD (Integrate Access Device) i AMG (Access Media Gateway) pretvara u VoIP saobraćaj koji koristi paketski orijentisanu mrežu. IAD-i i AMG-i su pod kontrolom ETG/SETG-a koji koriste H.248/MGCP protokol. U budućnosti cela mreža može da evoluiru u NGN dodavanjem softswitch-eva i SG-ova (Signaling Gateway). Onda ETG/SETG mogu da se unaprede u TMG (Trunking Media Gateway) jednostavnim unarpedivanjem softvera. PacketAX mreža omogućava brzo i jednostavno konstruisanje pristupne mreže, a takođe i lagano unapređenje ka NGN-u. PacketAX mreža je rešenje za konvergenciju glasa, podataka i multimedijalnih servisa. Rešenje se bazira na ETG serije 8000, AMG serije 5000, IAD seriji, IADMS (IAD management system) itd.

STRUKTURA SISTEMA

Arhitektura mreže PacketAX prikazana je na sledećoj slici:



Slika 2. Arhitektura PacketAX mreže

ETG/SETG su gejtveji između IP AN i PSTN. Oni obezbeđuju V5.2, PRA, R2 interfejse sa PSTN strane i H.248/MGCP interfejse sa IP AN strane. AMG i IAD su pod kontrolom ETG/SETG. IADMS obezbeđuje jedinstveno upravljanje i održavanje za sve IAD-e. Pretplatnici mogu koristiti svoje analogne telefone i multimedijalne uređaje za povezivanje sa IAD-ima i AMG-ovima. Distribicioni gejtveji realizuju različite servise kao što su glas, podatci ili video. Kroz sledeće tri tačke detaljnije su opisane funkcije komponenta sistema.

1. ETG/SETG 8000 Edge Trunk Gateway/Super Edge Trunk Gateway

ETG/SETG realizuju konverzaciju između saobraćaja baziranog na TDM-u i VoIP saobraćaja. Oni omogućavaju

¹ Protokoli u telefonskoj mreži

CODEC, montažu/demontažu, bafer funkcije za glasovni saobraćaj i V5.2, PRA, PRA interfejsa ka PSTN-u. Mogu da se unaprede u TMG softverskim putem. To omogućava rešenje za evoluciju ka NGN.

2. AMG 5000 Access Media gateway

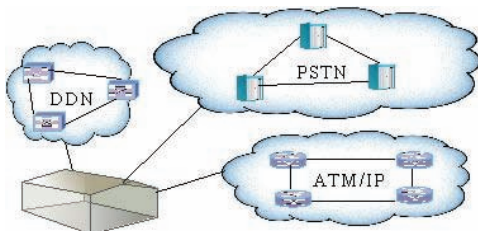
AMG 5000 omogućavaju pristup velikom broju korisnika. On omogućava Jitter Buff, kompenzaciju za gubljenje paketa, VLAN (Virtual Local Area Network), prioritetni red funkcija za QoS.

3. IAD Integrate Access Device

PacketAX nudi serije IAD-a kao što su IAD132E i IAD208. Ovi IAD-i su jeftini, multifunkcionalni i laki za održavanje. Oni ne nude samo čist pristup glasovnim servisima nego i pristup integrisanim servisima [3].

4.2 Huawei C&C08 iNET

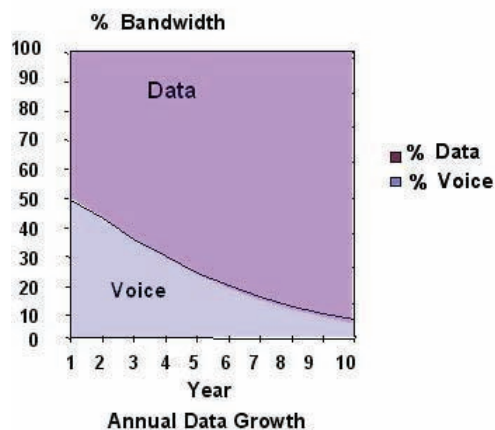
Danas internet prožima svaki segment ljudskog života. U međuvremenu multimedijalne aplikacije koje zahtevaju širok propusni opseg postaju sve više popularne. PSTN sam ne može da zadovolji sve zahteve korisnika vezane na prvom mestu za širokopojasne komunikacije. Provajderi širom sveta imaju nezavisno konstruisane PSTN mreže bazirane na TDM servisima, DDN (Digital Data Network)/FR (Frame Relay) za osnovni prenos podataka, i ATM/IP mreže za ATM/IP servise. Slika ispod pokazuje trenutnu situaciju.



Slika 3. Odvojene mreže za različite servise (trenutna situacija)

Ove odvojene mreže za odvojene servise očigledno nisu rešenje u smislu troškova i efekata, kao što ne mogu da ispune rastuće zahteve pretplatnika za nove servise i aplikacije na ekonomičan način. Pod tim okolnostima Huawei dolazi sa veoma realnim i mogućim rešenjem C&C08iNET Next Generation Network(NGN) Switching Platform. Ne samo što omogućava nove servise nego i integriše postojeće mreže u jedinstvenu platformu. Provajderi koji sada zahtevaju jedinstvenu mrežu su već investirali u konstrukciju odvojenih mreža za različite servise. Da bi osigurali svoje investicije provajderi širom sveta traže ekonomično i evolutivno rešenje. Tako da postoji potreba za jedinstvenom mrežom koja neće samo štiti postojeće mrežne resurse nego će omogućiti laku evoluciju ka servisima koji će se tražiti u budućem periodu. Reagujući na to Huawei je razvio C&C08 NGN Switching Platform da bi integrisao tradicionalnu PSTN mrežu, DDN/FR mrežu i ATM/IP mrežu u jedinstvenu mrežu. Najveći saobraćaj koji koristi današnje mreže su podaci, a najveći prihodi za operatere dolaze od prenosa glasa. Stoga nije važno kako će mreže evoluirati nego je

važno da podržavaju oba servisa. Slika 4. pokazuje promenu zastupljenosti prenosa glasa i prenosa podataka u ukupnom saobraćaju.



Slika 4. Odnos prenosa glasa i podataka

C&C08iNET NGN platforma nudi operaterima koji se bave prenosom glasa i podataka evolutivan, skalabilan ka budućnosti orjentisan put ka migraciji na širokopojasnu, paketski orjentisanu mrežu koja omogućava multimedijalne servise u realnom vremenu sa željenim kvalitetom servisa (QoS). Da bi omogućili da mreža evoluirala po principu layer-by-layer neophodno je da se Service layer odvoji od starih nivoa. Huawei-eva C&C08 iNET mreža to omogućava. Tako da nije važno koji će servis u budućnosti izbiti na površinu, on se neće sudarati sa susednim nivoima. To otvara mogućnost da upravo C&C08 mreža bude mreža orjentisana ka budućnosti.

Arhitektura C&C08 iNET Switching sistema

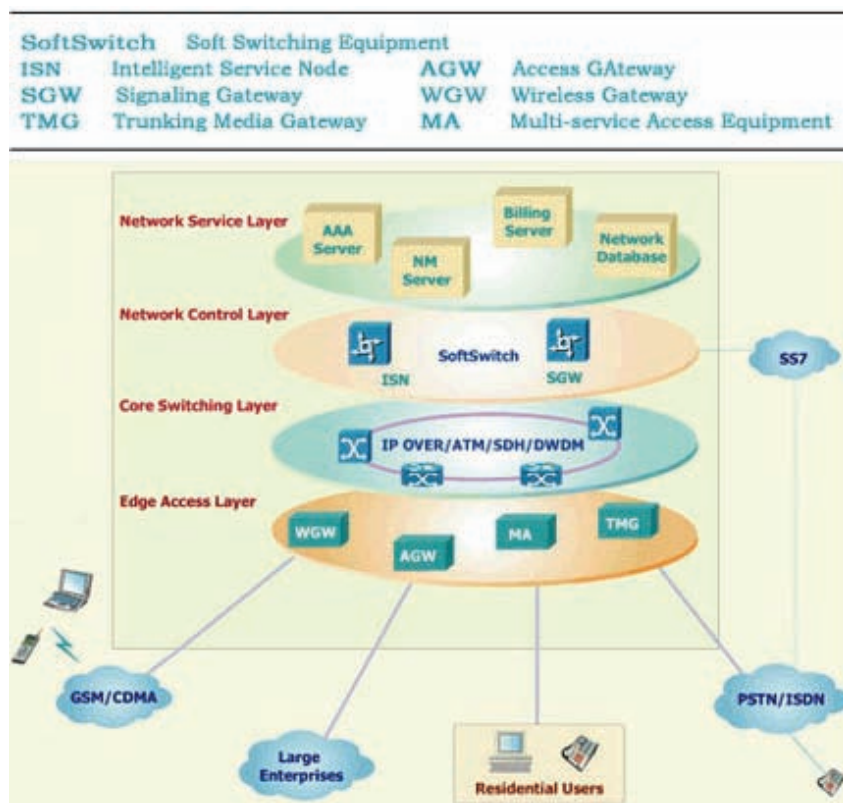
Huawei-ove NGN su podeljene u nekoliko nivoa kao što su Network Service Layer, Network Control Layer, Core Switching Layer i Edge Acces Layer što je prikazano na slici 5.

Procesi Network Service Layera su logički procesi koji uključuju i IN (Intelligent Network) servise. On omogućava razvijanje servisnih aplikacija koje su prilagođene standardnim protokolima i interfejsu za programiranje aplikacija (API-Application Programming Interface). Ovaj nivo počiva na Inteligentnoj Mreži (IN), SCE (Service Creation Environment) i TMN (Telecommunication Management Network).

Network Control Layer je odgovoran a logiku poziva, za zahteve za uspostavu poziva i upravljanje Core Switch Layerom kako bi se realizovao odgovarajući nosilac veza. Ovaj nivo se sastoji od Softswitch-eva.

Core Switching Layer je odgovoran za izgradnju i upravljanje nosiocima veza i obavlja komutaciju i rutiranje za ove veze u skladu sa komandama Control Layer-a. Ovaj nivo počiva na širokopojasnoj multiservisnoj razmeni, ATM osnovnoj razmeni i IP ruterima velikog kapaciteta.

Edge Acces Layer podržava pristup različitih korisnika. On se sastoji iz medija gejtveja, multi servisne pristupne opreme, voice gejtveja i daljinskih pristupnih servera [4].



Slika 5. Arhitektura C&C08 iNET Switching sistema

5. ZAKLJUČAK

Mreže nove generacije ne zamenjuju postojeće mreže, već postepeno proširuju njihove mogućnosti u cilju generisanja novih prihoda zahvaljujući konvergenciji govor-podaci. Kao što je pokazano, predloženo je više rešenja postepene migracije ka NGN-u, treba napomenuti da ne postoji pristup koji je jednak za sve operatore i mreže, i da se u zavisnosti od specifične situacije mogu primeniti različita evolutivna rešenja a pojedini koraci se mogu i izostaviti [2].

6. LITERATURA

- [1] Matjaž Janša, Iskratel d.o.o. Kranj „Prelazak iz klasičnih PSTN mreža u mreže sledeće generacije“ <http://www.telfor.rs/telfor2002/radovi/2-14.pdf>
- [2] Dario Franolić, dr Zoran Petrović, Telekom Srbije, ETF Beograd „Strategije migracije ka mrežama sledeće generacije“ <http://www.telfor.rs/telfor2004/radovi/PU-1-8.PDF>

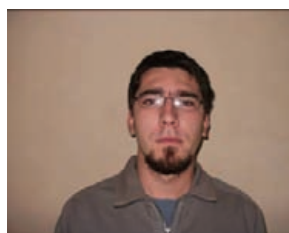
- [3] “PacketAX IP AN Solution-the First Step to NGN“

<http://www.huawei.com/publications/view.do?id=210&cid=89&pid=61>

- [4] „NGN Report Construct Your Network with C&C08iNET“

<http://www.huawei.com/publications/view.do?id=146&cid=84&pid=61>

Kratka biografija:



Dordje Damjanov je rođen u Novom Sadu 1980-te godine. Posle završene srednje elektrotehničke škole 1999-te upisao se na Fakultet Tehničkih Nauka u Novom Sadu, odsek: Saobraćaj, smer: PST

MEDIJI ZA SKLADIŠTENJE PODATAKA

DATA STORAGE MEDIA

Vladimir Stevanović, Željen Trpovski, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – SAOBRAĆAJ

Kratak sadržaj – Cilj rada jeste predstavljanje medija za skladištenje podataka, način rada, problemi smeštaja i čuvanja podataka, kao i nove tehnologije.

U radu je dat i prikaz skladištenja podataka u JP PTT Srbija.

Abstract – *The goal of this thesis is the presentation of data storage media, the way they work, storage problems, database preservation and also introduction to new technologies.*

The way the data storage functions at "JP PTT Srbija" has been shown in this work.

Ključne reči: arhiviranje, backup.

1. UVOD

Danas računari i aplikacije služe za povećavanje produktivnosti, smanjivanje troškova i uštedu vremena potrebnog za obavljanje posla. Ukoliko se nedovoljna pažnja posveti rizicima koji ugrožavaju računarske sisteme, u organizacijama su moguće situacije koje mogu uzrokovati zastoje u poslovanju. I da se ne bi dogodio neplanirani zastoj, organizacije i korisnici moraju redovno obavljati procedure za izradu i održavanje sigurnosnih kopija.

Izrada sigurnosnih kopija (eng. backup) je osnovna pretpostavka koja se postavlja pred sistem koji mora zadovoljavati sigurnosne zahteve.

Rad opisuje primenjive postupke koji se mogu provesti kod kućnih ili kancelarijskih korisnika pa sve do velikih organizacija.

U ovom radu prikazani su razlozi za izradu sigurnosne kopije (glava 2), postupci izrade sigurnosnih kopija (glava 3), prikaz najčešće korišćenih uređaja za izradu sigurnosne kopije (glava 4), nove tehnologije (glava 5), i primena (glava 6). Na kraju, dati su zaključak i literatura korišćena za pisanje ovog rada.

2. RAZLOZI ZA IZRADU SIGURNOSNIH KOPIJA

Jedan od glavnih razloga za izradu sigurnosnih kopija je raspoloživost sistema. Sa tim razlogom je potrebno osigurati izradu sigurnosnih kopija kako bi se u vanrednim okolnostima moglo nastaviti sa poslovanjem.

Neki od uzroka koji mogu prouzrokovati prekid poslovanja su kvarovi pri napajanju električnom energijom, kvarovi računara ili medija čime se trenutno gube informacije. Osim tih uzroka prekidanja poslovanja postoje i oni uzrokovane ljudskim faktorom, a to su ljudska greške, zlonamerne aktivnosti lokalnih korisnika ili udaljenih napadača.

NAPOMENA:

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

Takođe, virusi i drugi maliciozni programi mogu uništiti vredne podatke. Još jedan razlog za izradu sigurnosnih kopija jeste zakonska obaveza čuvanja finansijskih i drugih sličnih podataka.

Organizacije često trebaju čuvati stare podatke kada rade na poslovima koji uključuju istraživanje i razvoj. Naime, tokom razvoja nekog programa ili sl., koji može trajati i više meseci ili godina, moguće su situacije u kojima je potrebno odustati od odabranog smeru rada i vratiti se u neku staru fazu koja može biti i nekoliko meseci u prošlosti.

3. POSTUPCI PRI IZRADI SIGURNOSNIH KOPIJA

Svaki korisnik sam za sebe treba doneti odluku o tome koji su mu podaci važni i za koje podatke je potrebno izrađivati sigurnosne kopije. Sam proces izrade sigurnosnih kopija odvija se u nekoliko faza:

- identifikacija podataka
- određivanje odgovarajućeg medija
- označavanje sigurnosnih kopija
- čuvanje sigurnosnih kopija
- smeštaj sigurnosnih kopija
- testiranje sigurnosnih kopija

4. UREĐAJI ZA IZRADU SIGURNOSNE KOPIJE

U nastavku je dat pregled najčešćih uređaja koji se koriste za čuvanje sigurnosnih kopija. Magnetno-optički (disketa), magnetni (magnetna traka, čvrsti disk), optički (CD, DVD, HD DVD, Blu-ray).

4.1. Flopi disketa

Skoro 20 godina flopi disk je vladao računarskim svetom i bio glavni medij za prenos podataka među računarima. Danas se mnogo manje koristi zbog mnogo većih i bržih CD i DVD medija, ali flopi disk još uvek nije potpuno iščeznuo i još se koristi za manje obimne podatke kao što su drajveri za monitor, start-up diskete, te razni drajveri za SATA hard diskove.

Njihova svrha kod izrade sigurnosne kopije nije na nivou organizacije, već korisnika koji njihovim korišćenjem mogu sačuvati neke osnovne podatke.

4.2. Magnetna traka

Magnetna traka je masovni medij koji je jako dugo na računarskoj sceni (više od 50 godina). Može se slobodno tvrditi – najduže ako se uzme u obzir da nalaze primenu čak i u današnje vreme.

Osnovne karakteristike trake kao medijuma za zapis jesu:

- nisu tako skupe,
- prenosive su,
- mogu čuvati veliku količinu informacija,
- ne zauzimaju prostor, i dosta su pouzdane

U današnjem obliku nisu našle primenu kod krajnjih (kućnih korisnika pre sve zbog skupih uređaja za pokretanje trake. Za podatke koji se čuvaju na traci postoji velika verovatnoća da se neće koristiti u bliskoj budućnosti. Zapisu informacije na magnetnoj traci pristupa se sekvencijalno, imaju izuzetno loše performanse naspram drugih medija pa je neisplativo ili nemoguće koristiti ih kao medije sa slučajnim (random access) pristupom.

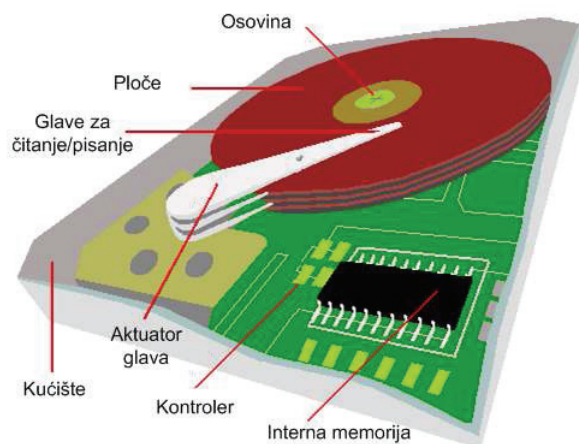
4.3. Čvrsti disk

Tehnologija izrade diskova veoma je uznapredovala, pa danas uobičajeni kapacitet diska iznosi od 80-500GB, maksimalan reda 2 TB (Samsung predstavio 2008.). Površinska gustina zapisa, pa samim tim i kapacitet diska, udvostručavala se približno svake dve do tri godine.

Kompanije su takođe razvijale nove tehnologije za medijume i glave, kako bi podržale takvu površinsku gustinu: keramičke ili staklene ploče, magnetootporne glave, upisivanje prividnim kontaktom i sl.

Od početnih 2000 bita, danas se gustina meri milionima bita, a u bližoj budućnosti predviđa se postizanje nivoa od 400 Gbita po kvadratnom inču. Istovremeno je rasla i brzina pristupa podacima na disku, tako da srednje vreme pristupa za aktuelne modele iznosi 3.5 do 12 ms.

Osnovnu konstrukciju čvrstog diska (slika 1) čine ploče i magnetne glave. Čvrsti diskovi obično sadrže dve ili više ploča povezanih zajedničkom osovinom, obrću se brzinom od 5400-15000 obrtaja u minuti, i svaka od njih prima podatke na obe površine. Glave, koje se radijalno pomeraju iznad njih, čitaju i upisuju podatke u koncentričnim krugovima – stazama. Čvrsti disk obično ima po jednu glavu za svaku površinu ploče, a sve su glave pričvršćene za zajednički nosač.

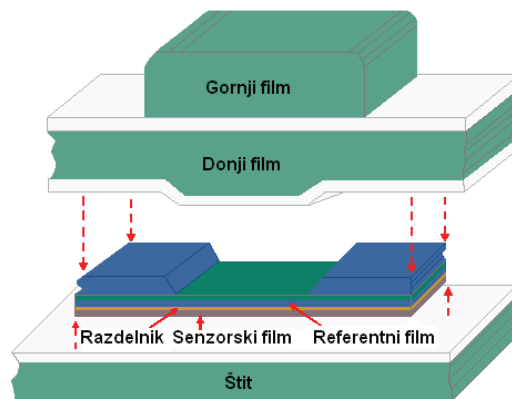


Slika 1. Konstrukcija čvrstog diska

Glave su plivajuće, što znači da prilikom normalnog rada ne dodiruju površinu ploče. Trenutno najsavremenije GMR (Giant Magneto-Resistive), visoko magnetno-otporne glave su sofisticirani uređaji koji koriste kvantnu prirodu elektrona.

Odlikuju se povećanom osetljivošću na promene magnetnog polja pa podržavaju gustinu zapisa do 40 Gbita po kvadratnom inču.

Na jednoj površini ploče nalazi se P radijalnih staza, na kojima se smeštaju podaci. Sve staze istog prečnika čine jedan cilindar, kome se pristupa jednovremeno sa svim upisno/čitajućim glavama. Staza na disku prevelika je da bi se podacima na njoj, kao celinom, moglo delotvorno upravljati.



Slika 2. Konstrukcija GMR glave za čitanje/pisanje

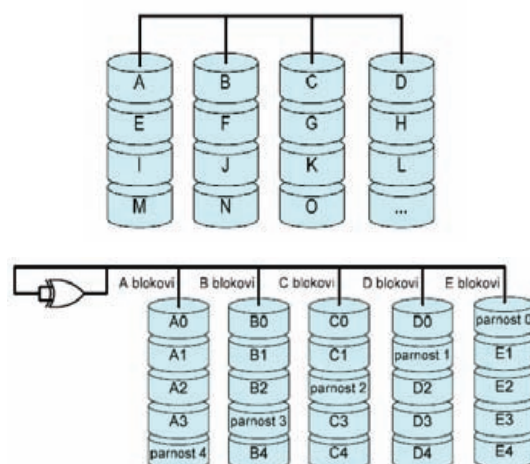
4.4. Pouzdanost diska i tehnike redudancije:

U cilju unapređenja kapaciteta, brzine i pouzdanosti rada disk jedinice, razvijen je koncept koji podrazumeva paralelni rad više standardnih diskova prihvatljive cene. Njihov rad objedinjuje (sinhronizuje) operativni sistem, ali mnogo češće posebno projektovan kontroler diskova. Ovakvo rešenje poznato je kao RAID - Redundant Array of Inexpensive (Independent) Disks, i odlikuje se sledećim ključnim osobinama:

1. RAID je skup nezavisnih fizičkih diskova koje operativni sistem vidi kao jedinstveni logički disk;
2. Podaci se distribuiraju na sve diskove u okviru RAID uređaja;
3. Dodatni (redundantni) prostor diskova se koristi za čuvanje informacija o paritetu, čime se obezbeđuje mogućnost oporavka podataka u slučaju otkaza jednog ili više fizičkih diskova u okviru RAID jedinice

Uobičajena je podela RAID rešenja u 7 nivoa, iako neka od njih nisu našla primenu u praksi (nivoi 2, 4), ili ne zadovoljavaju treći uslov (nivo 0).

Na Slici 3. prikazan je način zapisivanja podataka na raid 0 i raid 5 diskove.



Slika 3. Zapis podataka na raid 0 i raid 5 diskove

Pošto je skoro svaki računar danas opremljen hard diskom, logičan izbor za proces stvaranja sigurnosnih kopija jeste smeštaj podataka na hard disk. Koristi se za lične potrebe, manjim i srednjim organizacijama koje nemaju sredstava a i vremena da podatke prebacuju na trake. Cene hard diskova u zadnje vreme se sve više smanjuju na prihvatljivu meru, te je još jedan razlog za korišćenje hard diskova pri postupku izrade sigurnosnih kopija, čak i kod velikih organizacija.

4.4. Optički mediji

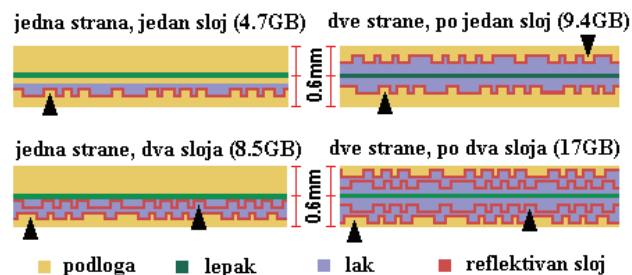
Kompakt disk:

Uvedeni su početkom 80-tih kao medij koji omogućuje digitalni zapis muzike. CD-ROM (Compact Disk Read-Only Memory) je tanak plastični disk sa jedne strane premazan slojem aluminija, na kojoj su smešteni podaci. Podaci se sa diska mogu samo čitati, pomoću laserskog zraka, bez ikakvog fizičkog kontakta uređaja za čitanje sa samim diskom, što omogućava dugotrajnost zapisa. Kapacitet diska je 650-700MB il 80-ak "minuta" audio zapisa, a vreme pristupa podacima se izražava u milisekundama.

Podaci se na disk zapisuju u obliku spirale koja ide od unutrašnjosti ka krajevima diska. CD-R (Compact Disk Recordable) je verzija kompakt diska koja omogućava jedno upisivanje podataka, a CD-RW (Compact Disk Rewritable) dozvoljava višestruki upis podataka na površini diska.

DVD standardi:

DVD (Digital Versatile Disk) je još jedna vrsta optičkog diska. Princip rada im je sličan onom kod kompakt diskova, ali zapis podataka je mnogo gušći, čime dobijamo kapacitet 4,7GB, odnosno maksimalno 17GB (dve strane po dva sloja), kao što je prikazano na slici 4.



Slika 4. Različite konstrukcije DVD diskova

Kao i kod kompakt diskova, postoje DVD-R diskovi na koje možemo jednom upisati podatke, i DVD-RW koji nudi mogućnost brisanja starih i unos novih podataka. HDDVD se smatra naslednikom DVD-a, kapacitet mu je 15GB (30GB dvoslojno).

Blu-ray:

Blu-ray Disk zasniva se, kao i HD-DVD, na plavo-ljubičastom laseru sa 405 nm talasne dužine.

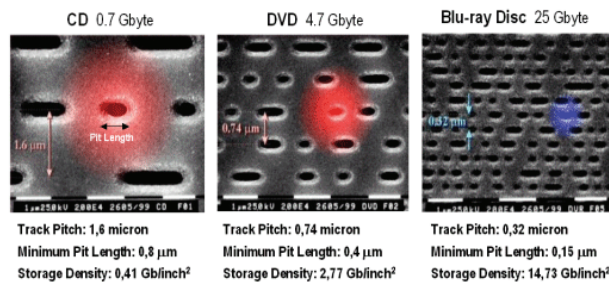
Blu-ray Disk sa mogućnošću višestrukog zapisa podataka zasniva se na phase-change-tehnici. Disk promera 12 cm obuhvata sa jednim slojem do 27 GB (25,1 GiB), a sa dva sloja do 54 GB (50 GB) podataka.

Alternativni izvori spominju kao bruto kapacitet 23,3 GB (21,7 GiB). TDK je predstavio i četverslojnu verziju Blu-ray Diska koja bi na jednoj strani trebalo da skladištiti oko 100 GB. Blu ray predstavlja evoluciju u

razvoju optičkih medija sa dosada najvećom gustinom zapisa (slika 5).

Optički mediji (CD, DVD, HD DVD, Blu ray) odlični su po pitanju performansi i cene, pogotovo ako se koriste u kombinaciji sa Jukeboxovima.

Tako jedan Blu ray Jukebox omogućava smeštaj do 30TB skladišnog prostora. Danas se koriste za potrebe arhiviranja, gde se podaci ne mogu obrisati niti izmeniti (WORM diskovi).



Slika 5. Gustina zapisa na optičkim medijima

4.5. Flash memorija

Flash memorija ili Flash EEPROM je vrsta EEPROM (Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory) memorije koja omogućava da se više memorijskih lokacija izbriše ili zapiše sa jednom programskom operacijom.).

Flash memorija je izvedena na dva načina:

NAND flash- tranzistori su serijski povezani

NOR flash - tranzistori su paralelno povezani

Flash memorija kao zamena za čvrste diskove:

Kada govorimo o Flash hard disku (Solid State disk-SSD), najvažnija stvar koju moramo napomenuti jeste da se tu ne radi o klasičnom magnetnom mediju, već o skupu memorijskih čipova(slika...).



Slika 6. Čvrsti disk (levo) i Flash hard disk (desno)

SSD hard diskovi (uobičajeni kapacitet do 128GB) nemaju pokretnih delova, već koriste flash memoriju, pa je rezultat disk malih dimenzija, manje potrošnje i veće brzine pristupa podacima.

Još jedna od velikih prednosti jeste veća otpornost na udarce i temperaturu. SSD diskovi pate od dve mane, to je visoka cena po gigabajtu dostupnog skladišnog prostora, i ograničen životni vek memorijskih ćelija. Solid State diskovi i njihova tehnologija (koja je još uvek u razvoju) ovom trenutku su najbolje rešenje za laptop računare.

Pitanje je vremena kada će SSD disk u potpunosti zameniti klasični hard disk.

5. HOLOGRAFSKE MEMORIJE

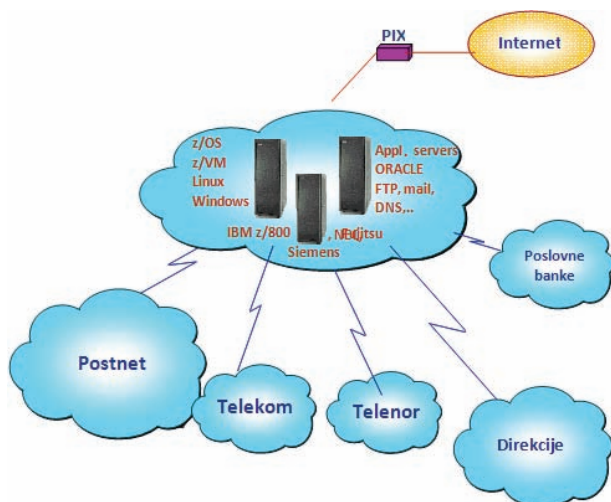
Još od ranih devedesetih godina prošlog veka postoji težnja da se pređe na trodimenzionalni zapis podataka, poznat još i kao holografski zapis. Kompanija InPhase Technologies usavršila je holografski zapis u saradnji sa Maxellom i pretvorila ga u komercijalno dostupne proizvode. Suština holografskog zapisa je u tome što se podaci smeštaju u više slojeva materijala koji je nosilac podataka, dakle po dubini materijala, a ne samo po njegovoj površini kako je do sada bila praksa.

Jasno je da brzina čitanja i pisanja podataka na ovaj način daleko prevazilazi serijski pristup podacima kakav se danas koristi. Kompanija nudi svoju tehnologiju i prototipe kompanijama koje su zainteresovane za masovnu proizvodnju, i obećava kapacitet od 1,6 terabajta. Poređenja radi, sadržaj poznate američke kongresne biblioteke bi u digitalnom formatu zauzeo 15 do 20 terabajta. Na osnovu do sada viđenog, čini se daleko verovatnije da će u budućnosti optičke tehnologije preovladati, pri čemu holografski način zapisa podataka ima sve potencijale da bude osnova skladištenja podataka u budućnosti.

6. PRIMENA

Danas smo svedoci ubrzanog tehnološkog razvoja, ali i sve većeg priliva podataka. Javlja se razni problemi, kako se izboriti sa svim tim podacima, gde ih smestiti, kako ih čuvati?

Kao i mnoga preduzeća i JP PTT Srbija se našla u situaciji reorganizovanja svojih sistema za elektronsku obradu podataka i skladištenje. Uvođenjem z/OS operativnog sistema poslednje generacije, IBM servera (z800, storage server ds8100), SAP softvera (prva na Balkanu, a kao 29. pošta na svetu), pošta je ne samo ostala konkurentna u zemlji, već je i napravila iskorak u odnosu na konkurenciju. Skladištenje podataka obavlja se uz pomoć diskova i traka (D2D2T-disc to disc to tape). Na slici 7. prikazan je Sistemski softver, podrška i eksploatacija u JP PTT Srbija.



Slika 7. Sistemski softver, podrška i eksploatacija

7. ZAKLJUČAK

Karakteristike idealnog medija su visoka gustina, trajnost očuvanja sadržaja, kratko vreme očitavanja i upisivanja, niska potrošnja i niska cena. Klasične tehnologije izrade medija mogu da objedine više ili manje ovih karakteristika, nikako sve. Za potrebe skladištenja podataka podrazumeva se korišćenje više različitih tehnologija (medija).

Pošta instalacijom i puštanjem ovih računarskih sistema u rad ne samo da je pokazala da i veliki javni sistemi mogu da posluju efikasno i uz praćenje savremenih trendova i tehnologija, nego da i ponude svoje usluge drugim korisnicima (Telekom, Telenor, poslove banke).

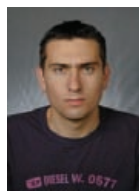
8. LITERATURA

[1] www.ibm.com

[2] www.dokumenten-management.com

[3] www.wikipedia.org

Kratka biografija:



Vladimir Stevanović rođen je u Bijeljini (BiH) 1981.god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka odbranio je 2009.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.

UTVRĐIVANJE OPTIMALNOG NAČINA REGULISANJA SAOBRAĆAJA NA PUTNO-PRUŽNOM PRELAZU PPO2 STANICE VRBAS

DETERMINATION OF THE OPTIMAL WAY FOR THE TRAFFIC REGULATION ON THE RAILWAY PPO2 STATION IN VRBAS

Željko Lučić, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

Oblast – SAOBRAĆAJ

Kratak sadržaj – Cilj ovoga zadatka jeste da analizira problem putno-pružnog prelaza, način osiguranja, troškove koje prouzrokuje i njegov uticaj na bezbednost saobraćaja. Kao rešenje za ovaj problem, analizirana je mogućnost izgradnje nadvožnjaka, odnosno opravdanost investicije.

Abstract – The objective of this assignment is to analyse the railway path, insurance way, costs caused by and his influence on the traffic safety. As a solution to this problem, analyzed the possibility of bulding overpasses or investments.

Ključne reči: putno-pružni prelaz, vanredni događaj, troškovi, investicija, denivelizacija.

1. UVOD

Putno-pružni prelaz predstavlja takav sistem upravljačkog procesa u kome se u nivou susreću železnički i drumski putevi u određenim saobraćajnim uslovima.

Ukrštanje železničke pruge i drumskog puta može se izvršiti na dva načina:

- u nivou i
- van nivoa (podvožnjak ili nadvožnjak).

Većina pružnih prelaza na prugama Železnica Srbije izvedena je u nivou i osigurana signalnim znacima drumskog saobraćaja sa barijerama ili polubarijerama. Postojanja ovakvih mesta predstavljaju potencijalnu opasnost za nastanak vanrednih događaja. Osim toga, ovim sistemom osiguranja usporava se i zaustavlja drumski saobraćaj, što prouzrokuje velike troškove na godišnjem nivou.

U ovom radu je izvršena analiza putnog prelaza PPO2 stanice Vrbas, koji je u nivou i mogućnost i opravdanost investicije u denivelizaciju.

Za potrebne podatke izvršeno je brojanje i snimanje saobraćaja, dana 10. juna 2009.godine, u vremenskom intervalu od 06⁰⁰ do 22⁰⁰ h.

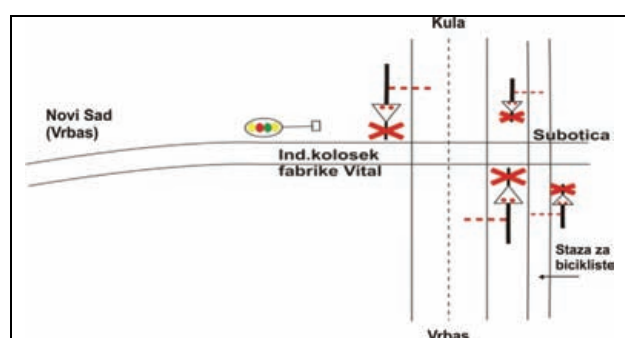
2. PUTNI PRELAZ PPO2 STANICE VRBAS

Putno-pružni prelaz PPO 2 nalazi se na području stanice Vrbas, od strane Lovćenca, u kilometarskom položaju 117+478. Ovaj prelaz posmatrano sa aspekta drumskog saobraćaja nalazi se na regionalnom putu

Vrbas-Sombor, na samom izlasku iz Vrbasa u neposrednoj blizini fabrike ulja i biljni masti „Vital“.

Putno-pružni prelaz PPO 2 se ukršta u nivou sa prugom Subotica – Novi Sad – Beograd, koja je ogranak „koridora X“, kao i sa industrijskim kolosekom fabrike „Vital“.

Izgled putno-pružnog prelaza prikazan je na slici 1, koja je urađena prema shemi stanice Vrbas.

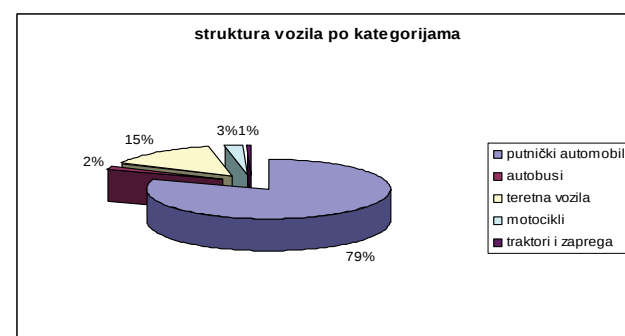


Slika 1. Putno-pružni prelaz PPO2

2.1. Metodologija snimanja i snimljeni parametri

Za snimanje i brojanje saobraćaja određen je „prosečan“ dan, odnosno dan kada u gradu nema nekih važnijih zbivanja koji bi mogli da povećaju ili smanje frekvenciju drumskih vozila na putnom prelazu PPO2. Zbog toga je izabrani dan smatran kao relevantan pokazatelj i da bi se slični rezultati dobili i da je snimanje vršeno neki drugi dan. Broj vozova na prelazu dobijen je takođe brojanjem, a za preciznije rezultate dobijeni broj upoređen je sa Saobraćajnim dnevnikom S-13 stanice Vrbas. Brojanjem saobraćaja je utvrđen broj drumskih vozila, koji iznosi 8843 vozila, dok je broj vozova u istom intervalu 36. Struktura drumskih vozila prema kategorijama prikazana je na grafiku 1.

Radi dobijanja preciznijih podataka vremenski interval podeljen je na 6 perioda T_i (gde je $i=1,2,...,6$)



Grafik 1. Struktura drumskih vozila po kategorijama

NAPOMENA:

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

3. PROGNOZA BROJA DRUMSKIH VOZILA NA PUTNO-PRUŽNOM PRELAZU PPO2

Prognoza broja drumskih vozila određena je metodom eksperata. Nepostojanje podataka za prethodne godine onemogućava dobijanje preciznijih podataka na osnovu neke druge metode. Primenom ove metode usvajaju se sledeće pretpostavke:

- narednih pet godina neće se povećavati broj drumskih vozila,
- u sledećih deset godina taj broj će se povećavati 2,5% godišnje i
- nakon toga narednih pet godina broj vozila se povećava 1% godišnje.

U tabeli 1. prikazano je povećanje drumskih vozila za dvadesetogodišnji period.

Tabela 1. Prognoza drumski vozila za 20 godina

Godina	Periodi konstantnog saobraćaja T						Ukupno
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	
2009	1499	1927	2108	1565	985	759	8843
2014	1499	1927	2108	1565	985	759	8843
2019	1696	2108	2385	1771	1114	859	10005
2024	1919	2467	2698	2003	1261	972	11320
2029	2017	2593	2725	2023	1273	981	11433

3.1. Prognoza broja železničkih vozila na putno-pružnom prelazu PPO2

Za prognozu broja železničkih vozila takodje je korišćena metoda eksperta uz usvojene sledeće pretpostavke:

- u narednih pet godina doći će do povećanja obima saobraćaja za 1% godišnje,
- narednih deset godina povećanje obima saobraćaja je za 2,5% godišnje i
- u poslednjih pet godina povećanje obima saobraćaja je za 1% godišnje.

U tabeli 2. prikazano je povećanje obima saobraćaja železničkih vozila za dvadesetogodišnji period.

Tabela 2. Prognoza železničkih vozila za 20 godina

Godina	Periodi konstantnog saobraćaja T						Ukupno
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	
2009	7	6	8	5	3	7	36
2014	7	6	9	5	3	7	37
2019	8	7	10	6	4	8	43
2024	9	8	11	7	4	9	48
2029	10	8	11	7	4	10	51

3.2. Model za prognozu broja zaustavljenih železničkih vozila

Železnička vozila se na putnom prelazu zaustavljaju iz tri razloga: kvar uređaja na putnom prelazu, vanrednog događaja ili specijalnog režima saobraćaja. Svako zaustavljanje železničkih vozila stvara dodatne troškove i gubitke.

Za izračunavanje zaustavljanja železničkih vozila korišćeni su sledeći podaci (evidencija ŽS):

- godišnji broj kvarova uređaja $N_{kv} = 12$ kvarova,
- prosečno vreme trajanja jednog kvara uređaja $t_{kv} = 2,20$ h i
- prosečno vreme zadržavanja jednog voza zbog kvara uređaja $t_{zad} = 1,48$ min.

Broj lomova branika prema evidenciji stanice Vrbas iznosi prosečno $N_b = 30$ lomova godišnje.

Godišnji broj vozova koji se zaustavlja na prelazu sa zadovoljavajućom preciznošću može se odrediti pomoću izraza:

$$N_{vz} = \frac{(N_b + N_{kv}) \cdot t_{kv}}{365 \cdot 24} \cdot N_v^g = 138 \quad (1)$$

Gde je:

N_v^g - prosečan godišnji broj vozova i

Dok se ukupno vreme čekanja vozova dobija na sledeći način:

$$t_v^c = N_{vz} \cdot t_{zad} = 138 \cdot \frac{1,48}{60} = 3,404 \quad (2)$$

Gde je:

t_{zad} - prosečno vreme zadržavanja jednog voza zbog kvara uređaja putnog prelaza (evidencija ŽS)

4. TROŠKOVI I EFEKTI

Povećanje nivoa osiguranja putnog prelaza ima za cilj pre svega povećanje stepena bezbednosti odvijanja saobraćaja ali i smanjenje troškova. Strukturu troškova putnog prelaza čine sledeći troškovi:

- troškovi promene brzine drumskih vozila,
- troškovi usled nastanka smrtonosnih povreda na putnom prelazu,
- troškovi usled nastanka teških telesnih povreda i
- troškovi zaustavljanja železničkog saobraćaja.

4.1. Troškovi promene brzine drumskih vozila

Pri jednom ciklusu promene brzine drumskih vozila javljaju se dodatni troškovi zbog povećane potrošnje goriva i troškovi uslovljeni vremenskim gubicima. Ovi troškovi se računaju za svaku kategoriju vozila pojedinačno, posebno za usporenje posebno za zaustavljanje.

Troškovi pri jednom ciklusu promene brzine jednaki su:

$$C_z = Q_z \cdot C_{gor} + t_{uk} \cdot C_{zad} \text{ [€/zaustavljanju]} \quad (3)$$

Gde je :

- Q_z - utrošena količina goriva pri jednom ciklusu promene brzine,
- C_{gor} - ekonomska cena goriva 0,98 [€/litru],
- t_{uk} - vreme izgubljeno zbog promene brzine i
- C_{zad} - troškovi zadržavanja vozila 2,5 [€/vozilo času].

Dopunska potrošnja goriva i vremena zbog zaustavljanja i usporenja data je u tabeli 3.

Tabela 3. Dodatni utrošak goriva i vremena

Tip vozila	Zaustavljanje (40-0 km/h)		Usporenja (40-16 km/h)	
	Vreme	Gorivo	Vreme	Gorivo
Putnička vozila	0,0053	0,02	0,0026	0,01
Teretna vozila	0,0054	0,09	0,0026	0,07
Autobus	0,0057	0,11	0,0027	0,08

Prema obrazcu 3 i podacima iz tabele 3 dobijamo da su zaustavljanja po jednom ciklusu:

$$C_z = 0,0437 \quad [\text{€ /zaustavljanju}]$$

Odnosno troškovi usporenja po jednom ciklusu:

$$C_z = 0,02565 \quad [\text{€ /usporenju}]$$

4.2. Troškovi usled nastanka smrtonosnih povreda

Vrednovati ljudski život kosi se sa etičkim i moralnim načelima, ali ipak smo prinuđeni na neki način novčano izraziti gubitak društva. „Ekonomski gubitak“ nekog lica možemo odrediti prema sledećem izrazu i on u našem slučaju iznosi:

$$Q_u = \frac{100 - a_1}{100} \cdot 20 \cdot K \cdot B_1 = 46545,74 \quad [\text{€/osobi}]$$

Gde je :

- K - koeficijent svođenja koji iznosi 0,468 i
B₁ - prosečan god. bruto dohodak 7104,05 €

4.3. Troškovi usled nastanka teških telesnih povreda

Slično kao i kod poginulih osoba i ovde se javlja isti problem, a troškovi se dobijaju prema izrazu:

$$Q_p = A_1 \cdot C_e + \frac{D_1}{365} \cdot B_1 + \frac{a_2}{100} \cdot \frac{a_3}{100} \cdot 20 \cdot K \cdot B_1 \quad [\text{€/osobi}]$$

$$Q_p = 7432,63 \quad [\text{€/osobi}]$$

Gde je:

- A₁ - prosečna dužina lečenja u danima – 10,
D₁ - prosečna dužina bolovanja u danima - 30,
C_e - cena bolničkog dana i lečenje 51,52 €,
a₂ - procenti povređenih lica 38,1% i
a₃ - procenti umanjene sposobnosti rada 25 %.

4.4. Troškovi na oštećenim vozilima

Za određivanje ovih troškova uzimaju se sledeće pretpostavke:

- vozilo posle udesa je potpuno havarisano i njegova vrednost je 10% tržišne vrednosti,
- prosečna starost vozila je 5 godina, a vek trajanja je 10 godina,
- cena prosečnog vozila je C_v = 8000 €.

Veličina ovih troškova iznosi:

$$Q = \frac{0,9 \cdot C_v}{2} = 3600 \quad [\text{€/vozilo}]$$

4.5. Troškovi zadržavanja železničkih vozila

Zaustavljanje železničkih vozila dovodi do troškova energije, voznih časova i poremećaja u redu vožnje, računaju se na godišnjem nivou i iznose:

$$Q_{vz} = N_{vz} \cdot K_{vz} \cdot \left[(t_z + t_u + t_o) \cdot C_{vzad} \cdot \frac{1}{60} + C_{vz} \right] + t_v^c \cdot C_{vzad} \quad [\text{€/godišnje}]$$

$$Q_{vz} = 8259,26 \quad [\text{€/godišnje}]$$

Gde je:

- C_{vzad} - trošak jednog voznog časa - 295,53 €,
C_{vz} - trošak za jedno zaustavljanje - 20,27 €,
t_o - vreme otkočivanja - 1 min,
t_u - vreme ubrzanja - 1 min,
t_z - vreme neophodno za zaustavljanje 1 min,
N_{vz} - godišnji broj zaustavljenih vozova zbog kvara na uređajima putnog prelaza - 138 i
K_{vz} - prosečan broj zaustavljanja po jednom zaustavljenom vozu – 1,5.

5. UKUPNI TROŠKOVI PRELAZA PPO2

Za izračunavanje ukupnih troškova putno-pružnog prelaza PPO2 korišćeni su realni podaci predstavljeni u poglavlju 2, kao i vrednosti za troškove dobijene u poglavlju 4. Troškovi su računati na godišnjem nivou i srazmerno povećavani kako se predviđa povećanje obima drumskog i železničkog saobraćaja na način prikazan u poglavlju 3. Broj vanrednih događaja na putno-pružnom prelazu PPO2 iznosi 0,2 van.događaja/godišnje, dok prosečan broj usmrćenih lica na putnim prelazima iznosi 0,14, a broj povređenih lica je 0,51 (istraživanje za pruge područja AP Vojvodina).

Osim ovih troškova koji su posledica obima drumskog saobraćaja, te se menjaju promenom njegove frekvencije, imamo i fiksne troškove samoga održavanja prelaza, kao i troškove zamene polomljenih branika. Troškovi održavanja postojećeg uređaja na prelazu iznose 4570 €, dok je cena zamene polomljenog branika 129,5 €. Prosečan broj polomljenih branika jeste 30, što je svakako značajna brojka i stvara ne male troškove.

Prema svim navedenim podacima i metodama izračunavanja dolazimo do konačnih troškova eksploatacije putno-pružnog prelaza na godišnjem nivou, koji imaju sledeće vrednosti prikazane u tabeli 4.:

Tabela 4. Struktura troškova putnog prelaza PPO2

Troškovi:	Iznos (€)
- zadržavanja drumskih vozila	7576,49
- zaustavljanja žel.saobraćaja	3803,24
- zaustavljanja i usporavanje drum.vozila	85919,80
- vanrednih događaja	2781,41
- zamena polubranika	3885,00
- održavanje	4570,00
Ukupno	108535,94

6. TROŠKOVI INVESTICIJA

Investicijom u denivelizaciju putnog prelaza izbegli bi se svi dodatni troškovi prikazani u prethodnom poglavlju, a sama bezbednost saobraćaja podigla bi se na najveći mogući nivo.

Denivelizacija bi podrazumevala izdizanje ili spuštanje nivoa drumske saobraćajnice iznad ili ispod nivoa železničke pruge, odnosno izgradnja podvožnjaka ili nadvožnjaka. U slučaju putno-pružnog prelaza PPO2 pogodnija varijanta zbog konfiguracije terena bi bila izgradnja nadvožnjaka. Međutim tada bi se javljali neki novi troškovi, od kojih je najveći svakako investicija u izgradnju nadvožnjaka, čija je procenjena vrednost oko 498000 €, ali bi se javljao samo prve godine, odnosno godine izgradnje. Druga kategorija troškova u slučaju

denivelizacije jesu troškovi koji se javljaju za vreme same gradnje nadvoznjaka i njih čine:

➤ troškovi pomeranja uređaja putnog prelaza, usvaja se oko 25 % od troškova radova, što u našem slučaju dakle iznosi – 124500 € i

➤ troškovi zbog promene brzine drumskih vozila za vreme gradnje – 20414,06 €.

Treću kategoriju troškova predstavljaju troškovi koji je bi se javljali u toku same eksploatacije, a to su troškovi održavanja nadvoznjaka koji su fiksni i iznose oko 2054 € i troškovi prelaza drumski vozila preko denivelizacije koji u našem slučaju iznose 0,005 €/vozilo dakle na godišnjem nivou 16138,47 €.

7. VREDNOVANJE ALTERNATIVNIH REŠENJA

Pri postojećem načinu osiguranja javljaju se sledeći troškovi: zadržavanja drumskih vozila, zaustavljanja i zadržavanja železničkih vozila, zaustavljanja i usporavanja drumskih vozila, vanrednih događaja, zamene branika i održavanja.

Kod varijante sa denivelacijom, u troškove eksploatacije se ubrajaju: troškovi održavanja nadvoznjaka, troškovi prelaska drumskih vozila preko denivelacije i povećani troškovi u drumskom saobraćaju za vreme izgradnje denivelacije.

Prilikom denivelacije pojavljuje se i vrednost demontiranog uređaja prelaz u iznosu od 15000 €.

Poređenje ove dve varijante, odnosno njihovih ukupnih troškova, te ostvarene uštede u dvadestogodišnjem periodu prikazane su u tabeli 5.

Tabela 5. Poređenje varijanti i ušteta

Godina	Troškovi (€)		Ušteta (€)
	Postojeća varijanta	Varijanta denivelizacije	
2009	108535,9	646106,6	- 537571
2014	108535,9	18192,47	90343,43
2019	122798,5	20313,20	102485,3
2024	138935,2	22712,61	116222,6
2029	146022,3	23766,40	122255,9

7.1. Izračunavanje stope rentabilnosti

Sadašnja vrednost projekta utvrđuje se pomoću koeficijenta diskontovanja na sledeći način:

$$V_s = V_n \cdot \frac{1}{(1+i)^n}$$

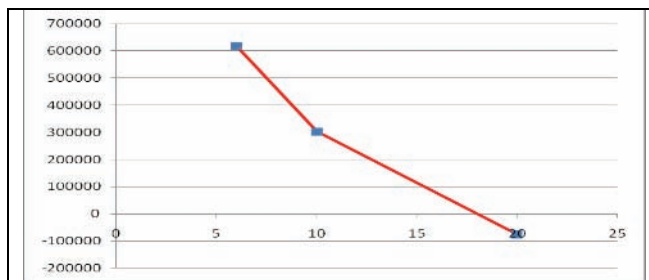
Gde je:

V_n - vrednost u n-toj godini,

i - stopa diskontovanja i

n - broj godina.

Određivanje stope rentabilnosti određeno je grafičkim putem, za stope rentabilnosti 6, 10 i 20 %, rezultati su prikazani na grafiku 2.



Grafik 2. Određivanje stope rentabilnosti

Sa grafikona možemo da uočimo da je stopa rentabilnosti oko 17 %, a za precizniji rezultat vršeno je dalje diskontovanje i dobijena je stopa rentabilnosti 0,17066 ili 17,066%.

8. ZAKLJUČAK

Prema urađenoj analizi prelaza PPO2 i dobijenoj stopi rentabilnosti možemo zaključiti da je opravdano investirati u denivelizaciju putnog prelaza, jer je stopa rentabilnosti za oko 7,06 veća od normativne stope, a za 5,06 veća od kamatne stope na tržištu kapitala.

Drugi važan argument koji ide u prilog izgradnji nadvoznjaka jeste i Pravilnik 322, član 2, stav 2 koji glasi:

„Ukrštanje železničke pruge i puta mora se izvršiti van nivoa, ako je saobraćaj motornih vozila na putu vrlo gust ili ako je učestao železnički saobraćaj“.

Kao i stav 3 istog člana:

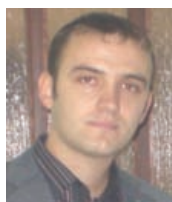
„Pod vrlo gustim saobraćajem motornih vozila na putu, na mestima ukrštanja železničke pruge sa putem, podrazumeva se prolaz više od 7.000 motornih vozila u toku 24 h“.

Prema tome, već na tom principu postoji osnova za izgradnju nadvoznjaka.

LITERATURA

- [1] JP „Železnice Srbije“: Izveštaji o obimu rada i nastalim vanrednim događajima na području operativnih odeljenja Novi Sad, Subotica, Zrenjanin, Ruma, 2004-2008.
- [2] Mirko Čičak, Slavko Vesković, „Organizacija železničkog saobraćaja II“, Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, Beograd, 2005.godina,
- [3] Poslovni red stanice Vrbas I deo, Vrbas, septembar, 2000.,
- [4] Pravilnik 322 o načinu ukrštanja železničke pruge i puta, ZJŽ, Beograd, 2000.,

Kratka biografija:



Željko Lučić rođen je u Somboru 1985. god. Fakultet tehničkih nauka je upisao 2004. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Saobraćaj – bezbednost železničkog saobraćaja odbranio je 2009.god.

ANALIZA PARAMETARA KRETANJA VOZILA NA SIGNALISANIM RASKRSNICAMA ANALYSIS OF VEHICLE MOVING PARAMETERS ON SIGNALIZED INTERSECTIONS

Endre Šurjan, Vuk Bogdanović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – SAOBRAĆAJ

Kratak sadržaj – U okviru rada analizare su karakteristike brzine kretanja vozila na izlivnim grlima signalisanih raskrsnica i zavisnost ovog parametra u odnosu na veličinu protoka po pojedinim saobraćajnim trakama. Istraživanje karakteristike brzine kretanja izvršeno je na nekoliko signalisanih raskrsnica u Novom Sadu. U okviru analiza statistički je obrađen uzorak koji je obuhvatio više od tri hiljade izmerenih vrednosti ovog parametra u različitim uslovima odvijanja saobraćaja.

Glavne reči: Brzine vozila na izlivnim grlima raskrsnica, protok vozila

Abstract – Research presented in this publication was done in order to determine the intensity of the vehicle speed on the outflow parts (lines) of signalized intersections and to define the dependence of flow rate on speed on the traffic lines if it exist. The analysis was made on few signalised intersections in Novi Sad in different traffic conditions on more than three thousand samples (vehicles).

Key words: Vehicle speed on the outflow parts of intersections, flow rate

1. UVOD

U teoriji saobraćajnog toka, projektovanju puteva i saobraćajne signalizacije i veštačenju saobraćajnih nezgoda kao osnovne i polazne za većinu proračuna se pojavljuju veličine pređenog puta, brzine, ubrzanja i usporenja vozila. Ove veličine se koriste i u programima za simulaciju i predviđanje, koji su sve zastupljeniji u saobraćajnim institucijama i kao takvi predstavljaju osnovu planiranja saobraćaja u budućnosti. Izuzetno mali broj istraživanja vršen je u zonama raskrsnica, kako signalisanih, tako i nesignalisanih. Raskrsnice regulisane svetlosnom signalizacijom (koje su predmet istraživanja ovog rada) su karakteristične zbog toga što se na njima javljaju tokovi koji se u teoriji saobraćajnih tokova nazivaju složeni, povremeno prekinuti tokovi. U okviru rada će se utvrđivati brzine kretanja vozila na izlaznim grlima raskrsnice. Pored toga izvršiće se analiza da li vrednosti parametara kretanja zavise od protoka vozila kao jednog bitnog parametara saobraćajnog toka.

Kroz ovo istraživanje biće obrađeno ukupno 6 raskrsnica regulisanih svetlosnom signalizacijom, odnosno 9 prilaza tih raskrsnica u Novom Sadu. Na osnovu analize veličine brzina na izlivnim trakama biće date preporuke u skladu sa verovatnoćom pojavljivanja istog u određenim granicama.

NAPOMENA:

Ovaj rad poistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Vuk Bogdanović, docent.

2. OSNOVNI PARAMETRI SAOBRAĆAJNOG TOKA

Osnovni parametri saobraćajnog toka služe za opisivanje saobraćajnih tokova i zakonitosti kretanja motornih vozila, odnosno saobraćajnih tokova na drumskim saobraćajnicama.

U osnovne parametre saobraćajnog toka spadaju:

1. Protok vozila,
2. Gustina toka,
3. Brzina toka,
4. Vreme putovanja vozila u toku,
5. Jedinično vreme putovanja vozila u toku,
6. Vremenski interval sleđenja vozila u toku i
7. Rastojanje sleđenja vozila u toku.

U daljem izlaganju pažnja će se posvetiti parametrima definisanih ciljem rada - protoku vozila i brzini toka.

2.1. Protok vozila

"Pojam protoka vozila definiše se kao broj vozila koja u određenom periodu vremena pređu preko posmatranog preseka puta, u jednom smeru za jednosmerne saobraćajnice ili u oba smera za dvosmerne saobraćajnice." [1] Protok je prostorno vezan za presek, a vremenski za jedinicu posmatranja.

Protok se obeležava sa q , a osnovna jedinica za izražavanje protoka je voz/h . Protok se može izražavati i u manjim i u većim vremeskim jedinicama od časa.

2.2. Brzina toka

S obzirom da se radi o saobraćajnom toku, znači o istovremenom kretanju više vozila, to se pod pojmom brzine toka misli na određenu srednju vrednost brzina svih vozila koja učestvuju u saobraćajnom toku. Zavisno od načina posmatranja toka u odnosu na prostor i vreme, a s obzirom i na značenja pojmova za protok vozila i gustinu toka, u teoriji saobraćajnog toka su uspostavljena dva pojma brzine saobraćajnog toka. Ti pojmovi su:

- **Srednja prostorna brzina toka**, koja je prostorno vezana za jedan niz vozila na odseku puta, a vremenski za trenutak.

- **Srednja vremenska brzina toka**, koja je vezana za protok jednog niza vozila na preseku puta, a vremenski za period posmatranja.

U radu, izračunate brzine predstavljaju srednju vremensku brzinu toka.

$$\bar{V}_t = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N V_{ti} \quad (1)$$

3. METODOLOGIJA RADA

Za utvrđivanje odgovarajućih parametara saobraćajnog toka definisanih ciljem rada, vršeno je istraživanje na određenom uzorku vozila čija kretanja su analizirana naknadnom obradom video zapisa saobraćaja na pojedinim lokacijama

Sa svake lokacije snimanje je vršeno u dva navrata:

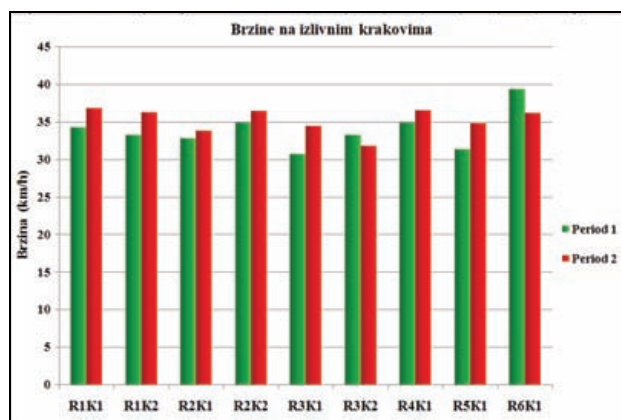
- u vremenskom periodu od 14 - 15.30 h,
- u vremenskom periodu od 9.30 - 12 h.

Trajanje svakog snimka je najmanje trideset minuta. Sve raskrsnice su snimljene u vremenskim uslovima sa suvim kolovozom i dobrom vidljivošću (2009. septembar - radni dani). Za obradu podataka su korišćeni softverski alati: *Nero ShowTime*, *Adobe Premiere Pro 1.5*, *Microsoft Excel* i *Mini Tab*.

4. PRIKAZ REZULTATA

Brzine izmerene na izlivnim trakama su vezane za pojedine trake bez obzira na manevre koji se ulivaju u te trake. Ukupan uzorak iznosi za ovaj parametar 3.184 vozila. Sve su brzine veće od 11 km/h, sa naznakom da su se posmatrala sva vozila (sva vozila prolaze bez zaustavljanja). Formirane su tabele sa vrednostima prosečnih brzina ostvarenih na pojedinim trakama, po prilazima posebno za prvi i drugi period (**prilog - tabela 4. i tabela 5.**)

Na grafikonu 1. prikazane su prosečne brzine po periodima snimanja na izlivnim grlima. Možemo primetiti da se prosečne brzine nalaze u intervalu od 30 do 40 km/h. Skoro na svakom izlivnom grlu su veće brzine u drugom periodu snimanja.



Grafik 1. Brzine ostvarene na izlivnim grlima po periodima

Tabela 1. Vrednosti prosečnih brzina ostvarenih na izlivnim trakama

PROSEČNE BRZINE (km/h)							Spr (m)
Крaк	Traka	LEVO	PRAVO	DESNO	POLUKR.	UKUPNO	
R1K1,R2K1,R2K2, R3K1,R4K1,R5K1	T1	31	42,38	27,18	20,7	37,51	10,08
	T2	30,47	39,85	27,14	25,29	33,51	
	T3	23,01	28,65	34,34	23,35	24,28	
	SUMA	30,82	41,09	26,21	24,69	34,33	
R1K2,R3K2,R6K1	T1	30,5	42,63	28,07	27,27	37,92	10,28
	T2	28,89	40,63	26,14	26,08	30,74	
	SUMA	30,29	42,11	26,3	26,1	34,92	
		30,65	41,42	26,24	25,12	34,52	

Nakon grupisanja podataka dobijena je **tabela 1.**, gde su vrednosti ovog parametra svrstane po:

- trakama prilaza (dvotračna, trotračna grla) i
- manevru.

Brzine koje se ostvaruju na izlivnim grlima raskrsnica najveće vrednosti imaju na prvim trakama, tj. unutrašnjim trakama. Prosečna vrednost za izlivna grla sa tri trake iznosi 37,51 km/h, a sa dve trake 37,92 km/h.

Druge trake imaju manju vrednost brzina, 33,51 km/h (trotračna izlivna grla) i 30,74 km/h (dvotračna izlivna grla). Na trećim, tj. spoljnim trakama se ostvaruju najmanje brzine (veliki udeo desnih skretanja), i prosečna vrednost iznosi 24,28 km/h.

Ako posmatramo po manevru ukupnu sliku, odnosno brzine manevra, redom izlivne brzine iznose:

- kretanja pravo 41,42 km/h,
- levo 30,65 km/h,
- desno 26,24 km/h i
- polukružno 25,12 km/h.

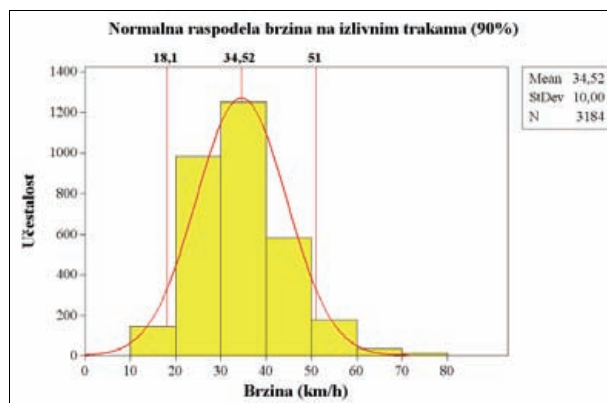
5. STATISTIČKA OBRADA PODATAKA

Vrednosti parametra grupisane su u definisane intervale (**tabela 2.**) i prikazane u apsolutnim i relativnim veličinama u odnosu na ukupan uzorak. Na osnovu tabele je prikazana normalna raspodela podataka. Ekstremne vrednosti parametara nisu uzeti u posmatranje.

Tabela 2. Raspodela brzina na izlivnim trakama

Uzorak	Brzine (km/h)	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	Ukupno
	Apsolutno	145	983	1251	582	176	36	11	3184
	Relativno (%)	4,55	30,87	39,29	18,28	5,53	1,13	0,35	100,00

Prema normalnoj raspodeli (**grafik 2.**) za ovaj parametar možemo zaključiti da srednja vrednost brzine polukružnih okretanja iznosi 34,52 km/h, standardna devijacija je 10,0 odnosno 90 % brzina se nalazi u intervalu 18,1 km/h - 51,0 km/h.



Grafik 2. Normalna raspodela brzine na izlivnim trakama

6. ANALIZA ZAVISNOSTI PROTOKA VOZILA OD BRZINA NA IZLIVNIM TRAKAMA

Za utvrđivanje zavisnosti protoka vozila od brzina na izlivnim trakama uzete su sve trake sa svakog odlivnog grla i u oba perioda.

Na osnovu podataka korišćenjem prosečnih brzina traka odnosno ostvarenih protoka vozila možemo prikazati zavisnost ta dva parametra (**grafik 3.**).

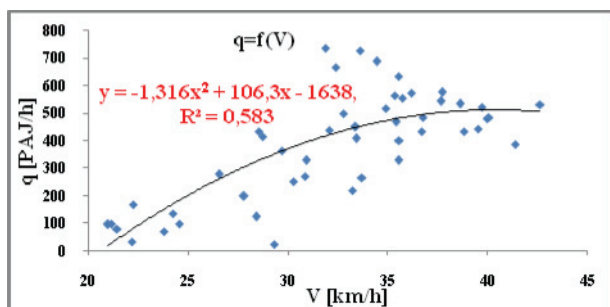
U tabeli su prikazane vrednosti prosečnih brzina i protoka posmatranih traka na izlivnim grlima (**tabela 3.**).

Crvenom bojom označeni su podaci koji se odnose na drugi period snimanja a plavom su označene trake koje pripadaju odlivnim grlima sa dve saobraćajne trake. Ovakva podela je izvršena jer su se pojedine vrste trake i posebno analizirane. Zapravo utvrđena je zavisnost posebno za prve trake (unutrašnje), druge i treće saobraćajne trake (spoljne) i sve to posebno za odlivna grla sa dve i odlivna grla sa tri saobraćajne trake. Date funkcije nećemo grafički ilustrovati iz razloga što su te zavisnosti skoro u svim slučajevima pokazivale paraboličnu krivu (sa maksimumom) kao što je i kriva na **grafiku 3.**, a tačnost tih nije bila znatno veća.

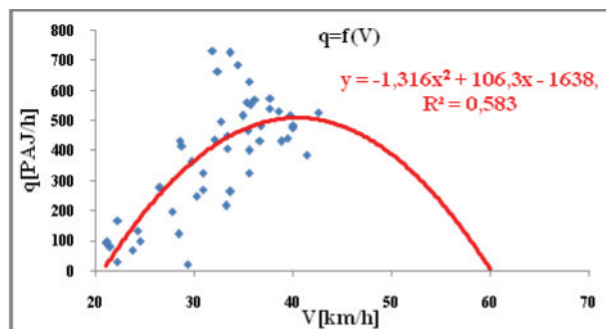
Interesantno je još spomenuti da ako za ukupnu sliku tj. grafik 3., odnosno definisanu funkciju predvidimo brzinu od 60 km/h dobijamo protok od 0 PAJ/h (**grafik 4.**).

Трака	V [km/h]	q [PAJ/h]
P4K1T3	21,02	94
P5K1T3	21,17	98
P5K1T3	21,47	79
P3K1T3	22,19	31
P2K1T3	22,26	167
P4K1T3	23,8	67
P2K1T3	24,26	133
P1K1T3	24,57	97
P2K2T3	26,55	276
P2K2T3	27,81	196
P1K1T3	28,42	122
P3K1T2	28,53	431
P1K2T2	28,75	414
P3K1T3	29,31	21
P1K2T2	29,69	362
P6K1T2	30,27	249
P3K2T2	30,88	270
P3K2T2	30,94	326
P5K1T2	31,87	732
P4K1T2	32,09	436
P2K1T2	32,39	665
P3K1T2	32,77	495
P3K2T1	33,23	216
P3K1T1	33,39	448
P4K1T2	33,42	406
P2K1T2	33,63	725
P6K1T2	33,71	263
P2K2T2	34,44	684
P1K1T2	34,92	516
P5K1T2	35,33	560
P1K2T1	35,42	466
P3K2T1	35,55	326
P5K1T1	35,56	630
P1K1T1	35,57	400
P2K1T1	35,75	553
P2K2T2	36,17	570
P1K1T2	36,69	432
P3K1T1	36,77	482
P4K1T1	37,65	540
P2K2T1	37,74	573
P2K1T1	38,6	531
P1K1T1	38,81	430
P1K2T1	39,51	440
P4K1T1	39,7	518
P6K1T1	39,97	476
P5K1T1	40,06	484
P2K2T1	41,4	384
P6K1T1	42,62	528

Tabela 3. Prosečne brzine i protoci traka



Grafik 3. Zavisnost protoka vozila od brzina na izlivnim trakama



Grafik 4. Zavisnost protoka vozila od brzina na izlivnim trakama

7. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Prosečne brzine na izlivnim grlima, posmatrane od unutrašnjih traka (1. trake) ka spoljnim opadaju na svim prilazima u oba perioda, najverovatnije zbog udela vrste manevra koji se ulivaju u izlivne trake. Značajne razlike u brzinama postoje i između traka u zavisnosti da li pripadaju dvotračnim ili trotračnim izlivnim grlima. Brzine posmatrane po prilazima odnosno trakama istih su u većini slučajeva veće u drugom periodu snimanja, ali razlog ovakve pojave nije mogao biti utvrđen sprovedenim istraživanjem. Pri analizi zavisnosti protoka vozila od brzine na izlivnim trakama dobijena je polinomska funkcija drugog stepena čija kriva predstavlja parabolu sa maksimumom, pri brzini od približno 40 km/h. Promena prosečne brzine od protoka je utvrđena u okviru rada, ali ostali uticajni faktori na ovaj parametar mogu biti još i geometrija raskrsnice, lokacija raskrsnice (položaj u gradskoj-saobraćajnoj mreži), kao i rastojanja na kojima su merene prosečne brzine. Brzine na izlivnim trakama su veoma različite i one su izmerene u intervalu od 18,1 km/h - 51,0 km/h sa 90% sigurnošću, a prosečna vrednost iznosi 35 km/h.

8. LITERATURA

- [1] Kuzović Ljubiša, Bogdanović Vuk – „TEORIJA SAOBRAĆAJNOG TOKA“, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2004.
- [2] Kuzović Ljubiša – „KAPACITET I NIVO USLUGE DEONICA PUTEVA“, Saobraćajni fakultet, Beograd 1989.
- [3] HIGHWAY CAPACITY MANUAL (HCM) 2000.
- [4] Adžić Nevenka – „STATISTIKA – Izvod iz predavanja“, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2006.
- [5] Nenad Ruškić - „UTVRĐIVANJE UOBIČAJENIH REŽIMA KRETANJA VOZILA NA RASKRSNICAMA“, Diplomski rad, FTN- Novi Sad, 2007.
- [6] Miša Stamenković - „UTVRĐIVANJE OSNOVNIH PARAMETARA SAOBRAĆAJNOG TOKA NA ULIČNOJ MREŽI NOVOG SADA“, Diplomski rad, FTN- Novi Sad, 2007.

Kratka biografija:



Endre Šurjan rođen je u Novom Sadu 1985. godine. Fakultet tehničkih nauka upisao je kao redovan student 2004. god. na odseku za Saobraćaj, smer: Drumski saobraćaj. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka odbranio je 2010. godine.

Vuk Bogdanović rođen je u Sremskoj Mitrovici 1966 godine. Zaposlen je na Departmanu za saobraćaj, Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu. Trenutno u zvanju docenta na Katedri za saobraćajne sisteme.

Tabela 4. Prosečne vrednosti brzina na izlivnim trakama u prvom periodu

PROSEČNE BRZINE (km/h)		Manevar				UKUPNO	q (PAJ/h)	S (m)
Period	Krak	Traka	LEVO	PRAVO	DESNO	POLUKR.		
1	R1K1	T1	27,59	42,55	29,61	/	35,57	400
		T2	28,33	41,57	29,45	25,05	34,92	516
		T3	/	/	25,29	21,19	24,57	97
		UKUPNO	27,68	42,03	28,07	24,37	34,27	
	R1K2	T1	29,59	38,62	28,17	/	35,42	466
		T2	30,3	40,96	26,07	26,25	28,75	414
		UKUPNO	29,72	38,84	26,3	26,25	33,25	
	R2K1	T1	29,04	40,01	27,82	/	35,75	553
		T2	29,85	38,76	25,02	20,99	32,39	665
		T3	/	/	22,26	0	22,26	167
		UKUPNO	29,37	39,47	24,1	20,99	32,83	
	R2K2	T1	34,57	39,73	/	/	37,74	573
		T2	33,77	38,07	29,95	26,21	34,44	684
		T3	/	/	26,64	26,22	26,55	276
		UKUPNO	34,31	38,94	28,74	26,22	34,92	
	R3K1	T1	29,47	37,49	20,47	/	33,39	448
		T2	31,07	31,5	24,79	28,5	28,53	431
		T3	/	/	21,03	25,65	22,19	31
		UKUPNO	29,86	34,83	24,13	27,08	30,74	
	R3K2	T1	33,11	37,79	26,47	27,27	35,55	326
		T2	38,32	36,89	26,81	27,78	30,94	326
		UKUPNO	33,49	37,44	26,8	27,75	33,26	
	R4K1	T1	34,4	41,26	32,84	20,7	37,65	540
		T2	/	37,62	28,24	26,56	32,09	436
		T3	/	/	21,02	/	21,02	94
		UKUPNO	34,4	39,74	28,11	25,97	34,95	
	R5K1	T1	26,58	43,19	23,27	/	35,56	630
		T2	27,42	37,97	23,42	20,32	31,87	732
		T3	/	31,7	21,03	20,33	21,47	79
		UKUPNO	26,87	39,95	22,05	20,32	31,34	
	R6K1	T1	27,55	50,97	26,17	/	42,62	528
		T2	24,11	51,17	25,62	23,17	33,71	263
		UKUPNO	26,82	51,02	25,72	23,17	39,37	
	R1K1,R2K1, R2K2,R3K1, R4K1,R5K1	T1	30,48	40,59	25,77	20,7	35,95	
		T2	30,22	37,81	27,11	23,93	32,41	
		T3	/	31,7	23,32	22,08	23,26	
		UKUPNO	30,42	39,22	25,91	23,31	33,17	
	R1K2,R3K2, R6K1	T1	30,32	42,54	27,11	27,27	37,77	
		T2	28,96	42,09	26,24	26,61	31,1	
		UKUPNO	30,11	42,42	26,32	26,64	35,11	
			30,32	40,28	26,05	24,21	33,8	

Tabela 5. Prosečne vrednosti brzina na izlivnim trakama u drugom periodu

PROSEČNE BRZINE (km/h)		Manevar				UKUPNO	q (PAJ/h)	S (m)
Period	Krak	Traka	LEVO	PRAVO	DESNO	POLUKR.		
2	R1K1	T1	29,76	46,04	32,31	/	38,81	430
		T2	33,56	42,21	31,56	28,28	36,69	432
		T3	/	/	28,89	26,57	28,42	122
		UKUPNO	30,44	44,34	30,49	27,82	36,82	
	R1K2	T1	31,35	44,04	32,94	/	39,51	440
		T2	32,12	38,49	27,56	24,13	29,69	362
		UKUPNO	31,39	43,33	27,82	24,13	36,33	
	R2K1	T1	30,72	42,94	/	/	38,6	531
		T2	28,75	41,06	25,12	25,12	33,63	725
		T3	/	/	24,29	24,03	24,26	133
		UKUPNO	29,65	41,91	24,62	24,87	33,82	
	R2K2	T1	34,64	44,03	/	/	41,4	384
		T2	33,62	41,57	28,94	27	36,17	570
		T3	24	25,41	27,97	28,47	27,81	196
		UKUPNO	33,79	42,58	28,44	28,17	36,49	
	R3K1	T1	34,49	38,68	29,93	/	36,77	482
		T2	34,84	38,69	27,23	29,07	32,77	495
		T3	/	/	29,31	/	29,31	21
		UKUPNO	34,59	38,69	27,4	29,07	34,43	
	R3K2	T1	33,14	33,32	/	/	33,23	216
		T2	28,2	37,43	25,18	26,96	30,88	270
		UKUPNO	32,67	35,61	25,18	26,96	31,85	
	R4K1	T1	35,57	42,96	24,64	/	39,7	518
		T2	33,18	41,89	26,47	27,4	33,42	406
		T3	/	27,24	22,66	/	23,8	67
		UKUPNO	35,35	42,38	26,12	27,4	36,56	
	R5K1	T1	24,1	49,86	/	/	40,06	484
		T2	24,34	45,37	21,21	23,36	35,33	560
		T3	22,03	27,93	20,3	21,59	21,17	98
		UKUPNO	24,14	47,14	20,62	22,63	34,85	
	R6K1	T1	25,93	46,36	28,23	/	39,97	476
		T2	28,08	46,28	25,08	21,85	30,27	249
		UKUPNO	26,34	46,34	25,56	21,85	36,23	
	R1K1,R2K1, R2K2,R3K1, R4K1,R5K1	T1	31,6	44,12	30,24	/	39,15	
		T2	30,64	41,85	27,18	26,48	34,57	
		T3	23,01	27,13	25,17	24,63	25,12	
		UKUPNO	31,21	42,91	26,51	25,96	35,47	
	R1K2,R3K2, R6K1	T1	30,7	42,72	29,41	/	38,05	
		T2	28,79	39,47	26,03	25,73	30,42	
		UKUPNO	30,5	41,79	26,27	25,73	34,72	
			30,99	42,55	26,43	25,89	35,23	

**POREĐENJE STVARNIH I RAČUNSKIH PRENOSNIH ODNOSA
STEPENASTIH MJENJAČA IZVEDENIH VOZILA****COMPARING BETWEEN REAL AND CALCULATED TRANSMISSION'S
RATIOS OF STEEPED GEARBOXES FOR THOSE VEHICLES**Veljko Miletić, Ferenc Časnji, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – SAOBRAĆAJ**

Kratak sadržaj – U okviru rada dat je kratak prikaz teorijskih osnova za izbor prenosnih odnosa mjenjača. Prikazan je proračun prvog i pretposljednog stepena prenosa, kao i proračun međuprenosnih odnosa. Analizirano je 149 vozila od kojih je 28 vozila sa pogonom na zadnjim točkovima, 41 vozilo sa pogonom na svim točkovima i 80 vozila sa pogonom na prednjim točkovima.

Ključne reči: prenosni odnos i međuprenosni odnos mjenjača.

Abstract – In the paper gives a short presentation of the theoretical basis for the selection of transmission gearbox rationes. We present a calculation of the first, and next to the last transmission's degree, and calculation of the transmission rationes. Analyzed 149 vehicles of which 28 vehicles to the rear wheels drive, 41 vehicle with all-wheel vehicles and 80 to drive the front wheels drive.

Key words: transferred connectivity and interneccine connectivity gearbox

1. UVOD**1.1. Uticaj vrijednosti prenosnih odnosa na eksploatacione pokazatelje**

Izbor prenosnih odnosa mjenjačkog prenosnika stepenastog mjenjača motornog vozila ima značajan uticaj na dinamičke performanse motornog vozila, kao i na potrošnju goriva.

Za pravilan izbor prenosnih odnosa u praksi je neophodno, osim korišćenja teorijskih preporuka (npr. metod geometrijske i aritmetičke progresije i sl.), sprovesti postupke optimizacije vrijednosti na bazi proračuna i eksploatacionih ispitivanja vozila. Kao rezultat, u praksi se javljaju manja i veća odstupanja stvarnih vrijednosti u odnosu na izračunate vrijednosti npr. metodom geometrijske i aritmetičke progresije.

Mjenjački prenosnik stepenastog mjenjača potrebno je uskladiti sa motorom. U zavisnosti od vrste i snage motora potrebno je uskladiti broj stepeni prenosa i njihove vrijednosti prenosnih odnosa.

Kao što je potrebno uskladiti mjenjač sa motorom, potrebno je i glavni prenosnik uskladiti sa mjenjačem i motorom, te u zavisnosti od snage motora i prenosnih odnosa mjenjača uskladiti njegov prenosni odnos.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Ferenc Časnji.

1.2. Cilj i metod rada

Osnovni cilj ovog istraživanja bio je da se utvrdi praktična upotreba vrijednost metoda odnosno stepen uticaja parametara koji nisu obuhvaćeni osnovnim razmatranjima, te da se utvrdi u kojoj mjeri računске vrijednosti odstupaju međusobno jer su računane po dvije metode (aritmetička i geometrijska progresija).

Poređenja su vršena kod putničkih automobila novije proizvodnje. Najstariji automobili su proizvedeni 2005. a najmlađi 2009. godine.

1.3. Postupak izbora prenosnih odnosa

Postupak izbora prenosnih odnosa je veoma složen, i ne postoji jednoznačno matematičko rješenje.

Pri izboru prenosnih odnosa obično slijede sledeći koraci:

- Prvo se vrši izračunavanje parametara prema osnovnim kriterijumima, a zatim matematička optimizacija prema osnovnim kriterijumima (dinamičke performanse, potrošnja goriva). Poslije matematičkih istraživanja slijedi optimizacija kroz simulaciju vožnje i optimizacija kroz ispitivanje realnog prototipa.

U ovom radu je razmatrano izračunavanje prema osnovnim kriterijumima, ovo razmatranje sastoji se iz sledećih koraka:

- Izračunavanje prenosnog odnosa glavnog prenosnika koje se vrši na osnovu maksimalne brzine vozila pri $i_m = 1$, (i_m = prenosni odnos u mjenjaču)

- ODREĐIVANJE PRENOSNOG ODNOSA PRVOG STEPENA MJENJAČA NA OSNOVU ZAHTJEVA ZA SAVLAĐIVANJE NAJVEĆEG OTPORA PUTA

Prenosni odnos prvog stepena mjenjača određuje se na osnovu zahtjeva za savlađivanje najvećeg otpora puta i njemu odgovara najveći prenosni odnos.

Pri izračunavanju prvog stepena prenosa moraju da budu zadovoljena dva uslova:

1. Da sila može da se realizuje sa aspekta adhezije

$$i_1 \leq \frac{r_D \cdot G_\varphi \cdot \varphi}{M_{e_{\max}} \cdot i_0 \cdot \eta_{TR}} \quad (1)$$

2. Da obimna sila na točku bude dovoljno velika da savlada otpore kretanja na usponu ($F_w \approx 0$)

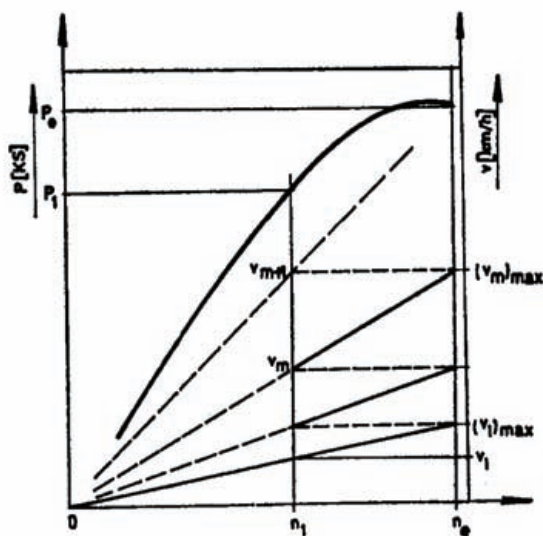
$$i_1 \geq \frac{r_D \cdot G \cdot (\sin \alpha + f \cdot \cos \alpha)}{M_{e_{\max}} \cdot i_0 \cdot \eta_{TR}} \quad (2)$$

- ODREĐIVANJE prenosnog odnosa (pret)posljednjeg stepena mjenjača. To je stepen prenosa u kome se dostiže maksimalna brzina vozila (u zavisnosti od tipa vozila može da bude u posljednjem ili pretposljednem stepenu prenosa).

- ODREĐIVANJE prenosnog odnosa međustepena. U ovom radu međuprenosni odnosi su računati na dva načina koji se spominju i koji su objašnjeni u literaturi (aritmetička i geometrijska progresija).

2. ARITMETIČKA I GEOMETRIJSKA PROGRESIJA

Geometrijska progresija: za određivanje međuprenosnih odnosa koristi se testerasti dijagram.



Sl.1. testerasti dijagram

Sa testerastog dijagrama može se uočiti da se promjena stepeni prenosa (naviše, naniže) vrši uvijek pri istom broju obrtaja.

Rasudivanje u ovom pravcu dovodi do zaključka da je:

$$\frac{n_e}{n_1} = \frac{i_1}{i_2} = \frac{i_2}{i_3} = \dots = \frac{i_m}{i_{m+1}} = q = \text{const.} \quad (3)$$

Na osnovu izraza (3) možemo da odredimo stepene prenosa između i_1 , koji smo već odredili na osnovu maksimalnog otpora puta i i_d - direktnog stepena prenosa.

Postupak bi bio sledeći:

$$\frac{i_1}{i_2} = q; \quad i_2 = \frac{1}{q} \circ i_1 \quad (4)$$

$$\frac{i_2}{i_3} = q; \quad i_3 = \frac{1}{q} \circ i_2 = \frac{1}{q^2} \circ i_1 \quad (5)$$

$$\frac{i_3}{i_4} = q; \quad i_4 = \frac{1}{q} \circ i_3 = \frac{1}{q^3} \circ i_1 \quad (6)$$

.....

$$\frac{i_m}{i_{m+1}} = q; \quad i_{m+1} = \frac{1}{q^m} \circ i_1 \quad (7)$$

Prenosni odnosi su članovi geometrijske progresije s obzirom na učinjenu pretpostavku da su brojevi obrtaja n_1 i n_e jednaki za sve stepene prenosa.

Srednja korišćena snaga je utoliko veća ukoliko je odnos $q = n_e / n_1$ manji, odnosno ukoliko je veći broj stepeni prenosa.

Za slučaj beskonačno velikog broja stepena prenosa koljenasto vratilo motora okretalo bi se stalno istom brzinom ($n_1 \rightarrow n_e$), korišćena snaga bi bila maksimalna.

Za slučaj da imamo ukupno 3 stepena prenosa u mjenjaču pri čemu je $i_3 = i_d = 1$, imali bismo:

$$q = \frac{i_2}{i_3} = i_2; \quad i_2 = \frac{i_1}{\sqrt[3]{i_1^2}} = \sqrt[3]{i_1^2};$$

$$i_3 = \sqrt[3]{i_1}. \quad (8)$$

Aritmetička progresija:

Prenosni odnosi u mjenjaču se određuju aritmetičkom progresijom na sledeći način:

$$(i_1 - i_2) = (i_2 - i_3) = (i_3 - i_4) \dots \quad (9)$$

U literaturi se navodi i treći način određivanja međuprenosnih odnosa na osnovu harmonijskog reda:

$$\left(\frac{1}{i_2} - \frac{1}{i_1} \right) = \left(\frac{1}{i_3} - \frac{1}{i_2} \right) = \dots \quad (10)$$

Sa smanjenjem količnika q povećava se broj stepeni prenosa i, kao što je rečeno, srednja korišćena snaga za ubrzanje je veća. Međutim, veći broj stepeni prenosa zahteva veće angažovanje vozača i, s druge strane, veći je utrošak vremena pri promjeni stepena prenosa. Krajnji efekat može da bude i negativan. Stoga je uobičajno da se kod putničkih automobila primjenjuju mjenjači sa 5-7 stepeni prenosa, dok se kod kamiona i autobusa koriste mjenjači sa 12-16 stepeni prenosa.

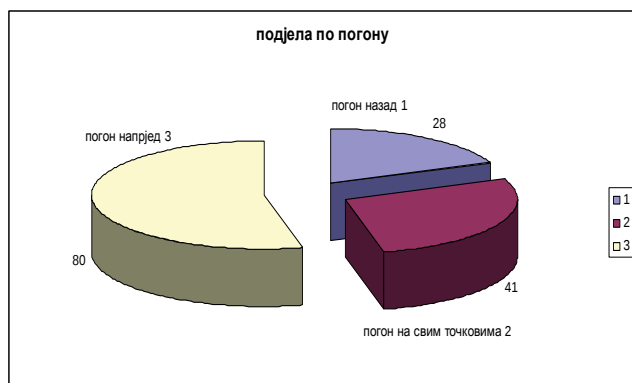
3. ZAKLJUČAK

U ovom radu je dat kratak prikaz teorijskih osnova za izbor prenosnih odnosa mjenjača. Prikazan je proračun za izračunavanje prvog stepena prenosa, te proračuna za izračunavanje pretposljednog ili posljednjeg stepena prenosa (u zavisnosti u kom stepenu prenosa vozilo dostiže maksimalnu brzinu). Dat je prikaz računanja međuprenosnih odnosa po tri metode (geometrijska, aritmetička progresija i metoda harmonijskog reda). U ovom radu korišćena je geometrijska i aritmetička progresija.

Izvršena je statistička obrada podataka o prenosnim odnosima mjenjača izvedenih vozila:

- Utvrđena je zavisnost broja stepeni prenosa od mase vozila, snage pogonskog motora i maksimalne brzine.
- Urađena je statistička analiza uticaja koncepcije pogona na stepene prenosa. Prema pogonu vozila su podjeljena na prednji, zadnji i pogon na sva četiri točka.
- Prikazana su odstupanja stvarnih vrijednosti prenosnih odnosa od teorijskih vrijednosti računatih metodama aritmetičke i geometrijske progresije.
- Utvrđena je zastupljenost vozila kod kojih se maksimalna brzina realizuje u pretposljednem odnosno posljednjem stepenu prenosa.

U radu je obrađeno 149 vozila, od kojih je 28 vozila sa pogonom na zadnjim točkovima, 41 vozilo sa pogonom na sva četiri točka i 80 vozila sa pogonom na prednjim točkovima. Kod većine vozila postoji pet i šest stepeni prenosa (142), a sa četiri i sedam stepeni prenosa obrađeno je samo sedam vozila.

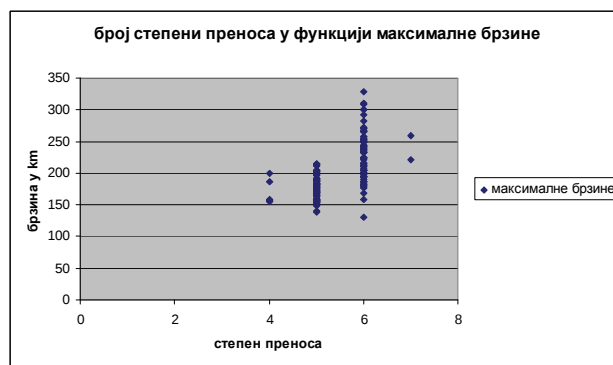


Grafik.1. podjela vozila prema pogonu

Možemo zaključiti da vozila sa većim brojem stepeni prenosa postižu veće maksimalne brzine (vozila sa 7 i 6 stepeni prenosa postižu veće maksimalne brzine od vozila sa 4 i 5 stepeni prenosa).

Prilikom poređenja stvarnih vrijednosti prenosnih odnosa sa računskim vrijednostima (računate geometrijskom i aritmetičkom progresijom) dobijeni su sledeći rezultati:

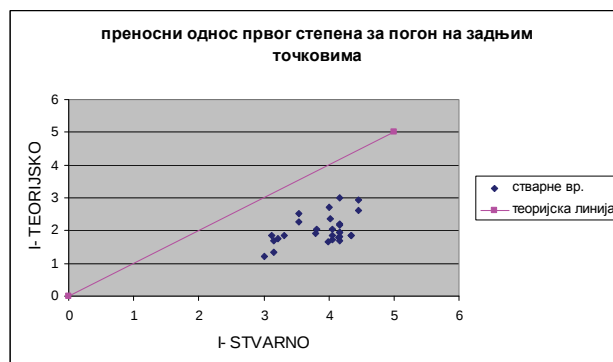
Najveće odstupanje stvarnih vrijednosti od teorijskih je u prvom stepenu prenosa kod svih pogonskih grupa, a najmanje odstupanje je u posljednjem stepenu prenosa.



Grafik. 2. Broj stepeni prenosa u funkciji brzine

-Kod pogonskih grupa najveće odstupanje je kod pogona na zadnjim točkovima za prvi stepen prenosa. Dok je odstupanje kod pogona na prednjim i svim točkovima manje za pomenuti prvi stepen prenosa.

Na grafiku je prikazano odstupanje stvarnih vrijednosti od teorijske idealne linije za prvi stepen prenosa za pogon na zadnim točkovima, i sa grafika se vidi da je odstupanje veoma veliko.



Grafik.3. Odstupanje stvarnih vrijednosti od teorijske linije

Kod pogona na zadnjim i prednjim točkovima dobijene vrijednosti za prvi stepen prenosa značajno su niže od stvarnih, a kod pogona na svim točkovima to nije slučaj. Kod 18 vozila sa pogonom na svim točkovima vrijednosti koje su dobijene za prvi stepen prenosa su veće od stvarnih vrijednosti, to je posljedica postojanje redukcionog mjenjača kod tih vozila.

- Za drugi stepen prenosa računске vrijednosti su bliže stvarnim kod svih vozila nego kod prvog stepena prenosa. Pošto smo međuprenosne odnose računali na dva načina (geometrijska i aritmetička progresija) dobijene su i različite vrijednosti međuprenosnih odnosa za sva vozila, ali za drugi stepen prenosa nisu velika odstupanja za pogon na prednjim i zadnjim točkovima. Kod pogona na svim točkovima može se uočiti da su vrijednosti koje su dobijene geometrijskom progresijom bliže stvarnim vrijednostima kod većine vozila.

- Kako broj stepeni raste tako je i odstupanje stvarnih vrijednosti od računskih sve manje, pa je odstupanje u trećem stepenu prenosa manje nego u drugom stepenu prenosa.

Kod većine vozila vrijednosti koje su dobijene geometrijskom progresijom bliže su stvarnim vrijednostima nego vrijednosti koje su dobijene aritmetičkom progresijom.

- U četvrtom stepenu prenosa vrijednosti koje su dobijene geometrijskom progresijom još su približnije stvarnim vrijednostima, dok vrijednosti koje su dobijene aritmetičkom progresijom značajnije odstupaju naročito kod vozila sa pogonom na svim točkovima.

- U petom i šestom stepenu prenosa vrijednosti dobijene geometrijskom progresijom se poklapaju sa stvarnim vrijednostima kod većine vozila, dok vrijednosti koje su dobijene aritmetičkom progresijom značajnije odstupaju.

Iz prethodno navedenog vidimo da su vrijednosti koje su dobijene geometrijskom progresijom znatno približnije stvarnim vrijednostima od vrijednosti koje su dobijene aritmetičkom progresijom.

Na osnovu svega navedenog možemo zaključiti da je geometrijska progresija tačnija i pouzdanija od aritmetičke. I u praksi se u većini slučajeva koristi geometrijska metoda, dok se aritmetička metoda gotovo i ne koristi.

4. LITERATURA

- [1] Prof. dr Dušan Simić, dipl. inženjer: "Motorna vozila (drugo izdanje)", Mašinski fakultet u Kragujevcu, 1977.
- [2] Prof. dr Ivan Filipović, dipl. inženjer: "Motori i motorna vozila", Mašinski fakultet, Tuzla, 2006.
- [3] Mr. Emil Hnatko, dipl. inženjer: "Motorna cestovna vozila", Centar tehničke ispravnosti vozila, Zagreb, 1976.
- [4] "Motorna vozila", Vučni proračun motornog vozila, Katedra za motore i motorna vozila, FTN Novi Sad, 2009.
- [5] "Teorija kretanja drumskih vozila izbor prenosivih odnosa", Katedra za motore i vozila, FTN Novi Sad 2009.

Kratka Biografija



Veljko Miletic rođen je u Banja Luci 1985. godine. Fakultet tehničkih nauka upisao je kao redovan student 2004. god. na odseku za Saobraćaj - smer: Drumski saobraćaj. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka odbranio je 2010. godine.

BEZBEDNOST SAOBRAĆAJA NA RASKRSNICAMA

TRAFFIC SAFETY AT THE INTERSECTIONS

Marko Vujović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast - SAOBRAĆAJ

Kratak sadržaj – Izučavanje uticajnih faktora saobraćajnih nezgoda predstavlja važan proces efikasne prevencije saobraćajnih nezgoda. Značajan broj saobraćajnih nezgoda se dogodi na raskrsnicama, što je pogotovo izraženo u urbanim sredinama. U ovom radu su analizirani uticajni faktori na nastanak saobraćajnih nezgoda na raskrsnicama.

Abstract – Study of the influential factors of accidents is an important process of effective prevention of traffic accidents. A significant number of accident happen at the intersections, which is especially pronounced in urban areas. This paper analyzed the influential factors of the occurrence of traffic accidents at the intersections.

Ključne reči: bezbednost saobraćaja, raskrsnice.

1. UVOD

Prostorna raspodela saobraćajnih nezgoda u mnogim zemljama ukazuje na značajnu zastupljenost ovih pojava na raskrsnicama [1].

Brzo, uredno, ekonomično i bezbedno odvijanje saobraćaja u velikoj meri zavisi od projektovanja i uređenja mesta na kojima se saobraćajni tokovi ulivaju, presecaju i razdvajaju. S obzirom da su to mesta na kojima dolazi do kolizije voznih pravaca, na njima se beleži povećan broj saobraćajnih nezgoda.

Raskrsnice predstavljaju suštinski deo putne mreže. Pomoću njih vozači menjaju svoju putanju, čime se omogućava dostizanje velikog broja destinacija najkraćim putem. Brzine u zoni raskrsnica su manje nego na otvorenim deonicama, a ponekad se zahteva i zaustavljanje vozila. Stoga, one predstavljaju kritična mesta na putnoj mreži. Problemi kapaciteta, nivoa usluge i bezbednosti raskrsnica nastaju zbog mnogobrojnih faktora. Broj, raspored i način uređenja raskrsnica je od velikog značaja za celokupno stanje bezbednosti na putevima. Njihov broj i raspored zavise od gustine putne mreže i rasporeda i veličine naseljenih mesta.

Predmet ovog rada su saobraćajne nezgode na raskrsnicama. Osnovni cilj je mogućnost utvrđivanja obeležja saobraćajnih nezgoda, kao i najznačajnijih faktora koji utiču na broj i posledice saobraćajnih nezgoda na raskrsnicama.

2. OBELEŽJA BEZBEDNOSTI SAOBRAĆAJA NA RASKRSNICAMA

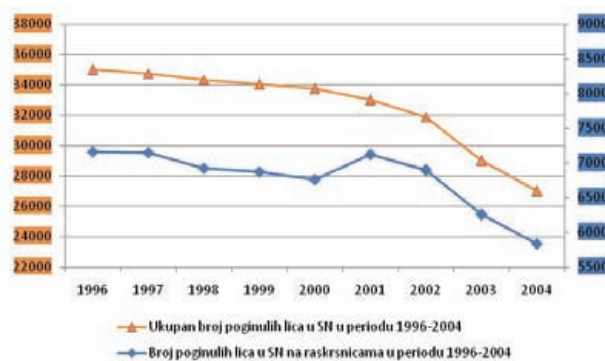
U saobraćajnim nezgodama na raskrsnicama u periodu od 1996-2004. godine u 14 zemalja Evropske unije (EU) je

NAPOMENA:

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

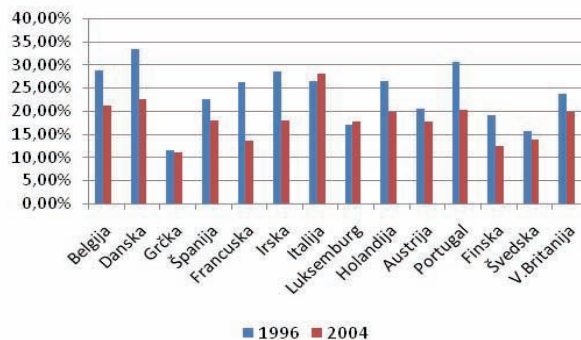
poginulo blizu 61.000 osoba. Ovaj broj predstavlja oko 21% od ukupnog broja nastradalih u saobraćajnim nezgodama u ovim državama.

U poređenju sa 7.159 lica koja su nastradala u saobraćajnim nezgodama na raskrsnicama koji je registrovan 1996. godine, u 2004. godini je zabeleženo smanjenje u broju nastradalih na raskrsnicama od 18,5%, pri čemu je u istom periodu i ukupan broj poginulih lica u svim vrstama saobraćajnih nezgoda, takođe značajno smanjen (skoro 23% u svih 14 posmatranih država). U 2001. godini dolazi do porasta broja poginulih lica u saobraćajnim nezgodama na raskrsnicama za 5,4% u poređenju sa 2000. godinom, a iste godine je zabeleženo i smanjenje od 1,8% ukupnog broja nastradalih u svim saobraćajnim nezgodama. Nakon 2001. godine trendovi u broju nastradalih u obe kategorije saobraćajnih nezgoda su slični (Grafik 1).



Grafik 1. Broj poginulih lica na raskrsnicama u 14 zemalja EU, period 1996-2004.

Stopa smrtnosti saobraćajnih nezgoda na raskrsnicama se u periodu između 1996. i 2004. godine značajno smanjila, za 21,2% (od 24,7% u 1996. do 19,4% u 2004. godini). U Francuskoj je zabeleženo najznačajnije smanjenje stope smrtnosti saobraćajnih nezgoda na raskrsnicama (48%) u posmatranom periodu (Grafik 2).

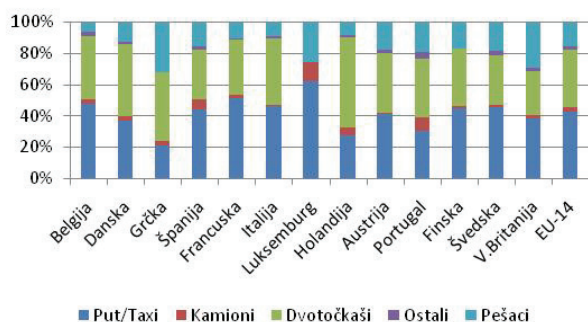


Grafik 2. Poginula lica u SN na raskrsnicama na 10⁶ stanovnika u 14 zemalja EU, poređenje 1996. i 2004. godine

Italija i Luksemburg su jedine države u kojima se stopa smrtnosti saobraćajnih nezgoda povećala u posmatranom periodu (povećanje od 6,6 i 4,2, respektivno). U 1996. godini Danska je imala najveću stopu smrtnosti saobraćajnih nezgoda (33.5%), dok je osam država imalo nižu stopu smrtnosti saobraćajnih nezgoda u odnosu na prosečnu stopu smrtnosti za svih 14 posmatranih država EU u 2004. godini.

Saobraćajne nezgode sa poginulim licima se najčešće dešavaju na raskrsnicama koje se nalaze u urbanim gradskim zonama. Međutim, tokom proteklih godina, broj nastradalih u nezgodama na raskrsnicama u urbanim zonama se mnogo brže smanjivao nego broj nastradalih u saobraćajnim nezgodama koje su se dogodile na raskrsnicama u ruralnim vangradskim zonama. Ovaj podatak se može pripisati činjenici da je ostvaren i napredak u pogledu vaspitanja vozača kao i manjim brzinama kretanja u urbanim zonama, a sve zbog povećanja broja registrovanih vozila.

Više od polovine broja poginulih lica u saobraćajnim nezgodama na raskrsnicama širom država EU su vozači putničkih automobila. U Holandiji više od polovine svih poginulih lica u saobraćajnim nezgodama na raskrsnicama, čine vozači dvotočkaša (vozači motocikala, mopeda i bicikala), što je veći procenat nego u bilo kojoj od preostalih 12 država EU čiji su podaci izneti s tim da Irska nije uzeta u obzir zbog velikog broja "nedefinisanih" žrtava u saobraćajnim nezgodama (Grafik 3).



Grafik 3. Distribucija poginulih lica u saobraćajnim nezgodama na raskrsnicama prema kategoriji učesnika u saobraćaju, EU, 2004. godina

U 2004. Godini je 23,2% (1.338 lica), od svih lica poginulih u saobraćajnim nezgodama na raskrsnicama u 14 posmatranih država EU, nastradalo u uslovima noćne vožnje. Raspodela broja poginulih lica u svim saobraćajnim nezgodama, u zavisnosti od doba dana kada se nezgoda dogodila, se malo razlikuje zbog činjenice da nešto veći broj lica nastrada po noći i u uslovima noćne vožnje (31%, od ukupno 8.358 nastradalih).

3. UTICAJNI FAKTORI NA BEZBEDNOST SAOBRAĆAJA NA RASKRSNICAMA

Raskrsnice utiču na stvaranje uslova isprekidanog saobraćajnog toka gde su pojavni oblici, a u dobroj meri i uzroci nezgoda različiti od onih u kontinuiranom toku. Raskrsnica je nužno zlo i na njoj treba rešiti, odnosno pomiriti različite zahteve dva ili više konkurentna saobraćajna protoka. Na broj i vrstu saobraćajnih nezgoda na raskrsnicama posebno utiče:

- vrsta i geometrijska rešenja raskrsnice
- preglednost raskrsnice
- obim, struktura i brzina saobraćajnih tokova
- raspored raskrsnica, odnosno dužina deonice bez raskrsnica
- vrsta znakova i uređaja kojima je rešeno upravljanje saobraćajem na raskrsnici
- trake za usporenje i ubrzanje koje eliminišu međusobno "trenje" na prilaznoj saobraćajnoj traci

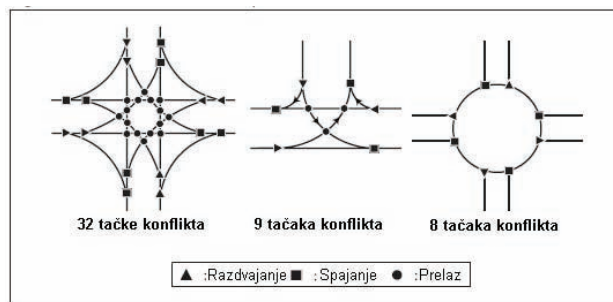
3.1. Konfliktne tačke na raskrsnicama

Raskrsnica ima nekoliko konfliktnih tačaka između putanja vozila, i dobar dizajn bi trebalo da smanji opasnost potencijalnih nezgoda na ovim tačkama. Odnosi koji su u vezi sa ovim tačkama se mogu klasifikovati kao:

- Divergencija: Sa odgovarajućom trakom za usporavanje, koja može preći u paralelan saobraćaj
- Konvergencija: Sa odgovarajućom trakom za ubrzanje, koja može preći u paralelan saobraćaj
- Prelaz: Sa odgovarajućim središnjim odmorem, ovi manevri se mogu izvesti u dva koraka

Broj kružnih tačaka se povećava sa brojem kraka (Slika 1.). Saobraćajne operacije se poboljšavaju:

- Sa manje konfliktnih tačaka, naročito ukoliko ima malo prostora između vozila, tj, ako je količina saobraćaja velika. Prema tome, raskrsnice sa tri kraka su bezbednije od onih sa četiri, a više od četiri kraka traži novo rešenje, kao što je kružni tok. Zabrana kretanja koja nemaju prioritet, ili grupisanje dva pokreta smanjuje broj konfliktnih tačaka;
- Adekvatno postavljanje faza (raskrsnice regulisane svetlosno-saobraćajnom signalizacijom);
- Veća udaljenost između konfliktnih tačaka, putem saobraćajnih ostrva ili dodatnih traka. Brzina vozila i prostor se takođe moraju uračunati. Kod signaliziranih raskrsnica postoji vremenska razdvojenost, koja smanjuje potrebu za prostornu odvojenost.



Slika 1. Broj konfliktnih tačaka na raskrsnicama i kružnim tokovima

3.2. Udaljenost između raskrsnica

Trebalo bi pronaći kompromis između potreba svake od pojedinačnih raskrsnica i rada mreže puteva kao koherentnog sistema. Lokacija raskrsnica je pretežno rezultat upotrebe zemljišta, spontanog ili planiranog. Pojačana upotreba zemljišta povlači sa sobom ne samo više saobraćaja, već stvara pritisak za više raskrsnica.

Udaljenost između susednih raskrsnica ima uticaj ne samo na nivo usluge već i na bezbednost na putu:

- Na autoputevima bi udaljenost trebalo da bude veća, omogućavajući mobilnost

- Premala udaljenost (manje od 450 m „normalne“ deonice) između loše postavljenih raskrsnica može dovesti do povećanog broja nezgoda.

U urbanim oblastima i predgrađima obično je nemoguće stvoriti idealnu udaljenost, naročito ukoliko je zemljište iskorišćeno. U glavnim ulicama se u oba pravca može ostvariti „zeleni talas“ sinhronizacijom signala. Operativnost se pojačava ako:

- Udaljenost prelazi 200 m i konstantna je,
- Glavna ulica ima jedan smer,
- Neka skretanja ulevo su zabranjena.

Minimalna udaljenost između susednih raskrsnica bi trebalo da bude:

- 60 m na sakupljačkim putevima i raskrsnicama sa 4 kraka na lokalnim ulicama
- 40 m za raskrsnice sa 3 kraka na lokalnim ulicama

3.3. Saobraćajne nezgode na raskrsnicama

3.3.1. Saobraćajne nezgode sa pešacima

Između 60% i 70% nezgoda koje su podrazumevale povrede pešaka na signalisanim raskrsnicama, i oko 90 % smrtnih slučajeva pod istim okolnostima uključuju vozilo koje se kretalo putem koji je pešak pokušavao da pređe. Vozilo se obično nalazi na ulazu u raskrsnicu, a ne na njenom izlazu, pešak tek počinje da prelazi. U 80% slučajeva pešaci imaju crveno svetlo.

Nezgode sa starijim osobama su predmet posebne pažnje jer je njihova frekvencija (8% ukupnog broja) manja od proporcije starijih osoba u populaciji (13%), ali je smrtnost veća (23%). Većina ovih nezgoda se dešava:

- Preko dana
- Kada počinju da prelaze, sa vozilima koja skreću levo, napuštaju raskrsnicu ili skreću desno na žuto svetlo
- Sa vozilima koja idu unazad

Faktori koji povećavaju rizik od nezgoda:

- Veliki broj traka koje ulaze u raskrsnicu. Četiri trake umesto jedne povećava rizik 2,5 puta
- Smanjena vidljivost na ulazu u raskrsnicu
- Signali koji pripadaju koordinisanom regulatornom sistemu koji pojačava nivo usluga vozilima koja putuju na putevima sa prvenstvom. Povećanje nezgoda je povezano sa činjenicom da pešaci moraju čekati duže i zato prelaze na crveno
- Signali kojima upravljaju pešaci; obično se zbog njih duže čeka. Ukoliko je količina saobraćaja mala pešaci prelaze na crveno, što je opasno jer je brzina vozila velika
- Velika udaljenost između pešačkog prelaza i raskrsnice
- Loše održavanje signalizacije
- Mogućnost da vozilo skrene desno na trepćuće žuto svetlo, naročito ukoliko je količina pešaka velika a brzina mala

3.3.2. Saobraćajne nezgode sa skretanjem u levo

Glavni bezbednosni problemi u vezi sa skretanjem ulevo su:

- Teškoća onih koji skreću ulevo da pronađu pravu poprečnu poziciju
- Prostor
- Loša percepcija ostalih vozila, naročito dvotočkaša
- Loša procena vremena kontakta sa ostalim vozilima
- Velika brzina prolaska

Produžavanje „crvene“ faze povećava rizik od nezgoda sa leve strane, pošto se povećava broj vozila koja skreću ulevo. „Crvena“ faza bi trebalo da raščisti raskrsnicu pre zelenog svetla: smanjenje crvene faze dovodi do produžetka žute, što je opasno jer mnogi vozači ubrzavaju na žuto svetlo umesto da koče.

3.3.3. Bočni sudari

Ovaj tip nezgoda je jako opasan. Mogu ga izazvati prolasci na crveno svetlo ili nepravilan vremenski sled signala (žuti i crveni intervali). U većini slučajeva vozila pokušavaju da pređu kada je zelena faza gotova, pre nego da počnu sa kretanjem dok je svetlo još crveno.

Problemi koji doprinose ovakvim nezgodama su:

- Loša percepcija signala zbog brzine, okoline puta ili odbljeska
- Preterana brzina
- Verovanje da ima vremena da se pređe na žuto
- Strah od vozila iza
- Nepoštovanje signala, naročito vozači mopeda

Dizajn raskrsnice i faze signala mogu doprineti sledećim nezgodama:

- Preterana širina prilaska raskrsnici
- Kratki ciklusi: ukoliko je dužina ciklusa smanjena sa 120s na 30s opšta frekvencija nezgoda je pomnožena sa 2 a frekvencija nezgoda pod pravim uglom sa 4

3.4. Ostali uticajni faktori

Vrlo velika površina raskrsnice, pogotovo ako nije definisana, izaziva konfuziju i okretanje što povećava vreme prolaza i nesigurnost. Osim toga nedefinisana površina na raskrsnici ostavlja veliko polje odlučivanja i zahteva veliku pažnju. Naročito dolazi do usporenja u tački očekivanog konflikta. Površina raskrsnice treba da bude definisana na način koji će kanalisati saobraćaj u skladu sa prirodnim tokovima i navikama korisnika. Raskrsnice na kojima se vrši veći broj manevara mogu imati više usmeravajućih ostrva koja treba da predstavljaju jednostavnu i logičnu celinu. Ostrva koja služe za pešake treba da im omoguće da iz dva puta pređu kolovoz i gledaju samo sa jedne strane dolazak vozila kod dvosmernog saobraćaja. Definisana površina rasterećuje pažnju, određuje mesto presecanja jedne i druge strane kretanja pa se i pažnja usredsređuje na relativno malo polje kolovoza.

Kod raskrsnica gde se putevi ukrštaju pod uglom bliskim 90°, najbolja je preglednost i procena udaljenosti i brzine vozila koja se kreću drugim putem, a najmanja površina raskrsnice, dužina puta i vreme potrebno za prolaz kroz raskrsnicu. Na ovim raskrsnicama vrednost sile udara u slučaju nezgode nije velika. Mali ugao ukrštanja puteva je nepovoljan jer je dužina puta u raskrsnici na kojoj su mogući konflikti vozila zbog ukrštanja relativno velika,

vreme potrebno za prolaz kroz raskrnicu duže, preglednost, posebno iz nekih ulivnih pravaca, nije zadovoljavajuća. Analize konfliktnih tačaka pokazuju da su trokrate (T raskrsnice) bezbednije od četvorokrakih.

Raskrsnice sa kružnim tokom saobraćaja imaju i prednosti i nedostatke karakteristične za ovu vrstu raskrsnica. Prednosti su što obezbeđuju stalan tok saobraćaja bez zastoja, nema skretanja u levo, pogodne su za pet i više ulaznih puteva, nema presecanja puteva pod uglom od 90° pa ni direktnih konflikata te vrste i sva skretanja vrše se u desno. Nedostaci ovih raskrsnica su što se slabo prilagođavaju zaštiti pešaka jer se na njima vozila stalno kreću, na njima je teško saobraćaj regulisati semaforima, ograničen kapacitet, potreban veći prostor za raskrnicu pogotovo ako se žele veće brzine i vreme prolaska kroz raskrnicu je duže. Kod raskrsnica sa kružnim tokom saobraćaja bitno je koliko je ostrvo u sredini. Ako je ono toliko malo da vozilo skoro u pravoj liniji može da prođe raskrnicu onda je to nepovoljno za bezbednost saobraćaja. U Engleskoj se pokazalo da je frekvencija nezgoda na ovakvim raskrsnicama duplo veća. Nije uvek preporučljivo smanjivati ostrvo da bi se povećala površina kolovoza.

Regulisanje saobraćaja na raskrsnici na racionalan i brzo shvatljiv način smanjuje mogućnost-verovatnoću da će se u isto vreme steći uslovi (pojavit će više nezavisnih faktora) za nastanak saobraćajne nezgode. Iskustva sa regulisanjem saobraćaja na raskrsnici su pokazala da način regulisanja u određenoj meri utiče na frekvenciju nezgoda. Postavljanje saobraćajnog znaka "nailazak na put sa pravom prvenstva prolaza" utiče na smanjenje bočnih sudara. Na raskrsnicama sa četiri trake na kojima je postavljen znak "stop" stopa nezgoda raste kada obim saobraćaja na glavnom putu pređe 12.000 voz/dan, dok je na putu sa dve trake obrnuto. Treptaji daju određene efekte za bezbednost, ali nemaju vrednost za ubrzanje saobraćaja. Semafori smanjuju broj bočnih sudara ali nekad doprinose povećanju naletanja vozila koja se kreću istim putem.

4. ZAKLJUČAK

Faktori koji utiču na bezbednost saobraćaja na raskrsnicama su mnogobrojni i različiti. Analize saobraćajnih nezgoda na raskrsnicama pokazuju da se stopa nezgoda povećava sa porastom broja raskrsnica po jedinici dužine puta. Zbog toga su veoma značajna geometrijska rešenja koja se tiču uređenja raskrsnica, od kojih se kao najbitniji izdvajaju oblikovanje ulaznih zona i zona preplitanja.

Raskrsnice imaju veliki broj konfliktnih tačaka između različitih vrsta učesnika u saobraćaju. Da bi se dobro i svrsishodno organizovalo korišćenje raspoloživog prostora i vremena, uskladila razna kretanja, regulisanjem saobraćaja na raskrsnici, posebnu pažnju zaslužuju tačke

neposrednog sukoba kako bi se smanjio broj konfliktnih tačaka između vozila i vozila i pešaka.

Različita rešenja regulisanja saobraćaja na raskrsnicama treba dobro proučiti i u praksi sprovesti, koristeći sva raspoloživa sredstva i znanja, a pri tom vodeći računa o svim ljudskim, lokalnim, ekonomskim, saobraćajnim činionicima kao i veličini i uglu raskrsnice. Nepotpuna i nedovoljno ispitana rešenja treba izbegavati jer ona ne obezbeđuju sve očekivane prednosti i mogu se pokazati opasnim.

Vrlo bitan i neophodan preduslov za poboljšanje bezbednosti saobraćaja na raskrsnicama je i utvrđivanje veze između broja saobraćajnih nezgoda i pojedinih uticajnih faktora, kao što su geometrijsko projektovanje raskrsnica, saobraćajne karakteristike, okruženje puta i signalna politika. Svaki od ovih uticajnih faktora na određen način doprinosi povećanju odnosno, smanjenju broja saobraćajnih nezgoda

5. LITERATURA

- [1] Van der Horst, R. and Wilmink, A.: Drivers 'decision making at signalized intersections: An optimisation of the yellow timing. Traffic Engineering and Control (TEC), V27, pp. 615-622, December 1986.
- [2] Sharad K Maheshwari, Kelwyn A. D'Souza: Intersection traffic accident data modeling and analysis: empirical study in city of norfolk, VA, Proceedings of the Academy of Information and Management Sciences, Volume 11, Number 1, 2007
- [3] S.C. Wong, N.N. Sze, Y.C. Li: Contributory factors to traffic crashes at signalized intersections in Hong Kong Accident Analysis and Prevention 2007. Vol. 39 p. 1107–1113
- [4] Persaud, B., Lord, D., Palmisano, J., Calibration and transferability of accident prediction models for urban intersections. Transport. Res. Record 2002. 1784, 57–64.
- [5] Yuan-Chen Cheng, E.: Accident analysis for single point urban interchange. Compendium of Technical Papers, 61st Annual Meeting, Institute of Transportation Engineers, September 1991

Kratka biografija:



Marko Vujović rođen je u Bačkoj Palanci 1980. godine. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Saobraćaj odbranio je 2010. godine.



Dragan Jovanović rođen je u Zrenjaninu 1974. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 2005. god., a od 2006 je zvanju docent. Oblast interesovanja je bezbednost saobraćaja.

**УТВРЂИВАЊЕ ОПРАВДАНОСТИ РЕКОНСТРУКЦИЈЕ И МОДЕРНИЗАЦИЈЕ
ЖЕЛЕЗНИЧКЕ ПРУГЕ ПЕТРОВАРАДИН – БЕОЧИН****JUSTIFICATION VALIDITY OF RECONSTRUCTION AND MODERNIZATION OF
RAILWAY TRACKS PETROVARADIN – BEOCIN**Жарко Симовић, Јован Тепић, *Факултет техничких наука, Нови Сад***Област – САОБРАЋАЈ**

Кратак садржај – У раду је извршена финансијско-тржишна оцена реконструкције и модернизације железничке пруге Петроварадин – Беоцин, у три претпостављена сценарија очекиваних робних токова. Такође, финансијска анализа је оптимизирана и на основу два различита предрачуна инвестиционих трошкова.

Abstract – This paper analyzes finance-consum estimate of reconstruction and modernization railway tracks Petrovaradin – Beocin, in three expected scenery the freight flow of traffics. Also, finance analyzes is optimized and on the basis of two different budgets of investment costs.

Кључне речи: финансијско-тржишна анализа, очекивани робни токови, трошкови, приходи, интерна стопа рентабилности

1. УВОД

Железничка пруга Петроварадин – Беоцин, је локална пруга дужине 17,2 km. Пруга се налази у Јужнобачком округу, и трасирана је, са једне стране, на северној падини Фрушке Горе, док са друге стране, пролази десном обалом реке Дунав.

Понуда транспортне услуге, на гравитационом подручју ове пруге, је велика, јер би железница имала конкуренцију у виду друског и речног саобраћаја. Ипак, железница има одређене предности, које је неопходно искористити, како би заузела позицију, на транспортном тржишту, коју заслужује. Како се транспортно тржиште налази на ободу Националног Парка Фрушка Гора, железница би морала да искористи већу еколошку прихватљивост, у односу на друмски саобраћај, који тренутно има лидерску позицију. Осим ове предности, железницу карактерише и масовност у превозу, као и нижи трошкови превоза на релацијама дужим од 50 km, такође у односу на друмски саобраћај. Речни транспорт, такође је активан на овом гравитационом подручју, има своје мане које се огледају у малој брзини при довозу сировина и репроматеријала, као и малој брзини при одвозу полупроизвода и готових производа, што утиче на повећање трошкова, проузроковане поседовањем залиха код корисника ове врсте саобраћаја. Врсте роба, које егзистирају на

гравитационом подручју, су погодне за превоз железницом, односно реч је о роби која је у ринфузи или је палетизована, и има их у количинама које омогућавају маршрутизацију. Све наведено имплицира на закључак да железница има простора да придобије комитенте за своје услуге, уз услов да се повећа квалитет услуге и поправи имиџ железнице на овом гравитационом подручју.

2. АНАЛИЗА ПОСТОЈЕЋЕГ СТАЊА ПРУГЕ

Пруга Петроварадин – Беоцин је у јавном железничком саобраћају од 1908. године као вицинална пруга. Вициналне или самоуправне пруге су грађене крајем XIX века и почетком XX века. Пруга је касније национализована и прелази у посед државе, тј. у посед Српских железница. До 1965. обављан је путнички и теретни саобраћај, а од 1965. обављан је само теретни саобраћај. Од 17.02.2007. обустављен је целокупан железнички саобраћај. На прузи се налазе следећа службена места:

а) Станице: Петроварадин, Лединци, Беоцин и

б) Товариште: Сремска Каменица.

Са пруге се одвајају четири индустријска колосека, од којих су најважнији индустријски колосек Фабрике цемента Лафарж из Беоцина и индустријски колосек каменолома "Алас" из Лединаца. Највећа допуштена брзина на прузи, према последњем важећем реду вожње, износила је 20 km/h. Због теренских прилика, по уздужном профилу, пруга се сматра специфичном пругом. Карактеришу је велики нагиби нивелете, велики насипи и усеци, као и мале вредности полупречника кривине. Железнички саобраћај, између службених места на прузи обављао се у станичном размаку, такође пруга није опремљена телекомуникационим уређајима.

3. ЕЛЕМЕНТИ ГЕНЕРАЛНОГ ПРОЈЕКТА

Пројектовање се одвија у три неизоставне, међусобно условљене и хијерархијски распоређене фазе (генерални, идејни и главни пројекат), које обавезно претходе грађењу пруге. Реконструкцију и модернизацију железничке пруге Петроварадин – Беоцин, неопходно је планирати у три фазе, и то: оспособљавање пруге за редован саобраћај у условима дизел вуче, модернизацију сигнално сигурносних уређаја на прузи и електрификацију пруге. Свака од наведених фаза, из генералног пројекта, може се извршити у једној грађевинској сезони.

НАПОМЕНА:

Овај рад је проистекао из дипломског-мастер рада чији ментор је био др Јован Тепић, доцент

Пројектно решење дефинисано је уз услов да ситуационо и нивелационо одступање осовине пројектованог колосека у односу на осовину колосека постојеће пруге буде што мање због захтева да се експропријација земљишта и објеката сведе на најнеопходнију меру. Допуштена брзина кретања возова на прузи на деоници Петроварадин – Лединци је 50 km/h. На деоници Лединци – Беочин решење трасе је дефинисано уз услов да је минимални полупречник хоризонталне кривине на отвореној прузи 300 m, да је брзина кретања возова минимално 80 km/h и да је најмања корисна дужина колосека у станицама 286 m. Приликом реконструкције и модернизације пруге Петроварадин – Беочин уградиће се нов горњи stroj пруге. Скретнице које се уграђују на главном пролазном колосеку су типа 6°R300, а на осталим станичним колосецима 6°R200. Већина инжењерских објеката на прузи (мостови, пропусти, надвожњаци и подвожњаци) је у лошем техничком стању, и према генералном пројекту, предвиђена је њихова замена новим [2]. Приликом утврђивања оправданости реконструкције и модернизације железничке пруге неопходно је утврдити трошкове неопходне за реализацију инвестиционе операције. Ти трошкови, односно трошкови од инвестиција процењени су са два аспекта, и то према:

- прерачуна инвестиционих трошкова Саобраћајног института ЦИП, у износу од 4,289 милијарди динара [2] и
- прерачуна инвестиционих трошкова Железница Србије, у износу од 1,530 милијарди динара [3].

Поред трошкова од инвестиција, неопходно је прорачунати и трошкове експлоатације железничког саобраћаја на посматраној прузи. Трошкови експлоатације су разврстани у две групе: фиксни и варијабилни трошкови. Како се оправданост реконструкције и модернизације, сагледала само са аспекта инфраструктуре, која има одвојен рачун од превоза, у прорачун је потребно обухватити само фиксне трошкове. Фиксне трошкове сачињавају: трошкови одржавања пруге, трошкови сигнално-сигурносних и телеграфско-телефонских уређаја и трошкови особља саобраћајне службе. У овом раду под укупним трошковима инфраструктуре, подразумевали су се трошкови од инвестиција и трошкови од експлоатације железничког саобраћаја.

4. ПРОГНОЗА ТЕРЕТНОГ САОБРАЋАЈА

Робни токови, који се могу очекивати на посматраној прузи у перспективи, одређени су на основу саобраћајних прогноза. Вредности робних токова у првој анализираној години, утврђене су у сарадњи са компетентним стручњацима, из два најдоминантнија привредна субјекта (фабрика цемента Лафарж и каменолом "Алас"). Прогнозе робних токова, су прорачунате у три различита сценарија, преко методе стопе раста, према обрасцу [1]:

$$Q_n = Q_o \cdot \left(1 + \frac{j}{100}\right)^n \quad (1)$$

Где је Q_n вредност очекиваних робних токова у будућности, Q_o вредност робних токова у првој анализираној години. Параметар n , узима вредности од 1 до 25, и представља године у којима се робни токови очекују, стопа којом се увећавају годишње вредности робних токова означен је са j . Вредности робних токова у првој анализираној години износе 1,527 милиона тона. Како су се робни токови прогнозирали у три претпостављена сценарија, неопходно је утврдити и три различите стопе раста. Робни токови у песимистичком сценарију су константни у периоду од 25 година, односно стопа раста је 0%. Реални сценаријо, прогнозиран је са стопом од 2%, док је за најповољнији, односно оптимистички сценаријо стопа увећања очекиваних робних токова износила 4%. Очекивани робни токови на гравитационом подручју пруге, како је већ наведено, омогућавају организацију железничког саобраћаја преко маршрутних возова, који саобраћају до примаоца, без прераде. Да би се од вредности годишњих очекиваних робних токова, дошло до вредности очекиваних прихода железнице, неопходна је одређена трансформација, кроз следећи образац:

$$P_g = \frac{z \cdot n_g}{\lambda \cdot e} \cdot Q_g \cdot P_s \quad (2)$$

Очекивани годишњи приходи железнице P_g , представљени су у функцији од очекиваних годишњих робних токова Q_g , и одговарајућег превозног става P_s . Коефицијенти z , n_g , λ и e , представљају број дана у недељи, просечан број недеља у години, број месеци у години и просечан број дана у једном месецу, респективно. Образац (2), је посебно развијен, у наведеном дипломском – мастер раду, како би се прорачунали очекивани приходи железнице. Како је финансијско-тржишна оцена, извршена са аспекта инфраструктуре, а очекивани годишњи приходи из обрасца (2), представљају укупне приходе железнице, неопходно је применити одговарајућу расподелу очекиваних прихода између организационе јединице инфраструктуре и организационе јединице превоза. У сагласности са Директивама Европске Уније, имајући у виду искуства страних железничких управа, утврђене су четири расподеле очекиваних прихода. У овом раду су примењене следеће расподеле очекиваних прихода: 20%- 80%, 30%-70%, 40%-60% и 50%-50%, у корист организационе јединице превоз. Вредности очекиваних прихода инфраструктуре, које су добијене у овом раду, независно од употребљене расподеле очекиваних прихода и примењеног сценарија прогнозираних робних токова, се крећу у интервалу од 3,717 до 15,480 милијарди динара. Потенцијални приходи од путничког железничког саобраћаја и потенцијални приходи од осталих делатности, у овом раду нису анализирани, због обимности.

5. ФИНАНСИЈСКО – ТРЖИШНА ОЦЕНА

С обзиром на ефекте које даје, инвестициони пројекат може се посматрати и оцењивати како са становишта самог предузећа које инвестира (финансијска анализа), тако и са становишта шире друштвене

заједнице (економска анализа). У поступку оцењивања пројекта из железничког саобраћаја потребно је анализирати и тржишно-финансијску и друштвено-економску ефикасност, мада се у овом раду оцењивање инвестиционог пројекта задржало на финансијско-тржишној оцени. Финансијско-тржишна оцена инвестиционог пројекта сагледава ефекте који се односе само на одређени привредни субјекат, док друштвено-економска оцена инвестиционог пројекта, обухвата шире ефекте, односно оне ефекте које инвестициона операција доноси за друштво у целини. Финансијско-тржишној оцени пројекта може се приступити на два начина, и то: статички и динамички. Статички приступ подразумева анализу ефикасности пројекта, коришћењем података о успешности пословања у репрезентативној години. Репрезентативна година века пројекта је она у којој се постиже пројектовани капацитет, а још увек трају финансијске обавезе по основу инвестиционих кредита. У основи предузеће ће улагати новчана средства, у изградњу или реконструкцију објекта и постројења, која ће им омогућити остваривање максималног рентабилитета, тј. постићи најповољнији однос укупних прихода.

5.1. Примењени критеријуми при финансијско-тржишној оцени

Основни критеријуми при динамичком приступу финансијско-тржишној оцени инвестиција су [5]:

- интерна стопа рентабилности,
- интерна релативна стопа рентабилности,
- дисконтована добит,
- минимални укупни дисконтовани трошкови и
- рок повраћаја, односно отплате инвестиције.

Интерна стопа рентабилности добија се при условима када се изједначе дисконтовани приходи са укупним дисконтованим трошковима (трошкови инвестиција и трошкови експлоатације саобраћаја), односно када је вредност дисконтоване добити једнака нули, а рачуна се преко обрасца [5]:

$$\sum_{t=t_p}^{t_k} \frac{P_t}{(1+i)^t} = \sum_{t=t_0}^{t_k} \frac{I_t}{(1+i)^t} + \sum_{t=t_p}^{t_k} \frac{T_{e_t}}{(1+i)^t} \quad (3)$$

Где је P_t вредност очекиваних прихода, I_t вредност трошкова од инвестиција, а T_{e_t} вредност трошкова од експлоатације. Када се образац (3), реши по " i ", добија се вредност интерне стопе рентабилности.

Под интерном релативном стопом рентабилности се подразумева стопа дисконтовања за коју су дисконтовани ефекти (разлика у смањењу трошкова и разлика у повећању прихода) једнаки дисконтованим додатним инвестицијама (инвестицијама модернизације, односно повећања капацитета) [6]. Уколико, инвеститор при нормативној стопи остварује позитивну вредност дисконтоване добити, онда је овај критеријум оправдан.

Често се неки инвестициони подухват може реализовати на један или на други начин, а да приходи остану потпуно исти, јер се ефекти јављају само у трошковима. У том случају изабраће се она варијанта која обезбеђује најниже укупне дисконтоване трошкове. Са аспекта критеријума рока

повраћаја новчаних средстава, рентабилна је свака инвестиција која се може отплатити у року века трајања.

5.2. Естимација оправданости реконструкције и модернизације са аспекта инфраструктуре

За утврђивање ефеката инвестиција, на нашим просторима последњих година, нормативна дисконтна стопа се кретала у интервалу од 6% до 12%. У овом раду, усвојена нормативна дисконтна стопа износи 12% [4].

Дисконтована добит (профит) представља суму средстава која годишње преостане, након подмирења свих обавеза проистеклих из конкретне инвестиционе операције, односно трошкова од инвестиција и укупних фиксних трошкова. То је разлика између укупних прихода и укупних трошкова експлоатације увећаних за износ ануитета, и може се приказати следећом једначином:

$$D_n = P - T = P - (T_e + A) = D - A \quad (4)$$

Дисконтовање или актуелизовање представља свођење свих вредности на један заједнички именитељ, како би се могле изразити у садашњим вредностима монетарних јединица. Садашња вредност (инвестиције, приходи, трошкови и др.), утврђује се на основу обрасца:

$$V_s = V_t \cdot r = V_t \cdot \frac{1}{(1+i)^n} \quad (5)$$

Где су V_s садашња вредност, V_t будућа вредност и r коефицијент дисконтовања, који је у функцији од дисконтне стопе i и вредности године у којој су остварене вредности које се актуелизују на садашњу вредност.

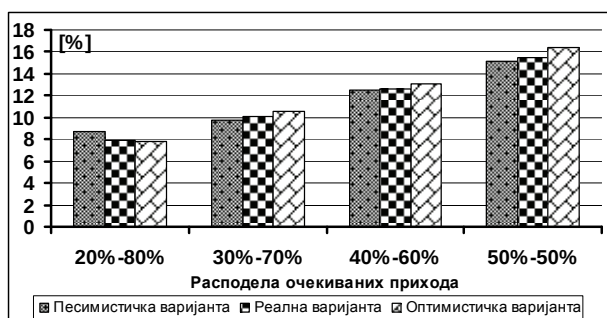
Анализа осетљивости (анализа сензибилитета) није посебно извршена, већ су у самом прорачуну уврштене три различите вредности робних токова, на основу којих су израчуната такође три различита сценарија очекиваних прихода инфраструктуре, што представља анализу осетљивости у овом раду.

6. СУБЛИМАЦИЈА ВРЕДНОСТИ ПРИМЕЊЕНИХ КРИТЕРИЈУМА

Разлика између вредности интерних стопа рентабилности према предрачуна инвестиционих трошкова Саобраћајног института ЦИП и Железница Србије, је значајна, тако да превазилази вредност нормативне стопе дисконтовања, у појединим подваријантама.

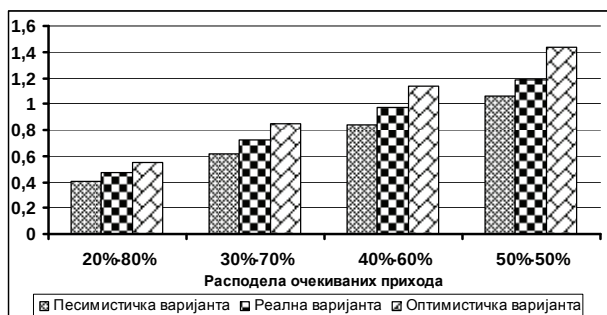
Вредности интерне стопе рентабилности су значајно веће при предрачуна инвестиционих трошкова ЖС. Ова разлика у вредностима интерних стопа рентабилности је представљена на слици 1.

Повећање разлике интерне стопе рентабилности директно је пропорционално расту примењеног процента расподеле очекиваних прихода, као и од одабира варијанте прогнозираних робних токова.



Слика 1. Утицај трошкова од инвестиција на вредност интерне стопе рентабилности за све анализиране подваријанте

Прираштај вредности ефективности, односно очекиваној дисконтованој добити према јединици уложених средстава је директно пропорционалан расту очекиваних прихода инфраструктуре, односно повећању расподеле очекиваних прихода. Утицај трошкова од инвестиција на вредност разлике дисконтоване добити инфраструктуре према јединици уложених средстава, дат је на слици 2., за све анализиране подваријанте.



Слика 2. Утицај трошкова од инвестиција на вредност разлике дисконтоване добити по јединици уложених средстава за све анализиране варијанте

Повећање разлике дисконтоване добити, директно је условљено растом процента расподеле очекиваних прихода. Такође, ова разлика је и у функцији одабране варијанте прогнозираних робних токова. Разлика у року повраћаја новчаних инвестиција у реконструкцију и модернизацију, према два различита предрачуна инвестиционих трошкова, према свим анализираним варијантама, такође је значајна.

7. ЗАКЉУЧАК

У овом раду извршено је утврђивање оправданости реконструкције и модернизације железничке пруге Петроварадин – Беочин, са аспекта финансијске анализе, и са гледишта инфраструктуре, која се у овом раду третира као одвојена организациона целина са посебним рачуном. Естимација инвестиционе операције је извршена применом динамичког критеријума финансијско-тржишне оцено. Финансијска анализа, је извршена за различите вредности очекиваних прихода инфраструктуре, који су у функцији од расподеле очекиваних прихода.

Уколико се испостави, као тачна, претпоставка да вредности примењених критеријума при друштвено-економској оцени пројекта расту у односу на вредности истих критеријума при финансијско-тржишној оцени, може се закључити да је инвестиција новчаних средстава у реконструкцију и модернизацију железничке пруге Петроварадин – Беочин, оправдана, са аспекта трошкова од инвестиција према Железницама Србије.

Према другом предрачуну инвестиционих трошкова, односно према предрачуну Саобраћајног института ЦИП, да би се донела одговарајућа инвестициона одлука (позитивна или негативна) неопходно је прорачунати и друштвено-економску оцено, односно економску анализу инвестиције у реконструкцију и модернизацију железничке пруге Петроварадин – Беочин, како би се сагледали и квантификовали сви ефекти, које такав пројекат доноси.

8. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Чичак Мирко: "Моделирање у железничком саобраћају", Саобраћајни факултет, Београд, 2003.
- [2] Саобраћајни институт ЦИП: "Генерални пројекат реконструкције и модернизације железничке пруге Петроварадин – Беочин", Београд, 2009.
- [3] ЈП "Железнице Србије", Сектор за стратегију и развој, "Елаборат број 102/07-1287", Београд, 2007.
- [4] Извршно веће АПВ: "Ревитализација пруга и железничког путничког и робног саобраћаја у западнобачком округу", Београд, 2007.
- [5] Чичак Мирко, Весковић Славко: "Организација железничког саобраћаја II", Саобраћајни факултет, Београд, 2005.
- [6] European commission: "Guide to COST-BENEFIT ANALYSIS of investments projects", Јун 2008.

Кратка биографија:



Жарко Симовић, рођен је у Бачкој Тополи 1985. године. Дипломски - Мастер рад, под називом "Утврђивање оправданости реконструкције и модернизације железничке пруге Петроварадин – Беочин", одбранио је на Факултету техничких наука 2010. године.

Доц. др Јован Тепић, рођен је 24.06.1959. у Живаји, општина Костајница. Дипломирао на Факултету стројарства и бродоградње у Загребу. Од 2006. ради на Факултету техничких наука у Новом Саду на Катедри за технологије транспортних система. Објавио је више стручних и научних радова. Аутор је две монографије и два уџбеника, те једне збирке решених задатака.

ORTOGONALNO FREKVENCIJSKO MULTIPLEKSIRANJE

ORTHOGONAL FREQUENCY DIVISION MULTIPLEXING

Slaviša Tomić, Željenski Trpovski, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast - SAOBRAĆAJ

Kratak sadržaj - U radu su predstavljene osnovne osobine OFDM-a: način dobijanja signala, njegova zaštita, glavni problemi koji se javljaju u prenosu u OFDM sistemu i rezultati dobijeni na osnovu simulacije DVB-T modela u Matlab-u.

Abstract - This project presents some basic features of OFDM: generating and protecting the signal, the problems that occur in OFDM system and simulation results of DVB-T model in Matlab.

Ključne reči: OFDM, digitalni prenos

1. UVOD

Ortogonalno frekvenzijsko multipleksiranje (eng. Orthogonal Frequency Division Multiplexing) smatra se kombinacijom modulacije i multipleksiranja. Tehnika je patentirana u SAD-u 1970. godine. OFDM koristi specijalan oblik modulacije sa većim brojem podnosilaca. Kako samo ime kaže, to je frekvenzijski multipleks u kome su podnosioci ortogonalni. Danas se najviše primenjuje u bežičnim sistemima za prenos podataka velikim brzinama, DAB, DVB-T sistemima itd. Takođe, potencijalni je kandidat za primenu u mobilnim bežičnim mrežama četvrte generacije (4G).

2. ORTOGONALNOST U OFDM-u

U matematici, ortogonalnost označava normalnost (90° u odnosu na nešto). Međutim, u telekomunikacijama, ortogonalnost generalno označava signale između kojih nema interferencije.

Dugo se smatralo da je neophodan uslov za realizaciju sistema ortogonalnost podnosilaca u domenu učestanosti. Zbog toga je u prošlosti realizovan sistem pomoću pojasnih filtara na mestu prijema (čiji spektri imaju veoma strme ivice) kako bi fizički razdvojili podnosiocce. Ovo u velikoj meri podseća na konvencionalno frekvenzijsko multipleksiranje (FDM).

Vremenom, sistem je evoluirao, a koncept ortogonalnosti je promenjen. Podnosioci su vremenski ortogonalni, pa se omogućava bolja efikasnost spektra za prenos, jer spektar podnosilaca može da se preklapa. Talasni oblici, koji mogu da zadovolje uslov vremenske ortogonalnosti, mogu se dobiti upotrebom brze Furijeove transformacije u predajniku i prijemniku.

NAPOMENA:

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

Međutim, relativno dugo, sistem je imao ograničenu upotrebu. Kompleksnost Furijeove transformacije u realnom vremenu, nestabilnost oscilatora u predajniku i prijemniku, linearnost koju zahtevaju pojačavači snage glavni su razlozi za ovo ograničenje. Dalja istraživanja dovela su do algoritma brze Furijeove transformacije pomoću koje može da se izračuna diskretna Furijeova transformacija. Ovim otkrićem otvorena su vrata za ekspanziju efikasnog OFDM sistema u mnogim poljima u kojima je neophodan brz i pouzdan prenos podataka.

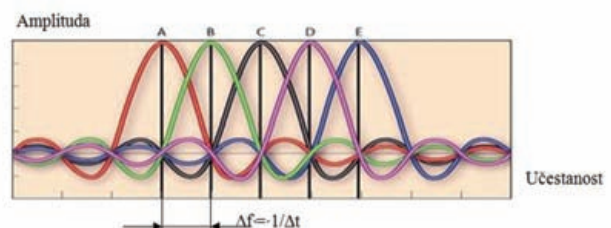
OFDM tehnika koristi veliki broj podnosilaca (ponekad i nekoliko hiljada) kojima se signal moduliše. Ovo ne umanjuje efikasnost iskorišćenja spektra, jer oni mogu da se preklapaju. Nesmetan prijem signala moguć je ukoliko je zadovoljen uslov ortogonalnosti podnosilaca koji glasi:

$$\Delta f = 1/\Delta t \quad (1)$$

gde je Δf - razmak između podnosilaca, a Δt - trajanje signala u vremenu.

3. GENERISANJE OFDM SIGNALA

OFDM signal dobija se velikim brojem množenja korisnog signala kojeg treba preneti i signala podnosilaca koji su prostoperiodični talasi. Koristan signal obično je povorka pravougaonih impulsa (digitalni signal, nule i jedinice) dužine trajanja Δt . Furijeova transformacija takvog signala, tj. njegov spektar je povorka signala talasnog oblika $\sin(x)/x$. Znači, u vremenskom domenu dolazi do množenja pravougaonog impulsa sa prostoperiodičnim podnosiocem. Rezultat množenja je sinusoidalni signal ograničenog trajanja, Δt . Množenje signala u vremenskom domenu odgovara konvoluciji spektara u frekvenzijskom domenu. Spektar prostoperiodičnog signala je delta impuls na učestanostima $-f_s$ i f_s . Kako je delta impuls neutralni element za konvoluciju, rezultat konvolucije ova dva spektra biće signal talasnog oblika $\sin(x)/x$ na učestanostima $-f_s$ i f_s . Veliki broj množenja korisnog signala i signala podnosilaca u vremenu, rezultiraće u povorki signala oblika $\sin(x)/x$ u frekvenzijskom domenu. Ukoliko je zadovoljen uslov ortogonalnosti podnosilaca ($\Delta f = 1/\Delta t$), maksimum spektra svakog signala nalaziće se u nuli spektra drugih signala, pa neće doći do interferencije među njima. Na ovaj način formiran je OFDM signal čiji spektar je prikazan na slici 1.



Slika 1. Spektar OFDM signala formiranog od pet podnosilaca

U praksi, informacija se ne prenosi bez zaštite. Zaštita se unosi u signal obično pre transmisije, a u OFDM-u najčešće je u obliku: zaštitnog intervala (cikličnog prefiksa), kodovanja (FEC), interleavinga i sl. Ovim postupcima rešavaju se različiti problemi, a u nastavku teksta biće više reči o gore navedenim postupcima.

3.1. Zaštitni interval i ciklični prefiks

U bežičnom prenosu signala, pored signala koji dolazi direktnom putanjom na mesto prijema, postoje i kopije (eho) istog signala. One su posledica refleksije, difrakcije, refrakcije i sl. pojava. Ovi signali prelaze duži put od direktnog talasa, pa na mestu prijema neretko dolazi do interferencije dva, a ponekad i većeg broja talasa. U cilju sprečavanja ovakve vrste interferencije talasa koriste se zaštitni intervali.

Kopije signala ne nose u sebi novu informaciju. Prelaze duži put do mesta prijema, što znači da dolaze na prijem sa odgovarajućim kašnjenjem u odnosu na originalni signal. Ovo kašnjenje može da bude reda veličine jednog ili više bita, a na njegovu vrednost značajno utiče i okruženje u kome se talas prostire.

Neke vrednosti za tipična okruženja prikazane su u tabeli 1. Prijemnik započinje proces rekonstrukcije signala u trenutku kada detektuje prvi (originalni) signal. Nakon izvesnog vremena, na mesto prijema dolazi kopija signala.

Okruženje	Interval kašnjenja	Max dužina kašnjenja
Zatvorena prostorija	40-200 ns	12-60 m
Otvoreno	1-20 μ s	300-6000 m

Tabela 1. Tipične vrednosti kašnjenja kopija signala u različitim okruženjima

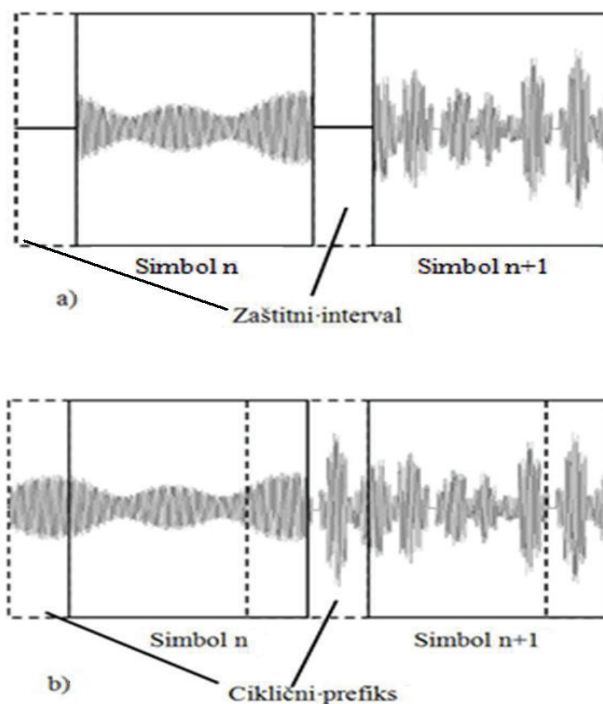
Prijemnik ne prepoznaje da je to kopija prvobitno primljenog signala i vrši rekonstrukciju signala kao da rezultat rekonstrukcije treba da se dobije njihovom kombinacijom. Jasno je, doći će do intersimbolske interferencije, a rezultat rekonstrukcije može biti signal potpuno nezavisnog oblika od onog koji je poslat. Rešenje problema pronađeno je u produžavanju trajanja signala u vremenu, odnosno korišćenju zaštitnog intervala.

Zaštitni interval ne mora da bude signal. Može da ima vrednost nula tokom svog trajanja (napravi se pauza u slanju), ali u tom slučaju postoji opasnost od pojave interkanalne interferencije, jer prijemnik mora da primi simbol u tačno određenom vremenu, što je u praksi danas skoro nemoguće zbog eha koji se stvara prilikom prenosa.

Druga vrsta zaštitnog intervala naziva se ciklični prefiks. To je tehnika kod koje se odgovarajuća dužina završnog trajanja signala preslika na njegov početak. Ovo je omogućeno upotrebom memorijskih blokova u modulatorima OFDM signala. Svaki signal prolazi kroz ovaj blok gde se beleži njegov izgled i na osnovu njega generiše ciklični prefiks. Zbog ovakvog generisanja, ciklični prefiks ne može se videti na oscilogramu (potpuno je uklopljen u izgled signala). Prednost primene cikličnog prefiksa jeste lakša detekcija signala na prijemu. Deo signala se ponavlja, što se lako detektuje primenom autokorelacije u prijemniku. Na ovaj način, lakše se otkriva početak i kraj oblasti signala koja nije pod uticajem intersimbolske

interferencije. Prijemnik ovu oblast rekonstruiše tehnikom koja se naziva prozoriranje.

Na slici 2 prikazan je OFDM signal sa zaštitnim intervalom i cikličnim prefiksom. Produžavanje vremena trajanja signala zahteva duže vreme prijema signala. Duže trajanje prijema omogućava zakasneloj kopiji da stigne na mesto prijema u početnoj fazi rekonstrukcije originalnog signala (na istom bitu) i izbegavanja ISI na taj način. Dužina zaštitnog intervala bira se tako da on bude duži od procenjenog kašnjenja kopija. Ipak, njegova dužina direktno utiče na efikasnost korišćenja kanala, jer se u njemu ne prenose nove informacije.



Slika 2. Praktičan primer OFDM signala sa a) zaštitnim intervalom i b) cikličnim prefiksom

3.2. FEC kodovanje

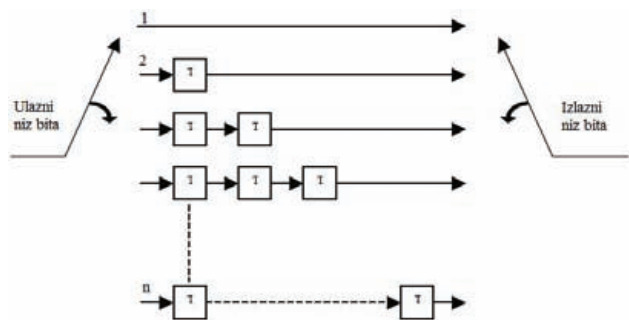
FEC (eng. Forward Error Correction) kodovanje predstavlja tehniku borbe protiv fedinga, na principu unošenja dodatnih bita u poruku. Koristi se u sistemima gde je retransmisija podataka relativno skupa ili nemoguća (signali u realnom vremenu: govorni, video signali i sl.).

Prednost ovakvog kodovanja jeste što se ne zahteva povratna veza predajne i prijemne strane, ali po cenu širenja spektra. Predajnik unosi dodatne (zaštitne) bite u prvobitnu poruku i na taj način širi spektar signala. Međutim, ovi biti omogućavaju prijemniku da detektuje i ispravi eventualne greške u poruci, bez traženja dodatnih podataka od predajnika.

Postoje granice do koje se greške u poruci mogu ispraviti. One se definišu unapred, prilikom formiranja koda, te se za različite uslove prenosa koriste različiti kodovi. U praksi, FEC kodovi se određuju na osnovu nekoliko desetina, ponekad i stotina, poslednjih bita kako bi se ustanovilo na koji način treba da se vrši kodovanje posmatranih bita (obično u grupama od 2 ili 8 bita). Algoritam kodovanja poznat je predajniku i prijemniku, pa prijemnik može da izvrši pravilno dekodovanje.

3.3. Interliving

Zbog frekvencijskog fedinga u radio-kanalima, OFDM podnosioci imaju različite amplitude. Dubok feding u spektru kanala može da rezultuje u slabljenju grupe podnosilaca, čineći ih manje pouzdanim od drugih, jer se tako stvara niz grešaka bita, umesto da pogrešni biti budu stohastički raspoređeni. Kako bi se niz grešaka izbegao, koristi se tehnika interlivinga. Na mestu predaje, kodovani biti mešaju se na takav način da, dva inače susedna bita u nizu, budu razdvojena za nekoliko bita. Na slici 3 prikazan je princip rada interlivera.



Slika 3. Princip rada interlivera

Ulazni niz bita dolazi do interlivera, koji na osnovu uspostavljenog algoritma deli niz u N paralelnih grana, tako da dva, inače susedna bita, budu razmaknuta većim brojem bita. Ovakav, paralelan i kombinovan niz bita šalje se na mesto prijema, a tamo pomoću inverznog uređaja (deinterlivera), koji primenjuje inverzni algoritam, vraća bite u prvobitno stanje.

4. IZAZOVI U IMPLEMENTACIJI OFDM-a

Većina sistema za prenos signala osetljiva je na frekvencijski selektivan feding, fazni šum i frekvencijski ofset. Prilikom implementacije sistema, posebnu pažnju treba obratiti upravo na ove pojave, jer one mogu značajno da otežaju, a ponekad i onemogućavaju prijem.

4.1. Frekvencijski selektivan feding

U radio-prenosu, spektar kanala nije ravan. Postoje određene praznine u spektru koje su posledica refleksije talasa i mogu da izazovu potpuno poništavanje određenih učestanosti na mestu prijema. Ova pojava naziva se frekvencijski selektivan feding. Javljaju se na određenim učestanostima i napadaju samo podnosiocima na tim učestanostima.

Kako je OFDM signal sačinjen od velikog broja podnosilaca, verovatnoća da je napadnut veliki broj podnosilaca relativno je mala, pa praktično ne može da dođe do gubljenja značajnog dela informacije. Ova pojava ne može da se spreči, ali može da se zaobiđe. Jedan od načina jeste korišćenje pomoćnih signala koji vrše merenje kanala. Oni određuju koje učestanosti su izložene ovoj negativnoj pojavi, pa se predajna i prijemna strana dogovore da te učestanosti ne koriste za slanje korisnih informacija.

4.2. Fazni šum

Frekvencija koju generiše praktični oscilator, vremenom, počinje da se menja. Prijemnik ovu varijaciju učestanosti

vidi kao šum. Međutim, ovakav šum stvaraju i predajnik i prijemnik, jer oba sklopa generišu određenu učestanost koja se menja tokom vremena.

Šum se manifestuje u osnovnom opsegu kao fazni i amplitudski šum koji je dodat primljenim odbircima. Amplitudski šum u odbircima može se zanemariti, pa se ovakvo kvarenje signala često naziva fazni šum.

U mnogim slučajevima, varijacija učestanosti je mala u poređenju sa ukupnim signalom, pa prijemnik može da locira i ukloni fazni šum uz pomoć PLL petlje.

4.3. Frekvencijski ofset

Frekvencijski ofset javlja se kada predajnik i prijemnik nisu sinhronizovani, tj. kada oscilator na prijemu ne oscilira na potpuno istoj nosećoj učestanosti kao oscilator na predaji. Prijemnik ovu pojavu prihvata kao frekvencijski ofset u signalu koji može dovesti do povećanja verovatnoće greške prilikom prijema. Iako je ova pojava karakteristična za sve tipove modulacije, OFDM je posebno osetljiv, jer koristi brzu Furijeovu transformaciju.

Kada nema frekvencijskog ofseta, upareni filtri savršeno su usklađeni sa primljenim signalom i nema interferencije između podnosilaca na izlazu filtra.

Međutim, u slučaju kada postoji frekvencijski ofset, primljeni signal je pomeren u frekvenciji, pa filtri nisu dobro usklađeni sa signalom. Kao posledica, energije susednih podnosilaca biće izmešane na izlazu svakog filtra. Drugim rečima, gledajući iz ugla prijemnika, podnosioci nisu ortogonalni, što dovodi do interkanalne interferencije.

Ukoliko se interkanalna interferencija zanemari u ovakvom sistemu, bitska stopa greške rapidno će porasti na mestu prijema. Postoji nekoliko tehnika za procenu i uklanjanje frekvencijskog ofseta. U sistemima sa komutacijom paketa (IEEE 802.11a), obično se unosi pomoćna sekvenca na početak paketa. Ona je tako napravljena da pomaže prijemniku u proceni frekvencijskog ofseta između predajnika i prijemnika. Kada se ofset otkrije, otklanja se prilagođavanjem učestanosti oscilatora na novu, pomećenu učestanost.

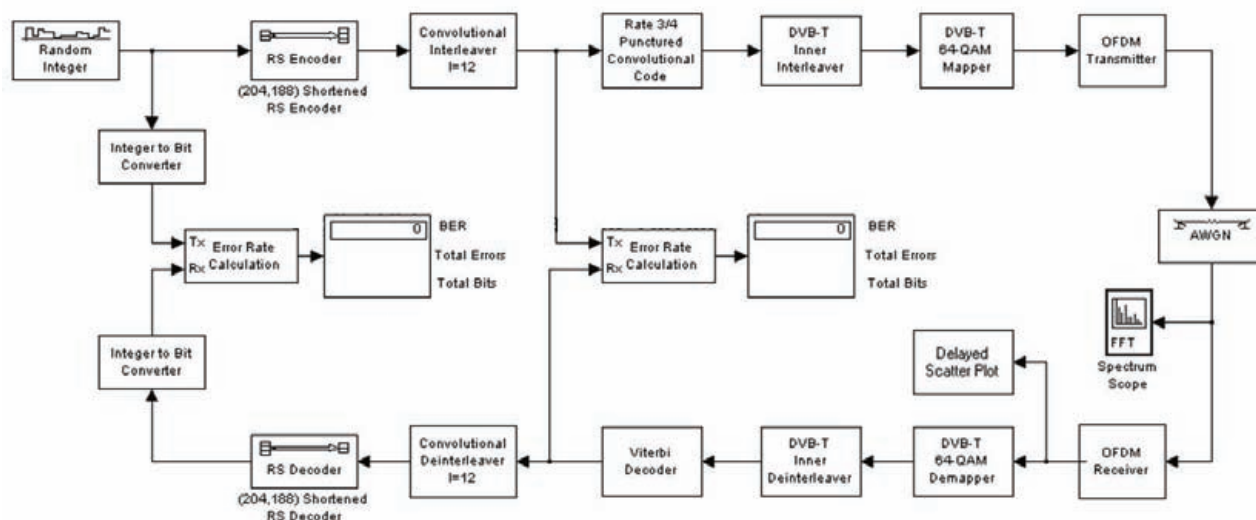
5. DVB-T SIMULACIJA

OFDM sistemi veoma su interesantni za simuliranje. U ovom radu simulacija je izvršena u programskom jeziku Matlab, odnosno njegovom podsistemu za grafičke simulacije Simulink (korišćen je Matlab 6.5 - R13). Modeliran je deo ETSI (eng. European Telecommunication Standards Institute) EN 300-744 standarda za bežični zemaljski prenos digitalnog televizijskog signala (DVB-T) u 2k modu (2048 podnosilaca). Standard ne definiše dizajn prijemnika, ali prijemnik mora da ima minimalno potrebne delove i jednostavnu konstrukciju. Za potrebe simulacije korišćene su ugrađene Matlabove funkcije iz Simulink biblioteke. Prilikom izrade simulacije pretpostavljeno je da su predajnik i prijemnik nepokretni (može se zanemariti uticaj vremenske selektivnosti) i da rade u savršenom sinhronizmu (zanemaruje se frekvencijska selektivnost i fazni šum).

Ovako napravljena simulacija pokazuje prednosti OFDM-a u odnosu na sisteme sa jednim nosiocem. Korišćen model prikazan je na slici 4, a detaljan opis blokova modela može se naći u diplomskom radu prvog autora.

Digital Video Broadcasting-Terrestrial

2k mod, nehijerarhijski prenos



Slika 4. DVB-T model za simulaciju

Rezultati dobijeni na osnovu modela prikazani su u tabeli 2. Repovi na spektru signala počinju sa formiranjem oko vrednosti SNR=70 dB.

Vidljiva pogoršanja konstelacije mogu se uočiti tek na vrednosti SNR=30 dB, iako ni tada nema opasnosti od greške u prijemu.

Značajnijeg uticaja na prijem signala praktično nema sve do vrednosti SNR= 20 dB.

Čak ni tada, na kalkulacionom displeju koji prikazuje bitsku stopu greške (BER) i ukupan broj grešaka, nema registrovane greške. Prva greška koja se registruje u modelu dobija se kada je vrednost SNR=18.7 dB, javlja se ukupno 6 grešaka, a $BER=5.407 \cdot 10^{-5}$.

U ekstremnom slučaju, kada je odnos snage signala i snage šuma SNR=10, verovatnoća greške na mestu prijema približno je jednaka 50%.

SNR [dB]	BER	Ukupno grešaka
100	0	0
20	0	0
18	$2.4 \cdot 10^{-4}$	27
16	$9.88 \cdot 10^{-3}$	1096
14	0.153	16952
12	0.3801	42179
10	0.4612	51181

Tabela 2. Dobijeni rezultati simulacije na drugom displeju u zavisnosti od odnosa SNR [dB] za 110976 prenetih bita

Posmatrajući spektar signala na mestu prijema, kvarenje odnosa signal šum za posledicu ima formiranje repova čija amplituda teži da se izjednači sa amplitudom signala i na taj način onemogućuje prijem signala.

Sa druge strane, konstelacija signala teži ka slučajnom rasipanju tačaka, koja takođe može da rezultuje sa greškom prilikom prijema.

6. ZAKLJUČAK

OFDM je tehnika namenjena za širokopojasni prenos koja obezbeđuje brz i pouzdan prenos podataka. Najviše se primenjuje u bežičnim tehnologijama (WLAN, WMAN, DAB, DVB-T, 3G i sl.), ali je po svojim osobinama konkurentna i u drugim oblastima u kojima se neretko koristi (ADSL, VDSL, DVB-C2, MoCA, ITU-T G.hn i sl.). Usavršava se od 1970. godine i još uvek ima prostora za napredak, iako danas već predstavlja vrhunsko dostignuće telekomunikacija. Još uvek se vrše testiranja sistema kako bi se omogućila njegova eksploatacija u drugim oblastima kao npr. optička komunikacija, mobilna bežična komunikacija četvrte generacije i sl.

7. LITERATURA

- [1] W. Fischer, "Digital Video and Audio Broadcasting Technology", A practical engineering guide, second edition.
- [2] P. Rethnakaran and H. Dawis "Orthogonal Frequency Division Multiplexing", November 2003.
- [3] A. L. Intini "Orthogonal Frequency Division Multiplexing for Wireless Networks", Standard IEEE 802.11a, University of California, December 2000.
- [4] Wikipedia "OFDM", decembar 2009.

Kratka biografija:

Slaviša Tomić rođen je u Novom Sadu 1985. godine. Diplomski-master rad iz oblasti Saobraćaja - Poštanski saobraćaj i telekomunikacije odbranio je u januaru 2010. godine.



Željen 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.

ANALIZA KARAKTERISTIKA DOLAZAKA VOZILA NA SIGNALISANIM RASKRSNICAMA

ANALYSIS OF VEHICLES ARRIVALS CHARACTERISTIC AT SIGNALIZED INTERSECTIONS

Nenad Šaulić, Vuk Bogdanović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – SAOBRAĆAJ

Kratak sadržaj – U okviru rada analizirane su karakteristike intervala sleđenja vozila na prilazima signalisanih raskrsnica i zavisnost ovog parametra u odnosu na veličinu protoka. Istraživanje karakteristika vremenskog intervala sleđenja sprovedeno je na nekoliko signalisanih raskrsnica u Novom Sadu, a matematička analiza obuhvatila je uzorak od nekoliko hiljada izmerenih vrednosti ovog parametra, za različite konfiguracije ulivnih i izlivnih grla.

Ključne reči: vremenski interval sleđenja, signalisana raskrsnica, ulivno grlo

Abstract – In this paper interval of vehicle follow up characteristic are analyzed at the approach to signalized intersections and dependence of this parameter in relation to traffic flow. Research of interval of vehicle follow up characteristic was carried out at several signalized intersections in Novi Sad and mathematics analysis included sample of several thousand measured values of this parameter for different ramp configurations.

Key words: interval of vehicle follow up, signalized intersection, ramp

1. UVOD

Parametri saobraćajnog toka koji su definisani kao karakteristične vremenske sekvence prilikom izvođenja pojedinih manevara na raskrsnicama predstavljaju ulazne parametre u postupcima proračuna kapaciteta, definisanje geometrije i regulativnih mera. Istraživanja ovih parametara kod nas su veoma retka, a u postupcima proračuna prihvataju se parametri koji su preporučeni u okviru primenjenih postupaka. U teoriji saobraćajnog toka je poznato da na vrednosti ovih parametara utiču i specifičnosti sredine koji se manifestuju kroz navike vozača i način njihove vožnje kao i načini regulisanja saobraćaja i standardi iz ove oblasti. Istraživanja koja su vršena u ovoj oblasti pokazala su da vrednosti ovih parametara utiču i položaj raskrsnice na putnoj i uličnoj mreži, veličina grada, struktura saobraćajnog toka, veličina zahteva za protokom, položaj objekata u zoni raskrsnice, pešački i biciklistički saobraćaj itd.

Istraživanjem je obuhvaćeno ukupno devet prilaza na šest raskrsnica regulisanih svetlosnom signalizacijom u Novom Sadu. Navedene veličine su pojedinačno analizirane i statistički obrađene, a na osnovu rezultata analiza definiše se preporuke u skladu sa verovatnoćom pojavljivanja istraženih parametara.

NAPOMENA:

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

2. OSNOVNI PARAMETRI SAOBRAĆAJNOG TOKA

Osnovni parametri saobraćajnog toka služe za opisivanje saobraćajnih tokova i zakonitosti kretanja motornih vozila, odnosno saobraćajnih tokova na drumskim saobraćajnicama.

U osnovne parametre saobraćajnog toka spadaju:

1. Protok vozila,
2. Gustina toka,
3. Brzina toka,
4. Vreme putovanja vozila u toku,
5. Jedinično vreme putovanja vozila u toku,
6. Vremenski interval sleđenja vozila u toku i
7. Rastojanje sleđenja vozila u toku.

2.1. Protok vozila

Pojam protoka vozila definiše se kao broj vozila koja u određenom periodu vremena pređu preko posmatranog preseka puta, u jednom smeru za jednosmerne saobraćajnice ili u oba smera za dvosmerne saobraćajnice. Protok je prostorno vezan za presek, a vremenski za jedinicu posmatranja.

Protok se obeležava sa q , a osnovna jedinica za izražavanje protoka je **voz/h**. Protok se može izražavati i u manjim i u većim vremeskim jedinicama od časa.

2.2. Vremenski interval sleđenja

Interval sleđenja vozila, kao pokazatelj-parametar saobraćajnog toka, predstavlja vreme između prolaska čela dva uzastopna vozila, u jednom smeru za jednosmerne saobraćajnice, odnosno u oba smera za dvosmerne saobraćajnice, kroz zamišljeni presek posmatranog odseka puta. Sa gledišta realnih saobraćajnih tokova, zavisno od načina posmatranja toka u odnosu na prostor i vreme razlikujemo:

- intervale sleđenja t_{hi} pojedinačno za N vozila koja u periodu vremena T pređu posmatrani presek deonice puta,
- srednju vrednost intervala sleđenja t_h na posmatranom preseku puta za N vozila u vremenu T :

$$\bar{t}_h = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_{hi} \quad (1)$$

Osnovni simbol za iskazivanje jediničnog vremena putovanja saobraćajnog toka je t_h , dok su osnovne jedinice za iskazivanje intervala sleđenja vozila **sekunde**.

Interval sleđenja vozila ima veliki značaj za opisivanje uslova saobraćaja na putevima i u inženjerskoj praksi kao jedan od osnovnih indikatora kvaliteta saobraćajnog toka.

3. METODOLOGIJA RADA

Za utvrđivanje odgovarajućih parametara saobraćajnog toka definisanih ciljem rada, vršeno je istraživanje na određenom uzorku vozila čija kretanja su analizirana naknadnom obradom video zapisa saobraćaja na pojedinim lokacijama.

Raskrsnice, korišćene u analizi, snimane su sa krovova okolnih zgrada, iz razloga da se dobije što veći ugao pogleda. Takav pogled daje pregledniju sliku raskrsnice i smanjuje mogućnost greške pri prikupljanju podataka sa snimka. Za snimanje je korišćena digitalna kamera, fiksno postavljena iz razloga smanjenja greške pri obradi podataka.

Sa svake lokacije snimanje je vršeno u dva navrata:

- u vremenskom periodu od 14 - 15.30 h,
- u vremenskom periodu od 9.30 - 12 h.

Trajanje svakog snimka je najmanje trideset minuta. Sve raskrsnice su snimljene u vremenskim uslovima sa suvim kolovozom i dobrom vidljivošću.

Za obradu podataka su korišćeni sledeći softverski alati:

- Nero ShowTime,
- Adobe Premiere Pro 1.5,
- Microsoft Excel,
- Mini Tab.

4. PRIKAZ REZULTATA

U ovom poglavlju prikazani su podaci za svaki manevar kretanja, i to posebno za svaki period snimanja.

Razlikuju se vrednosti intervala sleđenja u zavisnosti od pozicije vozila u koloni. Tako " t_1 " predstavlja vremenski interval sleđenja između prvog i drugog vozila u redu, " t_2 " predstavlja vremenski interval sleđenja između drugog i trećeg vozila u koloni itd. Poslednji interval sleđenja koji je posebno posmatran je između petog i šestog vozila. Intervali sleđenja za ostala vozila su zajedno posmatrana.

4.1. Intervali sleđenja za leva skretanja

Za obavljanje levog skretanja na raskrsnici, analizirano je 602 vrednosti u prvom i 578 u drugom periodu snimanja, koje su kategorisane po mestu koje su vozila zauzimala u koloni. Pri tome ostvarile su se sledeće prosečne vrednosti:

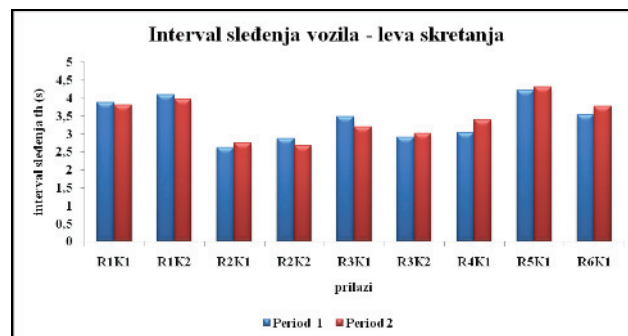
$$\begin{aligned} t_{1-1\text{period}} &= 3,536 \text{ s}, & t_{1-2\text{period}} &= 3,535 \text{ s}; \\ t_{2-1\text{period}} &= 3,103 \text{ s}, & t_{2-2\text{period}} &= 3,088 \text{ s}; \\ t_{3-1\text{period}} &= 3,360 \text{ s}, & t_{3-2\text{period}} &= 3,341 \text{ s}; \\ t_{4-1\text{period}} &= 3,607 \text{ s}, & t_{4-2\text{period}} &= 3,213 \text{ s}; \\ t_{5-1\text{period}} &= 3,104 \text{ s}, & t_{5-2\text{period}} &= 2,730 \text{ s}; \\ >t_{5-1\text{period}} &= 2,957 \text{ s}, & >t_{5-2\text{period}} &= 3,077 \text{ s}. \end{aligned}$$

Prosečne vrednosti intervala sleđenja se kreću u sledećim granicama:

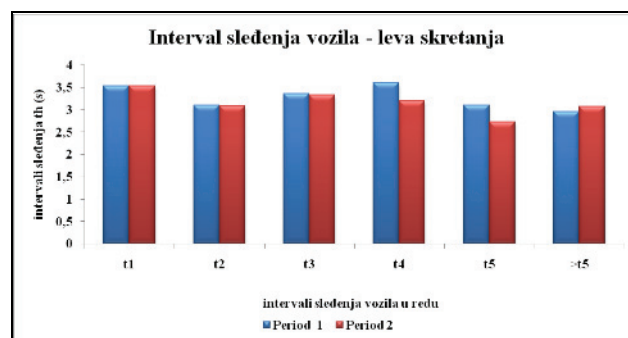
$$\begin{aligned} t_1 &= 3,049 - 3,980 \text{ s}, \\ t_2 &= 2,345 - 4,408 \text{ s}, \\ t_3 &= 2,287 - 5,369 \text{ s}, \\ t_4 &= 2,222 - 7,440 \text{ s}, \\ t_5 &= 2,123 - 4,560 \text{ s}, \\ >t_5 &= 2,442 - 5,928 \text{ s}. \end{aligned}$$

Interval sleđenja se menja u zavisnosti od položaja vozila u koloni. Može se primetiti da t_1 ima najmanji dijapazon vrednosti. Dok kod ostalih intervala, rezultati osciluju i po više sekundi. Razlog toga je taj što skretanje u levo zahteva propuštanje vozila iz suprotnog smera koji prolaze kroz raskrsnicu pravo. Zbog toga prva dva – tri

vozila pređu preko zaustavne linije slobodno i staju u središte raskrsnice. Ostala vozila ne mogu ući u raskrsnicu pa se kreću dosta sporo, a kao rezultat toga dobijaju se veće vrednosti intervala sleđenja. Kada prođu vozila iz suprotnog smera, dolazi do praznjenja središta raskrsnice, pa tako i ostala vozila koja stoje iza zaustavne linije mogu da prođu. Tu se dobijaju manje vrednosti intervala sleđenja vozila. Ukupno gledano, to je razlog širokog dijapazona vrednosti intervala sleđenja vozila od t_2 pa nadalje.



Grafik 1. Prikaz vrednosti intervala sleđenja pri obavljanju manevra levog skretanja po prilazima



Grafik 2. Prikaz vrednosti intervala sleđenja pri obavljanju manevra levog skretanja, kategorisano po mestu vozila u redu

4.2. Intervali sleđenja za prava kretanja

Za obavljanje kretanja pravo kroz raskrsnicu, analizirano je 2.081 vrednosti u prvom i 1.642 u drugom periodu snimanja, koje su podeljene po tome da li su vozila bila u koloni ili ne. A ako jesu dalje su kategorisane po mestu koje su vozila zauzimala u koloni. Pri tome ostvarile su se sledeće prosečne vrednosti:

$$\begin{aligned} t_{1-1\text{period}} &= 3,098 \text{ s}, & t_{1-2\text{period}} &= 3,010 \text{ s}; \\ t_{2-1\text{period}} &= 2,388 \text{ s}, & t_{2-2\text{period}} &= 2,402 \text{ s}; \\ t_{3-1\text{period}} &= 2,222 \text{ s}, & t_{3-2\text{period}} &= 2,395 \text{ s}; \\ t_{4-1\text{period}} &= 2,232 \text{ s}, & t_{4-2\text{period}} &= 2,337 \text{ s}; \\ t_{5-1\text{period}} &= 2,078 \text{ s}, & t_{5-2\text{period}} &= 2,221 \text{ s}; \\ >t_{5-1\text{period}} &= 2,212 \text{ s}, & >t_{5-2\text{period}} &= 2,010 \text{ s}; \end{aligned}$$

„slobodna vozila“ $_{1\text{period}} = 4,370 \text{ s}$,

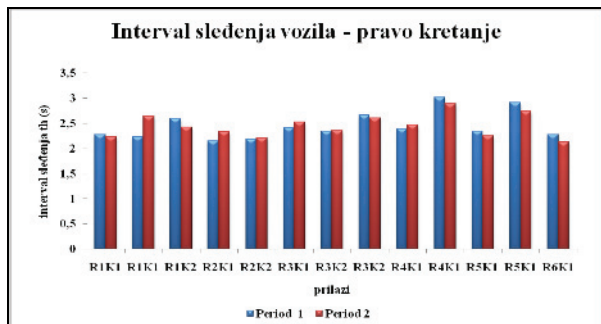
„slobodna vozila“ $_{2\text{period}} = 5,248 \text{ s}$.

Uočava se velika razlika između intervala sleđenja vozila koja su bila u koloni i intervala sleđenja vozila koja su prošla preko zaustavne linije u letećem startu.

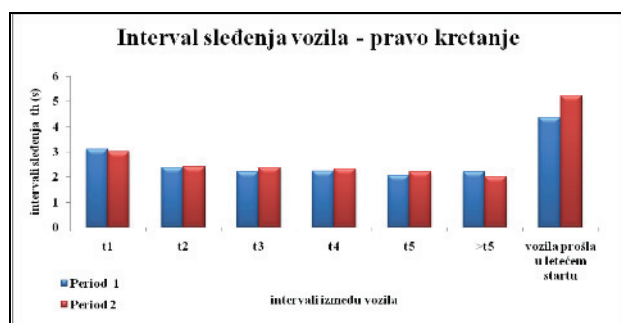
Prosečne vrednosti intervala sleđenja se kreću u sledećim granicama:

$$\begin{aligned}
t_1 &= 2,593 - 3,837 \text{ s,} \\
t_2 &= 1,938 - 2,793 \text{ s,} \\
t_3 &= 1,840 - 3,486 \text{ s,} \\
t_4 &= 1,680 - 4,872 \text{ s,} \\
t_5 &= 1,573 - 3,040 \text{ s,} \\
>t_5 &= 1,640 - 3,601 \text{ s.}
\end{aligned}$$

„slobodna vozila“ = 3,275 – 11,873 s.



Grafik 3. Prikaz vrednosti intervala sledenja pri kretanju pravo po prilazima



Grafik 4. Prikaz vrednosti intervala sledenja pri pravom kretanju, kategorisano po mestu vozila u redu

Interval sledenja vozila koja su u koloni se razlikuje od položaja vozila. Kako su vozila što dalja u redu dijapazon vrednosti je sve širi. Manje vrednosti mogu se povezati s tim što prva vozila staju blizu zaustavne linije i oni ubrzavaju kada prelaze preko nje.

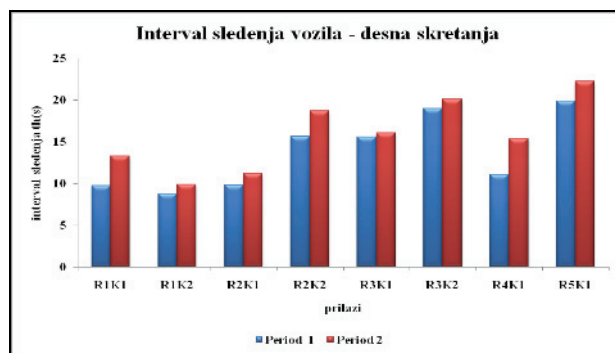
Druga vozila u koloni takođe ubrzavaju dok prelaze preko zaustavne linije, ali prolaze sa većom brzinom.

Ostala vozila prelaze preko zaustavne linije sa većim intezitita brzine. Najveća vrednost intervala sledenja je t_4 na **R5K1** (tabela 7.2.4.), na trećoj traci koja služi za prava kretanja.

Zbog lokacije te raskrsnice (blizina Limanske pijace), četvrta traka je često zauzeta nepropisno zaustavljenim i parkiranim vozilima, pa vozila koja skreću desno koriste treću traku za svoje kretanje, a pred samu raskrsnicu (na par metara pre zaustavne linije) prestroje se nazad u četvrtu traku. Oni koji idu pravo, propuštaju ova vozila, ili barem zbog njih usporavaju. Zato se tu dobijaju velike vrednosti intervala sledenja, ne samo za t_4 već i za druge intervale.

4.3. Intervali sledenja za desna skretanja

Za obavljanje desnog skretanja na raskrsnici, analizirano je 791 vrednosti u prvom i 768 u drugom periodu snimanja. Pri tome u prvom periodu snimanja ostvarila se prosečna vrednost od 13,520 s, a u drugom periodu 15,642 s.



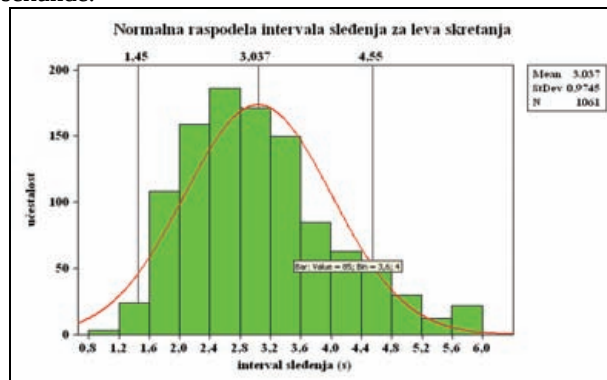
Grafik 5. Prikaz vrednosti intervala sledenja pri obavljanju manevara desnog skretanja po prilazima

5. STATISTIČKA OBRADA REZULTATA

Statistička obrada podataka odrađena je za vremenske intervale sledenja prilikom kretanja vozila pravo kroz raskrsnicu ili skretanja levo.

5.1 Intervali sledenja za leva skretanja

Za utvrđivanje normalne raspodele intervala sledenja vozila koja vrše leva skretanja na ulivnim grlima, nisu uzete sve vrednosti. U analizi je uzeto 1.061 vrednost ovog parametra, jer su izuzete veće vrednosti od šest sekundi. Napravljene su grupe podataka širine 0,4 sekunde.



Grafik 6. Normalna raspodela intervala sledenja na ulivnim grlimapri levom skretanju

Prema normalnoj raspodeli (grafik 6.), za interval sledenja vozila na ulivnom grlu pri skretanju ulevo, možemo zaključiti:

- srednja vrednost iznosi 3,037 s,
- standardna devijacija iznosi 0,9745
- 90% vrednosti intervala sledenja se nalazi između 1,45 s i 4,55 s

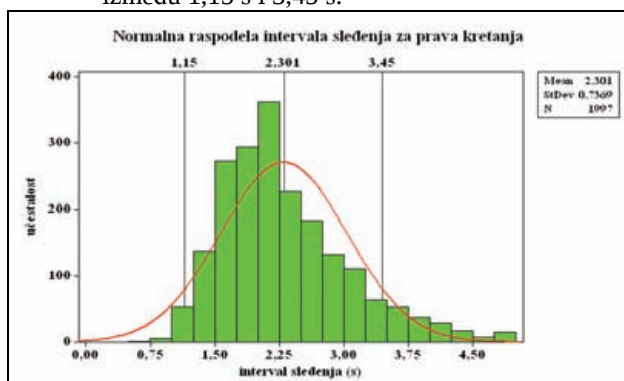
5.2. Intervali sledenja za prava kretanja

Prilikom posmatranja intervala sledenja vozila koja prolaze kroz raskrsnicu pravo, u obzir su uzete samo vrednosti intervala sledenja vozila koja su se nalazila u koloni. Međutim, nisu uzete ni vrednosti ovih intervala koje su veće od pet sekundi. Tako da celokupan uzorak ovog intervala sledenja za analizu normalne raspodele iznosi 1.997. vrednosti, koje su podeljene na intervale širine 0,25 s.

Prema normalnoj raspodeli (grafik 7.), za interval sledenja vozila na ulivnom grlu pri kretanju pravo kroz raskrsnicu, možemo zaključiti:

- srednja vrednost iznosi 2.301 s,

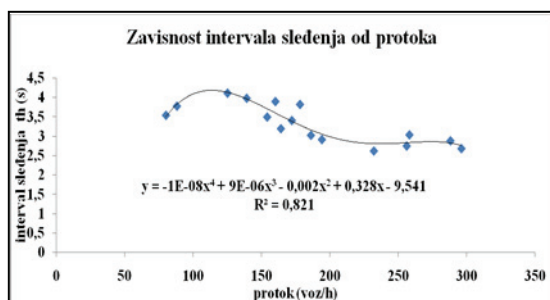
- standardna devijacija iznosi 0,7369
- 90% vrednosti intervala sleđenja se nalazi između 1,15 s i 3,45 s.



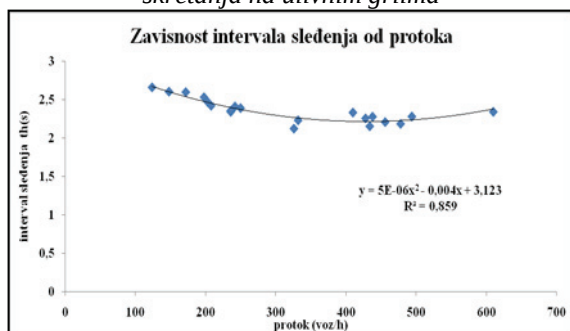
Grafik 7. Normalna raspodela intervala sleđenja na ulivnim grlima pri pravom kretanju

6. ZAVISNOST INTERVALA SLEĐENJA OD PROTOKA VOZILA

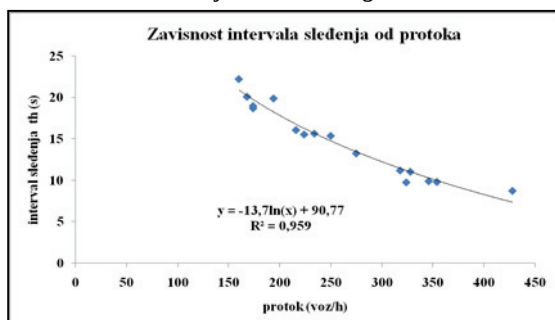
Prilikom traženja zavisnosti intervala sleđenja prilikom levih skretanja u odnosu na veličinu protoka, posmatrano je osam lokacija u dva perioda snimanja. Tako se dobija šesnaest tačaka, koje spaja polinomska funkcija četvrtog stepena. (grafik 8)



Grafik 8. Prikaz zavisnosti intervala sleđenja za leva skretanja na ulivnim grlima



Grafik 9. Prikaz zavisnosti intervala sleđenja za desna skretanja na ulivnim grlima



Grafik 10. Prikaz zavisnosti intervala sleđenja za prava kretanja na ulivnim grlima

Zavisnost intervala sleđenja od protoka vozila je opisana kvadratnom finkcijom pomoću dvadeset tačaka (svaka tačka predstavlja jednu traku čija je namena pravo kretanje kroz raskrsnicu). Treba napomenuti da se u obzir uzelo srednje vreme sleđenja vozila koja su bila u koloni, a ne svih vozila., (izuzeta „slobodna vozila“), jer tako nismo mogli dobiti zavisnost. (grafik 9)

Za zavisnost intervala sleđenja vozila prilikom desnih skretanja u odnosu na protok, uzete su u obzir sve trake koje služe za ovaj manevar, i dobija se logaritamska funkcija. (grafik 10)

7. ZAKLJUČAK

Analizom rezultata utvrđeno je da postoje razlike u veličini intervala sleđenja vozila koja su išla pravo kroz raskrsnicu i vozila koja su vršila leva i desna skretanja. Najveće prosečne vrednosti ovog intervala su utvrđene prilikom skretanja desno na raskrsnici. Ovakvi rezultati su posledica činjenice da su desna skretanja na istraženim raskrsnicama dozvoljena tokom celog ciklusa, jer se nakon gašenja zelenog svetla na posmatranom prilazu pali uslovno zeleno za desna skretanja. Iz tog razloga vozila koja pristižu na saobraćajnu traku za desna skretanja, praktično bez zadržavanja obavljaju ovaj manevar.

Za vozila koja su se kretala pravo na ulivnim grlima, razdvojeni su intervali sleđenja za vozila koja su bila u koloni i za vozila koja su prolazila raskrsnicu u letećem startu. Uočeno je da je vrednost intervala sleđenja veća kada se uzmu u obzir i vozila koja nisu bila u redu.

Za vozila koja se nalaze u koloni dijapazon vrednosti intervala sleđenja je širi.

8. LITERATURA

- [1] Kuzović Ljubiša, Bogdanović Vuk – „*TEORIJA SAOBRAĆAJNOG TOKA*“, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad 2004.
- [2] Kuzović Ljubiša – „*KAPACITET I NIVO USLUGE DEONICA PUTEVA*“, Saobraćajni fakultet, Beograd 1989.
- [3] Nenad Ruškić *UTVRĐIVANJE UOBIČAJENIH REŽIMA KRETANJA VOZILA NA RASKRSNICAMA*, Diplomski rad, FTN 2007
- [4] Miša Stamenković *UTVRĐIVANJE OSNOVNIH PARAMETARA SAOBRAĆAJNOG TOKA NA ULIČNOJ MREŽI NOVOG SADA*, Diplomski rad, FTN 2007
- [5] HIGHWAY CAPACITY MANUAL (HCM) 2000.
- [6] Adžić Nevenka – „*STATISTIKA – Izvod iz predavanja*“, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad 2006.

Kratka biografija



Nenad Saulić rođen je u Subotici 1985. godine. Fakultet tehničkih nauka upisao je kao redovan student 2004. god. na odseku za Saobraćaj - smer: Drumski saobraćaj. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka odbranio je 2010. godine.

Vuk Bogdanović rođen je u Sremskoj Mitrovici 1966 godine. Zaposlen je na Departmanu za saobraćaj, Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu. Trenutno u zvanju docenta na Katedri za saobraćajne sisteme.

**RACIONALIZACIJA SKLADIŠNIH KAPACITETA U FABRICI AKUMULATORA
"BLACK HORSE" U SOMBORU****RACIONALISATION OF STORAGE CAPACITY IN BATTERY FACTORY "BLACK
HORSE" IN SOMBOR**Milana Anđelković, Vladeta Gajić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast –SAOBRAĆAJ**

Kratak sadržaj- U radu su analizirani procesi skladištenja gotovih proizvoda u Fabrici akumulatora u Somboru, kao i potrebe i mogućnosti za racionalizaciju skladišnih kapaciteta.

Abstract - In the following paper are analysed existing processes of storage in The Car Battery Factory "Black Horse" in Sombor, as well as requirement and possibility for rationalization of existing storage capacities.

Ključne reči: Skladištenje, racionalizacija

1. UVOD

Iz dana u dan sve je manje prostora na zemlji. Preostali prostor često je nerealno skup i do njega se teško dolazi čak iako imate dovoljno novca da ga platite. To je razlog zbog koga je potrebno da prostor koji već posedujete oblikujete na najoptimalniji mogući način. U slučaju skladišta, logistika ima zadatak da po jedinici površine smesti što više robe, a da pri tom omogući što kraće vreme manipulacije.

**2. ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA U FABRICI
AKUMULATORA U SOMBORU****2.1. Opšte postavke logistike**

Logistika kao nauka predstavlja skup multidisciplinarnih i interdisciplinarnih znanja koja izučavaju i primenjuju zakonitosti planiranja, organizovanja, upravljanja i kontrolisanja tokova materijala i informacija u sistemima. Logistika se deli na sledeće oblasti:

- Logistika nabavke,
- Logistika proizvodnje,
- Logistika distribucije i
- Reverzibilna logistika.

Prema funkcijama koje realizuje u preduzeću, logistika se može podeliti na sledeće podsisteme:

- Skladištenje i upravljanje zalihama,
- Transport,
- Pakovanje i
- Realizacija porudžbine.

2.2. Osnovni podaci o fabrici

Fabrika akumulatora prisutna je na tržištu olovni starter akumulatora od 1952. godine. Razvijajući svoj proizvodni program, povećavajući kapacitete i broj zaposlenih, fabrika je menjala kako vlasnike tako i imena.

NAPOMENA:

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

Od 2006. godine fabrika posluje u sastavu Koncerna Farmakom MB Šabac i predstavlja internacionalno ime u akumulatorskoj industriji, sa proizvedenih blizu dva miliona baterija godišnje.

U fabrici je zaposleno 419 radnika, od čega je za skladište gotovih proizvoda zaduženo 14 radnika.

Tržište nabavke čini srpsko i evropsko tržište, dok se osim pomenutih, gotovi proizvodi izvoze i na tržišta Azije i Afrike.

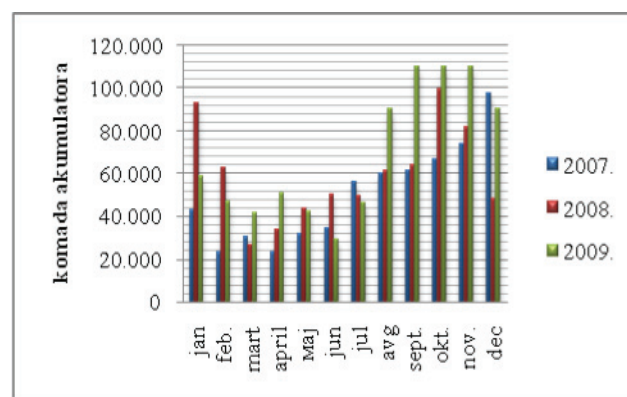
Transportnu funkciju u preduzeću obavlja odeljenje transporta, koje je zaduženo za vozila spoljašnjeg i unutrašnjeg transporta.

2.3. Asortiman proizvoda

Asortiman proizvodnje čini ukupno 64 različita proizvoda. Najprodavaniji tipovi akumulatora su:

- 12V45AhCA 23,40% ,
- 12V55AhCA 14,18% ,
- 12V97AhCA 9,55% ,
- 12V66AhCA 9,22% ,
- 12V72AgCA 8,94% .

Na sledećem grafiku prikazana je dinamika proizvodnje u 2007., 2008., i 2009. godini.

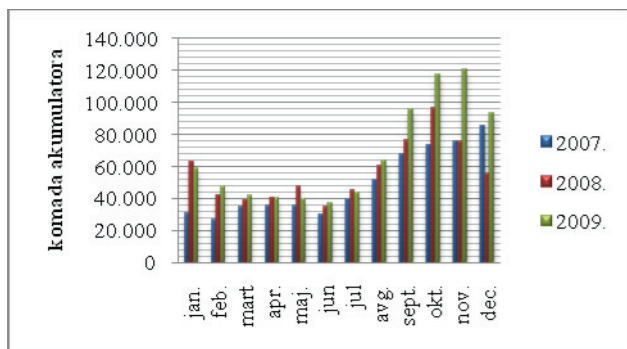


Sl. 1. Dinamika proizvodnje

Na osnovu slike 1. zaključujemo da proizvodnja od 2007. godine ima tendenciju rasta, kao i da je kapacitet proizvodnje od avgusta do januara veći nego u preostalim šest meseci.

Na sledećem grafiku prikazana je dinamika prodaje u 2007., 2008., i 2009. godini.

Na osnovu slike 2. zaključujemo da je kriva prodaje slična sa krivom proizvodnje. Razlog tome je što roba ne sme da se zadržava na skladištu duže od dva meseca, pa su proizvodnja i prodaja usklađene.



Sl. 2. Dinamika prodaje

Pod prosečnim nivoom zaliha se podrazumeva prosečna količina robe koja se nalazi u skladištu u određenom periodu vremena. Utvrđene su sledeće prosečne zalihe robe:

- 24 406 komada akumul. u 2007. godini,
- 36 921 komada akumul. u 2008. godini,
- 28 678 komada akumul. u 2009. godini.

Prosečno vreme obrta u 2008. godini bilo je 20 dana, dok je za 2009. planirano 13 dana.

2.3. Analiza postojećih kapaciteta za skladištenje

Skladištenje gotovih proizvoda je složen proces, koji podrazumeva prijem proizvoda, pakovanje, manipulaciju robom, transport, uskladištenje, čuvanje i otpremu robe.

U 2008.godini fabrika je koristila otvoreno skladište u krugu fabrike i dva iznajmljena skladišna objekta. U sledećoj tabeli prikazane su osnovne karakteristike skladišta.

	Površina skladišta (m ²)	Kapacitet (broj paletnih mesta)
Skladište 1(otvoreno)	500	270
Skladište 2(zatvoreno)	1320	950
Skladište 3(zatvoreno)	297	200
Ukupno	2117	1420

Sl.3.Površina i kapacitet skladišta

Skladište 1 je otvoreno skladište koje se nalazi u krugu fabrike i gde se sva roba privremeno odlaže, do otpreme na tržište prodaje ili u druga dva skladišta.

Skladište 2 je iznajmljeni objekat koji je od fabrike udaljen 5 km. U njega se smešta roba namenjena i za domaće i za inostrano tržište.

Skladište 3 je drugi iznajmljeni objekat koji je od fabrike udaljen 2.3 km. U njemu je smeštena roba namenjena isključivo domaćim kupcima.

2.4. Prosečna dnevna doprema/otprema gotovih proizvoda u/iz skladišta

U sledećoj tabeli (slika 4.) prikazana je prosečna dnevna doprema proizvoda u skladišta. U koloni Skl.1 je prikazana količina robe namenjena direktnoj otpremi na tržište prodaje iz tog skladišta (odnosi se na slike 4. i 5.)

Iz tabele na slici 4. vidimo da se najviše robe doprema u Skl.2 (56.3%), zatim u Skl.1 (25.4%) i u Skl.3 (18.3%).

U sledećoj tabeli (slika 5) prikazana je prosečna dnevna otprema robe iz skladišta.

Mesec	Pros.dnevna doprema u sva sklad.(br.paleta)	Skl.1	Skl.2	Skl.3
Jan.	111	28	63	20
Feb.	75	19	43	14
Mart	32	8	18	6
Apr.	40	10	23	7
Maj	52	13	30	9
Jun	60	15	34	11
Jul	60	15	34	11
Avg.	73	18	42	13
Sept.	76	19	43	14
Okt.	119	30	68	21
Nov.	98	25	56	18
Dec.	58	15	33	10
Pros.kom.	71	18	40	13

Sl.4. Prosečna dnevna doprema proizvoda u skladišta

Mesec	Pros.dnevna otprema iz svih sklad.(br.paleta)	Skl.1	Skl.2	Skl.3
Jan.	75	19	44	13
Feb.	51	13	30	9
Mart	47	12	27	8
Apr.	49	12	29	8
Maj	57	14	33	10
Jun	42	11	24	7
Jul	54	14	31	9
Avg.	73	18	43	12
Sept.	92	23	54	15
Okt.	116	29	68	19
Nov.	91	23	53	15
Dec.	67	17	39	11
Pros.kom.	68	17	40	11

Sl.5.Prosečna dnevna otprema robe iz skladišta

Iz tabele na slici 5. vidimo da se najviše robe otprema iz Skl.2 (58.3%), zatim Skl.1 (25%) i iz Skl.3 (16.7%).

2.5. Unutrašnji transport

Za procese skladištenja gotovih proizvoda u posmatranom preduzeću koriste se dva viljuškara. To je minimalan broj viljuškara koji je potreban da bi se poslovi skladištenja obavljali u ovoj fabrici jer su skladišta na različitim lokacijama, i povremeno jedan viljuškar odlazi u skladišta van fabrike dok drugi viljuškar za to vreme obavlja poslove u fabrici odnosno transportuje robu od pakeraja do otvorenog skladišta.

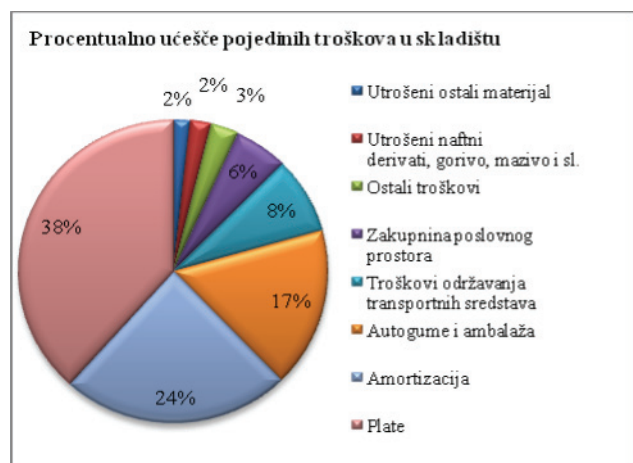
Analizom rada viljuškara utvrđeni su osnovni parametri rada viljuškara i prikazani u sledećoj tabeli.

Prosečan pređeni put sa teretom u toku dana (m)		5286
Prosečan pređeni put bez tereta u toku dana (m)		7206
Prosečno vreme obrta pri otpremi robe (min)	Skl.1	2.27
	Skl.2	1.70
	Skl.3	1.57
Prosečno vreme obrta pri otpremi robe (min)	Skl.1	1.73
	Skl.2	1.82
	Skl.3	1.68
Vreme angažovanja viljuškara (h/dan)		2.28
Vremensko iskorišćenje		28%
Iskorišćenje nosivosti viljuškara		30.5%

Sl.6.Osnovni parametri rada viljuškara

2.6. Logistički troškovi

Logistički troškovi su troškovi rukovanja, transporta, skladištenja, i sa time povezani administrativni troškovi od narudžbine sirovina do isporuke finalnog proizvoda. Troškovi skladištenja obuhvataju troškove uskladištenja i iskladištenja robe, iznajmljivanja skladišnog prostora, zaliha, realizacije porudžbine, transporta, pakovanja...



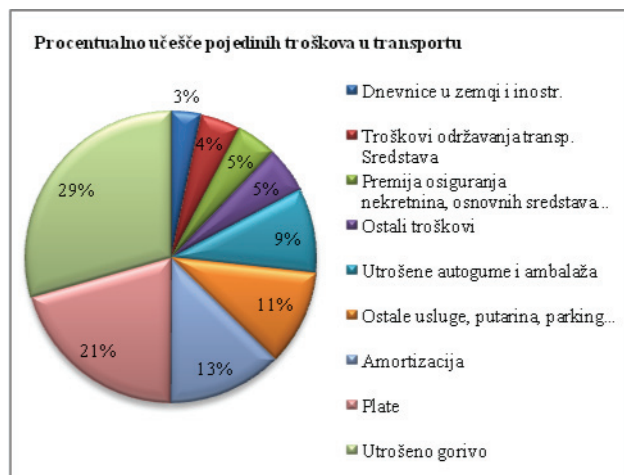
Sl.7. Procentualno učešće pojedinih troškova u skladištu
Najveće učešće u skladišnim troškovima imaju plate zaposlenih (38%), zatim troškovi amortizacije objekata i mehanizacije (24%) i autogume i ambalaža (17%).

Zbir troškova skladištenja i transporta, uslovno, predstavlja trošak logistike u preduzeću. Tako smo dobili da u Fabrici akumulatora u Somboru, logistički troškovi čine 5.24%, što predstavlja nisku atraktivnost logistike u preduzeću.

3. IDENTIFIKACIJA PROBLEMSKIH TAČAKA

U radu je analiziran tok robe od završetka proizvodnje do otpreme robe kupcu, pri čemu su uočeni određeni nedostaci u sledećim područjima:

- Uskladištenje i čuvanje gotovih proizvoda (uslovi, preglednost robe u skladištu...),
- Prostorni razmeštaj skladišta,
- Korišćenje transportno-manipulativnih sredstava,

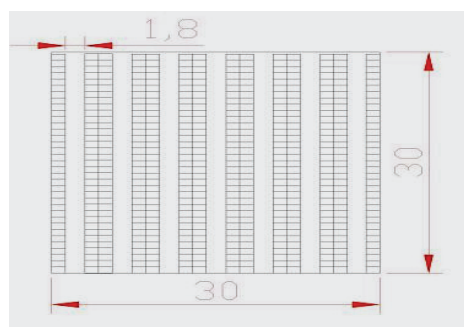


Sl.8. Procentualno učešće pojedinih troškova u transportu
Najveći udeo u transportnim troškovima ima utrošak goriva (29%), zatim plate radnika (21%) i amortizacija vozila (13%).

- Postojeća organizacija rada u skladištu,
 - Troškovi skladištenja.
- Uočene su sledeće problemske tačke:
- Neadekvatna zaštita robe pri čuvanju na otvorenom skladištu,
 - Nepreglednost zaliha,
 - Princip Fi-Fo samo delimično primenjiv,
 - Davanje viljuškara na zajam drugom odeljenju dovodi do zastoja u protoku robe,
 - Zavisnost od vozila spoljnog transporta,
 - Prostorna udaljenost skladišta,
 - Nedostatak prostora za specijalno pakovanje,
 - Nedovoljna radna snaga,
 - Iskorišćenost zapremine skladišta.

3.1. Predlog za rešenje problemskih tačaka

Osnovni predlog za rešenje problema je izgradnja novog skladišta na matičnoj lokaciji preduzeća. U projektnom zadatku se zahteva prostor za skladištenje najmanje 1800 paletnih jedinica (slika 9.).



Sl.9. Raspored paletnih jedinica u osnovi skladišta

Na osnovu raspoloživog prostora određene su dimenzije skladišta:

$$\begin{aligned} \text{dužina} \times \text{širina} &= 30 \times 30 \text{ m} \\ \text{bruto površina skladišta } P_b &= 900 \text{ m}^2 \\ \text{neto površina skladišta } P_n &= 500 \text{ m}^2 \\ \text{visina skladišta } H &= 5 \text{ m} \end{aligned}$$

3.2. Određivanje efekata predloženih mera

Izgradnja novog skladišta trebala bi da reši većinu navedenih problemskih tačaka, ali isto tako da bude opravdana sa ekonomske strane i da se uložena investicija povрати u što kraćem vremenskom periodu.

Efekti koji se postižu izgradnjom skladišta su sledeći:

- Sva roba se nalazi na jednom mestu,
- Zaštita robe od atmosferskog uticaja,
- Dobra preglednost robe u skladištu,
- Omogućen princip Fi-Fo i pristup svakoj paleti,
- Smanjeni gubici robe,
- Postojeći broj viljuškara je dovoljan za efikasno obavljanje posla,
- Nezavisnost od vozila spoljašnjeg transporta da se roba smesti u skladište,
- Manji broj utovara/istovara robe,
- Vremenska ušteda prilikom premeštanja metalnih paleta,
- Manji broj radnika je dovoljan za praćenje stanja zaliha,
- Maksimalno iskorišćenje zapremine skladišta,
- U periodu godine kada je nivo zaliha nizak, slobodan prostor u skladištu može se iskoristiti za skladištenje sirovina.

U sledećoj tabeli dat je pregled postojećeg i projektovanog stanja.

Kriterijumi za vrednovanje	Postojeće stanje	Projektovano stanje
Površina skl.	2117 m ²	900 m ²
Kapacitet skl.	1420 pal.mesta	1960 pal.mesta
Preglednost robe	Loša	Dobra
Čuvanje robe	Na tri lokacije	Na jednom mestu
Način slaganja robe	Fi-Fo i Fi-Lo	Fi-Fo
Sredstva unutr.transp.	2 viljuš.-nedovoljno	2 viljuš.-dovoljno
Zavisnost od vozila spolj.transp.	Da	Ne
Interne saobraćajnice slobodne	Delimično slobodne	Potpuno slobodne
Nagomilavanje robe u pakeraju	Da	Ne
Radna snaga	14 radnika	11 radnika
Predeni put viljuškara	L=12 492 m/dan	L=7 272 m/dan
Troškovi zakupa skl.	31 805 €/god	Nema troška zakupa
Cena izgradnje novog skl.		124 600 €

Sl.10. Vrednovanje stanja

4. ZAKLJUČAK

U ovom radu izvršena je analiza raspoloživih podataka o poslovanju Fabrike akumulatora u Somboru, odnosno podataka vezanih za skladištenje gotovih proizvoda za period 2008. godine.

Analiza je obuhvatila ulaze/izlaze proizvoda u/iz skladišta, rad transportno pretovarne mehanizacije, troškove i mogućnosti racionalizacije skladišnih kapaciteta.

Ova analiza je usmerena ka ostvarivanju što efikasnijeg poslovanja skladišta i podizanja kvaliteta usluge, što bi doprinelo i uspešnijem poslovanju preduzeća u celini.

Najvažniji efekti koji se postižu predlogom mera u ovom radu su:

- Površina namenjena skladištenju gotovih proizvoda umanjena je za 58%,
- Pri tom, kapacitet skladišta je povećan za 38%,
- Predeni put po viljuškara u toku dana je smanjen za 42%,
- Uzimajući u obzir samo cenu zakupa skladišta, dobijamo da se za tri godine i 11 meseci ulaganja u iznajmljene objekte, može izgraditi sopstveno niskoregalno skladište.

5. LITERATURA

- [1] Gajiv V., Logistika preduzeća, Integralni transport, Izvod sa predavanja, Novi Sad 2003.
- [2] Nikolić S., Logistika preduzeća, Integralni transport, Izvod sa vežbi, Novi Sad
- [3] Georgijević M., Regalna skladišta, FTN, Novi Sad 1995.
- [4] Interna dokumenta Fabrike akumulatora u Somboru
- [5] Razni internet sajtovi

Kratka biografija



Milana Andelković rođena je u Somboru 1984. godine. Fakultet tehničkih nauka je upisala 2003. godine na odseku za Saobraćaj.

REORGANIZACIJA DOSTAVNIH REONA NA PODRUČJU BRČKOG

REORGANIZATION OF DELIVERY ROUTES IN THE REGION OF BRCKO

Bojana Panić, Momčilo Kujačić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – POŠTANSKI SAOBRAĆAJ

Kratak sadržaj – Reorganizacija dostavnog područja je proces koji zahtjeva detaljnu analizu relevantnih podataka. Donošenje odluka pri reorganizaciji dostavnog područja mora imati za cilj povećanje rentabilnosti dostave i ravnomjernu raspodjelu rada između poštunoša.

Abstract – Reorganization of delivery regions is a proces which request a detail analysis of relevant data. Making of decisions in reorganization of delivering regions has to presenta goal increase profitability of delivery and equability in work-sharing between postmans.

Ključne reči: Dostava, dostavni reon, produktivnost...

1. UVOD

Uručenje pošiljaka primaocima u proizvodnom ciklusu prenosa spada u završnu fazu jedinstvenog tehnološkog procesa.

Prema načinu na koji se pošiljke uručuju razlikuju se dva organizaciona sistema: **dostava** pošiljaka na domu ili u poslovnim prostorijama primaoca pošiljke i **isporuka** pošiljaka u pošti preko poštanskog pregratka, isporučnih šaltera i post-restant šaltera. [1]

Dostava ima zadatak da u što kraćem roku opsluži sve korisnike bez obzira na njihovu udaljenost ili nepristupačnost mesta prebivališta. Dostava pošiljaka je jedna od najskupljih faza proizvodnog ciklusa prenosa poštanskih pošiljaka i možemo reći da dostava predstavlja neku vrstu „ogledala pošte“. [4]

Cilj ovog rada je da se ukaže na važnost dostave koja je u neku ruku glavni cilj poštanske djelatnosti i da se na osnovu analize trenutne organizacije dostavnih reona i dobijenih rezultata izvrši optimizacija dostave u pošti 76101 Brčko.

2. REORGANIZACIJE DOSTAVE POŠILJAKA U POŠTI BRČKO

U ovom dijelu ćemo izvršiti analizu već postojećeg stanja, koja će poslužiti kao osnova za sagledavanje trenutnog stanja i eventualnu intervenciju.

Analiziraćemo samo neke dostavne reone, tačnije reon 5 i reon 12 na užem dostavnom području. (slika 3) Podaci o broju uručenih pošiljaka po dostavnom reonu su iz oktobra 2009 godine.

Podaci o pređenom putu za izračunavanje produktivnosti uzeti su iz putnog lista poštunoša.

NAPOMENA:

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

2.1. Analiza organizacije dostave na užem dostavnom području pošte 76101 Brčko

Reon 5



Slika 1. Mreža reona broj 5

Reon broj 5 obuhvata sledeća naselja: dio Grčice, Dizdarušu i Begovaču.

Ulice koje pripadaju reonu br. 5 su: Nikole Tesle, Mihajla Pupina, Hilendarska, Krfska, Pavla Savića, M. Petrovića Alasa, Braće Felner, B. Kaurinovića, V. Preloga, S. Moranjca, Đ. Jakšića, J. Gotovca, M. Glišića, R. Domanića, F. Višnjica, Prote M. Nenadovića, D. Obradovića, J. Veselinovića, J. Bosnara, Sime Matavulja, Ćirila i Metodija, 4. Juli (I,II,III,IV,V,VI), Dizdaruša (I,II,III), Begovača, G. Krkleca, Fra Mažuranića, D. Sušića, Z. Mušanovića, P. Kočića, Elvije Čelebića, Fra S. Zečevića i Fra Š. Filipovića (slika 1). Prema putnom listu poštunoše, dužina puta za ovaj reon iznosi 39000m a pješice 6000.

Poštunoša mopedom pređe put od 1700 m krećući se od pošte do reona. Ako tome dodamo i pređeni put sa reona do pošte koji iznosi isto toliko i pomnožimo sa 27 radnih dana u toku jednog meseca vidjećemo da poštunoša ima 45900 m praznog hoda, znači neproduktivnog puta.

Kretanje po reonu je mopedom i pješke.

Dani kojina se vrši dostava: svakodnevno u radne dane.

Reon 5 broji 1800 domaćinstava, u kojima živi 4500 stanovnika.

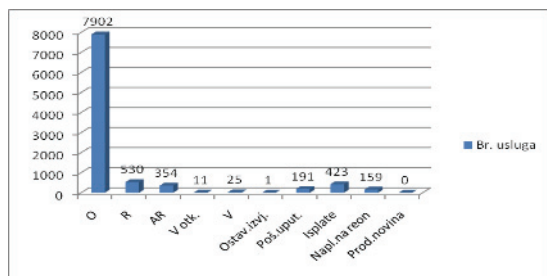
Na reonu broj 5 dostavlja se 341 penzija, 199 invalidnina i 1870 telefonskih računa.

Broj uručenih pošiljaka u toku jednog meseca na reonu 5 prikazan je u tabeli 1.

Tabela 1. Broj uručenih pošiljaka na reonu 5

REON 5	Broj Usluga
O	7902
R	530
AR	354
V otk.	11
V	25
Ost.izvj.	1
P. upu	191
Isplate	423
Napl. na reon	159
Pro.nov	0

Grafički to izgleda ovako:



Grafikon 1. Broj uručenih pošiljaka na reonu 5

Na osnovu tačno propisanih normi za vršenje dostave pojedinih vrsta pošiljaka, možemo tačno izračunati kolika je produktivnost dostavnog reona 5. [2] Koristeći podatke mjeseca oktobra o broju pošiljaka (tabela 1), prikazaćemo produktivnosti za svaku vrstu usluge i na kraju ih sabrati da bi dobili ukupnu produktivnost reona 5.

Produktivnost se izračunava na osnovu obrasca:

$$P = \frac{BNM}{BRD \times 400} \times 100(\%)$$

gdje je:

BNM – broj norma minuta

BRD – broj radnih dana u toku mjeseca

400 – radno vreme poštomoše u toku jednog dana iskazano u minutama

Produktivnost za reon broj 5:

- Dostava običnih pošiljaka

Broj radnih dana (BRD) je 27, tako da možemo izračunati produktivnost dostave običnih pošiljaka:

$$P = \frac{3951}{27 \cdot 400} \cdot 100\% = 36,58\%$$

- Dostava preporučenih pošiljaka

$$P = \frac{901}{27 \cdot 400} \cdot 100\% = 8,34\%$$

- Dostava AR pošiljaka

$$P = \frac{531}{27 \cdot 400} \cdot 100\% = 4,92\%$$

- Dostava vrijednosnih pošiljaka sa otkupninom:

$$P = \frac{24,2}{27 \cdot 400} \cdot 100\% = 0,224\%$$

- Dostava vrijednosnih pošiljaka

$$P = \frac{42,5}{27 \cdot 400} \cdot 100\% = 0,39\%$$

- Ostavljeni izvještaji

$$P = \frac{2,7}{27 \cdot 400} \cdot 100\% = 0,025\%$$

- Poštanske uputnice

$$P = \frac{706,7}{27 \cdot 400} \cdot 100\% = 6,54\%$$

- Isplate (penzije i invalidnine)

$$P = \frac{1565,1}{27 \cdot 400} \cdot 100\% = 14,49\%$$

- „Naplaćeno na reonu“

$$P = \frac{683,7}{27 \cdot 400} \cdot 100\% = 6,33\%$$

- Prodaja novina

Broj prodatih novina na domu u oktobru je bilo 0.

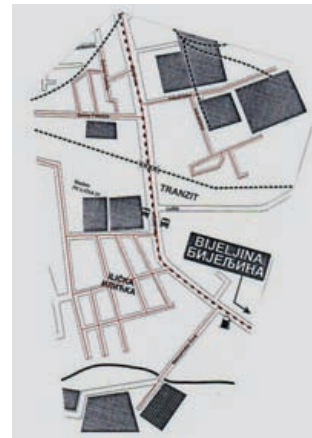
- Produktivnost pređenog puta

Prosečna dužina pređenog puta u oktobru je iznosila 340 km.

$$P = \frac{5100 \cdot 15}{26 \cdot 400} \cdot 100\% = 47,22\%$$

Dakle, možemo zaključiti da produktivnost za ovaj reon iznosi: 125,06%

Reon 12



Slika 2. Mreža reona 12

Ulice koje pripadaju reonu br. 12 su: Bijeljanska cesta, Safeta Pašalića, Industrijska, Ilička I-XII, Semberska do potoka Blizne i Bezcarinska zona. (slika 2)

Prema putnom listu poštomoše, dužina puta za ovaj reon iznosi: 10599 m.

Kretanje po reonu je biciklom i pješke.

Reon 12 broji 1350 domaćinstava, u kojima živi 4100 stanovnika.

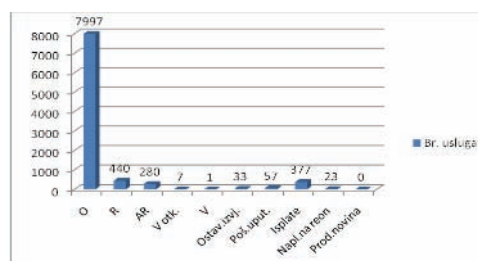
Na reonu broj 12 dostavlja se 240 penzija, 135 invalidnina i 1250 telefonskih računa.

Broj uručenih pošiljaka u toku jednog mjeseca na reonu 12 predstavljen je tabeli 2.

Tabela 2. Broj uručenih pošiljaka na reonu 12

REON 5	Broj Usluga
O	7997
R	440
AR	280
V otk.	7
V	1
Ostavljeni izv.	33
Pošt. uputnica	57
Isplate	377
Napl. na reonu	23
Prod. novina	0

Grafički to izgleda ovako:



Grafikon 2. Broj uručenih pošiljaka na reonu 12

Produktivnost za reon broj 12:

- Dostava običnih pošiljaka

$$P = \frac{3998,5}{27 \cdot 400} \cdot 100\% = 37,02\%$$
- Dostava preporučenih pošiljaka

$$P = \frac{748}{27 \cdot 400} \cdot 100\% = 6,93\%$$
- Dostava AR pošiljaka

$$P = \frac{420}{27 \cdot 400} \cdot 100\% = 3,89\%$$
- Dostava vrijednosnih pošiljaka sa otkupninom:

$$P = \frac{15,4}{27 \cdot 400} \cdot 100\% = 0,14\%$$
- Dostava vrijednosnih pošiljaka

$$P = \frac{1,7}{27 \cdot 400} \cdot 100\% = 0,016\%$$
- Ostavljeni izvještaji

$$P = \frac{89,1}{27 \cdot 400} \cdot 100\% = 0,825\%$$
- Poštanske uputnice

$$P = \frac{210,9}{27 \cdot 400} \cdot 100\% = 1,95\%$$
- Isplate (penzije i invalidnine)

$$P = \frac{1394,9}{27 \cdot 400} \cdot 100\% = 12,92\%$$
- „Naplaćeno na reonu“

$$P = \frac{98,9}{27 \cdot 400} \cdot 100\% = 0,916\%$$
- Prodaja novina

Broj prodatih novina na domu u oktobru je bilo 0.

- Produktivnost pređenog puta

Prosečna dužina pređenog puta u oktobru je iznosila 223 km.

$$P = \frac{3345}{26 \cdot 400} \cdot 100\% = 30,97\%$$

Dakle, možemo zaključiti da produktivnost za ovaj reon iznosi 95,58%.

Dakle, pokazali smo da produktivnost na reonu 5 iznosi 125,06 a na reonu 12 iznosi 95,58. Zbog velike razlike u produktivnosti ali i u razlici pređenog puta, pokušaćemo ujednačiti ova dva reona.

Na slici broj 3 dat je prikaz reona 5 i reona 12 gdje crvenom bojom naznačena granica između ova dva reona.



Slika 3. Granica između reona 5 i reona 12

Istraživali smo da se jedan dio reona 5, tačnije ulice: Mihajla Pupina, B. Ćuskića, Milana Hadži-Ristića, Hilendarska, Krfska i veći dio ulice Nikole Tesle pripoje

itinereru kretanja dostavljača reona 12 koji ima produktivnost 95,58.

Pređeni put tog dijela koji bismo pripojila reonu 12 izračunali smo iz putnog lista a iznosi 4800 km, što je oko 12% od ukupnog pređenog puta reona 5 koji iznosi 39000 km.

Za taj iznos će se povećati odnosno smanjiti pređeni put reona 12 i reona 5 pa bi za buduće rešenje pređeni put reona 12 iznosio 15399 km a reona 5 bi iznosio 34200 km.

Što se tiče pošiljaka, procijenjeno je da obim pošiljaka na dijelu koji ćemo pripojiti reonu 12 iznosi takođe 12 % od ukupnog obima pošiljaka koji je imao reon 5.

Prosječna dužina pređenog puta na reonu 5 u oktobru je iznosila 340 km. To je obračunati pređeni put prema Objašnjenju za prikupljanje i obradu statističkih podataka za izračunavanje produktivnosti.

Pređeni put dijela koji ćemo oduzeti od reona 5 čini, kao što smo već naveli, iznosi 41 km a to je 12 % od prosječne dužine pređenog puta tog reona.

Izgled novog reona 5 dat je na slici 4.

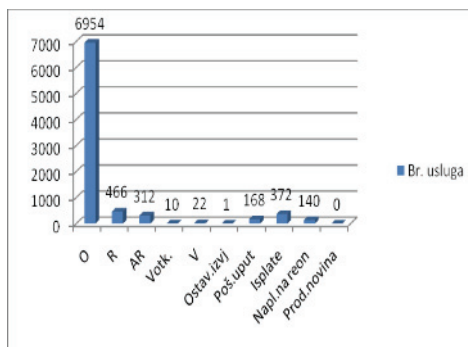


Slika 4. Mreža novog reona 5 (nakon ujednačavanja)

Tabela 3. Količina pošiljaka na novom reonu 5

REON 5	Broj Usluga
O	6954
R	466
AR	312
V otk.	10
V	22
Ostavljeni izv.	1
Poš. uputnica	168
Isplate	372
Napl. na reonu	140
Prod. novina	0

Grafički bi to izgledalo kao na grafikonu 3:



Grafikon 3. Broj pošiljaka na novom reonu 5

Prosječan pređeni put novog reona 5 iznosi 299. Na isti način sam izračunala produktivnost za svaku poštansku uslugu i nakon sabiranja dobila sam da produktivnost na novoformiranom reonu 5. Produktivnost tog novog reona sada iznosi 110,03%. (slika 4) Izgled novog reona 12 biće dat na slici 5.



Slika 5. Mreža novog reona 12 (nakon ujednačavanja)

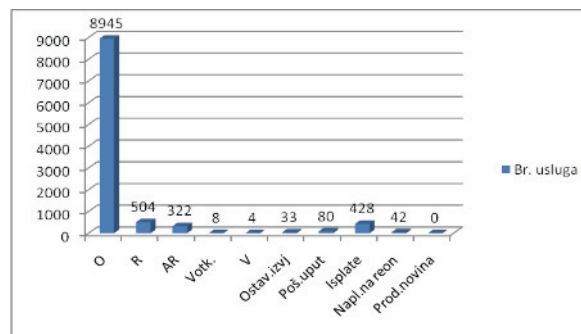
Tabela 4. Količina pošiljaka na novom reonu 12

REON 5	Broj Usluga
O	8945
R	504
AR	322
V otk.	8
V	4
Ostavljeni izv.	33
Poš. uputnica	80
Isplate	428
Napl. na reonu	42
Prod. novina	0

Prosječan pređeni put novog reona 12 iznosi 223. Produktivnost novog reona 12 sada iznosi 110,06%. (slika 5).

Dakle, reorganizovanjem reona 5 i 12 ujednačili smo njihove produktivnosti. Produktivnost na novonastalom reonu 5 (slika 4) sada iznosi 110,03 % a za reon 12 je 110,6 % (slika 5).

Grafički bi to izgledalo:



Grafikon 4. Broj pošiljaka na novom reonu 12

U cilju poboljšanja efikasnosti dostave takođe možemo predložiti uvođenje poštanskih depoa. Oni bi bili postavljeni na unaprijed utvrđenim mjestima dostavnog reona, kako bi se izbjeglo nepotrebno pješačenje vraćanjem u poštu usled velikih količina pošiljaka koje se ne bi mogle ponijeti jednim izlaskom iz pošte. [3]

3. ZAKLJUČAK

Kao što je na samom početku rada rečeno, dostava predstavlja završnu fazu u procesu proizvodnje poštanskih usluga. Dostava je i najskuplja faza u tom proizvodnom procesu. Iskustva su pokazala da oko 50 % od poštarine naplaćene za prenos poštanskih pošiljaka otpada na organizaciju dostave. Osnovni zadatak dostave je da u što kraćem roku zadovolji potrebe svih korisnika koji zahtevaju izvršenje neke od poštanskih usluga vezanih za dostavu, a da pri tome budu zadovoljeni i interesi same Pošte a to su racionalno, rentabilno i ekonomično poslovanje. Za uspješno organizovanje dostave neophodno je kvalitetno organizovati svaki dostavni reon, pri tom sačinjavajući elaborat dostave. Da bi dostavno područje bilo kvalitetno organizovano neophodan je veliki broj podataka: tip naselja, broj stanovnika, pređeni put dostavljača, broj pošiljaka i dr.

4. LITERATURA

- [1] M.Kujačić, Poštanski saobraćaj, FTN, Novi sad 2005.god
- [2] Uputstvo za rad poštovođa, Zajednice jugoslovenskih PTT, Beograd, 1982. god
- [3] Uputstvo za organizaciju dostavnih reona, Javno osnovno državno preduzeće za poštanski saobraćaj Republike Srpske, Banja Luka, 2001. god
- [4] Gulan, V. N., Organizacija i eksploatacija poštanskog saobraćaja 2, Beograd, 1982. god

Kratka biografija:

Bojana Panić rođena je u Brčkom 1985. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Poštanskog saobraćaja branila je 2010.god.