



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ  
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА



# **ЗБОРНИК РАДОВА ФАКУЛТЕТА ТЕХНИЧКИХ НАУКА**

Едиција: Техничке науке - зборници

Година: XXVI

Број: 12/2011

Нови Сад

Едиција: „Техничке науке – Зборници“  
Година: XXVI                      Свеска: 12

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 дванаеста 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](http://www.ftn.uns.ac.rs)) и штампаном, који је пред вама. Обе верзије публикују се више пута годишње у оквиру промоције дипломираних инжењера-мастера.

У овом броју штампани су радови студената мастер студија, сад већ дипломираних мастера, који су дипломирали у периоду 01.10.2011. до 31.10.2011. год., а који се промовишу 19.12.2011. год. То су оригинални прилози студената са главним резултатима њихових дипломских радова. Део радова већ раније је објављен на некој од домаћих научних конференција: ТЕЛФОР, Београд, 2009 и 2011. год., ЕТРАН, Бања Врућца, 2011, SISY, Суботица 2011 и Енергетска електроника, Нови Сад, 2011.

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 12, објављени су радови из области машинства, електротехнике и рачунарства, грађевинарства, саобраћаја и графичког инжењерства и дизајна.

У свесци са редним бројем 13. објављени су радови из инжењерског менаџмента, инжењерства заштите животне средине, мехатронике и геодезије и геоматике.

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

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

**„Високо место у друштву најбољих“**

**Уредништво**

**Radovi iz oblasti: Mašinstvo**

1. Nikola Bogdanović,  
PROIZVODNJA BIOGASA ..... 2739

**Radovi iz oblasti: Elektrotehnika i računarstvo**

1. Rade Stanić,  
PROJEKTOVANJE C<sup>2</sup>MOS REGISTRA U STANDARDNOJ 0.35 μm CMOS TEHNOLOGIJI ..... 2743
2. Nestor Reščanski, Maja Pokrić, Dragan Kukolj, Željko Lukač,  
OCENA ALGORITAMA ZA OTKRIVANJE OŠTRINE SLIKE SA PRIMENOM NA KODOVANE  
VIDEO SEKVENCE, konferencija TELFOR, Beograd, novembar 2009. .... 2747
3. Filip Stankov,  
METODE ZA OCENU STANJA BEZ OŠTEĆENJA NADZEMNOG VODA ..... 2751
4. Dragan Savić,  
KOMPARACIJA SAVREMENIH MULTIMEDIJALNIH AUTHORIZING OKRUŽENJA ..... 2755
5. Stojan Jaić, Miodrag Brkić, Miloš Živanov, Viktor Dogan,  
DEVELOPMENT AND REALIZATION OF INDUCTIVE PROBE FOR RESISTIVITY  
MEASUREMENTS IN THE BOREHOLES, konferencija Ee 2011, Novi Sad, oktobar 2011. ... 2759
6. Đorđe Cvijetić, Vladimir Vujičić,  
PONOVLJIVOST MERENJA - KLJUČNA OSOBINA KVALITETNIH INSTRUMENATA ..... 2763
7. Sunčica Malešević, Vladimir Vujičić,  
GRAFIČKA ANALIZA ZAPISA ANALIZATORA SNAGE VMP 20 ..... 2767
8. Nikola Crvenković, Milan Vidaković,  
JEDNA IMPLEMENTACIJA WEB-MAIL SISTEMA UPOTREBOM GWT BIBLIOTEKE ..... 2771
9. Mladen Marinković, Vladimir Vujičić,  
MJERENJE KLJUČNIH PARAMETARA KVALITETA ELEKTRIČNE ENERGIJE METODOM  
MJERENJA NA INTERVALU ..... 2775
10. Robert Lajko,  
MIKROPROCESORSKI SISTEM SA ANDROID APLIKACIJOM ZA PRIKUPLJANJE  
PODATAKA ..... 2778
11. Marko Simin,  
PROJEKTOVANJE I POBOLJŠANJE PERFORMANSI KOMPARATORA U STANDARDNOJ  
0.35 μm CMOS TEHNOLOGIJI ..... 2782
12. Dragan Kljajić,  
PROJEKTOVANJE I ANALIZA RADA CMOS SRAM ĆELIJE SA 6 TRANZISTORA U  
STANDARDNOJ 0.35 μm CMOS TEHNOLOGIJI ..... 2786
13. Mira Babić,  
PROŠIRENJE COMMAND MANAGEMENT SERVICE KOMPONENTE DMS v3 SOFTVERA  
MEHANIZMIMA WINDOWS WORKFLOW FOUNDATION ALATA ..... 2790
14. Огњен Блажић,  
ЈЕДНО РЕШЕЊЕ ДИСТРИБУИРАНОГ ПОВЕЗИВАЊА МОДЕЛА У СИСТЕМУ ЗА РАД У  
РЕАЛНОМ ВРЕМЕНУ ..... 2794
15. Nikola Popov, Darko Stanišić, Željko Tepić, Dejan Damjanović, Nikola Jorgovanović,  
FREE CALCIUM OXIDE PREDICTION USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS,  
konferencija Ee 2011, Novi Sad, oktobar 2011. .... 2798

16. Nikola Radin,	JEDNO REŠEŃE KOMUNIKACIONE SPREGE I OKVIRA ZA DISTRIBUIRANU OBRAĐU ELEKTROENERGETSKIH FUNKCIJA .....	2802
17. Nemanja Popović, Miroslav Popović,	JEDNO REŠENJE DISTRIBUIRANE TOPOLOŠKE ANALIZE ZA RAD U REALNOM VREMENU...	2806
18. Gojko Miljković,	MATEMATIČKI MODEL PID UPRAVLJANJA CIRKULACIONOM PUMPOM U SISTEMU TOPLOTNE PUMPE SA GEOTERMIJOM .....	2810
19. Dejan Sredojević,	UPRAVLJANJE RASVETOM PRIMENOM 'DMX' PROTOKOLA I FUZZY KONTROLERA .....	2814
20. Boris Spasojević, Miodrag Đukić, Zoran Zarić, Jelena Kovačević,	ANALIZA KORISNOSTI INTERPROCEDURALNIH KOMPAJLERSKIH OPTIMIZACIJA KOD PROGRAMA ZA DIGITALNE SIGNAL PROCESORE, konferencija ETRAN, Banja Vrućica, juni 2011. ....	2818
21. Aleksandar Miljković, Bojan Mrazovac, dr Dragan Samardžija, dr Dragan Kukolj,	DETEKCIJA POKRETA I PRISUSTVA NA OSNOVU PROMENE VREDNOSTI SNAGE RADIO SIGNALA, konferencija TELFOR, Beograd, novembar 2011. ....	2821
22. Stanko Šegrt, Vlado Porobić, Darko Marčetić,	RAZVOJ PROGRAMA ZA VEKTORSKU KONTROLU SINHRONE MAŠINE SA STALNIM MAGNETIMA NA ROTORU .....	2825
23. Jelena Mitrović, Željko Trpovski,	PROJEKTOVANJE SISTEMA VIDEO NADZORA NA RASKRSLICAMA .....	2829
24. Dijana Karlečik,	DISTRIBUTIVNI MENADŽMENT SISTEM – ORGANIZACIJA I UTICAJ PODATAKA NA KVALITET PRORAČUNA ENERGETSKIH APLIKACIJA .....	2833
25. Đorđe Đukić,	RAZVOJ INTERNETA SA PRIMEROM KORIŠĆENJA U ZATVORENIM SISTEMIMA .....	2837
26. Željko Beganović, Dragan Stupar, Jovan Bajić, Miloš Slankamenac, Josif Tomić, Miloš Živanov,	REALIZACIJA UREĐAJA ZA MERENJE INTENZITETA SVETLOSTI KOD FIBER OPTIČKIH SENZORA .....	2841
27. Davor Šutić,	IMPLEMENTACIJA OPC PROGRAMSKE SPREGE U HETEROGENOM COM/.NET OKRUŽENJU .....	2845
28. Milovan Tomašević,	RETROAKTIVNA ANALIZA STAVOVA KLIJENATA TURISTIČKE AGENCIJE POSTUPKOM KLAŠTEROVANJA .....	2849
29. Silvia Bajić,	ENERGETSKI EFIKASNI SVETLOSNI IZVORI ZA ULIČNO OSVETLJENJE .....	2853
30. Adrien Genić, Stevan Grabić, Evgenije Adžić, Milan Adžić, Nikola Čelanović,	HIL400/800 HARDWARE AND ACCESSORIES; konferencija Ee 2011, Novi Sad, oktobar 2011. ....	2857
31. Nenad Zlatković, Vladimir Vujičić,	ISTRAŽIVANJE MOGUĆNOSTI UŠTEDE NA TROŠKOVIMA ELEKTRIČNE ENERGIJE U „ELEKTROPORCELANU“, ARANĐELOVAC .....	2862
32. Srđan Ćirković,	UŠTEDA ENERGIJE OPTIMIZACIJOM RADA SISTEMA KLIMATIZACIJE SA PROMENLJIVIM PROTOKOM VAZDUHA .....	2866
33. Dejan Jevtić, Petar Jovanović, Aleksandar Simeonov, Teodora Petrović,	PRILAGOĐAVANJE ALATA ZA DINAMIČKU ANALIZU PROGRAMSKOG KODA VELGRIND ZA ARHITEKTURU MIPS, konferencija TELFOR, Beograd, 2011. ....	2870
34. Aleksandar Lakić,	GENERIČKI DSL EDITOR .....	2874

35.	Aleksandar Dakić, GENERISANJE PROGRAMSKOG KODA NA OSNOVU OCL OGRANIČENJA .....	2878
36.	Miloš Stanković, RAZVOJ SCADA SIMULATORA ELEKTROENERGETSKOG POSTROJENJA KORIŠĆENJEM MODBUS PROTOKOLA .....	2882
37.	Nemanja Jović, RAZVOJ SCADA SIMULATORA INDUSTRIJSKOG POSTROJENJA KORIŠĆENJEM ICCP PROTOKOLA .....	2886
38.	Milorad Filipović, ADAPTIVNA ARHITEKTURA WEB APLIKACIJE BAZIRANE NA ASPEKTIMA .....	2890
39.	Čedo Žlebič, GENERISANJE TAKTNOG SIGNALA U DIGITALNIM KOLIMA .....	2894
30.	Небојша Војводић, Владимир Катић, КВАЛИТЕТ ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ У ЕЛЕКТРИЧНОЈ ВУЧИ .....	2898
41.	Dušan Mlađenović, UPRAVLJANJE RADNIM TOKOVIMA POMOĆU JOGET WORKFLOW BIBLIOTEKE .....	2902
42.	Dalibor Makan, RAZVOJ WEB APLIKACIJA POMOĆU PLAY OKRUŽENJA .....	2906
43.	Bojan S. Vučković, J.B. Radić, Mirjana S. Damjanović, M.S. Videnović-Mišić, PERFORMANCE COMPARISON OF STANDARD AND VOLTAGE CONTROLLED RING OSCILLATOR FOR UWB-IR PULSE GENERATOR IN 0.35µm AND 0.18µm CMOS TECHNOLOGIES, konferencija SISY, Subotica, septembar 2011. ....	2910

### **Radovi iz oblasti: Građevinarstvo**

1.	Mirjana Milovanović, TEHNOLOGIJA I ORGANIZACIJA GRAĐENJA STAMBENOG OBJEKTA SA IZBOROM OPTIMALNE PODNE OBLOGE .....	2916
2.	Ana Veljković, Mirjana Malešev, PROJEKAT REKONSTRUKCIJE I SANACIJE ZGRADE OPŠTINSKE UPRAVE U RUMI .....	2920
3.	Филип Никетић, Душан Ковачевић, НУМЕРИЧКА АНАЛИЗА РОТАЦИОНО ПОПУСТЉИВИХ ВЕЗА .....	2924

### **Radovi iz oblasti: Saobraćaj**

1.	Milica Gačević, Jovan Terpić, Ilija Tanackov, UTVRĐIVANJE EMISIJE UGLJEN DIOKSIDA I TROŠKOVA ODRŽAVANJA NA KORIDORU XI... ..	2928
2.	Горан Церовац, БЕЗБЕДНОСТ САОБРАЋАЈА У ФУНКЦИЈИ НАЧИНА РЕГУЛИСАЊА САОБРАЋАЈА НА РАСКРСНИЦАМА .....	2932
3.	Мирела Кантар, Вук Богдановић, ПРЕДЛОГ ПОБОЉШАЊА УСЛОВА ОДВИЈАЊА САОБРАЋАЈА НА УЛИЦИ ИВЕ АНДРИЋА У НОВОМ САДУ .....	2936
4.	Тамара Борјановић, Момчило Кујаčić, MASOVNO OPSLUŽIVANJE U POŠTANSKOM SAOBRAĆAJU .....	2940
5.	Marko Veličković, Ratomir Vračarević, PRIKAZ I ANALIZA TERETNOG DRUMSKOG SAOBRAĆAJA NA SPOLJNOM KORDONU NOVOG SADA .....	2944
6.	Владимир Милиновић, МЈЕРЕ ЗА ПОБОЉШАЊЕ РАДА И ПОСЛОВАЊА ПРЕДУЗЕЋА „МИЛИНОВИЋ“ Д.О.О....	2948
7.	Jelena Zlatić, Момчило Кујаčić, RAZVOJ KLASIČNE POŠTANSKE USLUGE U SRBIJI .....	2952
8.	Nenad Nikoloski, VIRTUALNE PRIVATNE MREŽE .....	2956
9.	Igor Zeljković, PRIMENA 3G TEHNOLOGIJE U POŠTANSKOM SAOBRAĆAJU .....	2959

## Radovi iz oblasti: Grafičko inženjerstvo i dizajn

1. Marijana Kurcinak, Dragoljub Novaković, Magdolna Apro,  
ISPITIVANJE MEHANIČKIH OSOBINA BIORAZGRADIVE AMBALAŽE ..... 2963
2. Ranka Mirić, Uroš Nedeljković,  
KNJIŽNA ILUMINACIJA ..... 2967
3. Jovana Ošap, Dragoljub Novaković, Magdolna Apro,  
PROCESNA KONTROLA KVALITETA ŠTAMPE NA FORMIRANIM AMBALAŽNIM  
LIMENKAMA ZA PIĆE ..... 2971
4. Boris Kovač, Dragoljub Novaković, Nemanja Kašiković,  
INSTALACIJA GRAFIČKOG SISTEMA KBA RAPIDA 75 ..... 2975
5. Nataša Šarac,  
PROJEKTOVANJE GRAFIČKOG PROIZVODNOG SISTEMA PRIMENOM POJEDINAČNOG  
PRILAZA I SAVREMENIH SOFTVERSKIH ALATA ..... 2979
6. Vladimir Delić,  
REVITALIZACIJA PROIZVODNOG SISTEMA GRAFIČKOG CENTRA GRID ..... 2983

**PROIZVODNJA BIOGASA****PRODUCTION OF BIOGAS**Nikola Bogdanović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – MAŠINSTVO**

**Kratak sadržaj** – *Proizvodnja i iskorišćenje biogasa iz procesa anaerobne digestije obezbeđuje ekološku i društveno-ekonomsku korist za celokupno društvo. U biogas postrojenju, rezultat anaerobne digestije je biogas i digestat. U ovom radu izvršena je finansijska analiza biogas postrojenja, i predstavljena je proizvodnja i iskorišćenje biogasa za proizvodnju električne i toplotne energije.*

**Abstract** – *The production and utilisation of biogas from anaerobic digestion provides environmental and socio-economic benefits for the society. In biogas installation, the result of the anaerobic digestion process is the biogas and the digestate. In this paper was preformed financial analysis of biogas installation, as well as production and utilisation of biogas for combined heat and power production.*

**Ključne reči:** *Anaerobna digestija, supstrati, proizvodnja biogasa, kogeneracija.*

**1. UVOD**

Jedan od glavnih ekoloških problema u današnjem društvu je neprekidan rast proizvodnje organskih otpada. U mnogim zemljama, kontrola i smanjenje otpada su postali politički prioriteti, predstavljajući važan udeo u smanjenju zagađenja i efekta staklene bašte, kao i umanjena globalnih klimatskih promena. Jedna od glavnih prednosti proizvodnje biogasa je sposobnost da pretvara otpadne materijale u vredne resurse, iskorišćavajući ih kao supstrate za anaerobnu digestiju. Anaerobna digestija doprinosi smanjenju količine otpada i smanjenju troškova za uklanjanje i odlaganje otpada.

Biogas postrojenja, koja koriste poljoprivredni otpad kao supstrat su jedna od najvažnijih postrojenja danas. Trenutno je u Evropi i Severnoj Americi nekoliko hiljada funkcionalnih poljoprivrednih biogas postrojenja, koja su zasnovana na najnovijim tehnologijama, i njihov broj neprestano raste.

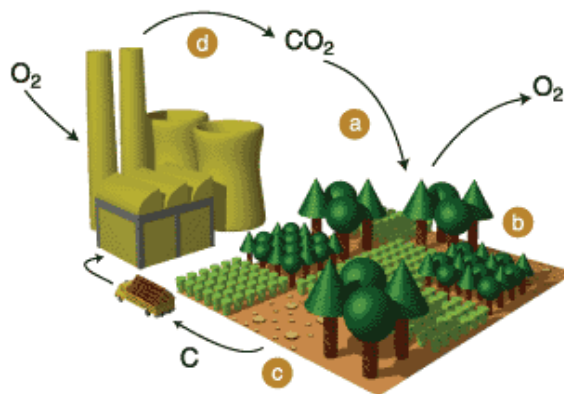
**2. PREDNOSTI BIOGAS TEHNOLOGIJA**

Trenutne globalne energetske zalihe zavise od fosilnih goriva (nafte, uglja, prirodnog gasa). Ovo su fosilni ostaci uginulih životinja i biljaka, koji su bili izloženi toploti i pritiscima unutar Zemljine kore.

Iz ovog razloga, fosilna goriva su neobnovljivi izvori energije, čije se zalihe mnogo brže troše nego što se obnavljaju.

Suprotno od fosilnih goriva, biogas, dobijen anaerobnom digestijom, je trajno obnovljiv, pošto se dobija iz biomase, koja je ustvari živo skladište energije.

Biogas (i biomasa) je izvor energije sa niskom količinom ugljenika. Ukoliko se pravilno koristi, biomasa je održivo gorivo, koje može znatno uticati na smanjenje neto emisije ugljenika. Upotreba biogasa se posmatra kao CO<sub>2</sub>-neutralna i ne utiče na povećanje količine gasova sa efektom staklene bašte. Na slici 1. je prikazan tok ugljen-dioksida u prirodi. Dok biljke rastu, one apsorbuju ugljen-dioksid iz atmosfere (slika 1., putanja a). Tokom procesa fotosinteze, biljke skladište ugljenik u svojoj masi, a ispuštaju kiseonik u atmosferu (putanja b). Biljka se u jednom trenutku koristi za dobijanje toplote i struje, ili direktno ili preko biogasa (putanja c). Dok biomasa (biogas) sagoreva u postrojenju za proizvodnju električne i/ili toplotne energije, ugljenik uskladišten u biljnoj masi se oslobađa. Sjedinjavanjem sa kiseonikom, dobija se ugljen-dioksid, koji se vraća u atmosferu kroz izduvne gasove (putanja d). Biogas postrojenje nije samo proizvođač energije. Digestovan supstrat, obično nazvan digestatom, je vredno zemljišno đubrivo, bogato azotom, fosforom, kalijumom i mikrosastojcima. U poređenju sa sirovim životinjskim đubrivom, digestat ima veću efikasnost zbog više hranljivih sastojaka, boljeg odnosa C/N (ugljenik/azot) i znatno smanjen miris.

Slika 1. Tok CO<sub>2</sub> u prirodi**3. TEHNOLOGIJA ANAEROBNE DIGESTIJE**

Anaerobna digestija je biohemijski proces tokom kog se, u odsustvu kiseonika, složena organska materija razlaže uz pomoć raznih vrsta anaerobnih mikroorganizama.

U biogas postrojenju, rezultat anaerobne digestije je biogas i digestat. Ako je supstrat za anaerobnu digestiju smeša od dva ili više različitih tipova sirovina (npr. životinjsko đubrivo i organski otpad iz prehrambene indus-

**NAPOMENA:**

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

trije), proces se onda naziva kodigestija i on je isti kod većine biogasa postrojenja danas.

### 3.1. Supstrati za anaerobnu digestiju

Supstrati za anaerobnu digestaciju mogu biti podeljeni po raznim kriterijumima: poreklu, sadržaju suve materije, sadržaju metana itd. Tabela 1. nam prikazuje karakteristike nekih svarljivih sirovina. Supstrati sa sadržajem suve materije ispod 20% (SM<20%) se koriste za mokru fermentaciju (digestiju). Ova kategorija obuhvata životinjsko đubrivo i osoku, kao i vlažni organski otpad iz prehrambene industrije. Kada je sadržaj suve materije oko 35%, onda je to suva digestija, i tipična je za energetske useve i silažu. Izbor tipa i količine sirovina za mešavinu supstrata za anaerobnu digestiju zavisi od njihovog sadržaja suve materije i sadržaja šećera, lipida i proteina.

Vrsta sirovine	Organski sastav	Odnos C:N	DM %	VS % od DM	Dobitak biogasa m <sup>3</sup> /kg VS	Neželjene fizičke nečistoće	Ostale neželjene materije
Svinjsko đubrivo	ugljenhidrati, proteini, lipidi	3-10	3-8	70-80	0,25-0,30	Dvena strugotina, šćekinja, voda, pesak, slama	Antibiotici, dezinfikaciona sredstva
Govede đubrivo	ugljenhidrati, proteini, lipidi	6-20	5-12	80	0,20-0,30	Čekinja, zemlja, voda, slama, drvo	Antibiotici, dezinfikaciona sredstva, amonijak
Žvinsko đubrivo	ugljenhidrati, proteini, lipidi	3-10	10-30	80	0,35-0,60	Šćunak, pesak, perje	Antibiotici, dezinfikaciona sredstva "NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> "
Stomaćni/Ćrevni sadržaj	ugljenhidrati, proteini, lipidi	3-5	15	80	0,40-0,68	Žvotnjska tkiva	Antibiotici, dezinfikaciona sredstva
Surutka	75-80% laktaza 20-25% protein	-	8-12	90	0,35-0,80	Nečistoće usled transporta	
Koncentrat surutke	75-80% laktaza 20-25% protein	-	20-25	90	0,80-0,95	Nečistoće usled transporta	
Flotacioni mutj	65-70% protein 30-35% lipidi	-				Žvotnjska tkiva	Teški metal, dezinfikaciona sredstva, organski zapahadivi
Fermentacione pomije	ugljenhidrati	4-10	1-5	80-95	0,35-0,78	Nerazgradivi voćni ostaci	
Slama	ugljenhidrati, lipidi	80-100	70-90	80-90	0,15-0,35	Pesak, šćunak	
Baštenski otpad		100-150	60-70	90	0,20-0,50	Zemlja, celulozna vlakna	Pesticidi
Trava		12-25	20-25	90	0,55	šćunak	Pesticidi
Trama silaža		10-25	15-25	90	0,56	šćunak	
Voćni otpad		35	15-20	75	0,25-0,50		
Riblje ulje	30-50% lipidi	-					
Soja ulje/margarin	90% bitno ulje	-					
Alkohol	40% alkohol	-					
Ostaci hrane			10	80	0,50-0,60	Kosti, plastika	Dezinfikaciona sredstva

Tabela 1. Karakteristike nekih lako svarljivih tipova sirovina

### 3.2 Biohemijski procesi anaerobne digestije

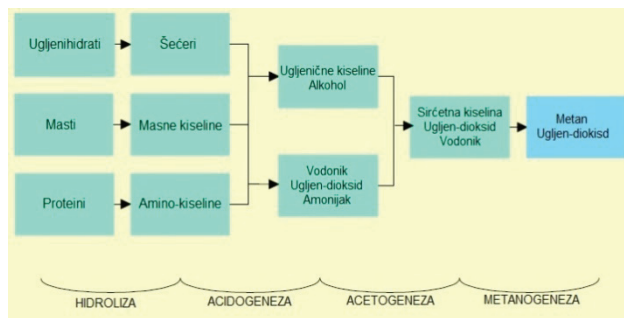
Tokom anaerobne digestije veoma malo toplote je generisano, što je suprotno od procesa aerobnog razlaganja (razlaganje koje se vrši u prisustvu kiseonika). Energija, koja je hemijski ograničena u supstratu, uglavnom ostaje u proizvedenom biogasu, u obliku metana (CH<sub>4</sub>).

Proces formiranja biogasa je rezultat nekoliko vezanih procesa, u kojima je početni materijal neprestalno razlagan u manje jedinice. Specifične grupe mikroorganizama su uključene u svaki proces. Ovi organizmi uspešno razlažu produkte iz prethodnih procesa.

Pojednostavljen dijagram anaerobne digestije je prikazan na slici 4., označavajući četiri glavna koraka ovog procesa: hidroliza, acidogeneza, acetogeneza i metanogeneza. Koraci procesa, odvijaju se paralelno u vremenu i prostoru, u prostoru namenjenom za digestiju (fermentaciju), digestoru ili fermentoru. Brzina totalnog razlaganja u procesu je određena najsporijom reakcijom u lancu.

U slučaju biogasa postrojenja, koja koriste biljne supstrate koji sadrže celulozu, hemi-celulozu i lignin, brzinu procesa određuje hidroliza.

Tokom hidrolize se proizvede relativno mala količina biogasa. Proizvodnja biogasa dostigne svoj maksimum tokom procesa metanogeneze.



Slika 2. Glavni koraci procesa anaerobne digestije

### 3.3 Parametri anaerobne digestije

Efikasnost anaerobne digestije je uslovljena sa nekoliko važnih parametara, važno je obezbediti odgovarajuće uslove za anaerobne mikroorganizme. Razvoj i aktivnost anaerobnih mikroorganizama je značajno uslovljena odsustvom kiseonika, odgovarajućom temperaturom, pH vrednošću, sadržajem hranljivih materija i prisustva i količine inhibitora (npr. amonijak). Bakterija metana je osetljiva na vazduh, pa se mora izbeći prisustvo kiseonika u procesu digestije.

Proces anaerobne digestije može se izvršiti na različitim temperaturama, podeljenim u tri temperaturna opsega: psihrofilna (ispod 25°C), mezofilna (25°C - 45°C) i termofilna (45°C - 70°C). Stabilnost temperature je presudna za anaerobnu digestiju. U praksi, temperatura operacije se bira u zavisnosti od sirovine koja se koristi i neophodne temperature procesa, koja je obično obezbeđena podnim ili zidnim sistemom grejanja, unutar fermentora.

Vrednost pH je po važnosti jedan od bitnih tehnoloških uslova anaerobne digestije. Za vreme trajanja anaerobne digestije, zavisno od toga koja se faza odvija, vrednost pH se menja u granicama od 5,5 do 8,2. U slučaju da se supstrat dodaje u fermentor kontinuirano svakog dana, tada se pH vrednost kreće u granicama od 6,5 do 7,5.

Stabilnost procesa anaerobne digestije se ogleda u koncentraciji proizvoda kao što su isparljive masne kiseline (Volatile Fatty Acids - VFA). Isparljive masne kiseline su jedinjenja (acetat, propionat, butirrat, laktat), proizvedena tokom acidogeneze, sa ugljeničnim lancem do šest atoma.

### 4. VRSTE BIOGASA

U zavisnosti od porekla i vrste sirovina za proizvodnju biogasa, biogas se deli u četiri grupe: deponijski biogas, biogas iz otpadnih voda, biogas iz drveta i biogas iz poljoprivrede. Pomenuti deponijski gas nastaje razgradnjom organskih supstanci pod uticajem mikroorganizama u anaerobnim uslovima. U središtu deponije nastaje nadpritisak, pa deponijski gas prelazi u okolinu. Prosečan sastav deponijskog gasa je 35-60% metana, 37-50% ugljen-dioksida.

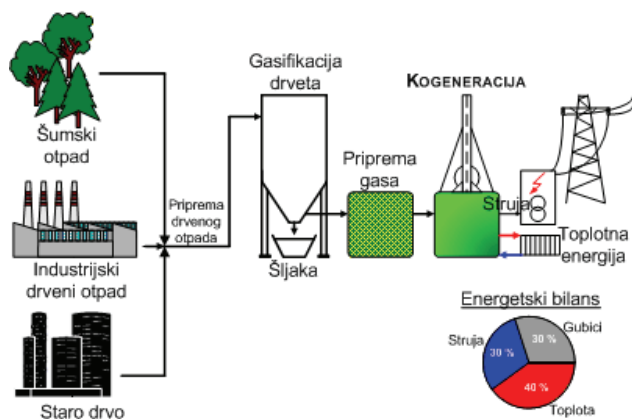
U manjim količinama se mogu naći ugljen-monoksid, azot, vodonik-sulfid, fluor, hlor, aromatični ugljovodonici i drugi gasovi u tragovima.

Zakonska obaveza sakupljanja i spaljivanja deponijskog gasa nameće pravo rešenje: sagorevanje gasa u energetske svrhe uz stvaranje ekonomske dobiti.

Otpadne vode koje sadrže organsku materiju pogodne su za proizvodnju biogasa. Tehnologija anaerobne digestije je veoma zastupljena u tretiranju otpadnih muljeva,

nastalih prečišćavanjem otpadnih voda. U razvijenim zemljama postoji veliki broj postrojenja za proizvodnju biogasa, instaliranih na postojećim sistemima za pročišćavanje otpadnih voda. Većina postojećih inženjerskih rešenja sistema za obradu otpadnih voda, pogodna su za nadogradnju anaerobnim digestorom koji će proizvoditi biogas. Dodatna korist se postiže zato što se smanjuje količina otpadnog mulja, takođe time se vrši i njegova stabilizacija, pa je zato posle proizvodnje biogasa u digestorima on prihvatljiviji po okolinu.

Gasifikacija drvenog otpada, uz rešavanje ekološkog problema, ima značajnu ekonomsku karakteristiku, jer omogućava iskorišćenje energetskog potencijala sadržanog u otpadnom drvetu za kombinovanu proizvodnju električne i toplotne energije. Na ovaj način, energetski potencijal starog i otpadnog drveta se može plasirati potrošačima koji su udaljeni od deponija drvenog otpada, tako što se gas transportuje do potrošača energije ili se električna energija plasira u elektro-distribucionu mrežu i tako dolazi do potrošača (industrija, naseljena mesta, turistički centri).



Slika 3. Proizvodnja biogasa iz drveta

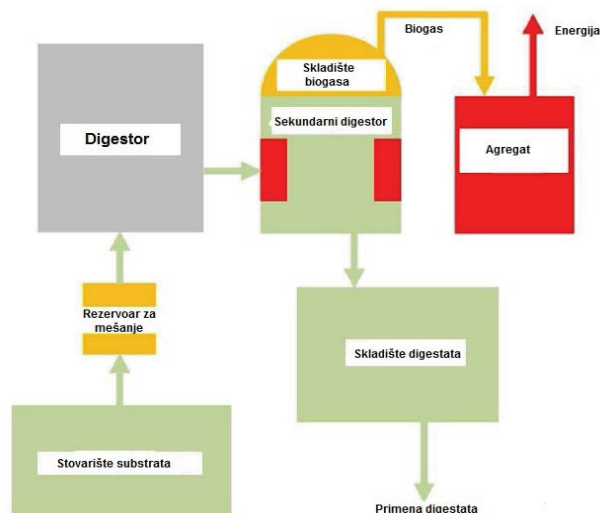
Pod postrojenjima za proizvodnju biogasa iz poljoprivrede, obično se misli na postrojenja koja koriste sirovine poljoprivrednog porekla. Najčešći tip sirovina koje se koriste u ovakvim postrojenjima su životinjska đubriva i osoke, biljni ostaci i tome namenjeni energetski usevi, ali takođe i otpad iz prehrambene i ribarske industrije.

## 5. KOMPONENTE BIOGAS POSTROJENJA

Biogas postrojenje je kompleksno postrojenje, koje se sastoji od mnoštva elemenata. Izgled nekog postrojenja u mnogome zavisi od tipova i količine sirovina koje se koriste. Pošto postoji mnogo različitih vrsta sirovina koje se koriste za fermentaciju u postrojenju, takođe postoje i različite tehnologije za obradu tih sirovina i različiti tipovi fermentora (digestora) i operativnih sistema.

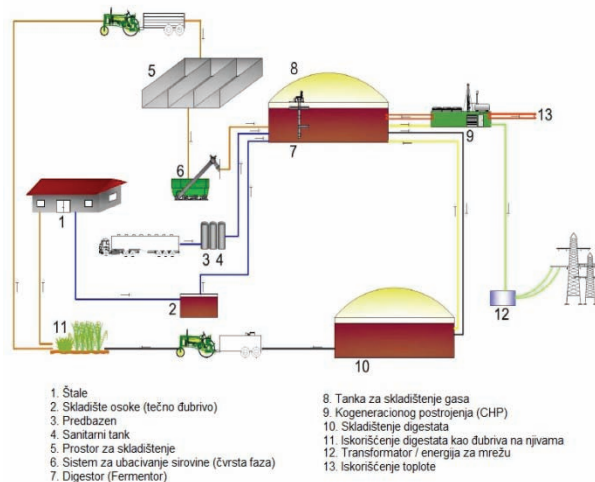
Ključna komponenta biogas postrojenja je digestor (fermentor), koji je povezan sa ostalim komponentama (slika 4.).

Slika 5. pokazuje pojednostavljen prikaz tipičnog postrojenja za dobijanje biogasa iz poljoprivrede. Rad poljoprivrednih biogas postrojenja se može podeliti na četiri različita procesa.



Slika 4. Glavne komponente i tok procesa proizvodnje biogasa

Prvi proces (skladištenje, transport, održavanje i ubacivanje sirovine) obuhvata skladište osoke (tečno đubrivo) (2), predbazen (3), sanitarni tank (4), prostor za skladištenje (5) i sistem za ubacivanje sirovine (čvrsta faza) (6). Drugi proces obuhvata proizvodnju biogasa u digestoru (7). Treći proces obuhvata skladištenje digestata (10) i iskorišćenje digestata kao đubriva na njivama (11). Četvrti proces (skladištenje biogasa, održavanje i iskorišćenje) se sastoji od tanka za skladištenje gasa (8) i kogeneracionog postrojenja (CHP) (9).



Slika 5. Pojednostavljen prikaz tipičnog postrojenja za dobijanje biogasa iz poljoprivrede

## 6. FINANSIJSKA ANALIZA POSTROJENJA ZA PROIZVODNJU BIOGASA

Izrada finansijske analize ima za cilj upoznavanje sa ekonomskim aspektom i realizacije biogas postrojenja, kao i dobijanja investicionih troškova i dobiti. Dobit se realizuje u vidu proizvodnje električne i toplotne energije. Osnovna svrha dobijene energije je potrošnja energije u sopstvenom postrojenju i prodaja energije spoljašnjim potrošačima. U daljem proračunu prikazana su ulaganja i prihodi za biogas postrojenje snage 1MW na teritoriji opštine Vrbas. Na osnovu sastava supstrata može se odrediti približna količina i sastav proizvedenog biogasa (tabela 2.).

	t / god.	Biogas m <sup>3</sup> / god.	Metan %	Metan m <sup>3</sup> / god.
Stočna osoka / Otpadne vode	2.300	1.452	57%	828
Stočno đubrivo	17.000	1.165.966	55%	641.281
Kukuruzna silaža	17.450	3.019.407	52%	1.570.092
<b>UKUPNO</b>	<b>36.750</b>	<b>4.186.826</b>	<b>52,84%</b>	<b>2.212.201</b>

Tabela 2. *Proizvodnja biogasa i njegov sastav*

U tabeli 3. je prikazana procenjena proizvodnja biogasa. Uračunato je da godišnja proizvodnja biogasa obuhvata 8200 radnih časova.

Biogas proizvodnja	10 <sup>3</sup> Nm <sup>3</sup> / god.	4.187
Biogas proizvodnja	Nm <sup>3</sup> / dan	11.471
Biogas proizvodnja	Nm <sup>3</sup> / sat	478
Potrošnja CHP	10 <sup>3</sup> Nm <sup>3</sup> / god.	4.183
Kalorična vrednost biogasa	kWh / Nm <sup>3</sup>	5,28
Kalorična vrednost bogasa	MWh / god.	22.123

Tabela 3. *Proizvodnja biogasa*

Ovo biogas postrojenje je namenjeno za spregnutu proizvodnju električne i toplotne energije. Proizvedena električna energija će se prodavati mreži po ceni od 0,145 EUR/kWh za takozvanu "zelenu energiju". Kogeneraciona jedinica će takođe proizvoditi toplotnu energiju. Za rad odvog postrojenja će se računati 8200 radnih časova godišnje sa punim opterećenjem. Na osnovu radnih časova i karakteristika kogeneracione jedinice određuje se minimalna potrebna količina proizvodnje biogasa sa određenom kaloričnom vrednošću, (tabela 4.)

Električni kapacitet	kW	1.130
Toplotni kapacitet	kW	1.124
Pun kapacitet	h / god.	8.200
Ukupna električna proizvodnja	MWh / god.	9.266
Ukupna proizvodnja toplotne energije	MWh / god.	9.217
Kalorična vrednost biogasa	kWh / Nm <sup>3</sup>	5,28
Potrošnja biogasa	10 <sup>3</sup> Nm <sup>3</sup> / god.	4.185

Tabela 4. *Minimalna potrebna količina biogasa*

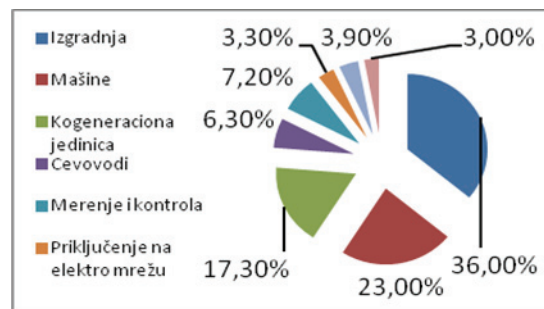
Na osnovu podataka iz tabele 4., može se doći do proizvedene i iskorišćene električne energije, tabela 5.

Ukupna proizvodnja električne energije	kWh/god.	9.266.000
Gubitci	kWh/god.	185.320
Iskorišćena u biogas postrojenju	kWh/god.	463.300
Proizvedena el.energija za tržište	kWh/god.	8.617.380
Električna energija dostavljena mreži	kWh/god.	8.191.800
Električna energija iskorišćena lokalno	kWh/god.	425.580

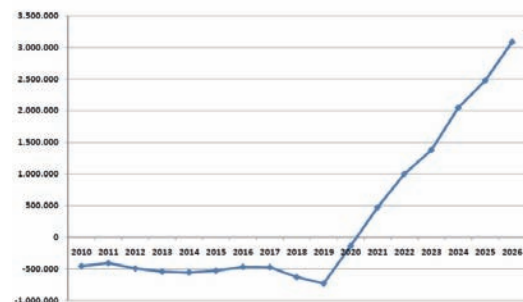
Tabela 5. *Proizvedena i iskorišćena električna energija*

Treba se naglasiti da električna energija koja je dostavljena mreži je limitirana na 999 kWh, iz tog razloga je energija proizvedena za tržište podeljena u dve kategorije: energiju koja je dostavljena mreži po ceni od 0,145 EUR/kWh, energiju iskorišćenu lokalno po ceni 0,07 EUR/kWh.

Na slici 6. su prikazana potrebna ulaganja u biogas postrojenje. Uz učešće od 10% i subvencionih kredita (koji iznosi 15% od ukupne investicije) moguća je otplata biogas postrojenja u periodu od osam godina, slika 7.



Slika 6. *Prikaz ulaganja u biogas postrojenje*



Slika 7. *Otplata biogas postrojenja*

## 7. ZAKLJUČAK

Postrojenje za proizvodnju biogasa spada u tehnologije u funkciji zaštite životne sredine. Njihovom primenom smanjuje se nekontrolisano odlaganje poljoprivrednog otpada, zagađivanje zemljišta, podzemnih i površinskih voda. Sprečava se oslobađanje metana i ugljen-dioksida u atmosferu i zagađivanje vazduha. Rad postrojenja za biogas će industrijama sa organskim otpadom, kao i farmama, pravovremeno pomoći da reše probleme sa otpadom, da funkcionišu u skladu sa zakonom.

## 8. LITERATURA

- [1] H. F. Liu, Ed. David; Liptak, Bela G.: "Environmental Engineer's Handbook"; CRC Press LLC; 1999.
- [2] Teodorita Al Seadi, Dominik Rutz, Heinz Prassl, Tobias Finsterwalder, Silke Volk, Rainer Janssen; "Biogas Handbook"; University of Southern Denmark; 2008.
- [3] [www.biogas.rs](http://www.biogas.rs)
- [4] [www.huning-maschinenbau.de](http://www.huning-maschinenbau.de)
- [5] [www.aat-biogas.at](http://www.aat-biogas.at)

## Kratka biografija:



**Nikola Bogdanović** je rođen u Kruševcu, 1986. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka, iz oblasti Mašinstvo - Energetika i procesna tehnika odbranio je 2011.

**Adresa za kontakt autora:**  
nikola.fcb@gmail.com

**PROJEKTOVANJE C<sup>2</sup>MOS REGISTRA U STANDARDNOJ 0.35 μm CMOS  
TEHNOLOGIJI**
**DESIGN OF C<sup>2</sup>MOS REGISTER IN STANDARD 0.35 μm CMOS TECHNOLOGY**

 Rade Stanić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*
**Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U ovom radu je prikazano projektovanje taktovanog CMOS registra (Clocked CMOS - C<sup>2</sup>MOS). Analizirani su njegovi signali, njegove prednosti i mane, kao i uslovi koji moraju biti zadovoljeni za ispravan rad kola. Takođe je dato poređenje sa jednofaznim taktovanim registrom (True Single-Phase Clocked Register - TSPCR). Za projektovanje i analizu kola korišćen je programski paket Cadence. Oba registra projektovana su u standardnoj 0,35 μm CMOS tehnologiji.

**Abstract** – This paper presents a design of clocked CMOS register, called C<sup>2</sup>MOS. Its signals are analyzed and advantages and disadvantages are discussed, as well as limitations which provides a correct functioning. The C<sup>2</sup>MOS register is compared with the True Single-Phase Clocked Register (TSPCR). The software package Cadence software was used for design and analysis. Both registers are designed in standard 0.35 μm CMOS technology.

**Ključne reči:** C<sup>2</sup>MOS registar, jednofazni taktovani registar, analiza signala

**1. UVOD**

U statičkim sekvencijalnim mrežama, vrednost se pamti sve dok postoji napajanje u kolu. Osnovni nedostatak statičkog logičkog kola je kompleksnost [1].

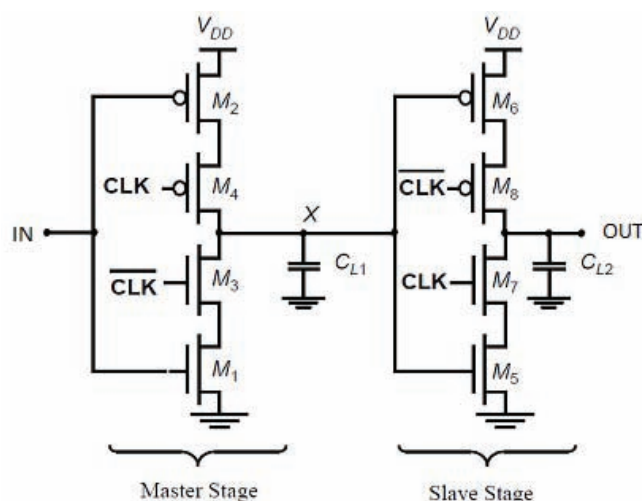
Druga klasa sekvencijalnih mreža zasniva svoj rad na privremenom pamćenju vrednosti u parazitnim kapacitivnostima. Princip rada je identičan kolima u dinamičkoj logici – naelektrisanje se čuva u kondenzatoru, što može da predstavlja vrednost logičkog signala. Odsustvo naelektrisanja se tretira kao logička "0", a postojanje naelektrisanja kao logička "1".

Kako ne postoji idealan kondenzator, i kako se vrednost može pamtit samo izvesno vreme (koje je tipično reda nekoliko milisekundi), ako želimo da sačuvamo vrednost signala, neophodno je periodično obnavljanje te vrednosti. Zato se ovakav način pamćenja naziva dinamički. Čitanje sačuvane vrednosti u kondenzatoru, bez promene njegovog naelektrisanja, moguće je samo uz korišćenje kola sa visokom impedansom [2].

Na sl. 1 prikazan je taktovani CMOS registar (Clocked CMOS), koji se naziva i C<sup>2</sup>MOS registar. Ovo je pozitivni ivični registar, koji se sastoji od dva leč kola i bazira svoj rad na Master-Slave konceptu.

C<sup>2</sup>MOS dinamički registar, kada je ulazni signal stabilan za vreme tranzicije taktog signala između logičkih nivoa, funkcioniše na sledeći način:

- Prilikom prelaska taktog signala sa višeg na niži logički nivo ( $CLK$  sa 1 na 0, a  $\overline{CLK}$  sa 0 na 1), *Master* stepen postaje aktivan (transparentni mod) i ponaša se kao inverter ulaznog signala  $D$ . Invertovana vrednost ulaznog signala se pamti u tački  $X$  (tj. parazitna kapacitivnost  $C_{L1}$  se puni ili prazni). *Slave* stepen je u modu držanja (mod visoke impedanse). Pošto su tranzistori  $M_7$  i  $M_8$  neprovodni (zakočeni), na izlazu  $Q$  je prethodno stanje ulaznog signala, koje je zapamćeno u parazitnoj kapacitivnosti  $C_{L2}$ .
- Prilikom prelaska taktog signala sa nižeg na viši logički nivo ( $CLK$  sa 0 na 1, a  $\overline{CLK}$  sa 1 na 0), *Master* stepen se dovodi u mod držanja, pošto su sada tranzistori  $M_3$  i  $M_4$  neprovodni. *Slave* stepen je u transparentnom modu i ponaša se kao inverter signala iz tačke  $X$ . Nova vrednost signala koja je pri ovom stanju zapamćena u parazitnoj kapacitivnosti  $C_{L2}$ , predstavljaće izlazni signal  $Q$ .


 Slika 1. C<sup>2</sup>MOS dinamički registar [1].

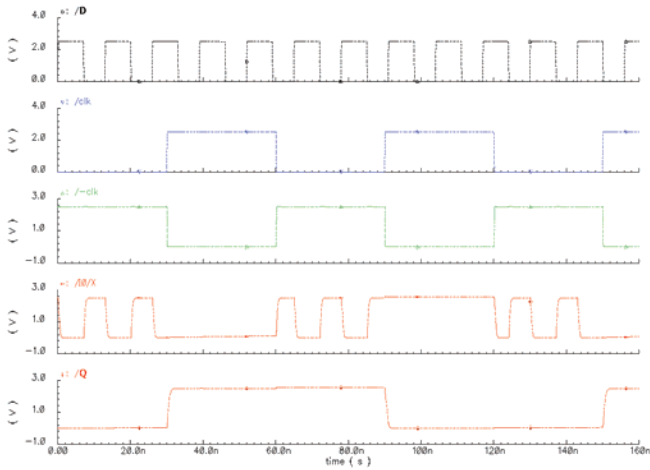
Celokupno kolo radi slično dinamičkom ivičnom registru sa transmisionim kolima. Ipak, postoji značajna razlika među njima jer je C<sup>2</sup>MOS registar neosetljiv na preklapanja takta, sve dok su vremena porasta i opadanja taktog signala dovoljno mala.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bila dr Mirjana Damnjanović, docent.

## 2. ANALIZA SIGNALA C<sup>2</sup>MOS REGISTRA

Projektovanje i analiza rada C<sup>2</sup>MOS dinamičkog registra je rađena u programskom paketu *Cadence* [3,4,5]. Registar je projektovan u standardnoj 0,35 μm CMOS tehnologiji. Vremenski dijagrami ulaznog signala  $D$ , izlaznog  $Q$ , kao i taktog signala  $CLK$  i invertovanog taktog signala  $\overline{CLK}$ , prikazani su na slici 2. Signal koji se formira na izlazu Master stepena je označen sa  $X$ .



Slika 2. Vremenski dijagrami signala C<sup>2</sup>MOS dinamičkog registra, gledano odozdo na gore:  $Q$ ,  $X$ ,  $\overline{CLK}$ ,  $CLK$ ,  $D$

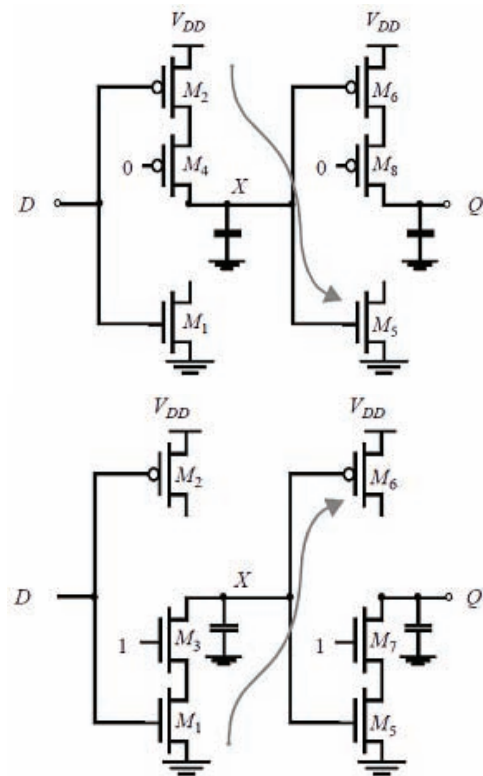
Vreme trajanja simulacije je  $t = 160$  ns. Ova simulacija jasno potvrđuje da C<sup>2</sup>MOS registar radi u dve faze:

- Kada je  $CLK = 0$ , prvo trostatičko kolo (Master stepen) je aktivno i ponaša se kao invertor. Ulazna promenljiva  $D$  se invertuje i pamti u internoj tački  $X$ . Dakle, Master stepen je u evaluacionom modu. Za to vreme, Slave stepen je u stanju visoke impedanse ili u modu držanja (Hold mode). Tranzistori  $M_7$  i  $M_8$  su isključeni, ne postoji veza između ulaza i izlaza. Izlaz  $Q$  zadržava prethodnu vrednost, zapamćenu u  $C_{L2}$ .
- Uloge prvog i drugog stepena u registru su zamenjene kada je  $CLK = 1$ . Master stepen je u stanju visoke impedanse, jer  $M_3$  i  $M_4$  ne vode, dok Slave stepen radi kao invertor, koji vrednost zapamćenu u internoj tački  $X$  prosleđuje na izlaz.

### 2.1. Preklapanje taktog signala

Neosetljivost na preklapanje takta je jedna od osnovnih karakteristika taktovanog CMOS registra. Kako bi registar bio imun na preklapanje takta, vremena porasta  $t_r$  i opadanja  $t_f$  taktog signala moraju da budu dovoljno brza (kratka). Postoje dva slučaja preklapanja taktog signala:

- preklapanje 0-0: nastaje kada su istovremeno stvarna i invertovana vrednost taktog signala na niskom logičkom nivou (kada  $CLK$  opadne, pre nego što  $\overline{CLK}$  poraste).
- preklapanje 1-1: nastaje kada su istovremeno stvarna i invertovana vrednost taktog signala na visokom logičkom nivou (kada  $CLK$  poraste, pre nego što  $\overline{CLK}$  opadne).



Slika 3. Preklapanje takta: a) preklapanje 0-0 b) preklapanje 1-1

Neosetljivost C<sup>2</sup>MOS registra na preklapanje takta se može objasniti korišćenjem pojednostavljene električne šeme kola prikazane na slici 3a. Prilikom preklapanja 0-0 (ako je  $D = 0$ ) oba PMOS-a u Master stepenu su provodna, kao i PMOS u Slave stepenu upravljani taktom ( $M_8$ ). Pošto je ulazni signal  $D$  nizak, u tački  $X$  će biti logička jedinica ( $X = 1$ ), koja će uticati na provodnost tranzistora  $M_5$  i zakočenost tranzistora  $M_6$ . Pri takvom ishodu stanje na izlazu registra  $Q$  neće biti promenjeno. Tranzistor  $M_7$ , upravljani taktom, je takođe neprovodan. Prilikom preklapanja 0-0, u slučaju da je ulaz  $D = 1$ , provodan je tranzistor  $M_1$ , koji ne utiče na stanje u tački  $X$  pošto je  $M_3$  neprovodan. Tranzistori  $M_3$  i  $M_7$  nisu prikazani zbog jednostavnijeg prikaza preklapanja 0-0.

Na slici 3b je prikazano ponašanje registra usled preklapanja 1-1, kada je na ulazu  $D$  logička jedinica ( $D = 1$ ). Prilikom preklapanja 1-1 provodni tranzistor pod dejstvom takta u Master stepenu je  $M_3$ , a u Slave stepenu to je  $M_7$ .  $M_1$  je provodan zbog visoke logičke vrednosti ulaza  $D$ . Ulazni signal utiče na tačku  $X$  da bude na niskoj logičkoj vrednosti, čime se aktivira tranzistor  $M_6$  u Slave stepenu. Tranzistor  $M_8$  upravljani taktom je neprovodan zbog čega nema promene logičkog stanja u tački  $Q$ . Ako prilikom preklapanja 1-1 na ulazu imamo logičku nulu ( $D = 0$ )  $M_2$  je provodan, ali tranzistor  $M_4$  upravljani taktom je neprovodan i ne dozvoljava promenu logičkog stanja u tački  $X$ . Na sl. 3b tranzistori  $M_4$  i  $M_8$  nisu prikazani zbog jednostavnijeg prikaza preklapanja 1-1.

### 2.2. Karakteristična vremena C<sup>2</sup>MOS registra

Da bi se odredili uslovi pod kojima će C<sup>2</sup>MOS dinamički registar raditi ispravno, potrebno je odrediti njegova karakteristična vremena. Korišćenjem programskog

paketa Cadence, određeno je vreme postavljanja  $t_{SU}$  i vreme propagacije  $t_p$ .

Vremena postavljanja  $t_{SU}$  je vreme potrebno da se vrednost signala postavi na ulaz  $D$  na pre pojave aktivne ivice taktnog signala, koja omogućava upis ulaza  $D$  u registar. Nakon postepenog povećavanja vremena postavljanja, posle izvršenih simulacija, zaključeno je da  $t_{SU}$ , pri kojem izlazni signali  $X$  i  $Q$  dostižu 100% svoje vrednosti iznosi 690 ps.

Vreme propagacije se definiše kao vreme potrebno da signal prođe od ulaza do izlaza kola. Meri se u trenucima kada signal, pri promeni stanja, dostigne 50 % amplitude. U ovom slučaju potrebno je posmatrati i *Master* i *Slave* stepen registra. Naime, vreme propagacije će biti vreme potrebno  $CLK$  signalu da prođe kroz *Master* stepen, a zatim i kroz *Slave* stepen  $C^2MOS$  registra da bi izazvao promenu na izlazu  $Q$ . Vreme potrebno da se uspostavi visoka ili niska vrednost na izlazu je različito, pa se definišu po dva vremena propagacije, kako kroz *Master* tako i kroz *Slave* stepen:  $t_{PMHL}$  i  $t_{PSHL}$  pri promeni visoke na nisku vrednost, i  $t_{PMLH}$  i  $t_{PSLH}$  pri promeni niske na visoku vrednost. Vreme propagacije kroz *Master* stepen se određuje kao:

$$t_{PM} = \frac{t_{PMLH} + t_{PMHL}}{2}, \quad (1)$$

dok je vreme propagacije kroz *Slave* stepen:

$$t_{PS} = \frac{t_{PSLH} + t_{PSHL}}{2}. \quad (2)$$

Vreme propagacije kroz ceo registar definiše se kao zbir ova dva vremena:

$$t_p = t_{PM} + t_{PS}. \quad (3)$$

Tabela 1. Vremena propagacije  $t_p$  kroz *Master* i *slave* stepen  $C^2MOS$  registra

Promena signala	$CLK$ 1→0 Master sekcija	Promena signala	$CLK$ 0→1 Slave sekcija
$t_{PMLH}$	240,1 ps	$t_{PSLH}$	286,7 ps
$t_{PMHL}$	386,0 ps	$t_{PSHL}$	323,9 ps

U tabeli 1 prikazana su vremena propagacije kroz *Master* i *Slave* stepen pri promeni  $CLK$  signala. Na osnovu tih podataka, mogu se izračunati vremena propagacije kroz *Master* stepen,  $t_{PM} = 313,05$  ps, i kroz *Slave* stepen  $t_{PS} = 305,3$  ps. Ukupno vreme propagacije signala kroz  $C^2MOS$  registar biće  $t_p = 622,2$  ps.

### 2.3. Problem trke

Može se reći da je  $C^2MOS$  registar neosetljiv na preklapanja takta, jer ta preklapanja čine aktivnim ili *Pull-Up* ili *Pull-Down* mrežu ovih lečeva, ali nikada obe istovremeno. Ipak, ako su vremena porasta i opadanja taktnog signala ( $t_{CLKrff}$ ) dovoljno velika, postojaće vreme u kojem će i NMOS i PMOS tranzistori provoditi.

Ovo stvara putanju između ulaza i izlaza koja preti da poremeti stanje na izlazu kola. Simulacije su pokazale da će kolo funkcionisati ispravno sve dok vreme porasta i opadanja takta bude oko pet puta manje od vremena propagacije kroz registar. Ovaj uslov je aproksimativan,

ali se često koristi u praksi [1]. Dakle, maksimalno vreme porasta i opadanja taktnog signala se može odrediti kao:

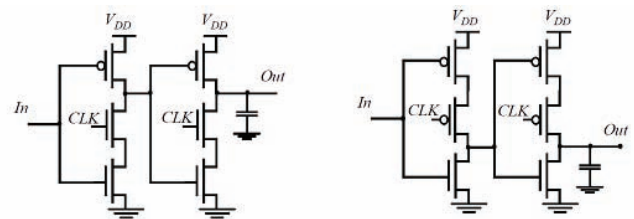
$$t_{CLKr} < 622,2 \text{ ps} / 5 = 124,4 \text{ ps} \quad (4)$$

$$t_{CLKf} < 622,2 \text{ ps} / 5 = 124,4 \text{ ps} \quad (5)$$

Dakle  $t_{CLKrff}$  mora biti manje od 124.4ps.

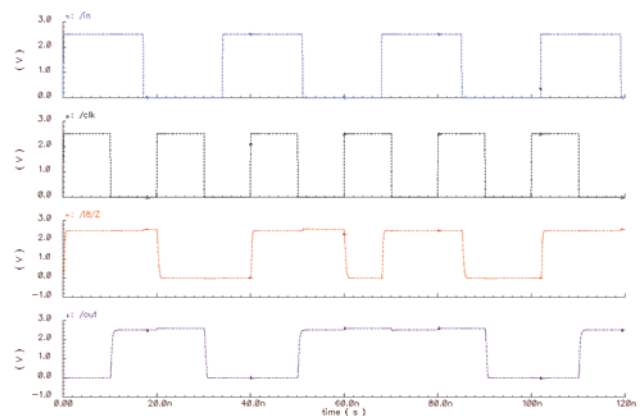
### 3. JEDNOFAZNI TAKTOVANI REGISTAR

Kod dvofaznih registara, koji su prethodno analizirani, potrebno je pažljivo projektovati putanje dva takt signala, da bi se obezbedilo da je preklapanje minimalno. Jedno rešenje problema preklapanja takta predstavlja  $C^2MOS$  dizajn; drugi pristup je registar koji koristi samo jednu fazu takta, takozvani jednofaznog taktovani registar (*True Single-Phase Clocked Register*, tj. *TSPCR*) [6]. Osnovni jednofazni pozitivni i negativni lečevi su prikazani na slici 4. Pozitivni leč je transparentan kada je takt  $CLK = 1$  i dozvoljava propagaciju signala od ulaza do izlaza, a u slučaju da je  $CLK = 0$  on je u stanju držanja. Negativni leč se ponaša suprotno od pozitivnog: ako je  $CLK = 0$  on je transparentan, a u slučaju da je  $CLK = 1$  u stanju držanja.



Slika 4. Na levoj strani je jednofazni pozitivni leč, a na desnoj jednofazni negativni leč

Jednofazni taktovani registar se može konstruisati kaskadnom vezom pozitivnog i negativnog leča. Opterećenje taktnog signala je slično kao kod registra sa transmissionim kolima, ili  $C^2MOS$  registra. Osnovna prednost mu je korišćenje samo jedne faze takta, a nedostatak je nešto veći broj tranzistora.



Slika 5. Vremenski dijagrami signala jednofaznog taktovanog registra

Na slici 5 prikazani su vremenski dijagrami signala TSPCR registra: ulazni *IN*, izlazni *OUT*, i taktni *CLK*. Signal *Z* predstavlja signal na izlazu prvog stepena (leča) jednofaznog registra.

### 3.1. Karakteristična vremena TSPCR registra

Uslovi isptavnog rada jednofaznog taktovanog registra se određuju na osnovu njegovih karakterističnih vremena. Korišćenjem programskog paketa *Cadence*, mogu se odrediti vreme propagacije  $t_p$  i vreme postavljanja  $t_{SU}$ . Ova vremena se određuju na sličan način kao i kod C<sup>2</sup>MOS dinamičkog registra.

U tabeli 2 su prikazani rezultati dobijeni simulacijama urađenim u programskom paketu *Cadence*.

Vreme propagacije jednofaznog taktovanog registra kroz pozitivni leč iznosi  $t_{PM} = 270,8$  ps, slično određujemo  $t_{PS} = 270,7$  ps.

Ukupno vreme propagacije  $t_p$  će biti zbir ova dva vremena, odnosno  $t_p = 541,3$  ps, što je manje od vremena propagacije C<sup>2</sup>MOS dinamičkog registra. Vreme postavljanja  $t_{SU}$  iznosi 230 ps.

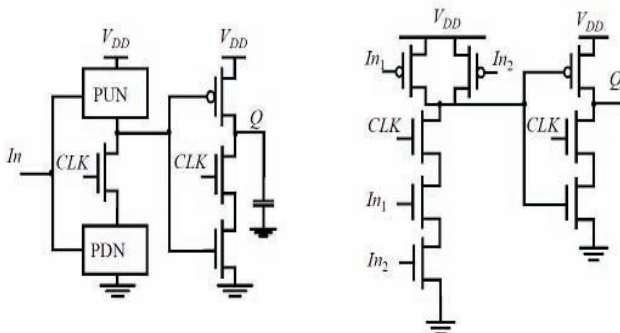
Tabela 2. Vremena propagacije  $t_p$  kroz jednofazni pozitivni i negativni leč

Promena signala	CLK 0→1 Jednofazni pozitivni leč	Promena signala	CLK 1→0 Jednofazni negativni leč
$t_{pMHH}$	231,0 ps	$t_{pSLH}$	204,3 ps
$t_{pMHL}$	310,7 ps	$t_{pSLL}$	337,0 ps

### 3.2. Uključivanje logičke funkcije u TSPCR

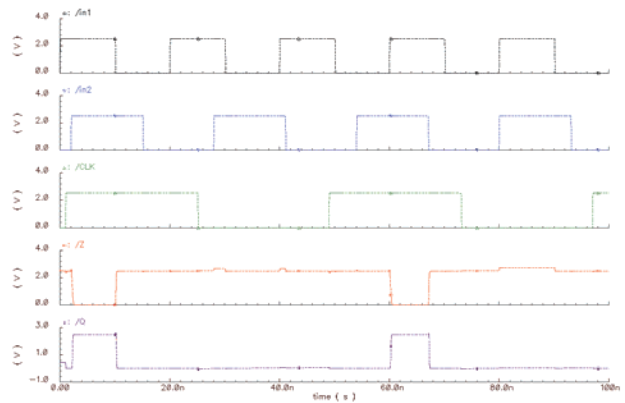
Još jedna prednost jednofaznog taktovanog registra je mogućnost dodavanja logičke funkcije u lečeve, kao što je prikazano na slici 6.

Time se smanjuje preveliko kašnjenje koje prati mreže sa lečevima. Na slici 6a je prikazan način realizacije logičke funkcije: *Pull-Up* i *Pull-Down* mreža su razdvojene NMOS tranzistorom na čiji gejt se dovodi taktni signal.



Slika 6. a) Uključivanje logičke funkcije u leč, b) I leč

Na slici 7 prikazani su vremenski dijagrami signala I leča: ulazni *IN2*, *IN1*, izlazni *Q*, i taktni signal *CLK* (slika 6b).



Slika 7. Vremenski dijagrami signala I leča

### 4. ZAKLJUČAK

Cilj ovog rada bio je projektovanje i analiza rada C<sup>2</sup>MOS dinamičkog registra i jednofaznog taktovanog registra, korišćenjem programskog paketa *Cadence*.

Prednost C<sup>2</sup>MOS dinamičkog registara u odnosu na dinamički ivični registar sa transmissionim kolima je neosetljivost na preklapanje takta. Simulacijama je određen uslov koji moraju zadovoljiti vreme porastsa i opadanja taktnog signala da bi kolo ispravno radilo,  $t_{CLK/f} < 124,4$  ps (tj. da ne bi došlo do problema trke).

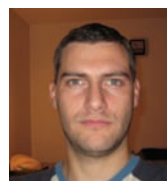
Ukoliko, iz nekog razloga, taj uslov ne može biti zadovoljen rešenje predstavlja upotreba jednofaznog taktovanog registra.

Takođe prednost jednofaznog taktovanog registra u odnosu na C<sup>2</sup>MOS je veća brzina, manja potrošnja snage i mogućnost uključivanja logičkih funkcija. Jedina mana mu je to što zauzima veću površinu na čipu.

### 5. LITERATURA

- [1] J. Rabaey, A. Chandrakasan, B. Nikolic: "Digital Integrated Circuits, 2nd ed.", Prentice Hall, 2003.
- [2] Mirjana Damjanović: "Projektovanje digitalnih integrisanih kola", skripta, Univerzitet u Novom Sadu, april 2010.
- [3] E. Brunvand: "Digital VLSI Chip Design with Cadence and Synopsys CAD Tools", Univ. of Utah, April 2007.
- [4] A. Lopez Martin: "Tutorial Cadence design environment", New Mexico State University, October 2002
- [5] V. Radonić: „Projektovanje elektronski kola u Cadence radnom okruženju kroz primere", Univ. u N. Sadu, 2006.
- [6] J. Yuan and C. Svensson: "High-Speed CMOS Circuit Technique" *IEEE JSSC*, vol. 24, no. 1, February 1989, pp. 62–70.

### Kratka biografija:



**Rade Stanić** rođen je u Šapcu 1984. god. Diplomski-master rad je odbranio 2011. godine na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva - Računarsko projektovanje digitalnih integrisanih kola.

# Ocena algoritama za otkrivanje oštine slike sa primenom na kodovane video sekvence

Nestor Reščanski, Maja Pokrić, Dragan Kukulj, Željko Lukač, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Sadržaj** — U ovom radu je opisan algoritam za otkrivanje oštine slike bez reference. Algoritam za otkrivanje oštine slike je predložen i detaljno opisan u [1]. Svrha rada je verifikacija implementacije algoritma, koja se može integrisati u sistem za ocenu kvaliteta slike. Dati su rezultati ispitivanja, opisani blokovi od kojih se algoritam sastoji. Takođe je opisana i funkcionalnost blokova. Algoritam je realizovan pomoću programskog jezika C.

**Gljučne reči** — zamagljenje, pojava blokova, algoritam bez reference

## I. UVOD

U multimedijalnom svetu primena digitalnih slika je postala uobičajena. Prelaskom sa analognog na digitalni domen otvorene su nove mogućnosti u obradi slika i video sekvenci. Dve najčešće operacije koje se izvode su kompresija i smanjenje šuma. Za smeštanje (čuvanje) velikih slika i njihov prenos potrebni su efikasni mehanizmi za kompresiju.

Video je postao deo svakidašnjice, npr. emitovanje televizijske slike. Mnoge druge video aplikacije uključuju: video poziv, telekonferenciju, satelitsko izviđanje, autonomnu navigaciju, obradu astronomskih i medicinskih slika. Kvalitet digitalne slike ili videa je veoma važan zbog sve većih zahteva od strane korisnika. Da bi se povećao kvalitet digitalne slike ili videa potrebno je uočiti i izmeriti, objektivno i subjektivno, različite smetnje (artifakte) koji se pojavljuju u njima. Algoritmi za subjektivnu ocenu kvaliteta slike koriste informacije kandidata koji posmatraju određeni niz slika i daju određene ocene, dok se kod objektivne ocene koriste informacije i osobine dobijene iz same slike. Postoje razne smetnje: pojava blokova (eng. *Blockiness*), zamagljenje (eng. *Blurriness*), *ringing* ... Većina postojećih mera zahteva referentnu i obradjenу sliku ili video da bi se uočili određeni artifakti. Takve mere predstavljaju ograničenja za aplikacije koje ih koriste. Bolje rešenje predstavljaju mere bez reference (eng. *no-reference metrics*). Mera bez reference nije vezana za referentnu sliku (original), već predstavlja meru za datu sliku ili video za koji se primenjuje.

### NAPOMENA:

a) Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada Nestora Reščanskog. Mentor je bio prof. dr Nikola Teslić.

b) Rad je prethodno publikovan na konferenciji TELFOR, Beograd, novembar 2009.

U ovom radu biće predstavljen algoritam za otkrivanje oštine slike bez reference, kao i uticaj pojave blokova na samo otkrivanje. U daljem tekstu će se umesto termina oština koristiti termin zamagljenje koji predstavlja suprotnu pojavu od oštine. Ocena zamagljenja je radjena bez pretpostavki na koji način je došlo do zamagljenja. Ocena je definisana u prostornom domenu kao širenje ivica. Na slikama Sl. 1 i Sl. 2 dati su primeri slika sa različitim nivoom zamagljenja. Zamagljenje je dobijeno obradom originalne slike Gausovim filtrom sa različitim vrednostima parametra  $\sigma$ .



Sl. 1 Slika zamagljena Gausovim filtrom  $\sigma = 0.4$

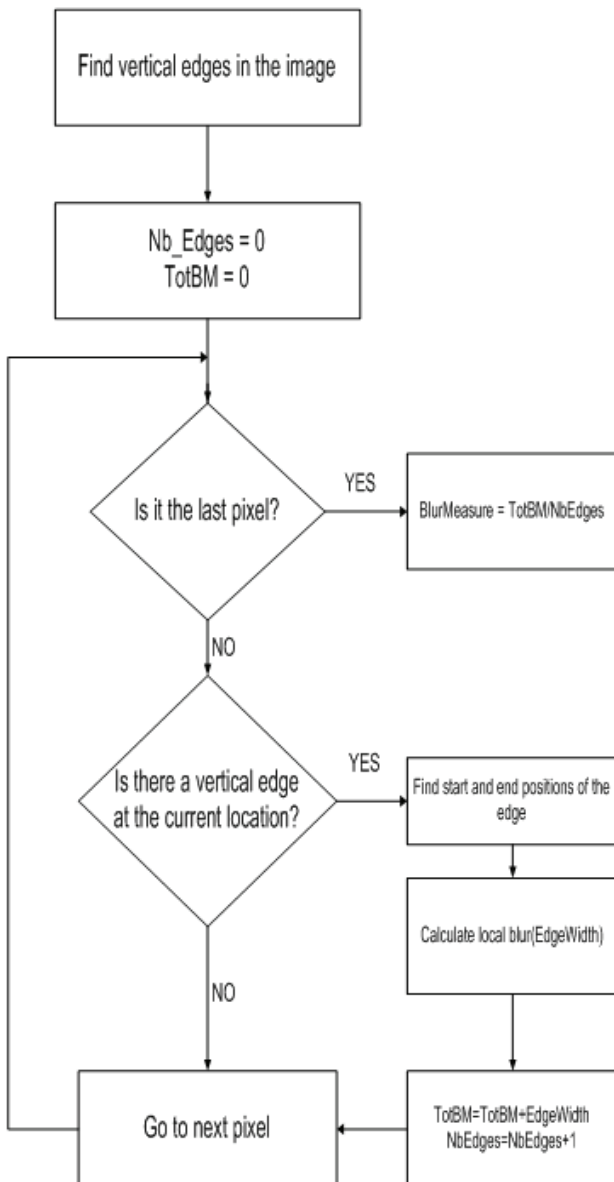


Sl. 2 Slika zamagljena Gausovim filtrom  $\sigma = 2.0$

U daljem tekstu, u poglavlju II, biće dat opis algoritma za ocenu zamagljenja slike, kao i opis funkcionalnih blokova koji ga čine. Poglavlje III sadrži opis uticaja pojave blokova na ocenu zamagljenja, kao i opis jednog rešenja tog problema. U poglavlju IV su dati ispitni rezultati predstavljenog algoritma.

## II. OPIS ALGORITMA ZA OCENU ZAMAGLJENJA SLIKE

U ovom poglavlju će biti objašnjen algoritam koji se koristi za ocenu zamagljenja slike. Slika postaje zamagljena kada se priguše visoke prostorne frekvencije spektra. Postoje razne vrste zamagljenja u zavisnosti od toga kako su nastala. Jedan od uzroka nastanka zamagljenja je kompresija slike odnosno videa. Za ovaj algoritam nisu potrebne informacije o originalnoj slici kao ni poznavanje uzroka zamagljenja. Rezultat algoritma predstavlja meru koja se odnosi na uočeno zamagljenje na određenoj slici odnosno videu. Merenje je definisano u prostornom domenu. Zamagljenje je vidljivo uz ivice uočene na slici, pa su proračuni vezani za merenje širenja ivica. Algoritam je prikazan na slici Sl. 3.



Sl. 3 Algoritam za ocenu zamagljenja slike

Prvi korak predstavlja nalaženje ivica na slici i u ovom slučaju je primenjen Sobelov operator koji se računa kao kvadratni koren od izvoda horizontalnog ( $g_x$ ) i vertikalnog ( $g_y$ ) pravca. Odgovarajući operator koji se koristi, sastoji se od 3x3 konvolucione matrice kao što je prikazano na Sl. 4.

(a) $\Delta_x$	(b) $\Delta_y$																		
<table style="width: 100%; text-align: center;"> <tr><td>-1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>-2</td><td>0</td><td>2</td></tr> <tr><td>-1</td><td>0</td><td>1</td></tr> </table>	-1	0	1	-2	0	2	-1	0	1	<table style="width: 100%; text-align: center;"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>-1</td><td>-2</td><td>-1</td></tr> </table>	1	2	1	0	0	0	-1	-2	-1
-1	0	1																	
-2	0	2																	
-1	0	1																	
1	2	1																	
0	0	0																	
-1	-2	-1																	

Sl. 4 Matrica za horizontalno i vertikalno otkrivanje ivica u Sobelovom operatoru

Izlaz Sobelovog operatora, tj. vrednost gradijenta, za diskretnu prostornu poziciju  $(x,y)$ , je data izrazom:

$$G(x, y, t) = \sqrt{g_x^2(x, y, t) + g_y^2(x, y, t)} \quad (1)$$

Drugi korak je traženje piksela koji pripadaju ivici. Traženje piksela koji pripadaju ivici izvedeno je po vertikali tj. po redovima matrice koja predstavlja sliku. Smatra se da piksel pripada ivici ako vrednost Sobelovog operatora za taj piksel prelazi određeni prag. Prag je određen eksperimentalnim putem i može da varira od slike do slike. Kada se nađe na piksel koji pripada ivici, pristupa se računanju širine ivice.

Širina ivice je računata tako što su tražene ekstremne vrednosti Sobelovog operatora u okolini piksela prepoznatog kao deo ivice. Pronalaženje ekstrema je vršeno u okviru reda u kom je prepoznat piksel ivice. *Start* i *end* su pozicije piksela koji predstavljaju nađene lokalne ekstreme, tako da je širina ivice  $EdgeWidth = end - start$  izražena u pikselima. Tako se za svaki nađeni piksel ivice računa vrednost  $EdgeWidth$ . Nakon obradene cele slike promenljiva  $TotBM$  sadrži sumu svih širina ivica za sve prepoznate piksele ivice, a  $NbEdges$  predstavlja broj prepoznatih piksela ivice. Konačna ocena zamagljenja je računata formulom:

$$BlurMeasure = TotBM/NbEdges \quad (2)$$

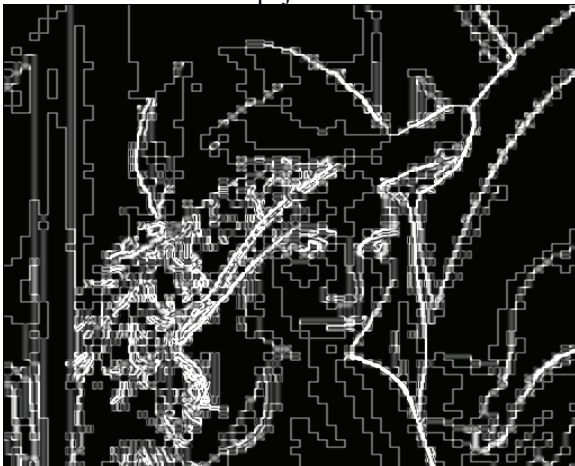
Promenljiva  $BlurMeasure$  predstavlja krajnji rezultat algoritma i to je ocena zamagljenja za datu sliku ili okvir videa.

## III. UTICAJ POJAVE BLOKOVA NA OTKRIVANJE ZAMAGLJENJA SLIKE

Poblem koji se javlja kod ocene zamagljenja zasnovane na merenju širenja ivica je uticaj pojave blokova u slici. Pojava blokova je najzastupljeniji artefakt kompresije. Posledica je grube kvantizacije a manifestuje se kao veštačka granica dva susedna bloka. Pojava blokova je posledica gotovo svih algoritama kompresije koji se zasnivaju na obradi bloka. Medju najpopularnijim algoritmima kompresije koji kao posledicu imaju pojavu blokova su JPEG i MPEG standardi. Ako je na slici izražena pojava blokova, primenom prethodno opisanog algoritma za ocenu zamagljenja dolazi se do problema da Sobelov operator blokove prepoznaje kao ivicu. Na slici Sl. 5 je prikazan izlaz iz Sobelovog operatora bez izražene pojave blokova, dok je na slici Sl. 6 izražena pojava blokova.



Sl. 5 Slika nakon primene Sobelovog operatora bez izražene pojave blokova



Sl. 6 Slika nakon primene Sobelovog operatora sa izraženom pojavom blokova

Algoritam opisan u prethodnom poglavlju, računanja obavlja na celoj slici, red po red date matrice. Prvi korak u rešavanju problema bio je da se računanje ocene zamagljenja radi na blokovima veličine 8x8 date slike. Prvobitna ideja da se algoritam za ocenu zamagljenja kombinuje sa algoritmom za ocenu pojave blokova nije davala dobre rezultate. Konačan model programske podrške je razvijen tako da se obrada obavlja nad blokovima 8x8 date slike, ali da se blokovi u kojima se nadje vertikalna linija visine osam piksela ne uzimaju u obzir. Pretpostavka je da je kod blokova kod kojih je nadjena vertikalna linija visine osam piksela, čija je vrednost veća od nekog određenog praga, došlo do pojave bloka. Prethodno spomenuti prag se računa za svaki blok posebno i predstavlja standardnu devijaciju vrednosti Sobelovog operatora za taj blok. Kao i kod algoritma opisanog u prethodnom poglavlju, računate su vrednosti *EdgeWidth*, *TotBM*, *BlurMeasure*, *NbEdges* na osnovu blokova veličine 8x8. Krajnji rezultat predstavlja srednju vrednost nad svim blokovima slike.

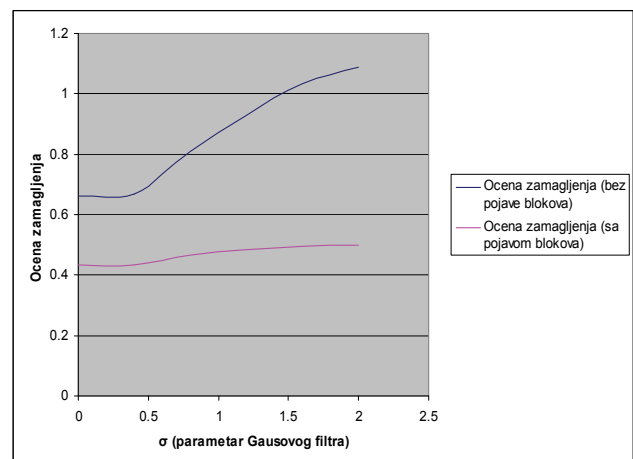
#### IV. REZULTATI ISPITIVANJA

U ovom poglavlju biće prikazani rezultati algoritma koji ne uzima i algoritma koji uzima u obzir efekat pojave blokova. Tabela 1 sadrži rezultate za skup testnih slika. Ispitivanje je obavljeno na originalnoj slici i pet nivoa zamagljenja dobijenih obradom originala Gausovim

filtru sa parametrom  $\sigma = \{0.4, 0.8, 1.2, 1.6, 2.0\}$ . Na slici Sl. 7 je prikazan grafik odnosa ocene zamagljenja i  $\sigma$  parametra Gausovog filtra. Ocena zamagljenja (bez pojave blokova) se odnosi na algoritam koji ne uzima, a ocena zamagljenja (sa pojavom blokova) algoritam koji uzima u obzir efekat pojave blokova.

Tabela 1: Testni rezultati

Testna slika	Ocena zamagljenja (bez pojave blokova)	Ocena zamagljenja (sa pojavom blokova)
Lena (original)	0.661525	0.432177
Lena( $\sigma = 0.4$ )	0.67009	0.435378
Lena( $\sigma = 0.8$ )	0.810322	0.465743
Lena( $\sigma = 1.2$ )	0.929846	0.486029
Lena( $\sigma = 1.6$ )	1.035013	0.496414
Lena( $\sigma = 2.0$ )	1.088067	0.500411
Barbara(original)	0.600138	0.440591
Barbara ( $\sigma = 0.4$ )	0.612057	0.443575
Barbara ( $\sigma = 0.8$ )	0.751262	0.475099
Barbara ( $\sigma = 1.2$ )	0.89258	0.495643
Barbara ( $\sigma = 1.6$ )	1.013649	0.51898
Barbara ( $\sigma = 2.0$ )	1.091045	0.508802



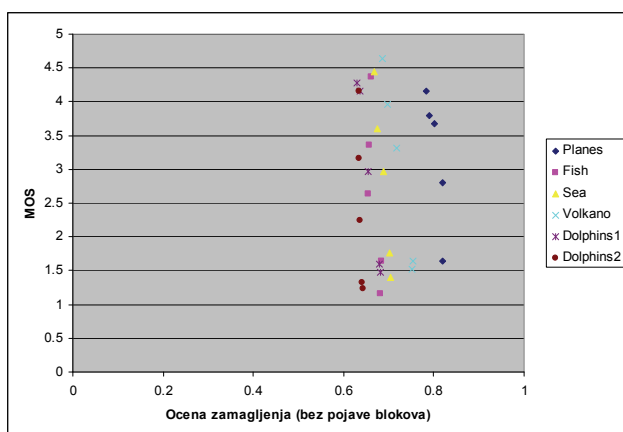
Sl. 7 Grafik odnosa ocene zamagljenja i  $\sigma$  parametra Gausovog filtra

Tabela 2 sadrži rezultate za oba algoritma za par slika, original-kompresovana. Kompresovana slika predstavlja testnu sliku sa visokim nivoom kompresije i izraženim efektom pojave blokova.

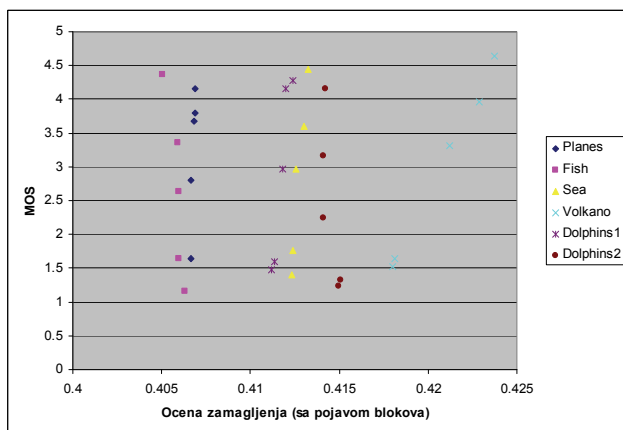
Tabela 2: Rezultati za testni par original-kompresovana slika

Testna slika	Ocena zamagljenja (bez pojave blokova)	Ocena zamagljenja (sa pojavom blokova)
Lena(original)	0.661525	0.432177
Lena(kompresovana)	1.308856	0.510601
Peppers(original)	0.736494	0.447681
Peppers(kompresovana)	1.074792	0.496327

Algoritmi su ispitivani i na testnim video sekvencama. Testne sekvence predstavljaju skup, originalni video i pet videa sa različitim nivoima degradacije. Nivoi degradacije su izraženi različitim vrednostima *bitrate*-a korišćenim pri kodovanju sekvenci (*bitrate* = 0.5, 1, 2, 3, 4 Mb/s). Za pomenute sekvence postoje subjektivne ocene (eng. Mean Opinion Score - MOS). Na slici Sl. 8 je prikazan grafik odnosa subjektivnih ocena i vrednosti algoritma za ocenu zamagljenja (bez pojave blokova), dok je na slici Sl. 9 isti odnos za algoritam za ocenu zamagljenja (sa pojavom blokova).



Sl. 8 Odnos MOS vrednosti i medijana ocene zamagljenja (bez pojave blokova)



Sl. 9 Odnos MOS vrednosti i medijana ocene zamagljenja (sa pojavom blokova)

## V. ZAKLJUČAK

Algoritmi za ocenu zamagljenja slike, koji su opisani u ovom radu, mogu da se primenjuju na slike različitih rezolucija, kao i na video sekvence. Na osnovu priloženih rezultata ispitivanja zaključeno je da algoritam koji ne

uzima u obzir efekat pojave bloka daje dobre rezultate pri ispitivanju na skupu slika koje su obrađene Gausovim filtrom. Algoritam koji uzima u obzir efekat pojave bloka daje korektno rezultate za isti skup slika, ali su razlike ocena za različite nivoe zamagljenja manje nego kod drugog algoritma. Kako se povećava nivo zamagljenja u slikama tako se povećava i sama ocena, što se može videti na odgovarajućim graficima.

Rezultati ispitivanja na postojećim video sekvencama nisu zadovoljavajući. Oba algoritma daju približne ocene za sve nivoe degradacije. Takođe se ne može uočiti uniformnost rezultata, tj. da ocena raste pri povećavanju nivoa degradacije što se može uočiti i na priloženim graficima.

## LITERATURA

- [1] Pina Marziliano, Frederic Dufaux, Stefan Winkler and Touradj Ebrahimi – „A no-reference perceptual blur metric“
- [2] Rony Ferzli, Lina J. Karam, - A No-Reference Objective Image Sharpness Metric Based on Just-Noticeable Blur and Probability Summation
- [3] L. Shizhong and A. C. Bovik, “Efficient DCT-Domain Blind Measurement and Reduction of Blocking Artifacts”, IEEE Trans. on Circuits and systems for Video Technology, Vol. 12, NO. 12, December 2002. Mark Gordon Arnold University of Wyoming: “Verilog Digital Computer Design: Algorithms into Hardware”, Prentice Hall PTR, 1999.
- [4] A. S. Carasso. Linear and nonlinear image deblurring: A documented study. SIAM journal on Numerical Analysis, 36(6):1659-1689, 1999.
- [5] J. H. Elder and S. W. Zucker. Local scale control for edge detection and blur estimation. IEEE Trans. On Pattern Analysis and Machine Intelligence, 20(7): 699-716, July 1998.

## ABSTRACT

This paper describes a no-reference algorithm for image sharpness detection. Algorithm is proposed and described in [1]. The purpose of this paper is to verify an implementation which can be integrated into a picture quality measurement system. Detailed test results are given, as well as the descriptions of the main processing blocks. The algorithm is implemented in C programming language.

## AN EVALUATION OF ALGORITHMS FOR IMAGE SHARPNESS DETECTION APPLIED TO ENCODED VIDEO SEQUENCIES

Nestor Reščanski, Maja Pokrić, Dragan Kukulj, Željko Lukač

## METODE ZA OCENU STANJA BEZ OŠTEĆENJA NADZEMNOG VODA METHODS FOR NON-DESTRUCTIVE EVALUATION OF OVERHEAD TRANSMISSION LINES

Filip Stankov, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

### Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

**Kratak sadržaj** - U ovom članku je dat prikaz metoda za utvrđivanje stanja visokonaponskih vodova. Posebno se posvećuje pažnja oceni stanja provodnika nadzemnih vodova. Takođe je opisana veza između pouzdanosti i stanja visokonaponskih vodova.

**Abstract** - The paper presents an overview of methods for condition assessment of power transmission lines. A particular attention is devoting to evaluation of aluminum conductor steel reinforced as elements of the power transmission line. It is also given a relation between reliability and condition of overhead lines.

**Ključne reči:** starenje materijala, procena stanja, indeks stanja, inspekcija, provodnici

### 1. UVOD

Posle višedecenijske intenzivne gradnje nadzemnih vodova, u sistemima se nalazi veliki broj vodova čija je hronološka starost preko 40, 50 pa i 60 godina. Usled dugotrajne upotrebe i različitih spoljnih uticaja, dolazi do pogoršanja tehnoloških stanja. Ovim se smanjuje pouzdanost vodova. Ocena trenutnog stanja pojedinačnog voda je težak i nedovoljno istražen problem. Održavanje pouzdanog rada ostarelih vodova zahteva, kao ulazne podatke, informacije o stanju opreme koja se održava. Fokus ovoga rada je na postupcima za procenu stanja.

### 2. PRIKUPLJANJE PODATAKA O STANJU PROVODNIKA

#### 2.1. Detektor korozije provodnika nadzemnih vodova

Unutrašnja korozija je glavni faktor ograničavanja radnog veka čelikom ojačanih aluminijumskih provodnika (aluminum conductor steel reinforced, ACSR) i ključna faza u procesu korozije je gubitak cinka iz pocinkovanih (galvanizovanih) čeličnih žica.

Kada se pocinkovanost izgubi, stanje provodnika se pogoršava brzo. Efekti ove pojave unutrašnje korozije nisu vidljivi, niti se mogu otkriti infra-crvenom metodom, sve dok provodnik ne bude blizu kvara što je prekasno za najefektivnija dejstva

#### NAPOMENA:

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

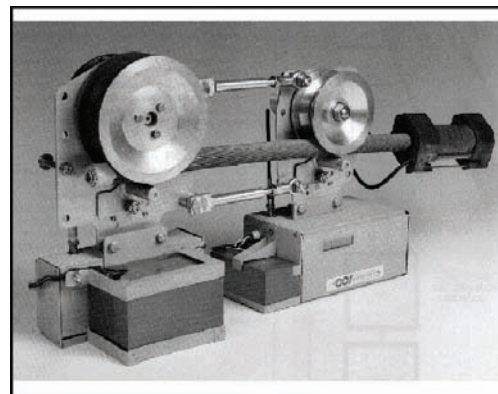
koja treba preduzeti. OHLCD (overhead line corrosion detection) je jedina dostupna metoda za direktno otkrivanje ovakvog gubitka galvanizacije. Ova ne-destruktivna tehnika inspekcije otkriva štetu mnogo pre nego što je degradacija vidljiva od strane drugih ne-destruktivnih metoda. Rano upozorenje na unutrašnju koroziju omogućava operateru da najbolje iskoristiti budžet za obnavljanje provodnika u zastareloj mreži. Korozija je uzrokovana faktorima sredine kao što su trajanje vremena povećane vlažnosti, industrijsko zagađenje i morska so prisutna u atmosferi.

Detektor se sastoji od glave za ispitivanje koja je prikačena oko provodnika i povezana sa kućištem samog uređaja. Kućište se pomera duž provodnika pomoću radio-kontrolisanog tegljača. Poseban digitalni radio emiter prenosi merenja ka stanici na zemlji gde se sve snima. Terenska stanica je povezana na računar radi obrade podataka. Obrada se može raditi trenutno ili kasnije.

Glava za ispitivanje je šupalj cilindar podeljen na dva dela po dužini i prikačen oko provodnika kao što se može videti na slici 1. Kada je zatvoren, jedan par namotaja u glavi formira polje oko provodnika, dok drugi par namotaja ima ulogu kalema za detekciju polja. Elektronska jedinica je povezana sa ovim namotajima. Struja visoke frekvencije, koja protiče kroz prvi par namotaja, generiše magnetno polje.

To polje prodire kroz provodnik i indukuje vrtložne struje oko svake žice provodnika. Naizmenični fluks indukuje napon u drugom paru namotaja. Amplituda i faza tog napona predstavlja kvalitet pocinkovanosti tih žica (koroziju) [1].

OHLCD daje meru gubitka cinka u čeličnim žicama ACSR provodnika, a ne daje direktno merenje preostalog radnog veka provodnika [2].

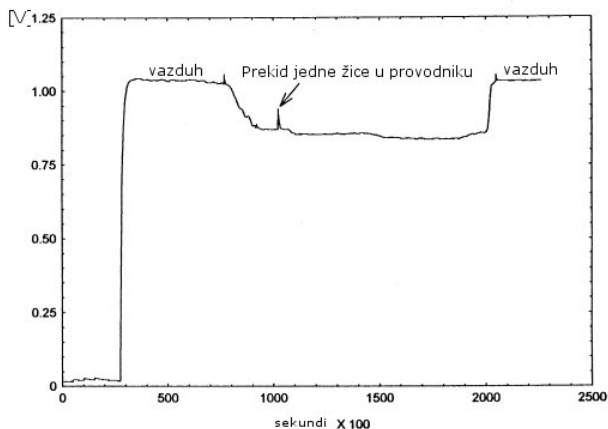


Slika 1. Detektor korozije nadzemnog voda-OHLCD

## 2.2. Uređaj za proveru gubitka poprečnog preseka provodnika nadzemnih vodova (cross-checker, CC)

Ova tehnologija ima za cilj da kvantifikuje gubitak poprečnog preseka čelične žice kod ACSR provodnika i na taj način odredi preostalu čvrstoću provodnika koji je u pogonu.

Pod-sistem CC uređaja za detekciju je u suštini sadrži rotirajući (stalni) magnet i kalem. Naspram kalema i provodnika se nalazi izvor naizmjeničnog (rotirajućeg) fluksa. Na ovaj način se provodnik nalazi između kalema i rotirajućeg magnetnog fluksa. Kada magnet rotira, njegovo polje indukuje napon u kalemu. Ovaj napon je izmeren, podešen i prikazuje se pomoću odgovarajućih elektronskih kola na izlazu uređaja. Kada se provodnik nalazi između rotirajućeg magneta i kalema, oblik i veličina magnetnog polja će se menjati i indukovani napon u kalemu će biti smanjen. Ovaj efekat se u velikoj meri pojačava kada je materijal, koji se ubacuje između magneta i kalema, feromagnetik.



Slika 2. Izgled signala prekida jedne žice u provodniku

Takav feromagnetski materijal (npr. čelik, legura čelika, gvožđe itd.) pruža putanju niske reluktanse za magnetni fluks pre nego što je u stanju da dopre do kalema, i zato ima manje fluksa na raspolaganju za indukovanje napona u kalemu.

To rezultuje smanjenim očitavanjem napona u kalemu, kao na primeru prikazanim na slici 2. Znači, visina napona koji je detektovan u kalemu je obrnuto proporcionalan poprečnom preseku čeličnog dela provodnika. Shodno tome, kako CC služi kao uređaj za proveru, ispravno kalibrisan i primenjen ima sposobnost za otkrivanje značajnih promena u količini i kontinuitetu čeličnih žica u ACSR provodniku [1].

## 3. METODE ZA PROCENU KOROZIJE ČELIČNIH STUBOVA DALEKOVODA

Tačno određivanje vrste i obima oštećenja stuba dalekovoda je neophodno za izradu odgovarajuće procene stanja i za preporuku odgovarajućih radova kako bi se isti odvijali bezbedno. Oštećenje nekog dela (elementa) se definiše kao degradacija koja dovodi do gubitka nosivosti, koja bi, ako se ne ukloni, mogla da dovede do rušenja stuba dalekovoda [3].

Vrsta i obim oštećenja komponente koja je prouzrokovana korozijom određuje se inspekcijom na terenu pomoću [3]:

- Detaljne vizuelne inspekcije,

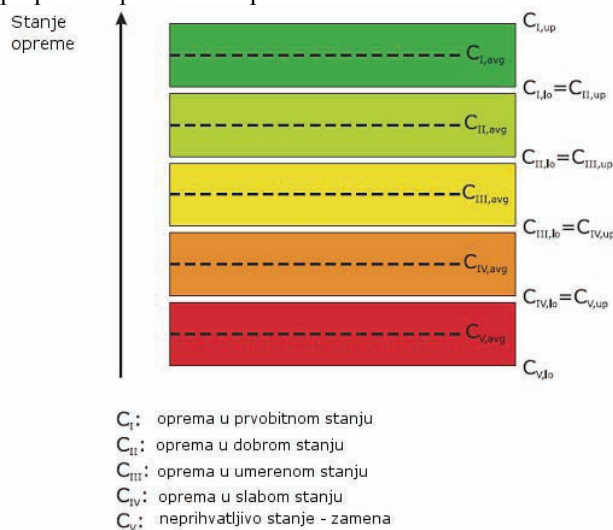
- Merenja gubitka poprečnog preseka i oblika fizičke deformacije,
- Merenja gubitka zaštitnog sloja,
- Merenja površinske zagađenosti.

Treba sastaviti veoma ekstenzivnu mapu korozije jedne zemlje iz koje može da se odrede oblasti koje su izložene najvećem riziku. Najskuplja aktivnost je primena antikorozivne zaštite stubova. To je izuzetno skupa aktivnost. Predlaže se da bi bilo više isplativo da se prvo koncentriše na stubove koji su u boljem stanju, jer će biti potrebno manje priprema, što bi rezultovalo smanjenjem troškova pružajući zadovoljavajuću zaštitu. Sposobnost bilo kojeg sistema premaza da adekvatno zaštiti čelik, značajno se oslanja na kvalitetnoj pripremi površine [4].

## 4. PROCENA STANJA

### 4.1. Povezanost između stanja i pouzdanosti

Moguće je podeliti neprekidan prostor stanja u diskretna stanja, kao što je prikazano na slici 3. Ovde je neprekidan raspon stanja podeljen u pet delova (stanja označena kao prvobitno, dobro, umereno, slabo i neprihvatljivo), počevši od "originalnog" stanja sa maksimalnim indeksom stanja ( $CI_{up} = 100\%$  ili bez habanja), završavajući sa "neprihvatljivim" indeksom stanja sa minimumom indeksa stanja ( $CV_{lo} = 0\%$  ili potpuno habanje). Zapaziti da je neprekidan raspon stanja u potpunosti pokriven sa pet delova.



Slika 3. Diskretizacija neprekidnog prostora stanja

Nakon definisanja diskretnih delova stanja, moguće je pridružiti svakom stanju odgovarajući stepen pouzdanosti koji se dobija iz postojeće bazu podataka statistike kvarova [5].

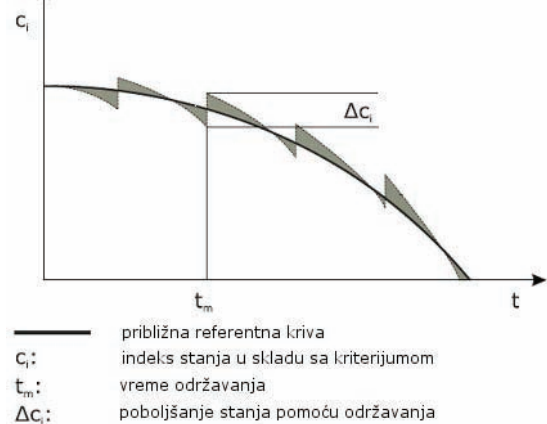
### 4.2. Procesi starenja i propadanja

Pogoršanje se dešava tokom vremena (stoga se zove "starenje") i smanjuje pouzdanost opreme i funkcionalne sposobnosti. Aktivnosti preventivnog održavanja bi mogla biti

- podmazivanje / servisiranje
- operativna / vizuelna / automatizovana provera

- inspekcija / funkcionalna provera / praćenje stanja
- obnova (reparacija)
- odbacivanje (škartiranje)

Kao što se vidi na slici 4. aktivnosti održavanja se pojavljuju na dijagramu stanja kao neposredno povećanje indeksa stanja tokom vremena, a koje definišu dva parametra, odnosno vreme  $t_m$  i njegov uticaj na stanje  $\Delta c_i$ .



Slika 4. Uticaj aktivnosti održavanja na starenje

Kako se aktivnosti održavanja javljaju u različitim momentima za različite jedinice iste podgrupe, može se pretpostaviti da su parovi  $(\Delta c_i, t_m)$  stohastične promenljive u odnosu na vreme. Isprekidana kriva (slika 4.) se tada može aproksimirati da se dobije padajuća kriva (neprekidna linija) sa odgovarajućim intervalom poverenja. Može se videti da aproksimativna kriva opisuje proces "starenja" (aproksimirana kriva monotono opada). U ovom trenutku se mora istaći da se aproksimativna kriva starenja uvek mora razmatrati zajedno sa primenjenim planom održavanja, precizniji izraz bi možda bio "kriva starenja-održavanja" [5].

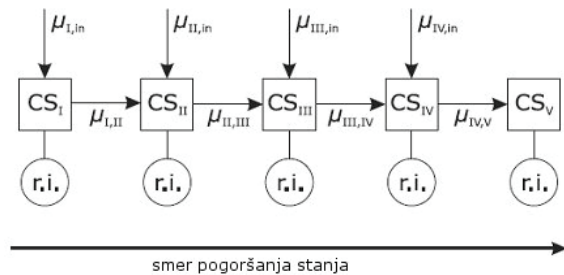
### 4.3. Pojednostavljenje modela

Poslednji korak je kombinacija predhodno predstavljenih modula u pojednostavljen Markovljev lanac. Slika 5. prikazuje jedan takav model lanca sa pet stanja kao na slici 3. U produžetku, su date neke primedbe o slici 5. [5]:

- 1) Kako je već ranije napisano, kombinovani proces "starenje - održavanje" ima tok u samo jednom pravcu (zbog pogoršanja, indeks stanja monotono opada)
- 2) Kako starenje opisuje kontinuirani proces pogoršanja stanja, ne postoje prelazi između stanja koja nisu uzastopna.
- 3) Prelazne stope označene sa indeksom  $in$  predstavljaju instalaciju opreme u sistem (stope instalacije). U većini slučajeva (npr. za prekidač) nova oprema će biti instalirana, i zbog toga će im biti dodeljeno stanje I, međutim, za neke grupe opreme (npr. transformatori) novo instalirana oprema je već možda bila pod uticajem starenja.
- 4) Svako stanje ima sopstveni skup indeksa pouzdanosti, kao što je ranije opisano. Ova informacija, zajedno sa verovatnoćama da će

oprema da ostane u pojedinačnom stanju (ili vreme boravka u svakom stanju), tada može doneti prognozu za buduće ponašanje pouzdanosti opreme. Ovaj pristup nudi veliku prednost u odnosu na modelovanje kvarova kao posebno stanje uvršteno u Markovljev lanac, jer omogućava da se zanemari svaki kvar koji nije izazvan starenjem (na primer slučajni kvar).

- 5) Pretpostavlja se da je vreme potrebno za popravku posle kvara zanemarljivo u odnosu na vreme boravka u određenom stanju rada. Ova pretpostavka je opravdana za većinu grupa visokonaponske opreme.



$CS_i$ : stanje opreme

$\mu_{i,j}$ : prelazna stopa iz stanja  $i$  u stanje  $j$

$\mu_{i,in}$ : instalaciona stopa u stanje  $i$

$r.i.$ : skup indeksa pouzdanosti za svako stanje

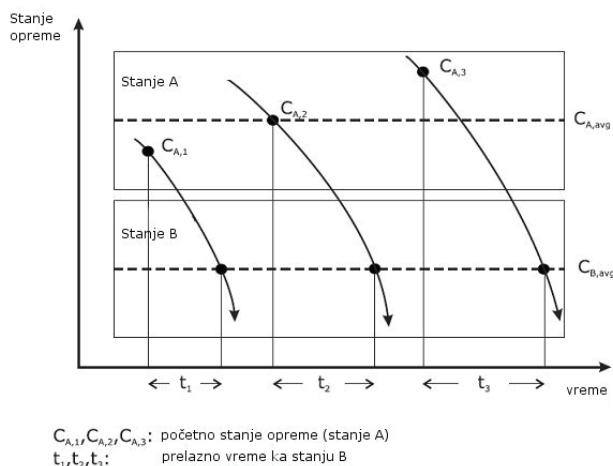
Slika 5. Pojednostavljenje modela kao Markovljev lanac

U radu [5] se koristi drugačiji pristup, koji će biti objašnjen na osnovu slike 6. Sa razdvajanjem stanja, svako stanje je opisano svojom gornjom i donjom granicom za indeks stanja. Za svako stanje se vrši Monte Karlo simulacija u dva koraka na sledeći način [5]:

- U prvom koraku, indeks stanja dobija  $n$  slučajnih vrednosti iz osnovnog skupa  $[C_i, low; C_i, up]$ ,  $i=1, (1), 5$ .
- U drugom koraku za svaki od  $n$  vrednosti indeksa stanja  $C_j$  dobijenih iz prvog koraka,  $m$  vektora stanja (svojevrсна grupa od pojedinačnih ocena sa obzirom na pokazatelje stanja – videti odeljak 4.4.) se nasumično dobija  $sk = \{sk, 1; sk, 2; \dots; sk, b\}$
- Za svaki od  $n \cdot m$  različitih vektora stanja (odnosi se na različita pojedinačna stanja usled diskretizacije stanja) razvoj indeksa stanja je simuliran tokom vremena i prelazno vreme u sledeće stanje  $(i + 1)$  je određeno.
- Kao rezultat simulacija, važne statističke informacije u vezi sa prelaznim vremenom su dobijene, na primer: srednja vrednost, standardno odstupanje, minimalne i maksimalne vrednosti.
- Gore pomenuti postupak se ponavlja za sva diskretna stanja.

Dok recipročna srednja vrednost prelaznog vremena daje procenu prelazne stope, standardno odstupanje pruža informaciju o statističkim intervalima poverenja u vezi sa ovom procenom i minimalna vrednost prelaznog vremena se može koristiti u analizi najgoreg slučaja. Na slici 6. je opisana procedura prikazana za tri različite realizacije vektora stanja  $s$ . Kao što se može videti, postoje tri

različita prelazna vremena iz stanja A ka stanju B, u zavisnosti od početnog stanja [5].



Slika 6. Izvođenje prelaznih stopa

#### 4.4. Pokazatelji stanja

Ocena stanja se može sprovesti na osnovu više grupa pokazatelja stanja (rating criteria). Tako autor [6] navodi sledeće grupe ocena stanja za prekidače (pri čemu se analogno razmatranje može primeniti i za vodove):

I Ekonomski aspekti: posledice kvara, stručnost ekipe za opravku, raspolaganje rezervnim komponentama i budući troškovi održavanja.

II Istorija rada: ukupno vreme rada, broj prekidanja, ukupni broj operativnih ciklusa komutacije.

III Karakteristike tipova: kućišta, položaj, vrsta pogonskog mehanizma, problemi u radu, sredstvo za gašenje luka.

IV Tehničko stanje: vreme rada motora, otpornost kontakata, analiza ulja/gasova, pozicija elementa za akumulaciju energije, sklopni ciklus, sinhronizacija.

U okviru svake grupe kriterijuma za ocenu stanja se definišu numeričke ocene (score), od lošeg do odličnog stanja, npr. loše stanje 0, odlično stanje 1. Svaki od tih aspekata stanja (I, II, III, IV) ima različit uticaj na sveukupno stanje (različit značaj ili težinu).

Da bi se odredila ta numerička ocena prethodno se formira skup često opisnih, a kad je to moguće i numeričkih podataka – indikatora stanja. Tako, na primer, ako se ocenjuje stanje prekidača na osnovu ekonomskih aspekata, pa je jedan od njihovih aspekata "posledice kvara" ("failure consequences", videti tabelu I [6]), opisna indikacija stanja je: "kvar se širi na druge delove opreme". Predlaže se da se takva indikacija stanja oceni sa 0.5 (score=0.5). Ili drugi primer, koji pokazuje da ako su u okviru ekonomskih aspekata analizirani troškovi budućih održavanja i ako je odgovarajuća opisna indikacija stanja da su budući troškovi održavanja u toku godine 40%-70% od godišnjih troškova za reinvestiranje, onda tome odgovara, prema tabeli I, ocena 0.5 (score=0.5). Tako se na bazi eksperatskih iskustava, vrlo različite informacije o stanju (u ovom slučaju prekidača), na osnovu jednog od 4 predložena pristupa (ovde ekonomskih aspekata) dobijaju ocene različitih kriterijuma ocenjivanja.

Na ovaj način se različiti ekonomski aspekti kvaliteta numerički ocenjuju bezdimenzionim veličinama primenom znanja eksperata. Oni na osnovu svog znanja procenjuju indikatore stanja i ocenjuju ih numerički od 0 do 1 (tj. score=0 je veoma loše, neprihvatljivo stanje; score=1 je odlično, prvobitno stanje), a sve na bazi prethodno definisanih tabela (definisane takođe od strane stručnjaka za tu oblast). U okviru ovih tabela, eksperti svakoj grupi kriterijuma za ocenjivanje stanja (rating criteria) pridružuju i adekvatne težinske faktore (weight) kojima se opisuje značaj aspekta ocenjivanja stanja.

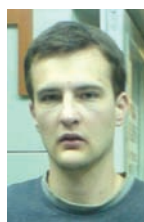
## 5. ZAKLJUČAK

Sa stanovišta ekonomskih aspekata (na primer) ocena stanja neke komponente formuliše se kao zbir procena svakog ekonomskog aspekta stanja (rating criteria) pomnoženog unapred definisanom veličinom težine (weight) – značaja. Ovim se raznorodni aspekti ocene stanja komponente svode na jedinstvenu cifru. Ovo je neophodno za dalje inženjerske analize kao što je komparacija i planiranje održavanja na bazi stanja CBM (condition based maintenance), RCM (reliability centered maintenance), RBM (risk based maintenance), ... Budući rad se može zasnivati na daljem istraživanju u oblasti donošenja eksperatskih odluka pri definisanju različitih indikatora stanja i numeričkom vrednovanju [6].

## 6. LITERATURA

- [1] Electric Power Research Institute (EPRI) Inc. Inspection & Assessment of Overhead Line Conductors, Palo Alto, California, U.S.A.
- [2] Cormon Ltd. Corrosion monitoring systems, www.cormon.com
- [3] Mayer P. Corrosion evaluation methods for power transmission lines, Ontario Hydro Technologies, Canada
- [4] Edward (Ed) Thornton, William (Bill) Wilkinson, Review of maintenance Practices & Expenditures Report, E. I. du Pont de Nemours and Company Wilmington, DE 19898, 2008.
- [5] Athanasios Krontiris, Gerd Balzer, Condition assessment of power system equipment: the impact of ageing and deterioration, 16<sup>th</sup> PSCC Glasgow, Scotland, July 2008.
- [6] Thanos Krontiris, Gerd Balzer, Utilization of rating matrices for the condition assessment of high-voltage equipment, Power Tech, 1-5 July 2007, Lausanne, Switzerland

### Kratka biografija:



**Filip Stankov** rođen je u Senti 1984. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Elektroenergetika odbranio je 2011. god.

**KOMPARACIJA SAVREMENIH MULTIMEDIJALNIH AUTHORIZING OKRUŽENJA  
COMPARISON OF MODERN MULTIMEDIA AUTHORIZING ENVIRONMENT**Dragan Savić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – Cilj ovog rada je komparacija karakteristika tehnologija *Flash/Flex* i *Silverlight*. Sa teorijske i praktične strane su obrađeni različiti problemi, kako bi se sagledale prednosti neke tehnologije. Izrada chat aplikacije imala je za cilj da se na praktičnom primeru provere teorijski zaključci. Chat aplikacija obezbeđuje logovanje korisnika i slanje poruka drugim korisnicima.

**Abstract** – The aim of this paper is to made comparison of characteristics of technology *Flash/Flex* and *Silverlight*. With theoretical and practical side are discussed various problems, in order to realize the benefits of some technologies. Creating chat applications was aimed to test theoretical conclusions on practical example. Chat application provides user login and send messages to other users.

**Cljučne reči:** *Flash, Flex, Silverlight, komparacija*

**1. UVOD**

Sa razvojem interneta kao globalnog sistema komunikacija, došlo je i do rasta popularnosti internet aplikacija. U tradicionalnim internet aplikacijama, interakcija je ograničena na mali skup standardnih kontrola, što ozbiljno ograničava sposobnosti za stvaranjem korisnih i angažovanih stranica. Ovo je dovelo do pojave nove generacije internet aplikacija, tzv. bogatih internet aplikacija – RIA (*Rich Internet Application*). RIA aplikacije su donele mogućnost korišćenja šireg raspona kontrola, za poboljšanje korisničke interakcije sa interfejsom, a koje su bile rezervisane za standardne desktop aplikacije.

Iako je broj multimedijalnih tehnologija, koje su se pojavile poslednjih godina, znatno povećan, *Flash/Flex* i *Silverlight* tehnologije su se istakle kao najsveobuhvatnije (pružaju najviše mogućnosti prilikom izrade bogatih internet aplikacija) i najrasprostanjenije (imaju najveću zastupljenost).

Multimedijalna *Authoring* okruženja predstavljaju softverske sisteme koji obezbeđuju kreiranje multimedijalnih prikaza, koji se kao takvi mogu iskoristiti za nosioce interakcije u RIA aplikacijama [1]. Krajnji cilj ovog rada je da se upoređivanjem različitih multimedijalnih *Authoring* okruženja sagledaju prednosti jedne tehnologije u odnosu na drugu.

**NAPOMENA:**

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

**2. FLASH I FLEX**

Jedan od *Adobe*-ovih ciljeva je da iskoriste veliki broj dizajnera koji su već upoznati sa *Adobe*-ovim alatima za dizajniranje. *Adobe* obezbeđuje širok spektar web i grafičkih dizajn alata u svojim *Creative Suite* aplikacijama. Ovo uključuje *Flash*, *Photoshop*, *Illustrator*, *Catalyst* i *Fireworks*. Time se promoviše značaj povezanosti dizajnera i programera.

**2.1. Flash**

*Adobe Flash* [2] je multimedijalna platforma koja služi za dodavanje animacija, videa i interaktivnosti na web strane. *Flash* se često koristi za pravljenje reklamnog sadržaja i igara. U poslednje vreme je pozicioniran kao alat za pravljenje bogatih internet aplikacija.

*Flash* manipuliše sa vektorskom i rasterskom grafikom, kako bi obezbedio animaciju teksta, crteža i fotografija. *Flash* sadrži objektno-orijentisani jezik – *ActionScript*. *Flash* sadržaj može biti prikazan na različitim računarskim sistemima i uređajima, pomoću *Adobe Flash Player*-a, koji je dostupan besplatno za web pregledače, neke mobilne telefone kao i za određen broj drugih elektronskih uređaja, kao *plug-in*.

*Flash* podržava različite platforme (*Windows, Mac, Linux, Solaris, HP-UX, Pocket PC, OS/2*, i drugi).

**2.1.1. ActionScript**

*ActionScript* je objektno orijentisani jezik razvijen od strane *Macromedia*-je, a danas u vlasništvu i pod razvojem *Adobe Systems* kompanije. *ActionScript* je stvoren za kontrolu jednostavnih 2D vektorskih animacija u *Adobe Flash*-u. Inicijalno je bio fokusiran na animaciju jer ranije verzije *Flash* sadržaja su donosile mali broj interaktivnih funkcionalnosti i imale su veoma ograničene skripting mogućnosti. Kasnije verzije su donele nove funkcionalnosti omogućavajući kreiranje web baziranih igara i bogatih internet aplikacija.

**2.2. Flex**

*Adobe Flex* [3] je softversko razvojni paket – SDK (*Software Development Kit*), razvijen od strane *Adobe Systems* kompanije za razvoj i podizanje bogatih internet aplikacija baziranih na *Adobe Flash* platformi. *Flex* aplikacije se isporučuju na web uz pomoć *Adobe Flash Player*-a, dok je za radne (desktop) aplikacije zadužen *Adobe AIR*.

*Flex* je nastao sa ciljem obezbeđivanja toka i programskog modula sa kojim su upoznati tradicionalni aplikacijski programeri. MXML, produkt XML-a, nudi način da se izgradi i izgled korisničkog grafičkog interfejsa. Sama interaktivnost se postiže korišćenjem *ActionScript* jezika.

### 3. SILVERLIGHT I WPF

Jedan od ciljeva *Silverlight*-a je da iskoristi WPF (*Windows Presentation Foundation*), *.NET Framework* i svoju utvrđenu programersku bazu. WPF se koristi da pruži krajnji vizuelni prikaz za sve *Windows* bazirane aplikacije. WPF ima pristup celoj *.NET Framework* klasi biblioteka, ali *Silverlight* ima pristup samo delu istog. Sa druge strane, *Silverlight*, poseduje neke dodatke koji se ne nalaze u WPF-u. *Silverlight* aplikacije se mogu pokrenuti na *desktop*-u ili u *web* pregledaču unutar *Silverlight Media Player*-a.

Jedan od ciljeva *Silverlight*-a je da omogući WPF i *.NET* programerima da razvijaju *Silverlight* aplikacije bez mnogo treniranja, u sklopu svoje *Microsoft Web* platforme.

#### 3.1. Silverlight

*Silverlight* [4] integriše multimediju, grafiku, animaciju i interaktivnost u jedno izvršno okruženje. Cilj *Microsoft*-a je da pomoću ove tehnologije omogući izradu bogatih *web* aplikacija klijenata, koje će biti podržane od strane što većeg broja internet pretraživača, odnosno aplikacija koje će se izvršavati na velikom broju operativnih sistema i hardverskih platformi.

Pogodan je za izradu multimedijalnih aplikacija, jer njegove mogućnosti znatno premašuju mogućnosti klasičnog HTML jezika. *Silverlight* možemo smatrati *Microsoft* alternativom i konkurentom *Flash* tehnologiji. *Silverlight* predstavlja kulminaciju dva trenda - želje da se prošire mogućnosti *web* stranica kako bi uključile sve više i više mogućnosti bogatih klijentskih aplikacija i želje da se *.NET* platformi da širi doseg.

*Silverlight* podržava *Windows* i *Mac* operativne sisteme.

##### 3.1.1. Programski jezik C#

C# jezik se razvija kao proceduralni, objektno orijentisani, sintaksno baziran na C++ jeziku sa uključenjem aspekata nekoliko drugih programskih jezika (*Delphi* i *Java*) i sa posebnom pažnjom na uprošćenosti.

Jezik C# nema ograničenja u pogledu toga kakve sve aplikacije možemo napraviti. C# trenutno predstavlja jedan od najkompleksnijih i najperspektivnijih programskih jezika, sa konstantnim rastom tržišnog udela.

##### 3.1.2. Microsoft Expression Blend

*Expression Blend* je dizajnerski alat za pravljenje korisničkih interfejsa, razvijen od strane *Microsoft*-a za kreiranje bogatih grafičkih interfejsa za *web* i *desktop* aplikacije. Razvijen je za potrebe razvoja XAML baziranih interfejsa za WPF i *Silverlight* aplikacije.

#### 3.2. WPF

Razvijen od strane *Microsoft*-a, *Windows Presentation Foundation* (WPF) je grafički podsistem za renderovanje korisničkog interfejsa u *Windows* baziranim aplikacijama. Tehnologija koristi XAML, produkt XML-a, za definisanje i povezivanje različitih elemenata korisničkog interfejsa. WPF aplikacije mogu biti samostalni *desktop* programi ili postavljeni kao ugrađeni objekti na nekom *web* sajtu.

### 4. UPOREDNE KARAKTERISTIKE

Upoređen je rad sa animacijama i stilovima na *Silverlight* i *Flex* platformi. Objasnjeno je način pristupa klipbord, kao i *web* kameri i mikrofoni. Predstavljene su razlike u

performansama i zastupljenosti obrađivanih RIA tehnologija.

#### 4.1. Animacije

*Flex* koristi *frame* bazirani animacioni model. To znači da se izvršavanje funkcija i događaja događa kada novi animacioni *frame* treba da bude nacrtan. *Flex* iscrtava 30 frejmova po sekundi ako je moguće. Grafičke funkcije imaju prioritet i odmah se pozivaju.

*Flex* 4 koristi novi komponenti model nazvan *spark*. *Spark* komponente su dizajnirane da omoguće bolji odnos programersko-dizajnerskog toka, i da dozvole izradu izraženijih (izrazitijih) aplikacijskih interfejsa.

*Animate* klasa služi za specificiranje osobina i vrednosti koje želimo da animiramo, podešavajući parametre *SimpleMotionPath* klase. *SimpleMotionPath* klasa se koristi za specificiranje imena efekta koji želimo da primenimo i početnih i krajnjih vrednosti koje će taj efekat da ima za vreme trajanja animacije. *Play()* metod se koristi za aktiviranje animacije. Za pravljenje kompleksnijih, više-senkvenjalnih animacija, se koriste *MotionPath* i *KeyFrame* klase.

*Silverlight* je zasnovan na WPF animacionom modelu, koji je vremenski zasnovan (*time-based*) a ne na frejmovima (*frame-based*). To znači da mi definišemo početne i krajnje uslove po kojima će se kretati naš objekat. *Silverlight* iscrtava do 60 frejmova po sekundi, ali stvaran broj zavisi od hardverskih performansi. *Silverlight* sam izračunava koliko je frejmova potrebno za izvršenje neke akcije.

Animacije u *Silverlight*-u su kreirane pomoću *System.Windows.Media.Animation* paketa, i posebno, *Storyboard* klase. *Storyboard* klasa služi za kontrolu animacije, zajedno sa *timeline* klasom koja definiše segmente vremena, i obezbeđuje objekat i potrebne informacije za svoje animacije.

Zbog lakšeg, bržeg i kvalitetnijeg pravljenja animacija u *Silverlight*-u, većina programera/dizajnera koristi *Microsoft Expression Blend* alat. *Blend* ima dva radna okruženja (*workspace*-a) u kojima se u potpunosti obavlja stvaranje animacija. *Design* okruženje služi za dizajniranje objekata koje želimo da animiramo. *Animation* okruženje služi za kreiranje samih animacija.

#### 4.2. Stilovi

*Flex* koristi tradicionalni CSS pristup [6]. Svaka komponenta može da koristi drugačiji stil. Komponente specificiraju stil koristeći tradicionalnu CSS sintaksu. Elementi se mogu referencirati na stil koristeći *styleName* = "*customLabel*".

*Silverlight* ima drugačiji pristup kod stilova [7]. Stilovi su definisani kao *Static Resources* u *App.xaml* i kompajlirani su u aplikaciju. *TargetType* specificira kojoj komponenti (*Canvas*, *Button*, *TextBlock*, *TextBox*...) se dodeljuje stil. Ukoliko kod definisanja stilova, postavimo i ključnu reč *Key*, tada je moguće za neki tip komponente, definisati više različitih stilova.

#### 4.3. Web kamera i mikrofoni

Podrška za *web* kameru i mikrofoni je jedna od ključnih stavki u pravljenju bogatih internet aplikacija.

U *Flex*-u postoji *VideoDisplay* kontrola u okviru koje možemo da prikazemo video sa *web* kamere. Pristup kameri u *Flex*-u se izvršava u par linija koda. Ukoliko korisnik poseduje kameru *Flex* će prikazati iskačući

prozor u kome se od korisnika zahteva da odobri pristup *web* kameri. U okviru *VideoDisplay* kontrole, moguće je podesiti rezoluciju u kojoj će se vršiti prikaz videa sa kamere.

Pristup *web* kameri i mikrofONU u *Silverlight*-u je omogućen tek u poslednjoj verziji *Silverlight* 4. Klasa *captureSource* nam obezbeđuje metode za rad sa određenim, asociiranim, audio i video uređajima za snimanje. Uz pomoć metoda *VideoCaptureDevice* i *AudioCaptureDevice*, klase *captureSource*, vršimo izbor video i audio uređaja. *VideoBrush* ispunjava određenu oblast sa video sadržajem. Slično kao kod *Flex*-a, i u *Silverlight*-u je potrebna dozvola od strane korisnika za pristup mikrofONU ili kameri.

Za razliku od *Flex*-a, čije funkcije za rad sa kamerom i mikrofonom, omogućavaju audio i video prenos (*streaming*) preko *web*-a, kod *Silverlight*-a to nije moguće. Samim tim, pravljenje raznih audio i video *chat* aplikacija i konferencija, koje podrazumevaju prenos slike i zvuka u realnom vremenu, za sada nije izvodljivo u *Silverlight*-u (ova funkcionalnost je najavljena za narednu verziju - *Silverlight* 5).

#### 4.4. Pristup klipbordu

Pristup klipbordu je zanimljivo poređenje jer *Silverlight* i *Flash* 10 koriste u potpunosti različite pristupe. Pristupanje klipbordu u *Flex*-u se uopšte ne razlikuje od istog pristupa u *Flash*-u 10. Odrađeno je korišćenjem *Flash* 10 *ActionScript* *api*-ja i nikakvo posebno *Flex* kodiranje nije potrebno.

Pristup klipbordu u *Silverlight*-u je mnogo jednostavniji od istog u *Flex*-u. Ukoliko bi hteli da kreiramo lep meni koji se aktivira na desni taster miša, ili da dodamo *ctrl+V* podršku za celu aplikaciju, bilo bi potrebno mnogo više kodiranja. Sa druge strane, već ponuđena fleksibilnost koju nam nudi *Silverlight*, dozvoljavajući pristup klipbordu korišćenjem bilo kog korisnički iniciranog događaja je sasvim dovoljna za većinu korisničkih potreba.

#### 4.5. Perfomanse

Test animacija [5], za merenje perfomansi, je zamišljena kao skup objekata (lopti) u jednom zatvorenom prostoru, pri čemu se lopte kreću menjajući brzinu prilikom udaranja u druge lopte ili ivice zida.

Ono što se odmah može zaključiti iz ovog testa je da su perfomanse pod *Silverlight* okruženjem dosta bolje nego pod *Flex* okruženjem. Pad perfomansi kod *Flex*-a, pri povećanju broja objekata (lopti) u ovom testu, sa 16 na 64, iznosi do 50%. Kod *Silverlight*-a, je taj pad neznatan u poređenju sa *Flex*-om, i iznosi od 3% do 6%.

Jedna od glavnih razlika između *Flex*-a i *Silverlight*-a je što je *Flex* *single-threaded*, dok je *Silverlight* *multi-threaded*. Ova mogućnost *Silverlight*-u omogućava dosta bolje perfomanse kod kompleksnijih bogatih internet aplikacija, u kojima su podržane *multi-threaded* funkcije. *Adobe Flash*, za razliku od *Microsoft Silverlight*-a, ima ugrađenu podršku za 3D grafiku, što mu daje prednost pri radu sa 3D objektima.

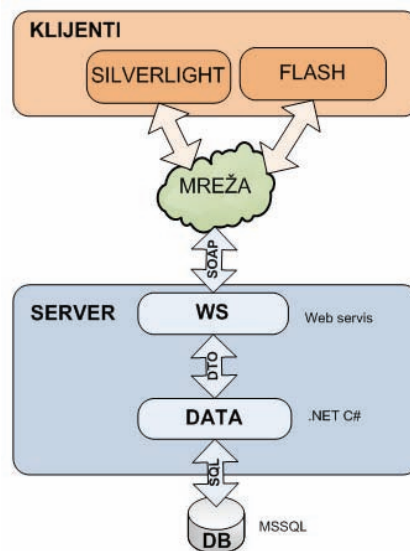
#### 4.6. Zastupljenost

*Flex* ima veliku prednost nad *Silverlight*-om po pitanju „zrelosti“ proizvoda, veličini programerske zajednice i proizvodnji sistema. Najveća prednost je u tome što je *Flash Player* instaliran na preko 97% današnjih

računarskih sistema u celom svetu, po podacima sa sajta *riastats* [10]. Sa druge strane, zastupljenost *Silverlight Player*-a iznosi oko 74%. *Flash* podržava različite platforme (*Windows*, *Mac*, *Linux*, *Solaris*, *HP-UX*, *Pocket PC*, *OS/2*, i drugi). *Silverlight* podržava samo *Windows* i *Mac* operativne sisteme.

## 5. RAZVOJ CHAT APLIKACIJE

U cilju komparacije savremenih multimedijalnih authoring sistema, razvijena je *chat* aplikacija sa klijentima baziranim na *Silverlight* i *Flash* tehnologijama. *Chat* aplikacija treba da obezbede jednostavnu *chat* komunikaciju između više korisnika. Aplikacija je zasnovana na klijent-server arhitekturi. Na Slici 17 je prikazana arhitektura *chat* aplikacije.



Slika 1 Arhitektura *chat* aplikacije

Komunikacija između klijenta i servera se ostvaruje preko *web* servisa i SOAP protokola. Namena servera je da radi sa bazom podataka, i da putem *web* servisa komunicira sa klijentima.

Aplikacija se sastoji od servera koji služi da nam omogući isti način pristupa podacima. Na klijentskoj strani su u *Silverlight* i *Flash* tehnologiji implementirane *chat* aplikacije.

Aplikacija obavlja dve osnovne funkcije – logovanje korisnika na system i komunikaciju, odnosno slanje poruka, ka drugim korisnicima.

#### 5.1. Baza podataka

Kao baza u ovim aplikacijama je korišćen *Microsoft SQL Server* 2008. U njoj se čuvaju podaci o korisnicima i o poslatim porukama.

Bazu podataka *chat* aplikacije čine tabele *MESSAGES* i *USERS*. *MESSAGES* sadrži polja *MessageId* (Id poruke), *From* (Id korisnika koji šalje poruku), *To* (Id korisnika koji prima poruku), *Text* (sadržaj poruke), *Time* (vreme slanja poruke) i *Delivered* (da li je poruka isporučena ili ne). Primarni ključ tabele je *MessageId*. *USERS* sadrži polja *UserId* (Id korisnika), *User* (ime korisnika) i *Password* (šifra korisnika).

#### 5.2. Server

Sama arhitektura *chat* aplikacije nije kompleksna. Server je rađen u C# programskom jeziku i koristi .NET

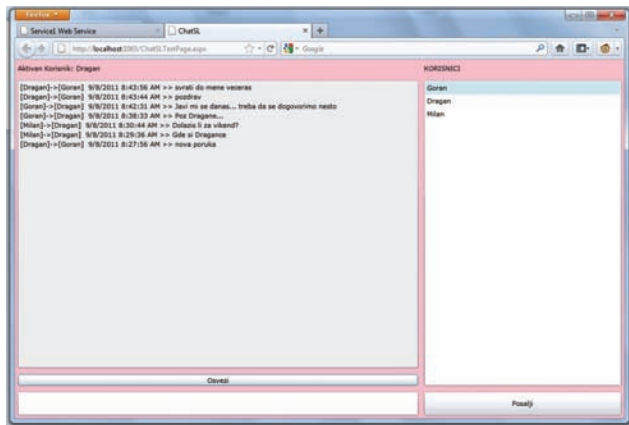
*Framework*. *Data Base Model* služi da radi sa bazom podataka. Njegove metode poziva *web* servis prilikom svakog pokušaja pristupa bazi podataka.

Komunikacija između klijenata i servera, se obavlja preko *web* servisa. Za izradu *web* servisa korišćene su alatke *Microsoft Visual Studio* i *.NET 3.5 Framework*. Isti servis pozivaju klijenti rađeni u *Flex-u* i *Silverlight-u*, te je na taj način obezbeđena podjednaka podrška za obe *chat* aplikacije. *Web* servis *chat* aplikacije čine sledeće *web* metode – *Login*, *GetMessage*, *GetUsers*, *GetUsersId* i *SendMessage*.

### 5.3. Klijenti

Klijenti komuniciraju sa serverom preko mreže (Internet, LAN) putem SOAP protokola. Rađeni su u dve različite tehnologije: *Silverlight* i *Flash/Flex*.

Klijenti treba da obezbede istu funkcionalnost u obe obrađivane tehnologije. Osnovne funkcionalnosti koje nam oni obezbeđuju su – logovanje korisnika, slanje poruka drugim korisnicima i primanje poruka od drugih korisnika.



Slika 2 Izgled *chat* aplikacije

Prozor za logovanje korisnika služi za omogućavanje pristupa korisnika, glavnom prozoru za slanje i pregled poslanih poruka ka drugim korisnicima i primljenih poruka od strane drugih korisnika.

Pokretanjem aplikacije, korisniku se otvara dijalog prozor za logovanje. Korisnik unosi svoje korisničko ime i lozinku, a zatim klikom na dugme *Potvrdi* pristupa glavnom prozoru.

Glavni prozor, sa Slike 2, služi za *chat* komunikaciju sa drugim korisnicima. To podrazumeva slanje poruka drugim korisnicima i primanje poruka od strane drugih korisnika.

#### 5.3.1. Opis implementiranih klasa *chat* klijenta u *Silverlight* i *Flex/Flash* tehnologiji

Klase koje implementiraju *Silverlight* *chat* aplikaciju su: *LoginWindow*, *MainPage* i standardna *Silverlight* klasa *App*. *LoginWindow* klasa služi za logovanje korisnika. *MainPage* služi za *chat* komunikaciju sa drugim korisnicima. Dizajn aplikacije je opisan u klasama *LoginWindow.xaml* i *MainPage.xaml*. Programski kod, odnosno logika, koja stoji iza dizajna, se nalazi u klasama *LoginWindow.xaml.cs* i *MainPage.xaml.cs*.

Klase koje implementiraju *Flash/Flex* *chat* aplikaciju su: *LoginWindow.mxml* i *ChatFL.mxml*. *LoginWindow* klasa služi za logovanje korisnika. *ChatFL* klasa služi za *chat* komunikaciju sa drugim korisnicima. Za razliku od

*Silverlight-a*, gde se logika aplikacije smešta u posebnu klasu, kod *Flex-a* to nije slučaj. *Actionscript* kod se odvaja posebnim *tag-om* `<mx:Script>` `</mx:Script>` od ostatka *mxml* koda.

## 6. ZAKLJUČAK

Izbor prave tehnologije za bogate internet aplikacije (RIA), u nekim slučajevima je veoma kritično i u potpunosti zavisi od zahteva korisnika. Sa tačke gledišta zastupljenosti tehnologija *Flex* izlazi kao pobednik zbog zastupljenosti na skoro svim postojećim platformama, za razliku od *Silverlight-a*, koji ne podržava *Linux*. *Flash Player* je instaliran na većem broju korisničkih računara, dok je broj korisnika koji ima instaliran *Silverlight* manji. Audio i video funkcionalnosti su ponovo bogatije na *Adobe* platformi, koji sa svojim poboljšanim multimedijalnim mogućnostima, korisnicima pruža veće iskustvo.

*Silverlight* je bolji u radu sa stilovima. Ako se uzmu u obzir kompjuterski resursi, *Silverlight* je bolji zbog manjeg zauzeća procesora, dok je *Flex* bolji u pogledu zauzeća memorije. *Flex*, za razliku od *Silverlight-a*, nema nikakvu ugrađenu podršku za „*multithreading*“, što rezultuje lošijim iskorišćenjem procesorskog vremena. Ukoliko je potrebno vršiti dosta matematičkih operacija, tada do izražaja dolazi *Silverlight*.

Izrada *chat* aplikacije je bila lakša u *Silverlight-u*, pošto se za rad sa njim, koristi *Visual Studio*, koji se već odavno koristi u drugim tehnologijama. Iako je *Flex* zasnovan na *Eclipse* platformi, primećeni su određeni bagovi, npr. korišćenje *debuger-a*.

Trenutno tehnološke mogućnosti *Silverlight-a* ne omogućavaju punu podršku za mikrofoni i *web* kameru, jer nije moguć video *streaming* preko interneta.

Ukoliko se razvijaju RIA projekti koji zahtevaju teško programiranje ili pristup podacima *Silverlight* je bolji izbor. Dostupni kodeci su sasvim dovoljni po današnjim standardima, i u većini slučajeva je moguće dizajn korisničkog interfejsa „portovati“ iz *Adobe Photoshop-a* ili *Adobe Illustrator-a*, bez degradacije kvaliteta.

Ako se razvijaju RIA aplikacije koje će obavljati osnovne servisne pozive za pristup podacima i ukoliko neće zahtevati mnogo procesorskog vremena, ili ako je cilj pravljenje 3D grafike, tada je bolji izbor *Flash/Flex*.

## 7. LITERATURA

- [1] Dragan Ivetić, „Grafčki i multimedijalni sistemi“, Novi Sad, 2006.
- [2] Adobe Flash, [www.adobe.com/products/flashplayer/](http://www.adobe.com/products/flashplayer/)
- [3] Adobe Flex, [www.adobe.com/products/flex.html](http://www.adobe.com/products/flex.html)
- [4] MSDN, Silverlight, [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/cc838158\(v=vs.95\).aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/cc838158(v=vs.95).aspx)
- [5] Alexey Gavrilov, Bubblemark animation test <http://bubblemark.com/>
- [6] Technical Evangelism, „Adobe Flex 4 Tutorial 2010“, 2010.
- [7] Pearson Edu., „Silverlight 4 Unleashed“, USA, 2011.

### Kratka biografija:

**Dragan Savić** rođen je u Požegi 1981. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Primenjene računarske nauke i informatika odbranio je 2011.god.

# DEVELOPMENT AND REALIZATION OF INDUCTIVE PROBE FOR RESISTIVITY MEASUREMENTS IN THE BOREHOLES

*Stojan Jaić, Miodrag Brkić, Miloš Živanov, Viktor Dogan*

University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Novi Sad, Serbia

e-mail: [jaijestojan@yahoo.com](mailto:jaijestojan@yahoo.com)

**Abstract** – During the geophysical researching and measurement inside the soil, in order to collect necessary data, different measuring probes are used. In this paper is described development and realization of inductive probe for measuring the resistance of the boreholes. Inductive probe is designed with coil system which is coupled by induction, therefore electrical contact with the mud or formation is not necessary. This probe can be applied in the boreholes filled with air, gas, fresh mud or oil base mud. With appropriate construction of coils and mutual arrangement the influence of invasion zone (formed during drilling) is significantly minimized. Effects of environment which affect the measurement and mathematical approach that reduces the impact of these effects are analyzed.

**Keywords:** Induction probe, Resistivity, geophysical measurement, Boreholes.

## 1. INTRODUCTION

Focused Induction Logs have proved to be the best method for resistivity measurements in the boreholes. Induction tool is designed to record conductivities deep within the formation, minimizing the effect of the invaded zone.

Induction logs may be used in wells filled with air, fresh mud or oil base mud. The coil system is coupled with the ground by induction, therefore electrical contact with the mud or formation is not necessary. Oil-based drilling muds are extremely resistive and, therefore, cause major problems for the existing 'direct contact'-resistivity tool which need a conductive mud column to provide an electrical connection between electrodes and the formation. Eddy current measurements are considered as a solution to the oil-based mud problem. Commercial induction tools consists of multiple coil arrays designed to optimize vertical resolution and depth of investigation. In practice, each coil can consist of from several to a hundred or more turns, with the exact number of turns determined by design considerations.

## NAPOMENA:

- a) Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada Stojana Jaića. Mentor je bio prof. dr Miloš Živanov.
- b) Rad je prethodno publikovan na konferenciji Ee 2011, Novi Sad, oktobar 2011.

## 2. BASIC PRINCIPLE OF OPERATION OF THE INDUCTION LOGGING INSTRUMENT

The high-frequency alternating current, which is maintained at a constant value in the transmitter coil of the induction logging instrument, sets up an electromagnetic field which extends into the formation surrounding the instrument. The periodically changing electromagnetic flux of this field induces secondary currents of the same frequency in the conducting formation surrounding the transmitter coil (Fig 1). In effect, the conductive formation surrounding the coil serves as a single-turn secondary circuit which is inductively coupled to the transmitter coil. The current induced in this secondary field, the formation, flows in the entire volume of the conducting formation surrounding the logging tool. In a completely homogeneous formation these elemental conductive paths are toroidal in shape and have axial symmetry with the borehole. The density of the current induced in each of these elemental paths depends upon the conductivity of the formation within the path. Fig. 1 shows only two of these elemental loops in different positions with respect to the transmitter and receiver coil. An alternating current  $I_1$ , for example, induced in the elemental loop  $a_1$  by the electromagnetic field from the transmitter coil traveling over a path from T to  $a_1$ . The high-frequency currents which are induced in these elemental toroids of conductive formation produce their own electromagnetic field. These secondary field travel through the formation in the same manner as the primary field. The portion of the field traveling over a path from the elemental loop  $a_1$  to the receiver coil R induces a voltage in the receiver circuit. The full signal developed in the receiver coil is the sum of the voltage contributions of all of the toroidal currents flowing in the formation [1].

The signal induced in receiver coil is phase-shifted by  $90^\circ$  in relation to the eddy current, or about  $180^\circ$  in a relation to the current in a transmitting coil. In practice, the sources of the electromagnetic field used in induction logging, are coils wound on an insulating mandrel through which alternating currents passing.

Each coil will consist of several turns, the exact number being set by many engineering considerations, but will cover axially only a few centimeters of the mandrel. [3].

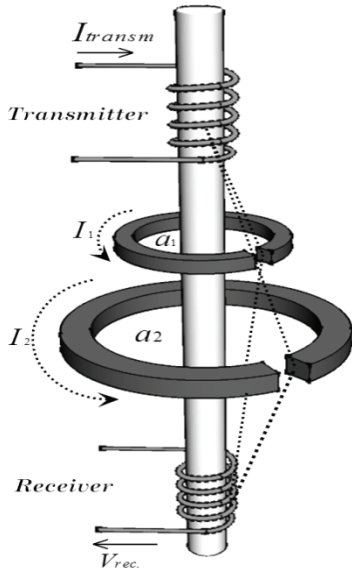


Fig. 1 principle of operation of the induction log [2]

We can also mention, that the probe usually contain multiple coils (multi-coil system). The extra coils are used to focus the signal. Focusing achieves several improvements in signal response:

- Better vertical resolution by stronger suppression of the adjacent bed signals
- Smaller borehole effect, and deeper investigation.

### 3. GEOMETRIC FACTOR THEORY

The geometric factor theory present a method of computing the response of an induction logging coil system. Performance of a coil system has commonly been evaluated on the basis of the integrated radial geometric factor  $G_r$ , and the integrated vertical geometric factor  $G_z$ . The integrated radial geometric factor is used to predict the invasion response of the tool in thick homogeneous formations, while the integrated vertical geometric factor predicts the response of the tool to tin beds.

The geometric factor can be defined as 'a dimensionless number for a horizontal loop of homogeneous ground, having a circular shape with its center on the axis of the hole, and whose cross section is a very small square of unit area'. Calculation of the geometric factor  $g$ , depends on its geometric position in the formation in relation to the center of the transmitter-receiver coil spacing.

Figure 2 represents a two-coil induction logging system, consisting of a single transmitter and receiver surrounded by a loop of homogeneous ground.

The voltage at the receiver from a unit ground loop of radius ' $r$ ' and altitude ' $z$ ' with respect to the center of the coil system is given by:

$$V_r = K g \sigma, \quad (1)$$

Where  $K$ -is a function of the area of the transmitter and receiver coils, distance between the coils, current in the transmitter, and frequency of the transmitter current.

$g$ - is geometric factor which depends on the geometric position of the unit loop as related to the transmitter and receiver coils.  $\sigma$ -conductivity of the ground loop. Thus, if the receiver voltage is known, it's easy to calculate the formation conductivity, or true resistivity  $R_t$  (inversely proportional to the conductivity):

$$R_t = \frac{1}{\sigma}, \quad (2)$$

The radial geometric factor considers the formation as the combination of a large number of cylinders coaxial with the borehole. From the above definition of ' $g$ ', the integrated radial geometric factor  $G_r$ , is the sum of all the ' $g$ ' values for all the area of cross section within a cylinder of radius  $r$ . In a similar manner the integrated vertical geometric factor  $G_v$ , becomes the sum of the ' $g$ ' values for all of the area of cross section above (or below) a horizontal plane at a distance ' $Z$ ', from the center of the tool. The integrated vertical geometric factor increases with vertical distance ' $Z$ ', and must be equal to unity for all space.

Function  $g$  can be expressed either as a function of radial ' $r$ ' and vertical ' $z$ ' distance relative to a plane which passing through 0 (the mid-point of emitter-receiver spacing), perpendicular to the probe axis [4].

$$g = \frac{L}{2} g_0 = \frac{L}{2} \frac{r^3}{\left[r^2 + \left(\frac{L}{2} + z\right)^2\right]^{3/2} \left[r^2 + \left(\frac{L}{2} - z\right)^2\right]^{3/2}}, \quad (3)$$

Where  $L$  is the coil spacing.

At the end, voltage at the receiver from a whole environment can be calculated as:

$$\varepsilon = K \sigma \int_s g ds = K \sigma \int_r dr \int_z dz, \quad (4)$$

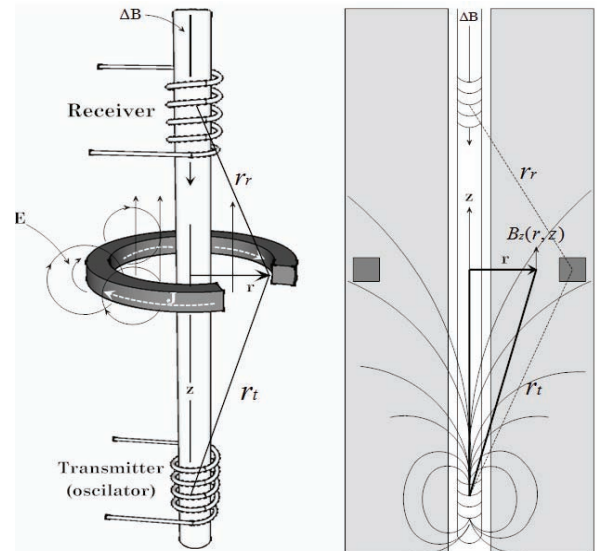


Figure 2 geometric factor calculating model, for two coil inductive probe [5].

### 4. THREE COIL INDUCTION PROBE

Inductive probe for resistivity measurements contains several separate units and circuits. In order to display

design Fig. 3 shows block diagram of hardware realization of inductive probe. This version of probe is designed for laboratory testing and operation. Probe was realized so that the transmitter circuit generates alternating signal with constant amplitude and frequency of 20KHz, and passes it to the transmitting coils 'T' and 't'. These coils are connected in series and wound on the insulating probe body in opposite direction. Transmitter signal creates an electromagnetic field in formation, as previously explained in Chapter 2. Receiver 'R' detects the signal from formation, it is located at the distance L from main and L/2 from auxiliary coil.

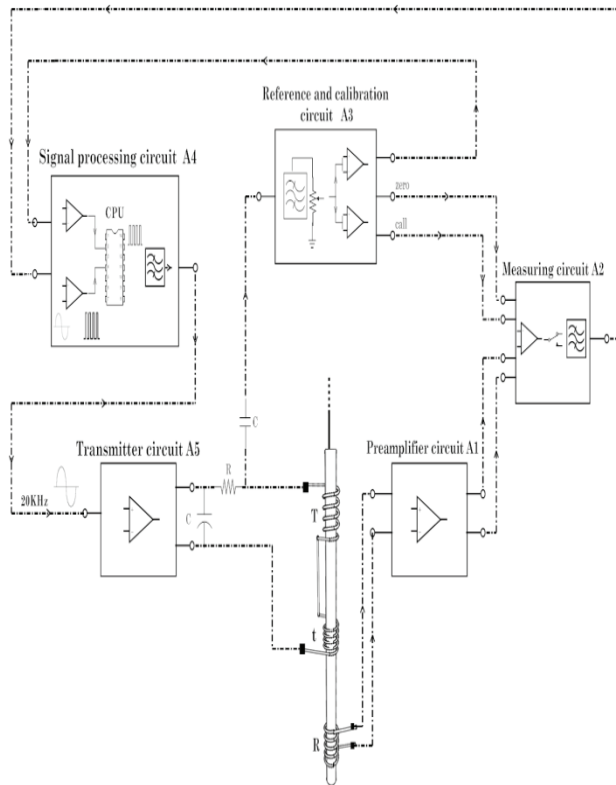


Figure 3. Induction circuit block diagram

Detected signal is sent to preamplifier circuit which significantly increase amplitude of the signal. After amplification, measuring circuit filters signal with the band-pass filter and send it to the signal processing circuit. CPU converts measured signal into digital form and sends data via serial communication to PC, it also generates a rectangular signal required to control transmitter circuit. Probe also contains reference and calibration blocks, these blocks provides the phase reference signal, internal calibration signal and 'zero' signal on its output.

Within this circuit internal phase-shift calibration is also performed.

## 5. HARDWARE DESCRIPTION

### 5.1. Transmitter circuit A5

The 20KHz sine wave signal provided by the signal processing circuit A4 is send to the input of transmitter. This signal is increased with non-inverting amplifier. Current buffer is used for power amplification of signal, amplitude of the signal stays unchanged.

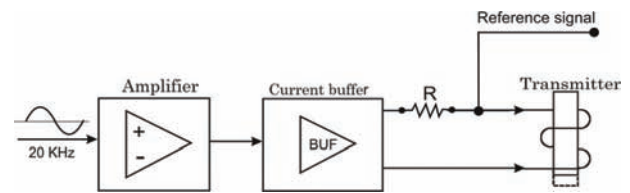


Figure 4. Transmitter block

After power amplification sine wave signal with amplitude in order of tens of volts is sent to the transmitting coils, which will create a variable magnetic field in the surrounding formation. Reference voltage for reference and calibration circuit A3 is measured on series resistance R.

### 5.2. Preamplifier circuit A1

Receiving coil is used to detect signal from formation, this signal is very low ( $\approx$  in order of mV) and needs to be increased. The pre-amp circuit receive signal from the properly balanced coil system. Accordingly, received signal are amplified by Amp 1 and Amp 2, amplification of Amplifier 1 can be changed, and amplifier 2 has a constant amplification. Both amplifiers are non-inverting.

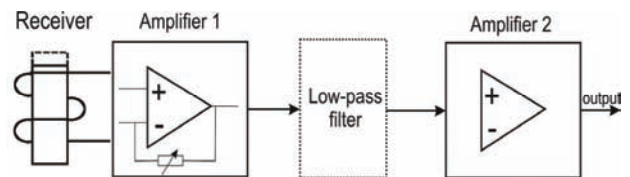


Figure 5. Preamplifier block

Low-pass filter is located between these two amplifiers, its purpose is to pass low-frequency signals and attenuate higher frequencies signals.

### 5.3. Induction measuring circuit A2

Three input signals leads to this circuit:

- 1 signal from preamplifier,
- 2 'zero' signal and
- 3 calibrations signal.

Input amplifier achieves amplification of signal with circuit A1. Amplified signal at output of A1 is superimposed with 'zero' signal at point 'S'. 'Zero' signal is used to calibrate probe in situation when the probe is located in the free space and measurements from the probe should be zero. Because of presence of metal parts in the probe, there are some signals in receiver coils, and 'zero' signal is superimposing with signal form the coil, so that the measured signal at point 'S' is zero '0'.

This circuit also enables switching between logging and calibration mode. Mode selection is realized with relay, which selects between preamplifier and calibration signal. Relay is controlled by microcontroller which is located in signal processing circuit A4, and the main command for selecting operation mode selection comes from a PC.

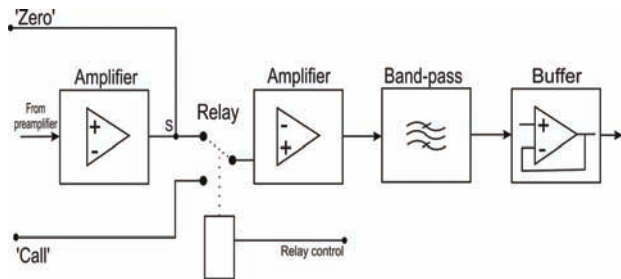


Figure 6. Induction measuring circuit block diagram

After the mode selection, signal is being amplified with inverting-amplifier and filtered by band-pass filter (with center frequency of 20KHz). Filter passes signals of interest and rejects (attenuates) frequencies outside of that range. At the output of this circuit final measurement signal is obtained and forwarded to the microcontroller.

#### 5.4. Signal processing circuit A4

The main element of this block is microcontroller, it regulates all processes and selects the working mode of probe via relay control.

Two signals are inputs for this circuit, one is measured signal from circuit A2, and the second is phase reference signal from A3. Since phase reference signal is sinusoidal, comparator is used to transform it to a rectangular signal. Microcontroller uses edges of this signal as phase reference, which is then used to determine sampling points of measured signal. Measured signal are send to the buffer, to achieve good voltage source needed for proper AD conversion. AD conversion is made by controller, which samples the measured signal and send data via serial communication to PC.

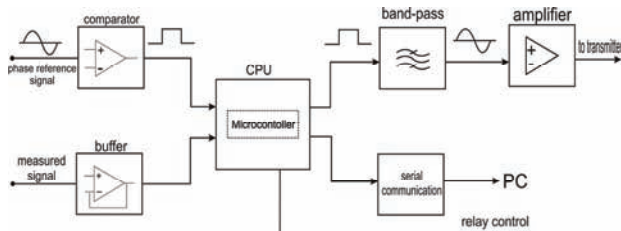


Figure 7. Signal processing block diagram

Microcontroller also generates a rectangular signal required for transmitter circuit. Frequency of this rectangular signal is 20KHz. Band pass filter of the same central frequency is used to filter this rectangular signal, rejecting its high frequency elements, to achieve sine wave signal on its output. The output signal is amplified with inverting amplifier to achieve higher amplitude, required for driving transmitter circuit.

#### 5.5. Reference and calibration circuit A3

This block provides three signals: the phase reference signal, internal calibration signal, and 'zero' signal. Reference voltage signal is taken from transmitter circuit.

Signal from transmitter circuit first passes through band-pass filter and then is being amplified with amplifier 1.

The next step is the phase shift circuit which enables the phase change of phase signal. This allows us to adjust the phase reference, which is needed because of influence on phase of values of electrical components in the probe, which changes with the time.

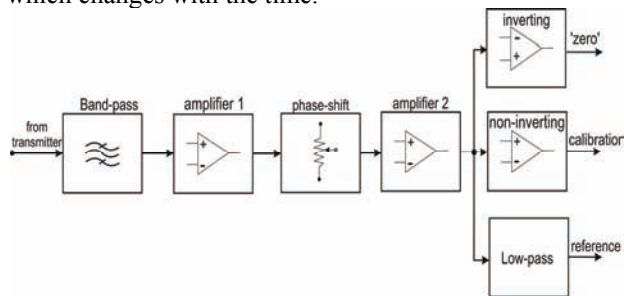


Figure 8. Reference and calibration block diagram

The output signal from amplifier 2 is divided into three different signals. One signal is send to inverting amplifier and on its output it gives 'zero' signal. Second signal is send is to non-inverting amplifier, and he generates a signal for internal calibration of the probe. Third signal is the phase reference signal which leads to comparator, placed in circuit A4.

## CONCLUSION

The aim of this paper was to present brief introduction about the advantages and capabilities of inductive probe, and hardware realization designed to provide resistivity measurements in borehole logging. This probe is developed as prototype and tested in laboratory conditions.

## ACKNOWLEDGMENTS:

This paper is part of the projects "Development of methods, sensors and systems for measuring quality of water, air and earth", NO III43008, Ministry of science, Serbia.

## REFERENCES

- [1] W.C Duesterhoeft, Ralph E. Hartline, H. Sandoe Thomsen, The Effect of Coil Design on the Performance of the Induction Log, applied research associates of Texas Austin.
- [2] O. Serra. Fundamentals of Well-log interpretation, the acquisition of logging data.
- [3] Johannes B. Stoll, FE-Modelling of Induction Tool Responses, ANTARES Datensysteme GmbH, Rudolf-Diesel-Str. 6-8, 28816 Stuhr, Germany.
- [4] Dresser Atlas, 1971. Induction Log Interpretation.
- [5] G.Mančić, St. Martinović, M. Živanov, Geofizički karotaž – osnovni fizički principi, DIT Naftagas, Novi Sad, 2002.

**PONOVLJIVOST MERENJA - KLJUČNA OSOBINA KVALITETNIH INSTRUMENATA  
REPEATABILITY OF MEASUREMENT - KEY FEATURE OF GOOD INSTRUMENTS**Đorđe Cvijetić, Vladimir Vujičić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – Ovaj rad ističe značaj jedne od najvažnijih osobina mernih instrumenata, ponovljivosti merenja. Opisane su metode kojima se meri napon na mreži, a nakon toga je dat opis eksperimentalnog dela rada, prikazani dobijeni rezultati i izneta diskusija i zaključci dobijeni na osnovu istih.

**Abstract** – This article underlines significance of repeatability of measurement as one of the most important characteristics of measurement instruments. Methods of voltage measurements are described as well as experimental part of the work is. The results of the experiment are discussed and analyzed and its conclusions are presented.

**Ključne reči:** Ponovljivost merenja, Merenje napona u tački, Merenje napona na intervalu, A/D konverzija, Sigma-delta A/D konverzija, Merni instrumenti

**1. UVOD**

Merenje je nastalo kao rezultat potrebe za kvantitativnim karakterisanjem prirodnih pojava i direktno predstavlja rezultat opažanja i potrebe za poređenjima. Definisano je kao skup eksperimentalnih postupaka koji imaju za cilj određivanje jedne veličine, odnosno kao proces poređenja vrednosti nepoznate veličine sa veličinom koja je uzeta za jedinicu mere. Kao logična posledica razvoja prirodnih nauka i tehničkih disciplina nastala je i nauka o merenjima - metrologija.

Jedan od najvažnijih zadataka metrologije danas predstavlja tačno i precizno merenje električnih veličina u distributivnoj mreži. Merenje električnih veličina, samo po sebi, predstavlja prvu i osnovnu fazu u procesu upravljanja potrošnjom električne energije, pa je stoga je jasno da realni merni instrumenti, koji ova merenja obavljaju, moraju biti kvalitetni i pouzdani kako bi obezbedili vrednost merene veličine što približniju stvarnoj vrednosti.

Karakteristike mernih instrumenata su podeljene u tri kategorije: radne, statičke i dinamičke karakteristike, a glavni kriterijumi koje merni instrumenti treba da zadovolje su: osetljivost ili rezolucija, ponovljivost, stabilnost, brzina odziva, jednostavnost rukovanja.

**2. METODE MERENJA NAPONA NA MREŽI****2.1 Merenje u tački - A/D konverzija**

U metrološkom žargonu, merenje u tački nazivamo

**NAPOMENA:**

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

metodom merenja odabiranjem. Ova metoda ima dva izvora sistematske merne greške i to diskretizaciju u vremenu i diskretizaciju po vrednosti.

Diskretizaciju u vremenu kao izvor greške merenja možemo eliminisati ispunjenjem ulova Teoreme o odabiranju, dok će diskretizacija po vrednosti uvek prouzrokovati sistematsku grešku merenja koju ne možemo eliminisati već samo, pod određenim uslovima, svesti na prihvatljivu vrednost.

Sušтина metode odabiranja je da u teoretski beskonačno kratkom vremenskom intervalu (praktično u trenutku) uzmemo odbirak analogno merene promenljive i u vremenskom intervalu  $\Delta t$  ovaj odbirak konvertujemo u broj u uređaju zvanom A/D konvertor. Ovaj vremenski interval je povezan sa frekvencijom odabiranja  $f_s$ , koja je u vezi sa vršnom frekvencijom preko izraza:

$$\frac{1}{\Delta t} = f_s = 2f_g \quad (1)$$

gde je  $f_g$  najviša frekvencija koja se javlja u merenom signalu, tj. gornja granica frekvencijskog opsega merenog signala.

Kod A/D konvertora možemo istaći dva problema. Prvi se ogleda u kompromisu između rezolucije (broja bita) i složenosti hardvera. Rezolucija fleš A/D konvertora ide do 10 bita, što je praćeno neizvesnošću merenja. S druge strane, svaki dodatni bit rezolucije udvostručava složenost hardvera, pa je, iz te perspektive, poželjno imati nižu rezoluciju. Međutim, ukoliko rezoluciju spustimo na manje od 7 bita, nećemo više biti u mogućnosti da primenjujemo Benetov model kvantizacione greške i kvantizacionu grešku nećemo moći tretirati kao beli šum, što onda postaje ozbiljan teoretski i praktični problem. Vidimo da su precizni i tačni A/D konvertori spori, dok su brzi A/D konvertori neprecizni i netačni. Upravo pomenuta nepreciznost na visokim frekvencijama predstavlja centralni problem merenja u tački.

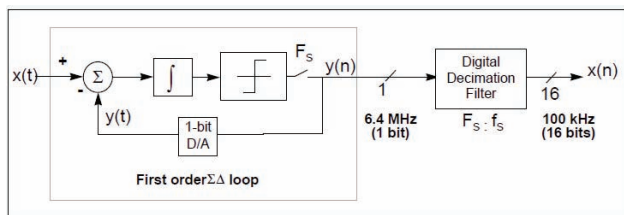
Drugi problem predstavlja tretiranje zašumljenih signala. Teorija diskretnih signala (merenje u tački je opisano diskretnom matematikom, tj. teorijom diskretnih signala i sistema) uopšte ne razmatra kvantizacionu grešku, već procenjuje signal unutar šuma. Pokazano je da se signal u šumu bolje procenjuje ukoliko je frekvencija odabiranja viša, pa su otuda brzi A/D konvertori krucijalni i u ovom slučaju.

**2.1.1 Sigma-delta A/D konverzija**

Sigma-delta modulacija je razvijena kao nadogradnja prethodno razvijene delta modulacije. Delta modulacija se bazira na kvantizaciji razlike susednih odbiraka

analognog ulaznog signala umesto apsolutne vrednosti signala na svakom odbirku. Na ovaj način se pri digitalnom prenosu smanjuje količina prenesenih podataka.

Na slici 1 je prikazan blok dijagram sigma-delta A/D konvertora prvog reda.



Slika 1: Blok dijagram  $\Sigma$ - $\Delta$  A/D konvertora prvog reda

Suštinu digitalnog dela  $\Sigma$ - $\Delta$  A/D konvertora (analogni deo čini 1-bitni A/D konvertor) čine oversemplovanje, oblikovanje šuma (eng. noise shaping), digitalno filtriranje i decimacija. Oversemplovanjem frekvenciju odabiranja  $f_s$  povećavamo  $k$  puta ( $k \cdot f_s$ ) što za posledicu ima da se šum "širi" do  $k \cdot f_s/2$ . Ovo dalje prouzrokuje da nivo šuma opada, a da amplituda korisnog dela signala ostaje nepromenjena. SNR (odnos signal-šum) ostaje isti, ali je energija šuma raširena duž šireg frekventijskog opsega. Jednostavnim nastavljanjem digitalnog filtra na 1-bitni A/D konvertor, na frekvenciji  $f_s/2$  se filtrira signal, čime dobijamo manju efektivnu vrednost šuma pošto se veći deo šuma filtriranjem odbacuje. Ovo omogućava  $\Sigma$ - $\Delta$  konvertorima da dostignu širok dinamički opseg iz nisko rezolutnih A/D konvertora. Treba imati na umu da svako oversemplovanje sa faktorom četvorke povećava SNR za 6 dB, a da je svako povećanje od 6 dB ekvivalentno dobijanju 1 bita. Jednobični A/D konvertor sa oversemplingom od 24 puta dostiže rezoluciju od četiri bita, a da bismo dosegli rezoluciju od 16-bit, potrebno je vršiti oversemplovanje sa faktorom  $4^{15}$ , što nije ostvarivo. Ovo ograničenje kod  $\Sigma$ - $\Delta$  A/D konvertora se prevazilazi tehnikom oblikovanja šuma koja omogućava dobitak od više od 6 dB za svaki 4x faktor oversemplovanja.

Oblikovanje šuma se obavlja u  $\Sigma$ - $\Delta$  modulatoru prvog reda (uokvireni deo na slici 1). Jednobični kvantizer (A/D konvertor, na slici prikazan nakon integratora) ima ulogu komparatora. Na njega se nastavlja povratna petlja sa 1-bitnim D/A konvertorom. Ovaj konvertor jednostavno predstavlja prekidač koji povezuje negativni ulaz pojačavača razlike (na slici je predstavljen sumacionim čvorom s leve strane integratora) sa pozitivnim ili negativnim referentnim naponom. Svrha ove petlje je da održava srednju vrednost izlaza iz integratora blizu referentnog nivoa komparatora. Gustina "jedinica" na izlazu iz modulatora je proporcionalna ulaznom signalu. Za povećan ulaz, komparator generiše veći broj "jedinica", i obrnuto. Sumirajući grešku u naponu (grešku između odabiranog signala i ulaznog signala), integrator se ponaša kao niskopropusni filter za signal i visokopropusni filter za kvantizacioni šum, odnosno većina kvantizacionog šuma je potisnuta na više frekvencije. Sada adekvatnim filtriranjem možemo ukloniti više šuma nego jednostavnim oversemplingom. Ovaj tip modulatora (prvog reda) daje poboljšanje od 9 dB u SNR-u za svako dupliranje učestanosti odabiranja.

Povećanjem reda  $\Sigma$ - $\Delta$  modulatora povećava se i dobit u SNR.

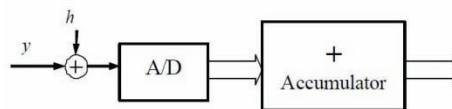
Izlaz iz  $\Sigma$ - $\Delta$  modulatora je 1-bitni niz podataka i nosi samo 1 bit (dva nivoa) informacije, tj. 1 ili -1. Svrha digitalnog i decimacionog filtra je da izvuku informacije iz ovog izlaza i smanje učestanost protoka podataka (eng. data rate) na korisniju vrednost (na izlazu iz modulatora podaci pristižu na učestanosti odabiranja). Digitalni filter računa prosečnu vrednost 1-bitnog niza podataka, poboljšava rezoluciju A/D konvertora i uklanja kvantizacioni šum izvan opsega od interesa. Ovaj filter određuje propusni opseg signala, vreme postavljanja i odbijanje u nepropusnom opsegu. Kako je propusni opseg smanjen digitalnim izlazom filtra, izlazna učestanost protoka podataka može zadovoljiti Nikvitsov kriterijum iako je niža od originalne učestanosti odabiranja. Ovo se može postići tako što ćemo očuvati određene ulazne odbirke i odbacujući ostale. Ovaj proces je poznat kao decimacija faktorom  $M$  (odnos decimacije).  $M$  može imati bilo koju celobrojnu vrednost, pod pretpostavkom da je izlazna učestanost protoka podataka viša od dvostrukog propusnog opsega signala. Ukoliko je signal odabiran na frekvenciji  $f_s$ , filtrirana izlazna učestanost protoka podataka može biti redukovana na  $f_s/M$  bez gubitka informacija.

## 2.2 Merenje na intervalu

Merenje na intervalu predstavlja integralni pristup merenju vrednosti i parametara signala. Ovim načinom merenja možemo prevazići neke mane i ograničenja u pristupu sa merenjem u tački, a, istovremeno, možemo očuvati skoro sve prednosti merenja u tački, naročito ogromnu količinu softvera razvijenog tokom godina u svim granama nauke i tehnologije. Prednosti ove metode se ogledaju u merenjima na visokim frekvencijama, merenjima zašumljenih signala, visokoj linearnosti i niskoj neizvesnosti merenja. Kako predstavljaju dopunu merenja u tački, možemo ih izvoditi pomoću niskorezolutnih flash A/D konvertora, pa frekvencija odabiranja može biti maksimalna frekvencija koju je tehnologija dostigla - trenutno je moguće oko 500 MHz.

### 2.2.1 Jednokanalni instrument

Osnovna struktura jednokanalnog instrumenta je prikazana na slici 2.



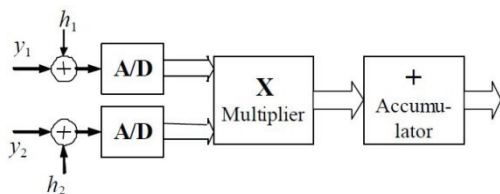
Slika 2. Osnovna struktura za merenje srednje vrednosti signala

Osnovna struktura na slici može da meri integral ili prosečnu vrednost ulaznog signala  $y$ . Pogodna je za merenje jednosmernih ili sporo-menjajućih kvantiteta. Kako je dužina reči fleš A/D konvertora prilično kratka, greška kvantizacije je utoliko veća. Kako bismo smanjili uticaj greške kvantizacije, uniformni slučajni šum (diter, označen sa  $h$  na slici) je dodat merenom signalu  $y$ . Diter se nalazi u opsegu jednog kvantuma fleš A/D konvertora i njegova srednja vrednost je nula. Tada, ako se meri

srednja vrednost signala unutar intervala, greška kvantizacije zadovoljava uslove Centralne granične teoreme i Teorije o odbircima. Standardna devijacija greške kvantizacije slabi sa porastom broja odbiraka, a ovo znači da neizvesnost merenja usled procesa A/D konverzije opada sa porastom vremenskog intervala merenja i/ili frekvencije odabiranja.

### 2.2.2 Dvokanalni instrument

Osnovna struktura jednokanalnog instrumenta je prikazana na slici 3.



Slika 3. Glavna struktura 2-kanalnog instrumenta

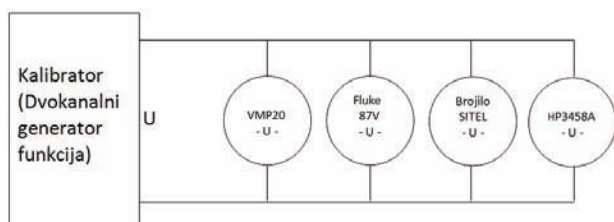
Hardver možemo proširiti dodatnim kanalom (fleš A/D konvertor i generator slučajnog šuma) i množačem. Na taj način se otvara mogućnost merenja integrala (npr. srednja vrednost) proizvoda dva fizička kvantiteta. Ovo je direktno primenljivo ako treba da se izmere energija (integral) ili prosečna snaga (srednja vrednost). Dva signala koja se množe mogu biti napon i struja, protok i temperatura, protok i pritisak, sila i brzina, itd.

Ako se isti ulazni signal dovede na oba ulazna kanala ( $y_1 = y_2$ ), meri se efektivna vrednost signala. Ukoliko su diler signali  $h_1$  i  $h_2$  nekorelisani, odnos vrednosti akumulatora i broja uzoraka daje srednju kvadratnu vrednost ulaznog signala.

Kao i u slučaju jednokanalnog instrumenta, standardna devijacija greške kvantizacije zadovoljava uslove Centralne granične teoreme i Teorije o odbircima. Za veoma veliki broj uzoraka, neizvesnot merenja može biti veoma niska.

## 3. REALIZACIJA METODA MERENJA NAPONA NA MREŽI I KALIBRACIJA

Eksperimentalni deo diplomskog-master rada iz koga je proistekao ovaj rad izvršen je u laboratoriji za metrologiju na Fakultetu tehničkih nauka, a radno okruženje prilikom obavljanja eksperimenta činili su uređaji VMP 20, Fluke 87V, SITEL-ovo brojilo i HP3458A, međusobno povezani kao na šemi prikazanoj na slici 4.

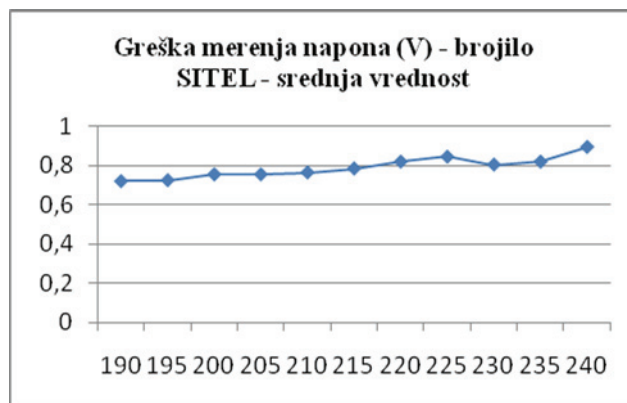


Slika 4: Šema povezivanja merila napona

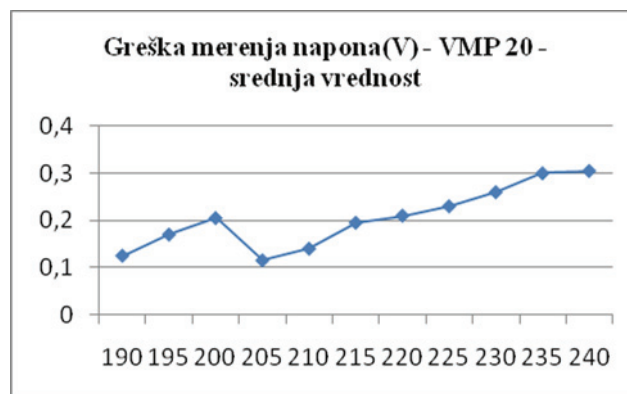
### 3.1 Opis eksperimenta

Istovremeno je meren napon pomoću pomenuta četiri uređaja. Napon na uređaju VMP 20 je u koracima od po 5 V podešavan u opsegu od 190 V do 240 V, i unazad, od

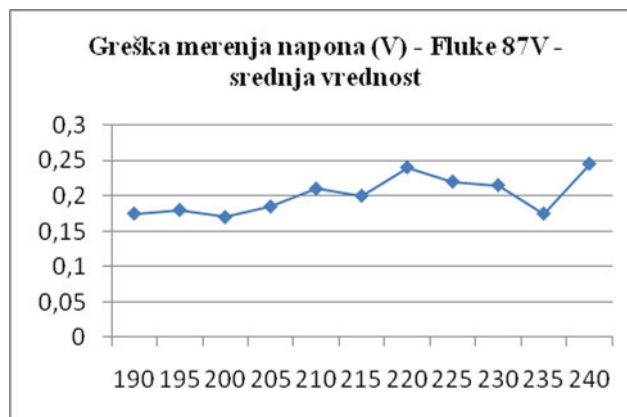
240 V do 190 V. Kao referentni napon uzet je onaj koji je prikazivao uređaj HP3458A zbog najbolje deklarisanе klase tačnosti (0,01%). Fluke 87V ima konzervativno deklarisanu klasu tačnosti od 0,7%, ali se pokazuje da je u datom eksperimentu imao znatno bolju klasu. Uređaji VMP 20 i SITEL-ovo brojilo imaju deklarisanе klase tačnosti od 0,5%. Na osnovu rezultata merenja na uređaju HP3458A računata je greška merenja napona ostalih uređaja. Na slikama 5, 6 i 7 su prikazane srednje vrednosti grešaka pomenutih uređaja. Do ovih vrednosti se došlo tako što su sabrane odgovarajuće vrednosti napona iz merenja "unapred" i merenja "unazad", a zatim njihov zbir podeljen sa 2.



Slika 5: Srednja vrednost greške merenja napona SITEL-ovog brojila



Slika 6: Srednja vrednost greške merenja napona uređaja VMP 20



Slika 7: Srednja vrednost greške merenja napona uređaja Fluke 87V

Korekciju napona smo dobili kao negativnu vrednost greške izmerenog napona. Dodavanjem korekcije na izmerenu vrednost napona dobija se tačna vrednost sa određenom mernom nesigurnošću.

### 3.2 Diskusija

Iz dijagrama na slici 5 se vidi da je jednostavnim oduzimanjem 0,8 V od izmerene vrednosti napona na brojilu moguće grešku merenja svesti na  $\pm 0,1$  V što je drastično poboljšanje tačnosti merenja. Prosečna relativna greška je

$$\frac{0,1V}{215V} = 0,00046 = 0,046\%$$

i ova greška je bolja od 0,05%, što je poboljšanje od 10 puta. To je očigledno moguće zbog veoma dobre ponovljivosti rezultata merenja SITEL-ovim brojlom.

Dijagram na slici 6 pokazuje da oduzimanjem 0,2 V od izmerene vrednosti napona na uređaju VMP 20 grešku merenja možemo svesti takođe na  $\pm 0,1$  V, pa zaključujemo i da uređaj VMP 20 ima veoma dobru ponovljivost.

Kao što se vidi na slici 7, oduzimanjem 0,2 V od izmerene vrednosti napona na uređaju Fluke 87V grešku merenja možemo svesti na  $\pm 0,5$  V što je još veće poboljšanje tačnosti merenja u odnosu na prva dva uređaja. Prosečna relativna greška u ovom slučaju iznosi 0,023% i u odnosu na deklarisanu vrednost od 0,7% vidimo da je ovde u pitanju poboljšanje od čak 30 puta.

### 4. ZAKLJUČAK

Od kvalitetnih mernih uređaja svakako se zahteva da omogućuje što bolju tačnost kako bi izmerena vrednost bila što bliža stvarnoj. Uređajima čiji je rad zasnovan na različitim metodama merenja merili smo istu veličinu, u ovom slučaju napon. Bez obzira na metodu na kojoj je zasnovan rad samog uređaja, zahtevi u pogledu tačnosti se ne menjaju i da bismo uređaj mogli smatrati kvalitetnim neophodno je da tačnost rezultata merenja izvršenih njime bude što bolja. Kao što se vidi iz rezultata dobijenih u eksperimentalnom delu rada, moguće je klasu tačnosti svakog od testiranih uređaja dovesti do višestruko bolje vrednosti od deklarisanе, što nesumnjivo pokazuje da se radi o kvalitetnim uređajima. Kao ključnu karakteristiku koja je doprinela ovolikom poboljšanju klase tačnosti moramo istaći odličnu ponovljivost rezultata merenja svakog od pomenutih uređaja jer su upravo međusobno bliski merni rezultati svakog pojedinačnog uređaja omogućili da se njegova tačnost višestruko poveća, što je i pokazano u opisu eksperimentalnog dela diplomskog-master rada.

### 5. LITERATURA

- [1] V. Vujičić, I. Župunski, Z. Mitrović, M. Sokola, "Measurement in a point versus measurement over an interval", *XIX IMEKO World Congress, Fundamental and Applied Metrology*, Lisbon, Portugal, Septembar 6.-11., 2009.
- [2] S. Park, "Motorola digital signal processors: Principles of Sigma-Delta Modulation for Analog-to-Digital Converters", *Motorola Inc.*, APR8/D Rev. 1, 1990.
- [3] Maxim application note 1870, "Demystifying Delta-Sigma ADCs", <http://pdfserv.maximic.com/en/an/AN1870.pdf>, 2003.
- [4] D. Pejić, M. Urekar, V. Vujičić, S. Avramov-Zamurović, "Comparator offset error suppression in stochastic converters used in a watt-hour meter", *Conference on Precision Electromagnetic Measurements CPEM 2010*, Korea (South) Daejeon, pp. 235 – 236, 13-18 June 2010.

#### Kratka biografija:



**Đorđe Cvijetić** rođen je u Tuzli 1982. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Telekomunikacije odbranio je 2011.god.



**Vladimir Vujičić** rođen je u Novom Sadu 1947. god. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu 1992. god., a 2002. je izabran u zvanje redovnog profesora. Oblast interesovanja je merna tehnika.

**GRAFIČKA ANALIZA ZAPISA ANALIZATORA SNAGE VMP 20****MEASURED DATA GRAPHICAL ANALYSIS OF POWER ANALYZER VMP 20**Sunčica Malešević, Vladimir Vujičić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U radu je prikazana razvijena metoda formiranja i prepoznavanja obrazaca izmerenih signala dobijenih iz analizatora snage VMP 20.

**Abstract** – The pattern forming and pattern matching method developed for VMP 20 power analyzer is given in the paper.

**Ključne reči:** Merenje, formiranje obrazaca, prepoznavanje obrazaca

**Key words:** Measurement, pattern forming, pattern matching

**1. UVOD**

Pre 15 godina razvijeni analizator snage VMP 20 [1], koji uz primenu modernih softverskih alata, može da posluži kao izvanredno sredstvo za prepoznavanje potrošača (trošila) električne energije na mreži. U radu prikazana metoda služi upravo tome.

**2. ANALIZATOR SNAGE VMP 20**

Instrument VMP 20 (Slika 1), napravljen je 1996. godine. Instrument meri i na ugrađenom displeju prikazuje četiri veličine: napon, struju, snagu i faktor snage.

Napajanje mu je 220 V, 50 Hz, ima dva ulaza: strujni i naponski. Domašaj na merenju napona je 400 V, a na merenju struje 5 A.

Kada se poveže sa PC-jem, uz pomoć softvera, instrument VMP 20 (ver.4.0) meri i prikazuje na monitoru još šest veličina: frekvenciju, moduo impedanse, reaktivnu snagu, prividnu snagu, aktivnu energiju i reaktivnu energiju.



Slika 1. Analizator snage VMP 20

**NAPOMENA:**

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

Svake 2 sekunde, instrument beleži na hard disk osnovne veličine koje karakterišu potrošača u toku vremena: realno vreme, napon, struju, aktivnu snagu, faktor snage i frekvenciju.

**3. KORIŠĆENA TEHNOLOGIJA**

Za razvoj softvera za grafičku analizu analizatora snage VMP 20 korišćeno je programsko okruženje Delfi 7 i sistem za upravljanje bazom podataka Firebird [2,3,4].

**3.1. SUBP Firebird**

Firebird predstavlja sistem za upravljanje relacionim bazama podataka (SUBP). Postoje njegove implementacije za niz platformi (Windows, Linux, različite distribucije Unix-a) kao i drajveri za veliki broj programskih okruženja (Delphi, Java, PHP, Perl ...).

Jedna od njegovih glavnih karakteristika je potpuna podrška za transakcije koje su u skladu sa tzv. „ACID“ principima. Postoje četiri „ACID“ principa:

- Atomicitet (engl. *atomicity*) – garantuje da su moguća samo dva ishoda svake operacije nad podacima u bazi podataka (tzv.transakcije) ili je svaki korak operacije izvršen uspešno i može da se zapiše u BP (eng. *roll-back*)
- Konzistentnost (engl. *consistency*) – sposobnost sistema da zaštiti BP od bilo kakve promene koja bi ostavila nesinhronizovane podatke tj. garantuje tzv. referencijalni integritet
- Odvojenost (engl. *isolation*) – sposobnost sistema koja dozvoljava svakom korisniku (ili transakciji) da komunicira sa BP kao da je on jedini korisnik (ili transakcija)
- Trajnost (eng. *durability*) – garantuje da će sistem voditi evidenciju o predstojećim promenama na takav način da u slučaju prekida transakcije stanje BP ne bude promenjeno

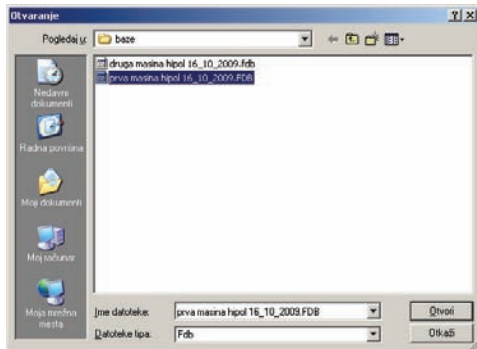
**4. OSNOVNE FUNKCIJE PROGRAMA ANALIZE**

- Funkcija učitavanja podataka iz baze
- Funkcija prikaza startno izračunatih veličina
- Funkcija izračunavanja vršne snage/struje zagrevanja po tradicionalnoj metodi
- Funkcija izračunavanja vršne snage/struje zagrevanja po sliding metodi
- Funkcije prilagođenja prikaza grafikona merene veličine
- Funkcija tabelarnog prikaza učitanih podataka
- Funkcija uočavanja obrasca (pattern)

- Funkcija formiranja obrasca (pattern forming)
- Funkcija čuvanja i prepoznavanja formiranog obrasca radi daljnjih obrada (pattern matching)

## 5. PRIMER ANALIZE

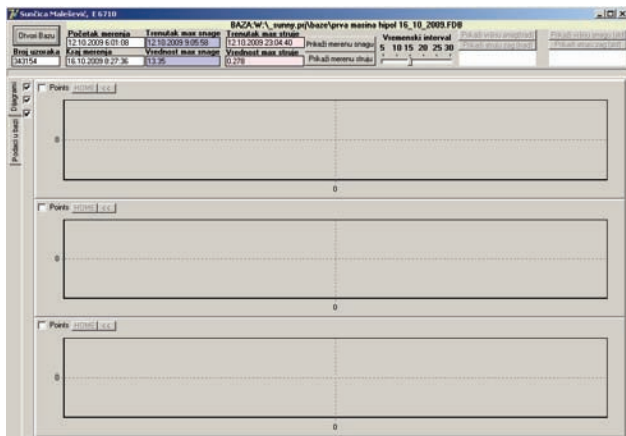
Startovanje programa, učitavanje baze podataka za obradu čini početak rada sa programom za grafičku analizu (Slika 1).



Slika 1. Pritiskom na dugme Otvori bazu, otvara se dijalog za izbor fajla baze

Popunjena polja na glavnoj formi programa su rezultat funkcije prikaza startno izračunatih veličina (Slika 2). Startno izračunate veličine su:

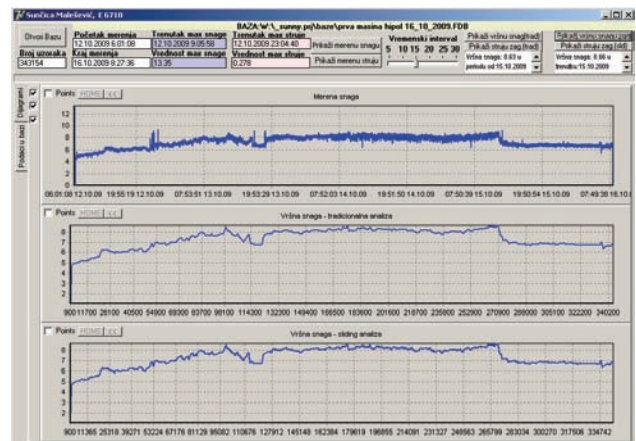
- Broj uzoraka
- Početak merenja
- Kraj merenja
- Trenutak maksimalne snage
- Vrednost maksimalne snage
- Trenutak maksimalne struje
- Vrednost maksimalne struje



Slika 2. Startno izračunate vrednosti

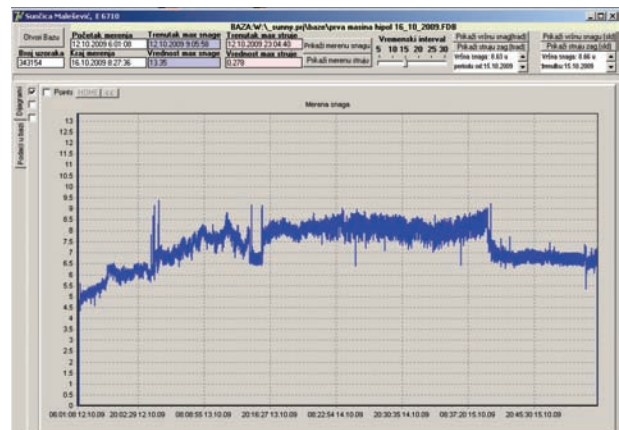
Glavna forma omogućava iscrtavanje tri dijagrama. Na prvom se iscrtava dijagram merene snage izračunate na osnovu učitanih vrednosti iz baze, na drugom se iscrtava vršna snaga izračunata tradicionalnom metodom, a na trećem vršna snaga izračunata sliding metodom (Slika3). Tradicionalan način obračuna vršne snage podrazumeva računanje prosečne snage na vremenskim intervalima (5-30 minuta), potom upoređivanje istih u potrazi za najvećom. Kod ove metode se intervali ne preklapaju, tj. svaki uzorak trenutne snage pripada samo jednom vremenskom intervalu.

Sliding metoda (engl. *Sliding window*), u prevodu klizeći prozor ima za cilj kontinualnu analizu neke vrednosti u vremenu. Kod ove metode vremenski prozori u kojima posmatramo datu veličinu se preklapaju.



Slika 3. Osnovna forma programa nakon učitanih vrednosti iz baze i izračunate vršne snage tradicionalnom i sliding metodom

Jedna od funkcija prilagođenja je i funkcija selektivnog prikaza ili uklanjanja određenog dijagrama (do jednog, koji mora biti prikazan). Program omogućava da se dijagrami isključuju ili uključuju po potrebi operatera. Na slici 4 je prikazana forma sa jednim dijagramom. Deaktivirani su drugi i treći dijagram da bi se povećala korisna površina prvog dijagrama na kome će se pokazati ostale funkcije programa – kao i formiranje obrasca. Ostale funkcije prilagođenja su: funkcija maksimizacije i prilagođenja veličine prozora (*re-sizing*), funkcija obeležavanja tačaka dijagrama (*pointing*), povećanja (*zooming*), funkcija pomeranja sumiranog segmenta dijagrama (*paning*).

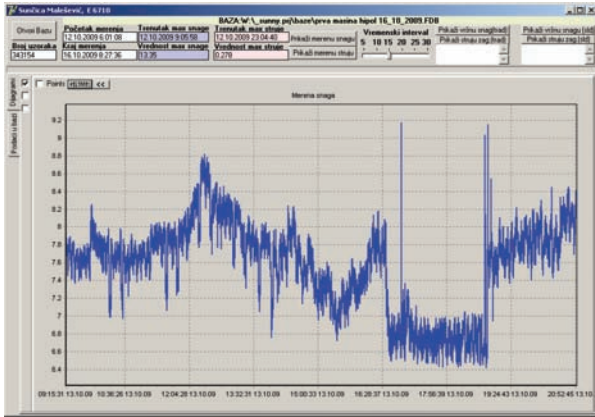


Slika 4. Maksimizacija prvog grafika radi početka pronalazjenja obrasca

Funkcije grafičke analize su: izbor određenog segmenta – tačke dijagrama i prikaz merenih veličina za zadatu tačku i lokacija vezanog podatka u bazi – tabeli merenih vrednosti.

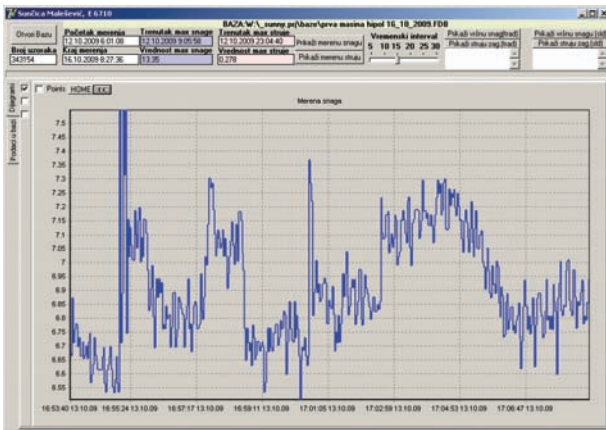
Baza koja se koristi za primer ovog rada ima 343153 uzoraka – merenja (slogova), tako da program mora elegantno, ali prvenstveno efikasno, da prati operatera kome je zadatak da uočava obrazac (pattern forming). Početak lociranja obrasca se vrši selektivovanjem sub regiona dijagrama uz pomoć miša onoliko puta koliko je

potrebno da bi se došlo do dela dijagrama koji želimo da sačuvamo kao obrazac (Slika 5).



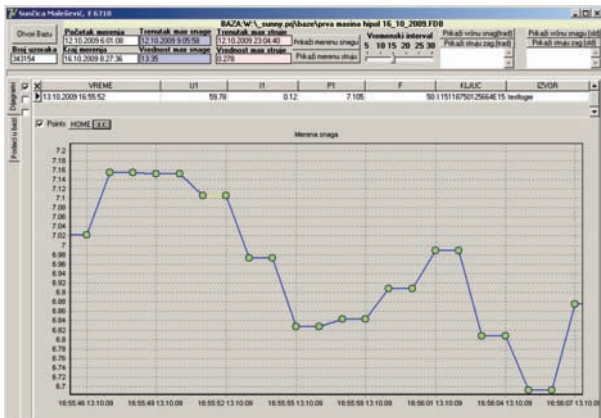
Slika 5. Uvećanje dela grafika – početak lociranja obrasca

Daljnijm uvećanjem grafika (Slika 6) nastavlja se proces lociranja obrasca.

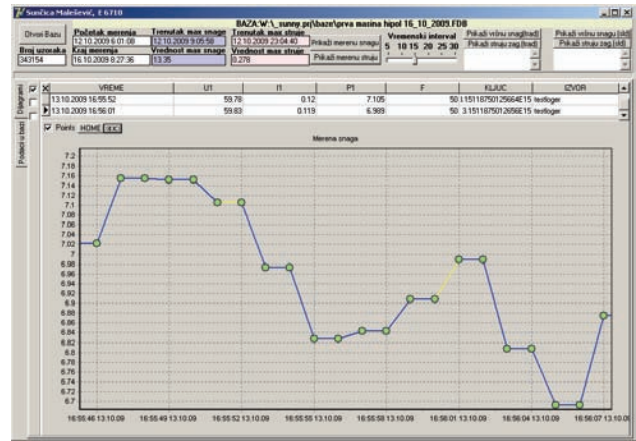


Slika 6. Nastavak uvećanja dijagrama – nastavak lociranja obrasca

Formiranje obrasca je krajnji cilj ovog postupka. To se vrši tako što se izaberu dve tačke dijagrama (prva i poslednja), te se, nakon toga, programu zadaje zadatak da formira obrazac. Izbor prve tačke obrasca se vrši tako što mišem kliknemo na željenu tačku dijagrama uz držanje tastera ALT na tastaturi (Slika 7). Analogno tome i izbor druge (krajnje) tačke obrasca se vrši klikom miša na željenu tačku dijagrama uz držanje tastera ALT (Slika 8).

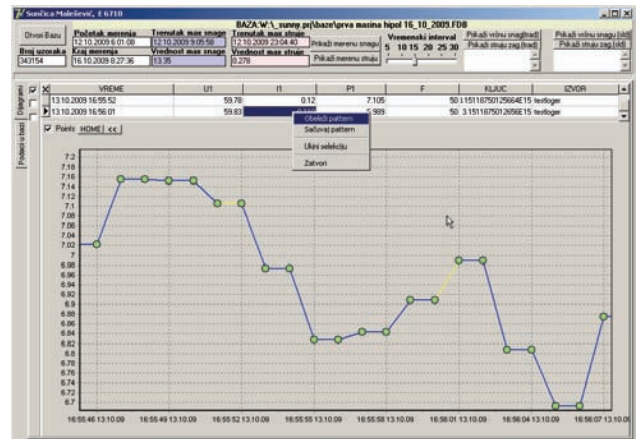


Slika 7. Lociranje prve tačke obrasca



Slika 8. Lociranje druge tačke obrasca

Nakon izbora dve tačke (početak i kraj obrasca), komandom *Formiraj pattern*, (Slika 9) program vrši vizuelno označavanje obrasca promenom boje dela dijagrama, koji je prethodno označen (Slika 10)

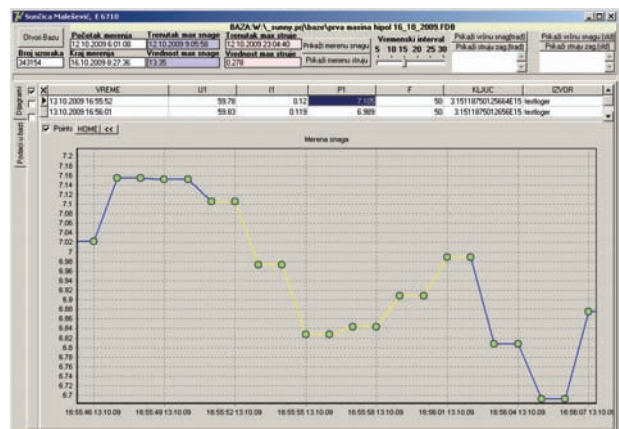


Slika 9. Formiranje obrasca

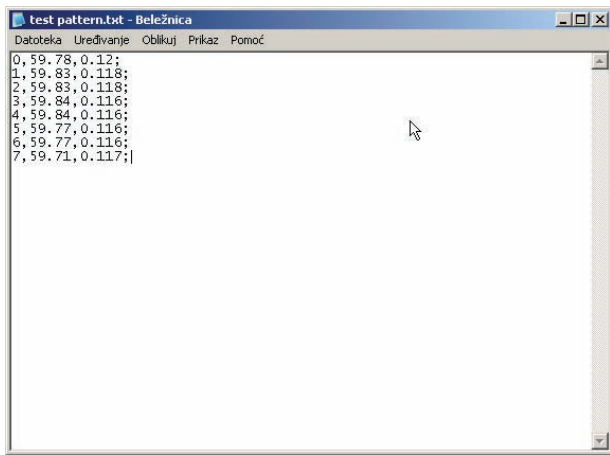
Nakon formiranja obrasca, vrši se snimanje istog (merenih veličina), u datoteku (slika 11)

Podaci u datoteci su snimljeni bez informacije o vremenu merenja (samo napon i struja), što se vidi upoređenjem sadržaja snimljenih datoteka i tabele merenja u bazi (Slika 12).

Krajnji cilj analize je nalaženje vremena kad se desio i kad je izmeren dati obrazac.



Slika 10. Vizuelno obeležavanje obrasca



Slika 11. Prikaz snimljene datoteke

Redni broj	VREMENE	U1	U2	I1	I2	F	FALC	CIVOR
114713	13.10.2009 16:55:52	59.78	0.112	7.105	50	3.1511875012564E15	Verilog	
114714	13.10.2009 16:55:53	59.83	0.118	6.973	49.99	3.1511875012564E15	Verilog	
114715	13.10.2009 16:55:54	59.83	0.118	6.973	49.99	3.1511875012564E15	Verilog	
114716	13.10.2009 16:55:55	59.84	0.116	6.628	49.99	3.1511875012564E15	Verilog	
114717	13.10.2009 16:55:56	59.84	0.116	6.628	49.99	3.1511875012564E15	Verilog	
114718	13.10.2009 16:55:57	59.77	0.116	6.943	50.01	3.1511875012564E15	Verilog	
114719	13.10.2009 16:55:58	59.77	0.116	6.943	50.01	3.1511875012564E15	Verilog	
114720	13.10.2009 16:55:59	59.71	0.117	6.908	50	3.1511875012564E15	Verilog	
114721	13.10.2009 16:56:00	59.71	0.117	6.908	50	3.1511875012564E15	Verilog	
114722	13.10.2009 16:56:01	59.83	0.119	6.969	50	3.1511875012564E15	Verilog	
114723	13.10.2009 16:56:02	59.83	0.119	6.969	50	3.1511875012564E15	Verilog	
114724	13.10.2009 16:56:03	59.88	0.116	6.000	50	3.1511875012564E15	Verilog	
114725	13.10.2009 16:56:04	59.88	0.116	6.000	50	3.1511875012564E15	Verilog	
114726	13.10.2009 16:56:05	59.88	0.114	6.692	50	3.1511875012564E15	Verilog	
114727	13.10.2009 16:56:06	59.88	0.114	6.692	50	3.1511875012564E15	Verilog	
114728	13.10.2009 16:56:07	59.83	0.117	6.875	50	3.1511875012564E15	Verilog	
114729	13.10.2009 16:56:08	59.83	0.117	6.875	50	3.1511875012564E15	Verilog	
114730	13.10.2009 16:56:09	59.78	0.118	6.942	50	3.1511875012564E15	Verilog	
114731	13.10.2009 16:56:10	59.78	0.118	6.942	50	3.1511875012564E15	Verilog	
114732	13.10.2009 16:56:11	59.83	0.117	6.875	50.01	3.1511875012564E15	Verilog	
114733	13.10.2009 16:56:12	59.83	0.117	6.875	50.01	3.1511875012564E15	Verilog	
114734	13.10.2009 16:56:13	59.78	0.118	6.942	50	3.1511875012564E15	Verilog	
114735	13.10.2009 16:56:14	59.78	0.118	6.942	50	3.1511875012564E15	Verilog	
114736	13.10.2009 16:56:15	59.83	0.117	6.892	50.01	3.1511875012564E15	Verilog	
114737	13.10.2009 16:56:16	59.83	0.117	6.892	50.01	3.1511875012564E15	Verilog	
114738	13.10.2009 16:56:17	59.79	0.118	6.939	50	3.1511875012564E15	Verilog	
114739	13.10.2009 16:56:18	59.79	0.118	6.939	50	3.1511875012564E15	Verilog	
114740	13.10.2009 16:56:19	59.83	0.115	6.761	50.01	3.1511875012564E15	Verilog	
114741	13.10.2009 16:56:20	59.83	0.115	6.761	50.01	3.1511875012564E15	Verilog	

Slika 12. Prikaz tabele merenja u bazi lociranog obrasca

## 6. ZAKLJUČAK

U radu je prikazana metoda formiranja i prepoznavanja obrazaca događaja na električnoj mreži koje je registrovao analizator snage VMP 20. Metoda je eksperimentalno potvrđena i dokazana je njena efikasnost, a korišćeni su javno dostupni softverski alati za podršku predmetnom analizatoru snage. U nekoliko eksperimenata prepoznavanja potrošača na elektrodistributivnoj mreži se konstatovao visok nivo uspešnosti.

## 7. LITERATURA

- [1] S.Milovančev, “Adaptivni A/D konvertor i njegova primena”, Doktorska disertacija, Fakultet tehničkih nauka, 1996.
- [2] A.Hasnoš, “Predlog novog načina merenja vršne snage”, Diplomski rad, Fakultet tehničkih nauka, 2007.
- [3] Firebird Quick Start Guide  
<http://www.firebirdsql.org/index.php?op=doc>
- [4] FIBPlus Developers Guide  
<http://www.devrace.com/files/files/devguide1.pdf>  
<http://www.devrace.com/files/files/devguide2.pdf>

## Kratka biografija:



**Sunčica Malešević** rođena je u Novom Sadu 1974. god. Radi diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Električna merenja.



**Dr. Vladimir Vujičić** rođen je u Novom Sadu 1947.god. Redovni je profesor na katedri za električna merenja.



## JEDNA IMPLEMENTACIJA WEB-MAIL SISTEMA UPOTREBOM GWT BIBLIOTEKE AN IMPLEMENTATION OF A WEB-MAIL SYSTEM USING THE GWT LIBRARY

Nikola Crvenković, Milan Vidaković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

### Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

**Kratak sadržaj** – U ovom radu je prikazana realizacija web mail aplikacije upotrebom Google Web Toolkit biblioteke. Cilj je bio da se napravi aplikacija koja će se pokretati u bilo kom internet pretraživaču, a po izgledu i funkcionalnosti biti što sličnija klasičnim desktop e-mail aplikacijama. Aplikacija je prilagođena za rad sa Gmail sistemom. Predstavljene su tehnologije koje su korišćene u realizaciji od kojih su najvažnije Google Web Toolkit i Java Mail API.

**Abstract** – This paper presents one implementation of a web mail client using the Google Web Toolkit library. The aim was to create an application which could be run from any web browser, but to make its appearance and functionality resemble the usual desktop e-mail applications as much as possible. The application works with the Gmail system. All the technologies used to implement the solution are listed in the paper, of which Google Web Toolkit and Java Mail API are the most important ones.

**Ključne reči:** Google Web Toolkit, GWT, JavaScript, Ajax, Remote Procedure Call, Java, Java Mail API.

### 1. UVOD

Besplatni web e-mail klijenti kao što su Google Gmail, Yahoo Mail, i dr. su postali svakodnevnica za veliki broj korisnika širom sveta. Njihove prednosti su u tome što su dostupni, uvek i sa svakog računara koji ima pristup internetu i neki od internet pretraživača, kao i to da pružaju veliki prostor za čuvanje poruka. Iako su zbog ovih osobina u velikoj meri potisnuli upotrebu desktop e-mail aplikacija kao što su Microsoft Outlook, Microsoft Outlook Express, Mozilla Thunderbird itd. i dalje im ne mogu parirati po izgledu korisničkog interfejsa kao ni po svim raspoloživim funkcionalnostima.

Do skoro je pisanje i održavanje složenih web aplikacija bilo izuzetno teško. Ovo je posledica toga što su se web aplikacije pravile upotrebom više različitih web tehnologija, na primer HTML, JavaScript, Ajax [1] itd. Da bi se ovo izbeglo potrebno je bilo naći rešenje za jednostavnije pisanje i održavanje web aplikacija. Jedno od tih rešenja je razvijeno od strane kompanije Google pod nazivom Google Web Toolkit – GWT [2].

Cilj razvoja GWT je bio da programeri više ne moraju biti eksperti za JavaScript, Ajax, XML, HTML, CSS i ostale web tehnologije kako bi mogli da razvijaju složene web aplikacije.

### NAPOMENA:

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

### 1.1. JavaScript

JavaScript je skriptni programski jezik koji se koristi za definisanje funkcionalnosti web stranica na klijentskoj strani. Njegova osnovna namena je da unese interaktivnost korisnika sa statičnim HTML stranicama. JavaScript je slabo tipiziran jezik sa skromnom podrškom za objektno orijentisano programiranje i ne treba ga mešati sa programskim jezikom Java. Iako se koristi i van web stranica, njegova najčešća primena jeste za dodavanje dinamičnosti HTML stranicama u kojima je usađen između `<script>` HTML tagova.

### 1.2. AJAX - Asynchronous JavaScript And XML

Ajax je tehnika pravljenja interaktivnih web aplikacija primenom već postojećih standarda: JavaScript, XML, CSS i HTTP. Ključna odlika web stranica koje koriste Ajax jeste da se podaci šalju i primaju bez potrebe da se učita nova ili ista stranica. Ovo se postiže pomoću `XMLHttpRequest` objekta u JavaScript-u, koji asinhrono šalje podatke serveru pomoću HTTP zahteva. Jedna od loših strana Ajax tehnike je što je pisanje složenijih aplikacija veoma komplikovano. Naime, JavaScript kod je teško debug-ovati i on ne radi jednako u svim internet pretraživačima. Iz tog razloga inženjeri iz Google kompanije pokreću projekat koji za cilj ima pravljenje paketa alata uz pomoć kojih će se na što elegantniji način rešiti problem pisanja složenih Ajax web aplikacija.

### 1.3. Google Web Toolkit – GWT

GWT je open source skup alata koji omogućava programerima da kod pišu u Javi [5], dok će se GWT Java-to-JavaScript kompajler pobrinuti da se taj kod prevede u JavaScript kod, koji će se izvršavati u svim internet pretraživačima. Google Web Toolkit ne predstavlja samo Java-to-JavaScript kompajler već i niz drugih alata i biblioteka. Naime, kod koji se piše u GWT jeste klasičan Java kod, međutim, on se kompajlira pomoću GWT biblioteke koja emulira standardne Java biblioteke - emulacija JRE Java biblioteka. U GWT biblioteke spadaju brojne standardne Java biblioteke, kao i biblioteke specifične za GWT, na primer biblioteka koja sadrži GWT Widget-e - GWT UI biblioteka.

Među GWT alatima se nalazi i dodatak (plugin) za popularno razvojno okruženje Eclipse, koji razvoj web aplikacija čini bržim i lakšim.

Velika prednost GWT-a je u tome što kada se program koji se razvija želi isprobati, ne mora se ceo iskompajlirati u JavaScript. Naime, moguće je instalirati poseban dodatak (plugin) za neki od najrasprostranjenijih internet pretraživača i tada će se u željenom trenutku aplikacija

učitati u internet pretraživač i biće moguće brzo uočavanje i otklanjanje grešaka. Ovaj režim rada se zove Development mode. Sa druge strane, postoji i Production mode. U ovom režimu aplikacija je konvertovana u čisti JavaScript i HTML, na osnovu Java izvornog koda. Ovakvu aplikaciju je moguće pokrenuti na svakom internet pretraživaču, bez instalacije posebnog dodatka. U osnovi, GWT aplikacija se deli na dva dela, klijentski i serverski deo. Klijentski deo se realizuje korišćenjem GWT biblioteka, dok se serverski deo može realizovati korišćenjem bilo koje dostupne Java biblioteke. Komunikacija između klijentske i serverske strane se obavlja na način objašnjen u sledećem poglavlju.

#### 1.4. GWT RPC

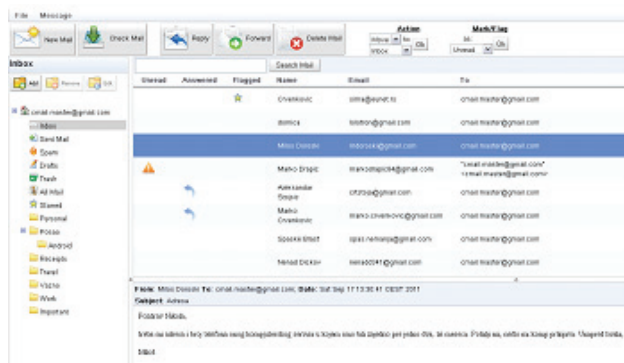
GWT pozivi udaljenih procedura predstavljaju lak način za komunikaciju između klijenta i servera određene web aplikacije i olakšavaju prenos Java objekata preko HTTP protokola. Kod koji se nalazi na serverskoj strani aplikacije i koji poziva klijentsku stranu naziva se servis. Implementacija *GWT RPC* [4] servisa se zasniva na Java servlet arhitekturi. Sa klijentske strane koristimo automatski generisanu *proxy* klasu da bismo pozvali servis na serverskoj strani. GWT obavlja sav posao oko serijalizacije objekata koje prosleđujemo i vraćamo kao povratne tipove. Ono što je suština GWT RPC-a i Ajax-a su asinhroni serverski pozivi. To znači da kada se uputi neki poziv serveru, on ne blokira ostatak aplikacije, već se nastavlja normalan rad dok se poziv obrađuje. Prednosti upotrebe asinhronih poziva su na prvom mestu funkcionalnost same aplikacije te u poboljšanom utisku korisnika i brzini izvršavanja aplikacije.

#### 1.5. JavaMail API

JavaMail API [4] pruža set apstraktnih klasa i interfejsa koji definišu objekte koji čine kompletan e-mail sistem. Tu spadaju klase kao što su *Message*, *Store* i *Transport*, koje reprezentuju e-mail poruke kao i mehanizme njihovog čuvanja i slanja. Ove klase se, po potrebi, mogu nasledivati radi implementacije novih protokola. Pored ovih apstraktnih klasa, API stavlja na raspolaganje i konkretne klase kao što su *MimeMessage* i *MimeBodyPart*, koje implementiraju strukturu e-mail poruka po postojećim standardima (*RFC822*, *RFC2045*, *RFC2046*, *RFC2047*) i spremne su za integraciju u softverska rešenja. Takođe, JavaMail pruža referentnu implementaciju *POP3*, *SMTP* i *IMAP* protokola.

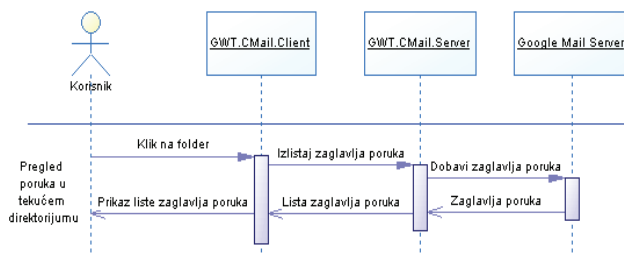
## 2. CMail APLIKACIJA

Sistem realizovan u ovom radu je nazvan CMail i specijalizovan je za rad sa Gmail serverom. Po izgledu je potpuno drugačiji od Gmail sistema, i više liči na klasične desktop mail klijente, kao što je prikazano na slici 2.1. Interfejs aplikacije je podeljen na četiri dela. U gornjem delu se nalazi toolbar i meni. Levi deo sadrži sve funkcionalnosti vezane za rukovanje direktorijumima. Desni deo interfejsa je podeljen na dva dela: u gornjem delu je lista poruka tekućeg direktorijuma, dok je donji deo vezan za sadržaj poruke.



Slika 2.1. Dijagram slučaja korišćenja za pregled poruka u tekućem direktorijumu

Na slici se vidi da su poruke organizovane u hijerarhijsko stablo, što nije jednostavno postići u originalnom Gmail okruženju. Na originalnom Gmail sajtu se folderi realizuju upotrebom labela, ali se preko IMAP protokola te labela vide kao folderi, pa nije bilo potrebno koristiti nestandardne tehnike da bi se obezbedila ova bitna mogućnost. Princip rada sa Gmail sistemom je sledeći: klijentska aplikacija izvršava sve operacije nad porukama (listanje, čitanje, pisanje i brisanje) upotrebom GWT RPC tehnike, čime se pozivaju odgovarajuće metode servisa. Ove metode kontaktiraju Gmail server preko IMAP protokola. Primer pregled poruka u tekućem direktorijumu je dat na slici 2.2.



Slika 2.2. Dijagram slučaja korišćenja za pregled poruka u tekućem direktorijumu

Klasa *GWT.CMail.Cient* predstavlja klijentski deo aplikacije, to jest web aplikaciju koja se izvršava u okviru internet pretraživača na korisničkoj strani. *GWT.CMail.Server* predstavlja implementaciju servisa na serverskoj strani aplikacije. Ovaj servis je sprema između klijentske strane i Google mail servera i služi za razmenu podataka između istih. *Google Mail Server* Google-ov mail server. Na njemu se nalaze sve poruke koje se nalaze na Gmail nalogu kao i podrška rukovanja istim. Google mail serveru se pristupa preko Java Mail API-ja. Pregled poruka u tekućem direktorijumu se odvija tako tako što korisnik klikne na ikonicu sa imenom foldera u listi direktorijuma. CMail Serveru se prosleđuje ime foldera čiji se sadržaj želi izlistati kao i opseg poruka koje će biti izlistane. CMail Server od Google mail servera dobija poruke iz kojih vadi informacije potrebne za ispis zaglavlja. CMail Server šalje CMail klijentu listu zaglavlja poruka, a zatim se lista prikazuje u tabeli pristiglih poruka.

## 2.1. KLASA CMail

GWT projekti se sastoje od dva obavezna paketa klasa *client* i *server*, a u realizaciji ove aplikacije dodat je još jedan - *shared*. U nastavku su dati opisi ovih paketa.

U *client* paketu se nalaze klase koje realizuju klijentsku stranu aplikacije – korisnički interfejs, GWT RPC sinhroni i asinhroni interfejs, kao i *ui.xml* fajlovi za realizaciju *UiBinder*-a [2]. Ove klase se od strane GWT kompajlera prevode u optimizovani JavaScript kod koji se izvršava u korisnikovom internet pretraživaču. U ovom paketu se nalazi osnovna klasa aplikacije – CMail klasa.

U *server* paketu se nalaze klase koje komuniciraju sa klijentskim delom aplikacije preko GWT RPC mehanizma sa jedne strane i sa Google mail serverom sa druge. U njemu su realizovani mehanizmi za rad sa e-mail porukama i direktorijumima na Google mail serveru.

Paket *shared* sadrži klase koje se koriste i u *client* i *server* paketima.

Na slici ispod je prikazana osnovna klasa CMail sistema – klasa CMail.

CMail	
- selectionModel	: SingleSelectionModel<MessageHeader>
- messageService	: GWTMessageServiceAsync
- folderService	: GWTFolderServiceAsync
- EmailHeaders	: ArrayList<MessageHeader>
- FolderMap	: Map<TreeItem, String>
- dataProvider	: ListDataProvider<MessageHeader>
...	...
+ FillHeaders (int numofMessagesToShow, int startCount, String whichFolder)	: void
+ AddNewFolder (final String folderName)	: void
+ SendNewMessage (String from, String personal, String to, ...)	: void
+ ReplyMessage (int messageid, String messageFolder, String from, ...)	: void
+ ForwardMessage (int messageid, String messageFolder, String from, ...)	: void
+ DeleteMessage (String folderName, int messageNum)	: void
...	...

Slika 2.3. CMail klasa

CMail je klasa koja implementira interfejs *EntryPoint*, i predstavlja osnovnu klasu u prezentacionom sloju. CMail klasa sadrži *onModuleLoad* metodu koja se pokreće pri pokretanju aplikacije i u kojoj se vrši inicijalizacija svih komponenti. CMail klasa takođe sadrži *RootPanel* koji je podloga na koju se slažu svi ostali elementi interfejsa. CMail koristi *DockLayoutPanel* kao osnovni panel u koji se smeštaju svi ostali paneli koji sadrže GWT widget-e.

## 3. IMPLEMENTACIJA

U ovom poglavlju će biti predstavljena implementacija rešenja GWT mail aplikacije. Biće objašnjena implementacija kako sa klijentske tako i sa serverske strane aplikacije za slučaj listanja poruka u tekućem direktorijumu i čitanje sadržaja poruke.

### 3.1. Listanje zaglavlja poruka u client paketu

Listanje poruka je realizovano u funkciji *FillHeaders* koja se nalazi u *CMail* klasi. Atributi funkcije su *numOfMessagesToShow*, broj koji predstavlja broj zaglavlja koje će se dobiti, odnosno prikazati, *startCount* je broj koji predstavlja redni broj poruke u direktorijumu od koje će se zaglavlja dobavljati, odnosno ispisivati i na kraju *whichFolder* je ime direktorijum iz koga se poruke dobavljaju, odnosno ispisuju

Za realizaciju svih metoda koje vrše obradu poruka važna su tri atributa *Cmail* klase: *messageService*, *Email*

*Headers* i *dataProvider*. Atribut *messageService* je instanca *GWTMessageService* klase i preko njega se GWT RPC mehanizmom pozivaju sve metode iz serverskog paketa koji su vezani za rad sa porukama.

Atribut *EmailHeaders* je instanca *ArrayList* klase sa tipom *MessageHeader* i predstavlja listu svih zaglavlja poruka koja su trenutno prikazana na klijentskoj strani. Ovaj atribut sadrži sve bitne podatke o porukama koji se koriste u više namena, između ostalog i za čitanje sadržaja željene poruke.

Ispis zaglavlja poruka se vrši preko atributa *dataProvider* koji je instanca *ListDataProvider* klase tipa *MessageHeader*. Ovaj atribut može da puni i prazni tabelu za prikaz zaglavlja poruka preko instance klase *CellTable* tipa *MessageHeader* koja se dobija pozivom *messageList.getMessageList()*. Prvo se isprazni *EmailHeaders* lista, tabela sa ispisanim zaglavlja poruka se prazni i postavlja se poruka sa animacijom koja korisniku saopštava da se učitavaju zaglavlja poruka. Zatim se preko *messageService* poziva metoda *getMessageHeaders* koja je implementirana u *server* paketu. Ukoliko je poziv uspešan, vraća niz *MessageHeader* objekata – *result*, sklanja se poruka o učitavanju poruka, i ukoliko *result* atribut nije prazan, atribut *Email Headers* se puni objektima iz *result* niza. Nakon toga se atribut *dataProvider* puni istim sadržajem kao i *EmailHeaders*, što za rezultat ima ispis zaglavlja poruka u tabelu za prikaz zaglavlja poruka. Ukoliko je *result* prazan, biće prikazana poruka da u tekućem direktorijumu nema poruka. Primer izlistanih zaglavlja poruka u CMail aplikaciji dat je na sledećoj slici.



Slika 3.1. Izgled dela aplikacije u kome su izlistane poruke u trenutnom direktorijumu

### 3.2. Listanje zaglavlja poruka u server paketu

Dobavljanje zaglavlja poruka iz trenutnog direktorijuma se realizuje u metodi *getMessageHeaders*. Ova metoda prima parametare *numOfMessagesToShow*, *startCount* i *whichFolder* na osnovu kojih se zaglavlja dobavljaju od Google Mail servera.

Prijavlivanje na Google Mail server se obavlja preko *store* i *session* [4] objekata. Bitno je napomenuti da je potrebno napraviti objekat *GmailAuthenticator* klase da bi konekcija mogla biti ostvorena. Kada je konekcija uspešno ostvorena, potrebno je otvoriti direktorijum čije poruke želimo da pročitamo. Ukoliko je ova operacija uspešna, računa se koliko je potrebno zaglavlja dobiti i pravi se niz *MessageHeader* objekata u koji će se smeštati zaglavlja. Poruke tipa *Message* se dobavljaju *folder.getMessage* metodom i iz koje se vade informacije i smeštaju u *MessageHeader* objekate onoliko puta koliko je to definisano u *numOfMessagesToShow* parametru. Ukoliko je sve prošlo bez greške, kao povratna vrednost

metode vraća se niz *MessageHeader* objekata koji sadrži zaglavlja poruka.

### 3.3. Čitanje sadržaja poruke u client paketu

Čitanje sadržaja poruke je realizovano preko instance *SingleSelectionModel* klase – *selectionModel* atributa *CMail* klase. Kada dođe do promene selekcije, u tabeli za ispis zaglavlja poruka se poziva metoda za dobavljanje sadržaja poruke koja je selektovana.

Pored *selectionModel* atributa, postoje još dva bitna atributa koja su ključna u realizaciji čitanja sadržaja poruke, a to su *messageContent* i *messageSelected*. Atribut *messageContent* služi za pristup delu aplikacije koja je zadužena za prikaz sadržaja poruke korisniku, dok se u atributu *messageSelected* nalazi trenutno selektovano zaglavlje.

Prilikom promene selekcije, u tabeli za ispis zaglavlja poruka izvršava se kod iz funkcije *onSelectionChange*, čime se dobija selektovana poruka. Postavlja se poruka sa animacijom koja korisniku saopštava da se učitava sadržaj poruke. Sledi poziv *getMessageBody* metode koja kao parametre prosleđuje direktorijum u kome se poruka nalazi kao i njen redni broj u tom direktorijumu, a kao povratnu vrednost vraća *messageBody* tipa *String* koji je HTML predstava sadržaja poruke.

U slučaju uspešnog poziva, sklanja se poruka o učitavanju poruke i sadržaj poruke se postavlja pozivom *messageContent.getContent().setHTML(messageBody)*. U suprotnom biće ispisana poruka da ne postoji sadržaj poruke.

### 3.4. Dobavljanje poruke u server paketu

Dobavljanje sadržaja poruke se realizuje u serverskoj metodi *getMessageBody*. Ova metoda prima parametare *folderName* i *msgnum* koji sadrže podatke u kom direktorijumu se nalazi poruka čiji sadržaj želimo da iščitamo kao i njen redni broj u istom. Povratna vrednost ove metode je sadržaj poruke koja je tipa *String*. Ova metoda se prijavljuje na Google Mail server preko *store* i *session* objekata. Kada je konekcija uspešno ostvarena, potrebno je otvoriti direktorijum čije poruke želimo da pročitamo. Ukoliko je ova operacija uspešna, sadržaj poruke se smešta u *messageBody* promenljivoj, koja je tipa *String*. Rekurzivnim pozivom metode *dumpBody*, dobija se sadržaj iz *msg* objekta i vraća se klijentu.

## 4. ZAKLJUČAK

Zadatak ovog rada je bio realizacija web aplikacije za rukovanje e-mail porukama, specijalizovana za rad sa Gmail serverom. Osnovni zadatak je bio upoznavanje i ovladavanje GWT tehnologijom, kao i implementacija komunikacije sa Google mail serverom preko JAVA Mail API-ja. Dodatni zahtevi su bili napraviti web aplikaciju koja će:

1. Vizuelno izgledati kao desktop e-mail aplikacija.
2. Imati podršku za rukovanje porukama.
3. Imati podršku za rukovanje direktorijumima.
4. Posedovati drag and drop funkcionalnost.

Svi zahtevi su ispunjeni osim drag and drop funkcionalnosti, koja nije bila podržana u GWT 2.0 specifikaciji koja je korišćena za pravljenje aplikacije.

Prilikom implementacije rešenja je postalo jasno da je Google Web Toolkit veoma moćna platforma za razvoj Ajax aplikacija jer ona omogućava razvoj web aplikacija upotrebom standardizovanih softverskih komponenti uz korišćenje standardnih razvojnih okruženja. GWT ima zaista veliki skup funkcionalnosti dok je lakoća primene istih zaista impresivna.

Važno je pomenuti da Google Web Toolkit ima veliku podršku open-source zajednice, što će dodatno povećati skup funkcionalnosti i mogućih dodataka u narednom vremenu. Interesatno je reći da je od početka realizacije aplikacije do pisanja ovog rada, verzija GWT specifikacije od 2.0 došla do 2.4, što govori da se GWT razvija velikom brzinom. Njegova široka lepeza funkcionalnosti, lakoća korišćenja kao i sama činjenica da iza GWT projekta stoji kompanija Google, jedna od trenutno najvećih IT kompanija na svetu, osigurava njegovu budućnost.

## 5. LITERATURA

- [1] The worlds largest web development site  
<http://www.w3schools.com/>
- [2] Google Web Toolkit Developers guide  
<http://code.google.com/webtoolkit/doc/latest/DevGuide.html>
- [3] Google Web Toolkit Remote Procedure calls  
<http://code.google.com/webtoolkit/doc/latest/DevGuide.html>
- [4] SUN MICROSYSTEMS, INC. JavaMail (TM) API Design Specification Version: 1.4, December 2005.
- [5] *Java 2 Platform, Enterprise Edition*,  
<http://java.sun.com/j2ee/>

### Kratka biografija:

**Nikola Crvenković** je rođen 1984. godine u Novom Sadu. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Računarstvo i automatika – Računarske nauke i informatika, odbranio je 2011. godine.

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

**MJERENJE KLJUČNIH PARAMETARA KVALITETA ELEKTRIČNE ENERGIJE  
METODOM MJERENJA NA INTERVALU****MEASURING OF POWER QUALITY KEY PARAMETERS BY THE METHOD OF  
MEASUREMENT ON INTERVAL**

Mladen Marinković, Vladimir Vujičić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – Tema ovog rada jeste mjerenje ključnih parametara električne energije i uvid u grubu sliku kvaliteta električne energije u naselju Futog u Novom Sadu. Mjerenja su vršena u periodu od 1. jula do 4. jula, na tri lokacije na istomvodu, na različitoj udaljenosti od iste trafostanice. Dobijeni podaci upisani su u bazu podataka, ekstrahovani u excel tabele i prikazani pomoću vremenskih dijagrama. Na osnovu dobijenih rezultata, koji se razlikuju od očekivanih, pokazano je da je kvalitet električne energije u okviru norme EN50160.

**Ključne reči:** Mjerenje, Kvalitet električne energije, Mjerne metode

**Abstract** – The subject of this paper is to give insight into a rough picture of electric powers quality by measuring key parameters of electric power in Futog, the settlement of Novi Sad. Measurements were carried out between 1st July and 4th July, at three locations on the same line at various distances from the same substation. The data were entered into the database, extracted into Excel tables and charts displayed by the time. Based on the results on observed location, which are different than expected, it was shown that the quality of electric power is within the norm EN50160.

**Key words:** Measurements, Electric powers quality, Measurement methods

**1. UVOD**

Ukoliko u nekom dijelu mreže dođe do problema u radu opreme određenog korisnika mreže potrebno je provjeriti kvalitet napona na mjestu priključka u elektroenergetski sistem. Ako se mjerenjem utvrdi da kvalitet napona nije zadovoljavajući, potrebno je utvrditi uzrok narušavanja kvaliteta napona. Uzrok se ne može odrediti mjerenjem osnovnih parametara samo jednog korisnika mreže, već se taj problem utvrđuje kroz mjerenje kvaliteta napona više korisnika na istom čvoru mreže, u ovom slučaju na istoj trafostanici.

Cilj rada je da pokažemo koliko variraju električne veličine (efektivna vrijednost napona i frekvencija) u zavisnosti od lokacije, tj. udaljenosti od trafostanice, i opterećenja mreže u različitim periodima dana. Za mjerenja je korišćen uređaj VMP-20 povezan sa prenosivim računarom na kojem se nalazi odgovarajući

softver za obradu dobijenih podataka. Metoda koja je korišćena za mjerenje je metoda mjerenja na intervalu. Mjerenja su vršena u trajanju od 24h na svakoj lokaciji, a mjerni interval je 1 sekund. Ovim radom obuhvaćena je osnovna analiza kvaliteta elektroenergetskog sistema, metoda mjerenja na intervalu, opis rada mjernog instrumenta VMP-20, opis neophodnog softvera VMPlog, kao i opis Firebird baze podataka. Takođe se ističu prednosti metode mjerenja na intervalu u odnosu na metod mjerenja u tački. Rezultati mjerenja su dati u obliku vremenskih dijagrama, kako za efektivnu vrijednost napona tako i za frekvenciju.

**2. KVALITET ELEKTRIČNE ENERGIJE**

Kvalitet električne energije [5] je skup ograničenja vezanih za električne parametre koja omogućavaju elektroenergetskom sistemu da funkcioniše na željeni način, odnosno da funkcioniše bez značajnog gubitka performansi. Termin kvalitet električne energije se koristi da opiše električnu energiju (napon i frekvencija) potrebnu da pokrene električna opterećenja na mreži i sposobnost opterećenja da ispravno funkcionišu sa tom električnom energijom. Složenost sistema za prenos električne energije od tačke proizvodnje do tačke potrošnje u kombinaciji sa varijacijama u vremenu, opterećenjem mreže i drugim faktorima, uzrokuje smanjenje kvaliteta snabdjevanja energijom krajnjeg korisnika. Kvalitet električne energije odnosi se na kvalitet napona odnosno na dozvoljene opsege efektivne vrijednosti napona i frekvencije regulisane standardom EN50160.

Standard EN50160 obezbjeđuje granice i varijacije naponskih karakteristika električne energije isporučene od strane javnog distributivnog sistema.

Kvalitet električne energije može se opisati kao skup vrijednosti parametara kao što su:

- kontinuitet usluga
- varijacije efektivne vrijednosti napona i frekvencije
- nepostojanost napona i struje
- sadržaj harmonika u talasnim oblicima, itd...

Često je korisno posmatrati kvalitet električne energije kao problem kompatibilnosti: da li je oprema povezana na mrežu kompatibilna sa mogućnostima mreže; i da li električna energija isporučena od strane mreže, u zavisnosti od vremenskih uslova i opterećenja, može da zadovolji različite zahtjeve potrošača na mreži.

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio prof. dr Vladimir Vujičić.**

U idealnom slučaju, isporučeni napon je sinusnog oblika sa amplitudom i frekvencijom koji su dati nacionalnim standardima (u slučaju napajanja) ili sistemskim specifikacijama sa impedansom prenosnog voda od  $0\Omega$  na svim frekvencijama. U realnim situacijama isporučeni napon je izobličen i dolazi do fluktuacije frekvencije. Sve dok su izobličenja realnog napona u odnosu na idealne vrijednosti u granicama koje su date normom EN50160 isporučena električna energija je zadovoljavajućeg kvaliteta. Uređaj VMP-20 [2] ne mjeri faktor izobličenja, pošto je konstruisan četiri godine prije usvajanja norme EN50160.

### 3. INSTRUMENT VMP-20

VMP-20 [2] je pouzdan i robusan instrument razvijen na Fakultetu Tehničkih Nauka 1996. godine. To je univerzalni mjerni instrument pogodan za mjerenje najvažnijih veličina elektroenergetskog sistema: napona, struje, aktivne snage, faktora snage i frekvencije; ali ne i faktor izobličenja, pošto je konstruisan četiri godine prije usvajanja norme EN50160. Ove veličine se direktno očitavaju na displeju, a pomoću odgovarajućeg softvera koji prati ovaj uređaj, mogu se naknadno izračunati: impedansa, reaktivna snaga, prividna snaga, kao i aktivna i reaktivna energija. Performanse ovog instrumenta su i više nego dovoljne za efikasno posmatranje i praćenje osnovnih parametara u elektrodistributivnoj mreži. Napajanje instrumenta je 220V, 50Hz i ima dva ulaza, strujni i naponski. Maksimalna vrijednost koju može da registruje na naponskom nivou je 400V, a na strujnom nivou 5A. Instrument automatski bira opsege napona i struje, što je velika prednost u odnosu na slične mjerne uređaje. To se, prije svega, ogleda u tome što mu je duži vijek trajanja, rukovanje njime je jednostavno, a ljudska greška pri mjerenju svedena je na minimum.

Mjerni instrument VMP-20 razvijen je na osnovu metode stohastičke adicione A/D konverzije (SAADK) [5]. Metoda je, takođe, razvijena na Fakultetu Tehničkih Nauka u Novom Sadu. Osnova na kojoj se zasniva ova metoda je stohastički dither (eng. *dither* - treperenje).

### 4. SOFTVER VMPLog

VMPLog [2] predstavlja posebno razvijen softver koji kao namjenu ima monitoring i arhiviranje podataka sa mjernog instrumenta VMP-20. Komunikacija sa instrumentom se ostvaruje preko serijske veze (RS-232). Komunikacija instrumenta sa softverom vrši se u realnom vremenu tako što se mjerni podaci preuzimaju sa instrumenta i potom arhiviraju u relacionoj bazi podataka. Izbor relacione baze podataka za arhiviranje mjernih veličina (neuobičajeno u ovakvim primjenama) je motivisan mogućnošću jednostavne i fleksibilne dijagnostike pomoću SQL upita nad bazom podataka. VMPLog je projektovan sa namjerom zadovoljavanja sljedećih zahteva:

- arhiviranje mjernih podataka u realnom vremenu (zahteva veoma brzu komunikaciju sa bazom podataka)
- mali zahtjevi za resursima (da se omogući rad na notebook/laptop računarima prethodne generacije)
- široka lepeza podržanih verzija operativnog sistema (Win95/98, Win2000/XP)

VMPLog je razvijen koristeći programsko okruženje *Delphi 7* i koristi sistem za upravljanje bazom podataka *Firebird* (verziju 1.5.2. u "embedded" varijanti) u sprezi sa bibliotekom za pristup *FIBPlus* 6.2. VMPLog se sastoji od sledeća dva glavna modula:

- modul za komunikaciju sa mjernim instrumentom VMP-20
- modul za arhiviranje trenutnih mjernih veličina sa instrumenta u bazu podataka

#### 4.1. Komunikacija sa mjernim instrumentom VMP-20

Serijska komunikacija je jedan od načina komunikacije računara sa perifernim uređajima. Najpoznatiji i najkorišteniji standard za serijsku komunikaciju je RS232. Veza sa mjernim instrumentom VMP-20 ostvaruje se, takođe, preko serijskog RS-232 porta. Parametri veze (port, brzina komunikacije, parnost, itd.) se podešavaju prema instrumentu VMP-20.

#### 4.2. Zapis mjernih veličina sa instrumenta u bazu podataka

Mjerene veličine tj. veličine dobijene pomoću instrumenta u realnom vremenu (napon, struja, snaga i frekvencija), se arhiviraju u bazu podataka, u konkretnom slučaju u intervalima od jedne sekunde. Bazu podataka predstavlja sistem za upravljanje relacionom bazom podataka *Firebird* [4], i to u posebnoj, tzv. "embedded" varijanti (integrisan *Firebird*). To je potpuno funkcionalan *Firebird* server spakovan u samo jednu datoteku (dinamičku biblioteku). Ovakav sistem je veoma jednostavan za postavljanje i korišćenje, pošto nema potrebe za instaliranjem servera. Programski pristup bazi podataka je ostvaren pomoću biblioteke *FIBPlus*. Ova biblioteka za programska okruženja kompanije *Borland* omogućava direktan, brz i fleksibilan pristup bazama podataka InterBase ili kompatibilnim bazama, u ovom slučaju prema *Firebird*-u.

*Firebird* je izabran za SUBP prije svega zahvaljujući sledećim karakteristikama:

- malim zahtjevima za resursima i visokim performansama, pogotovo u sprezi sa programskom bibliotekom *FIBPlus*
- postojanju tzv. embedded režima rada gdje je potpuno funkcionalan server spakovan u samo jednu datoteku (tj. linkovan kao dinamička biblioteka), maksimalno olakšavajući rad sa bazom podataka

Model podataka u slučaju softverskog paketa VMPLog je krajnje jednostavan i sastoji se od samo jedne tabele. Polja te tabele su mjerne veličine (napon, struja, snaga, frekvencija), vrijeme očitavanja tih veličina, jedinstveni ključ i izvor. Polje izvor omogućava arhiviranje mjernih podataka sa više instrumenata u jedinstvenu bazu podataka.

### 5. MJERENJE NA INTERVALU

Mjerenje na intervalu [1] je integralni pristup mjerenju vrijednosti signala i njihovih parametara.

Mjerenje unutar konačnog vremenskog intervala prevazilazi neke nedostatke i ograničenja strategije koja koristi pristup mjerenja u tački. U isto vrijeme, metod mjerenja na intervalu zadržava sve dobre osobine mjerenja u tački, pogotovo mogućnost korištenja

ogromnog softvera razvijanog godinama u oblasti nauke i tehnike.

Prednosti mjerenja na intervalu su:

- mjerenje na visokim frekvencijama
- mjerenje signala sa šumom
- velika linearnost i mala nesigurnost mjerenja.

Ove karakteristike se često pojavljuju uporedo i mogu da obezbjede veliku tačnost rezultata u oblastima u kojima to nije bilo moguće ranije. Kako mjerenje na intervalu predstavlja komplement mjerenju u tački, ova metoda može da se izvodi pomoću fleš A/D konvertora male rezolucije. Zbog toga frekvencija smplovanja može biti maksimalna frekvencija koju je tehnologija dostigla - trenutno je moguće dostići oko 500 MHz.

## 6. REZULTATI I DISKUSIJA

Praktični dio ovog rada su mjerenja osnovnih parametara koji opisuju kvalitet električne energije u naselju Futog, u Novom sadu. Mjerenja su vršena u periodu od 1. jula do 4. jula, kod tri krajnja korisnika na različitim udaljenostima od iste trafostanice.

Prvi korisnik, u ulici Marije Bursać, udaljen je od trafostanice 30m.

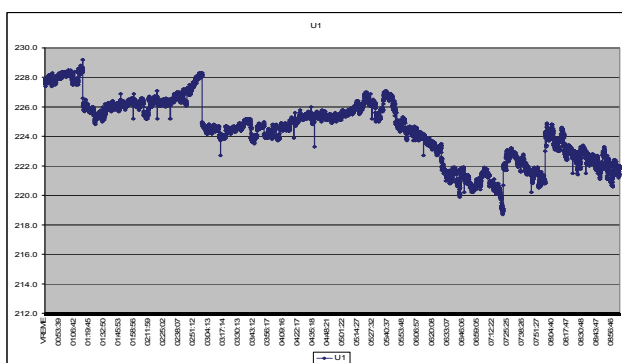
Drugi korisnik, ulica Zdravka Čelara, udaljen je od trafostanice 200m.

Treći korisnik kod kojeg su izvršena mjerenja je u ulici Republike Srpske i udaljen je 350m od trafostanice.

Za mjerenje je korišćen instrument VMP-20. Instrument je mjerio osnovne parametre električne energije (efektivnu vrijednost napona i frekvenciju) 24h po svakoj lokaciji.

Metoda korišćena za mjerenje je metoda mjerenja na intervalu, a mjerni interval je 1 sekunda.

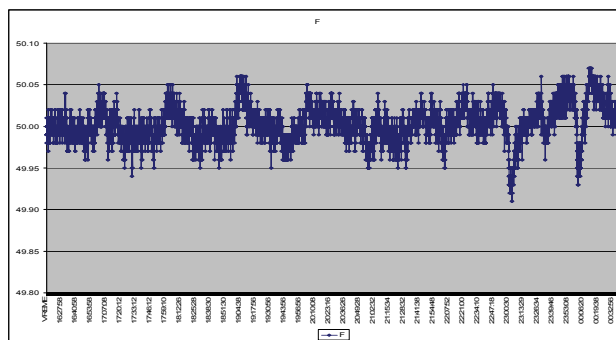
Rezultati su dati u obliku dijagrama koji prikazuju zavisnost efektivne vrijednosti napona i frekvencije od vremena. Primjer dijagrama efektivne vrijednosti napona u funkciji vremena dat je na slici 1.



Slika 1. Vremenska zavisnost efektivne vrijednosti napona

Skokovite promjene napona koje se vide na slici posljedica su uključenja regulatora u trafostanici.

Na slici 2 prikazan je primjer dijagrama frekvencije u funkciji vremena. Promjene su oko srednje vrijednosti od 50 Hz. U zavisnosti od tog da li se električna energija troši (normalno opterećenje mreže) ili je generator rasterećen (npr. uvoz električne energije), frekvencija je nešto veća od 50Hz ili nešto manja od 50 Hz, respektivno.



Slika 2. Frekvencija prikazana u funkciji vremena

Varijacije, u odnosu na idealne vrijednosti napona i frekvencije, su posljedica opterećenja mreže u različitim periodima dana i razlikuju se od korisnika do korisnika u zavisnosti od fizičke udaljenosti od trafostanice. Očekivano bi bilo da najmanje promjene napona i frekvencije dešavaju kod korisnika koji je najbliži trafostanici. Rezultati dobijeni mjerenjem pokazuju da se faktori koji utiču na ključne parametre mreže mijenjaju iz momenta u moment, zavisno od opterećenja mreže kao i vremenskog perioda u kom je vršeno mjerenje.

## 7. ZAKLJUČAK

Suprostavljene interesi potrošača i proizvođača električne energije su posljednjih godina doveli u žižu interesovanja probleme vezane za kvalitet električne energije (neprekidnost napajanja, promjene napona i frekvencije usled nelinearnog opterećenja, distorzije, itd.). Prisustvo velikog broja nelinearnih potrošača u distributivnim mrežama dovodi do niza negativnih efekata koji se odražavaju kako na samu mrežu tako i na ostale priključene korisnike. Ovaj rad predstavlja još jedan prilog rješavanju problema mjerenja parametara koji opisuju kvalitet električne energije. Kvalitet električne energije na posmatranim lokacijama je daleko unutar granica postavljenih normom EN50160.

## 8. LITERATURA

- [1] "Measurement in a point versus measurement over an interval", V. Vujicic, I. Župunski, Z. Mitrovic, M. Sokola
- [2] "Tehnička dokumentacija instrumenta VMP-20", INSEL, 1997
- [3], "Adaptivni A/D konvertor i njegova primena", S. Milovančev, Doktorska disertacija, FTN, Novi Sad, 1996
- [4] *Firebird Quick Start Guide*, <http://www.firebirdsql.org/index.php?op=doc>
- [5] <http://en.wikipedia.org>

### Kratka biografija:



**Mladen Marinković** (1982) Drvar, BiH. U Banjaluci je završio Elektrotehničku školu "Nikola Tesla". Trenutno završava diplomske - master studije iz oblasti telekomunikacija na FTN u Novom Sadu.



**Vladimir Vujičić** (1947), Novi Sad. Diplomirao na ETF u Beogradu. Magistrirao i doktorirao na FTN Novi Sad, gde radi kao redovni profesor. Istaknuti stručnjak i šef katedre za električna mjerenja.

**MIKROPROCESORSKI SISTEM SA ANDROID APLIKACIJOM ZA PRIKUPLJANJE PODATAKA****MICROPROCESSOR SYSTEM WITH THE ANDROID APPLICATION FOR DATA ACQUISITION**Robert Lajko, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratka sadržaj** – Rad prikazuje primer jednog sistema dizajniranog za očitavanje temperature. Sistem je realizovan koristeći ARM mikrokontroler, bluetooth komunikaciju, Android telefon i temperaturni senzor.

**Abstract** – The work shows example of one system designed for reading temperature. System is implemented using ARM microcontroller, bluetooth communication, Android phone and temperature sensor.

**Ključne reči:** Android, bluetooth komunikacija, ARM mikrokontroler, bluetooth modul

**1. UVOD**

Zahvaljujući izvanrednom tehnološkom napretku u oblasti mikroelektronike i informacionih tehnologija, upravljanje uz pomoć računara je standardna osobina savremenih industrijskih postrojenja. Ono što poslednjih godina postaje sve popularnije je korišćenje mobilnih telefona, tablet računara i sličnih prenosivih uređaja za obavljanje istih poslova koje su do sada bili mogući samo na desktop računarima ili na posebnim namenskim sistemima i uređajima. Naučna istraživanja se sve više bave bežičnim komunikacijama, izradom brzih mikrokontrolera, brzih elektronskih kola koja se vrlo brzo integrišu u razne uređaje. Predmet ovog rada je bio da se napravi sistem koji će očitavati temperaturu na Android uređaju korišćenjem bluetooth komunikacije i ARM mikrokontrolera. Za mikrokontroler je uzet LPC 2148 [3] koji je montiran na razvojnom okruženju firme Mikroelektronika[1], za bluetooth komunikaciju je iskorišćen bluetooth modul RN-42 firme ROVING NETWORKS[2]. Kao senzor temperature je korišćen DS18S20.

Prvi korak u rešavanju projekta obuhvatio je analizu rada bluetooth modula. Za komunikaciju sa njim se koristi UART komunikacija. Drugi korak je bio pisanje programa na Arm mikrokontroleru koji će vršiti komunikaciju sa bluetooth modulom, njegovo upravljanje i prosleđivanje informacija. Treći korak je razvoj Android aplikacije koja će prihvatati informacije sa bluetooth modula preko bluetooth veze i obavestavati korisnika o prenetim informacijama. Zatim dolazi priključenje senzora i njegova integracija u sistem kao i testiranje celog projekta.

**NAPOMENA:**

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

**2. Realizacija sistema**

Sama realizacija sistema se sastojala iz nekoliko koraka:

- Analiza rada bluetooth modula
- Pisanje programa za UART komunikaciju, njegova implementacija na ARM mikrokontroler i testiranje
- Spajanje bluetooth modula sa mikrokontrolerom i testiranje
- Razvoj Android aplikacije koja komunicira sa bluetooth modulom RN-42
- Implementacija temperaturnog senzora i dela koda koji očitava temperaturu
- Podešavanje parametara i testiranje celog projekta.

**2.1. Analiza rada bluetooth modula**

Na Slici 1 je prikazan izgled samog bluetooth modula [2].



Slika 1. Izgled bluetooth modula

Sam rad je započet od analize rada modula. Kada se počinjalo, morao se proveriti i testirati sam rad modula pošto nikad nije dovoljno pregledati samo dokumentaciju, već se mora i praktično isprobati. Prvi korak u ovom delu je da se utvrde potrebni pinovi, kao i način komunikacije. Sam modul nudi USB i UART komunikaciju. Za potrebe projekta bila je adekvatnija UART komunikacija. Sledeći korak je bio testiranje samog modula i isprobavanje naredbi. Da bi to bilo moguće iskorišćen je običan PC računar.



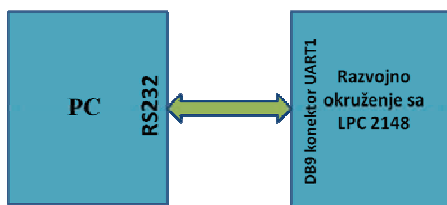
Slika 2. Blok dijagram za komunikaciju između PC računara i RN-42 bluetooth modula

Kao što je prikazano na Slici 2 da bi bilo moguće da spojimo bluetooth modul sa PC-računarom moramo odrediti prilagođavanje naponskih nivoa. Naponski nivoi RN-42 su +3,3V što predstavlja logičku jedinicu i 0V što

predstavlja logičku nulu. Naponski nivoi potrebni za komunikaciju sa RS232 su -12V za logičku jedinicu i +12V za logičku nulu, odnosno ovde se upotrebljava negativna logika. Ono što možemo još da primetimo sa blok dijagrama je način na koji su spojeni bluetooth modul i MAX232 kolo. Pinovi koji vršu predaju podataka (TX) se spajaju na pinove koji primaju podatke (RX) i obrnuto. Za očitavanje podataka je upotrebljen program Tera Term.

## 2.2. Program za UART komunikaciju

Prilikom pisanja programa na mikrokontroleru bilo je potrebno istovremeno i testiranje programa, odnosno način da proverimo da li podaci stižu do modula ili ne. Zbog toga je prvo krenuto ka razvijanju dela koda koji vrši komunikaciju sa PC računarom kao što je prikazano na Slici 3. Za komunikaciju mikrokontrolera sa PC uređajem nije potrebno posebno kolo za prilagođavanje naponskih nivoa pošto razvojno okruženje ima ugrađeno kolo za prilagođavanje naponskog nivoa kao i DB9 priključke. Potrebno je jedino kablom, sa DB9 konektorima, spojiti razvojno okruženje sa PC računarom. Za komunikaciju sa PC-em je iskorišćen UART1 [4] priključak na razvojnom okruženju, odnosno UART1 priključak na samom mikrokontroleru.



Slika 3. Blok dijagram komunikacije PC računara sa ARM mikrokontrolerom

U projektu je korišćen mikrokontroler LPC2148. Konkretno ovaj mikrokontroler baziran je na ARM7 procesoru i urađen je u RISC tehnologiji. Svi registri ARM mikrokontrolera su 32-bitni. ARM mikrokontroler korišćen u projektu ima 2 Porta: Port 0 i Port 1 i oba su 32-bitna.

Program za mikrokontroler je pisan u KEIL uVision verzija 4 programu. Testiranje smo vršili takođe programom Tera Term na PC računaru tako što je u programu namešteno da za prosleđeni karakter ka mikrokontroleru kao povratnu informaciju dobijemo prvi sledeći karakter.



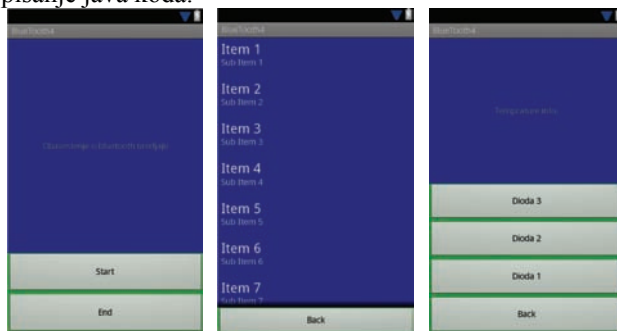
Slika 4. Izgled razvojnog okruženja

Kao razvojno okruženje korišćeno je razvojno okruženje Easy ARM kompanije Mikroelektronika prikazano na

Slici 4. Na Easy ARM okruženje se mogu montirati samo 32-bitni mikrokontroleri ovog tipa i arhitekture.

## 2.3. Razvoj Android aplikacije

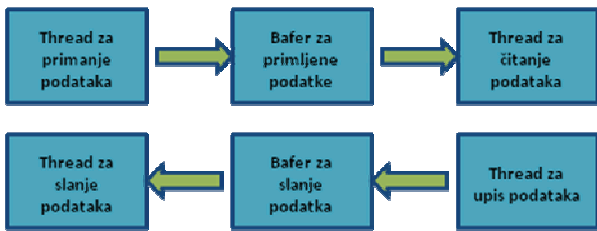
Samo razvijanje Android aplikacije se sastoji iz dva dela [5]. Prvo je pravljenje vizuelnog okruženja. Drugo je pisanje java koda.



Slika 5. Izgled prozora (layout-a) korišćenih u aplikaciji

Na Slici 5 je prikazan izgled prozora korišćenih u aplikaciji. Prvi prozor je vidljiv odmah po pokretanju aplikacije. Ukoliko uređaj poseduje bluetooth u sebi, na sredini plavog ekrana će se ispisati da postoji bluetooth. Ukoliko ne postoji takođe će biti obavešten korisnik da njegov Android uređaj ne poseduje bluetooth. U tom slučaju ako korisnik klikne na bilo koje dugme aplikacija se završava. Ukoliko bluetooth uređaj postoji klikom na Start dugme se otvara drugi prozor (srednji prozor na Slici 5) a klikom na End dugme se gasi aplikacija. Na drugom prozoru se prikazuje lista uređaja koji su nađeni. Dugme Back služi za vraćanje na prethodni prozor. Ukoliko se klikne na neki od nađenih uređaja vrši se konektovanje na taj uređaj i pokreće se treći prozor. Na sredini plavog dela trećeg prozora se ispisuje temperatura. Pritiskom na neko dugme na kome piše "Dioda" pali se određena dioda na razvojnom okruženju. Pritiskom na dugme Back se vraćamo u prethodni prozor. Ono što je ovde još bitno reći jeste i to da za svaki od gore prikazanih prozora mora da se napravi i posebna klasa koja svoje promenjive poveže sa objektima u ovom prozoru (layout-u), odnosno postoji promenjiva koja je direktno povezana sa na primer dugmetom Start. Svaka klasa koja se dodeljuje jednom prozoru se još naziva i aktivnost (Activity).

Kao što je već rečeno drugi korak u razvijanju aplikacije je pisanje java koda. U ovom slučaju moralo se voditi računa o prenosu podataka. Glavni problem je bio što aplikacija i šalje i prima podatke, pa ukoliko se desi da dok šaljemo podatke dođe do pristizanja podataka može doći do problema koji se može manifestovati nedetektovanjem podatka koji je primljen, neuspelim slanjem podatka ili oba slučaja. Zbog ovog problema je odrađen višenitni način rada odnosno višenitni način prenosa podataka prikazan na Slici 6. Napravljen je posebna nit (thread) za prijem podataka koji sve podatke koji stižu šalje u bafer za primljene podatke odakle ih posebna nit očitava. Takođe ako želimo neku informaciju da pošaljemo onda pomoću niti za upis upišemo informaciju u bafer za slanje dok nit za slanje podataka prvom prilikom pošalje podatka ka udaljenom uređaju. Zahvaljujući primeni niti omogućeno je istovremeno slanje i primanje podataka.



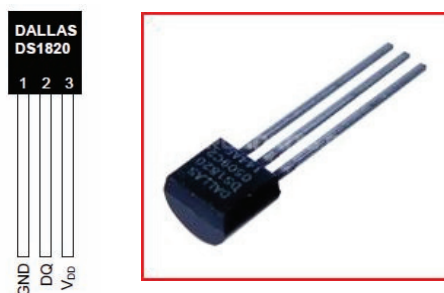
Slika 6. Blok dijagram prenosa podataka u aplikaciji

Ovim je rešen jedan od glavnih problema u aplikaciji, drugi problem je bio samo konektovanje sa drugim bluetooth uređajem. Da bismo ostvarili uspešnu konekciju morali smo ispoštovati određene korake kako bi konekcija bila uspešna:

1. Proveriti da li uređaj na kome se pokreće aplikaciju poseduje bluetooth.
2. Ako poseduje proveriti da li je uključen i ako nije pokrenuti aktivnost koja zatraži od korisnika da dozvoli uključivanje bluetooth uređaja.
3. Izvršiti skeniranje uređaja.
4. Izabrati uređaj sa kojim želimo da ostvarimo konekciju.
5. Proveriti da li su uređaji upareni i ako nisu pokrenuti aktivnost koja će uraditi uparivanje uređaja.
6. Pokušati konektovanje sa uređajem.
7. Nakon uspešnog konektovanja početi razmenu podataka.

Kao što se vidi iz navedenih koraka da bi došlo do prenosa podataka dva bluetooth uređaja moraju biti uparena i konektovana jedan sa drugim. Uparivanje je proces koji se pokreće samo prilikom prvog konektovanja. Drugim rečima uređaji koji su već jednom upareni ne moraju ponavljati ovaj postupak, a postupak će se ponoviti jedino ako neko od korisnika izbriše određeni uređaj iz liste uparenih uređaja koja se nalazi u memoriji telefona. Sam postupak uparivanja se sastoji od unošenja PIN kodova, uređaji će se upariti jedino ako se i u jedan i u drugi uređaj unesu isti PIN kodovi. Kada se jednom upare sledeći put se ovaj korak preskače i odmah se uspostavlja konekcija.

#### 2.4. Implementacija temperaturnog senzora



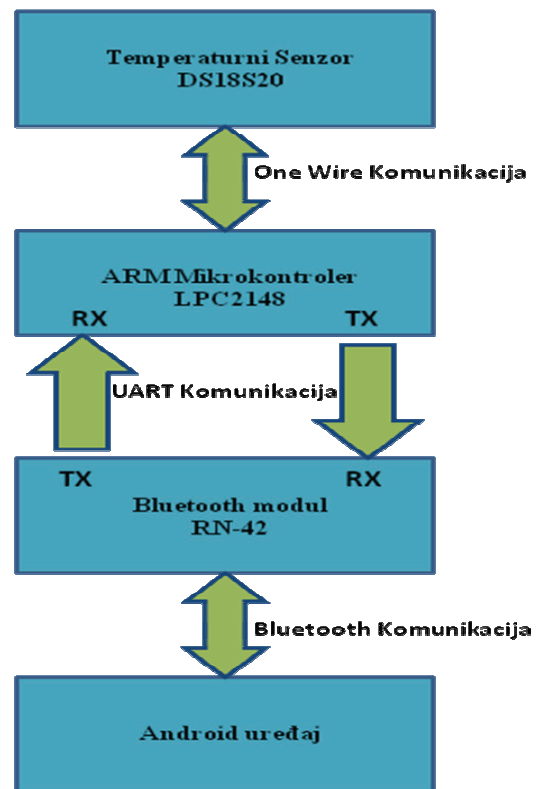
Slika 7. Raspored nožica i izgled temperaturnog senzora DS18S20

Na Slici 7 je prikazan izgled senzora i njegov raspored nožica karakterističan za sve verzije DS1820

temperaturne senzore. U projektu je korišćen temperaturni senzor DS18S20 koji predstavlja malu varijaciju DS1820. Najveća razlika je u tačnosti merenja. DS18S20 meri sa tačnošću od pola stepena Celzijusa. Za komunikaciju sa njim se koristi Onewire komunikacija (komunikacija preko jedne žice).

#### 2.4. Podešavanje parametra i testiranje celog projekta.

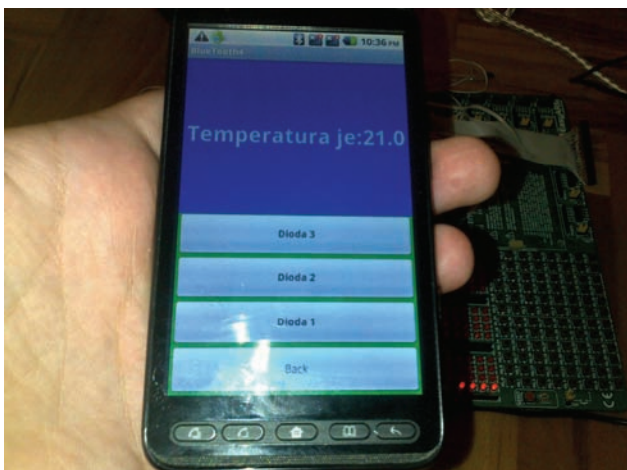
Posle razvijanja svakog dela projekta došli smo i do dela projekta kada treba sklopiti sve delove i izvršiti potrebna podešavanja. Blok dijagram konačnog sistema prikazan je na Slici 8.



Slika 8. Blok dijagram celog sistema sa komunikacijama između pojedinih blokova

Kao što vidimo za dobijeni sistem nije potrebno prisustvo PC računara. Parametre koje moramo prilagoditi pri izradi konačnog sistema su: vremenski intervali na kojima će se vršiti očitavanje temperature kao i slanje podataka ka Android uređaju, Format poruke koja se šalje ka android uređaju kao i detekovanje te poruke na samom Android uređaju. Izabrano je da format poruke bude "t<temp>". Odnosno prvo se šalje slovo 't' kako bi Android uređaj mogao znati da dolazi nova informacija o temperaturi. Na primer kada stigne "t27" Android uređaj izbriše zadnju i upiše novu temperaturu koja se nalazi iza slova 't' a to je u našem slučaju 27. Takođe je bilo potrebno pokazati da komunikacija teče u oba smera pa je iz tog razloga uvedeno da pritiskom na određeno dugme palimo LED diodu na razvojnom okruženju. U aplikaciji se nalaze tri takva dugmeta: Dioda 1, Dioda 2 i Dioda 3. Svakom dugmetu je dodeljena jedna dioda na razvojnom okruženju. Jednim pritiskom na dugme odgovarajuća dioda se pali a još jednim pritiskom na isto dugme se ista ta dioda gasi. Ovde je namešteno da prilikom svakog pritiska na dugme Android uređaj šalje redni broj dugmeta na koji je kliknuto. Na primer za paljenje LED diode 2 šalje se ' 2'. Ako još jednom pošaljemo isti

karakter diode će se ugasiti. Prikaz ispisa temperature je prikazan na Slici 9.



Slika 9. Ispis temperature na Android uređaju

### 3. ZAKLJUČAK

U ovom projektu prikazan je jedan jednostavan merno akvizicioni sistem za merenje temperature. U okviru predloženog sistema moguća je integracija dodatnih mernih senzora i implementacija sistema koji, uz male izmene, vrši akviziciju podataka sa senzora te omogućava istovremeno merenje više veličina (temperature, vlage, pritiska, ...). Takođe je moguće i vršiti istovremenu kontrolu sistema sa Android uređaja pošto je komunikacija preko bluetooth veze dvosmerna. Jedan od daljih mogućih poboljšanja sistema bi bio da se na jednom Android uređaju očitavaju podaci sa više ovakvih mernoakvizicionih mesta kao i da se sa jednog Android uređaja vrši kontrola i upravljanje više sistema.

### 4. LITERATURA

- [1] <http://www.mikroe.com/sr/tools/easyarm/> - Sajt razvojnog okruženja.
- [2] [http://www.rovingnetworks.com/products/RN\\_42/](http://www.rovingnetworks.com/products/RN_42/) - Sajt proizvođača bluetooth modula.
- [3] <http://es.elfak.ni.ac.rs/Papers/ARM7%20Procesor.pdf>- Sajt korišćen za informisanje o ARM mikrokontrolerima.
- [4] [http://es.elfak.ni.ac.rs/Papers/PIC16F877A-USART\\_konacan.pdf](http://es.elfak.ni.ac.rs/Papers/PIC16F877A-USART_konacan.pdf) - Sajt korišćen za informisanje o serijskoj komunikaciji.
- [5] James Steele, Nelson To, "Android izrada aplikacija pomoću paketa SDK".Beograd 2011: Mikro knjiga ISBN 978-86-7555-367-0

#### Kratka biografija:



**Robert Lajko** rođen je u Požarevcu 1984. god. Osnovnu školu „Moša Pijade“ je završio u Kostolcu. Bio je vukovac tehničke škole „Nikola Tesla“ u Kostolcu. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva odbranio je 2011.god.

**PROJEKTOVANJE I POBOLJŠANJE PERFORMANSI KOMPARATORA U  
STANDARDNOJ 0.35  $\mu\text{m}$  CMOS TEHNOLOGIJI****DESIGN AND PERFORMANCE IMPROVEMENT OF COMPARATOR IN  
STANDARD 0.35  $\mu\text{m}$  CMOS TECHNOLOGY**Marko Simin, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U ovom radu je prikazano projektovanje komparatora u standardnoj 0.35  $\mu\text{m}$  CMOS tehnologiji. Analiza rada kola sprovedena je pomoću programskog paketa Cadence. Analizirane su dve konfiguracije komparatora, osnovna i poboljšana, i izvršeno je njihovo poređenje na osnovu najvažnijih parametara komparatora. Dato je uputstvo za uspešnu izradu lejata analognih integrisanih kola. Na osnovu simulacijama dobijenih vrednosti, zaključeno je da konfiguracija sa komparatorom sa uparenim tranzistorima bez izolacionog prstena predstavlja optimalno rešenje.

**Abstract** – This paper presents a design of comparator in standard 0.35  $\mu\text{m}$  CMOS technology. Analysis of the circuit was conducted using Cadence software package. Two configurations of comparators are analyzed and compared on the basis of the most critical comparator parameters. Manual for successful layout realization of analog integrated circuits is presented. Few layouts of comparators were compared and analyzed. It can be concluded that comparator without the isolation ring represents the optimal solution.

**Ključne reči:** Komparator, lejut, ofset napon, vreme smirenja, slew rate, dummy tranzistori

**1. UVOD**

Komparator je kolo koje služi za poređenje kontinualnih (analognih) ili digitalnih signala. Signali koji se porede mogu biti naponski ili strujni. Češće se koriste naponski komparatori, na koje je u ovom radu stavljen akcenat. Komparator je kolo sa diferencijalnim analognim ulazom i binarnim izlazom.

Za *double-rail* napajanje ( $V_{ss}$  i  $V_{dd}$ ) u zavisnosti od polariteta ulaznog napona, izlaz je na visokom ili niskom logičkom nivou, pa se može reći da je komparator jednobitni A/D konvertor.

Komparatori se mogu podeliti na pasivne i aktivne. Pasivni se retko koriste jer su neprecizni zbog temperature osjetljivosti i zavisnosti od strmine ulaznog signala. Aktivni komparatori sadrže pojačavač koji pojačava, a zatim i limitira ulazni signal. Napon prelaza je manji, greška u reagovanju je manja i osjetljivost kola je veća [1].

Uloga komparatora je veoma često sprega između analognih i digitalnih delova uređaja, u tzv. analognu

digitalnim konvertorima (ADC). Komparatori se često koriste i u oblasti digitalnih i analognih sistema za filtriranje i dobijanje čistog digitalnog signala. Veliku primenu imaju i u mnogim mernim sistemima. Služe za uobličavanje logičkih signala sa previše sporim ivicama sa superponiranim šumom. Brzina i preciznost komparatora direktno utiču na tačnost konverzije. Takođe, koriste se i u digitalnim kolima kako bi se održao nivo logičke nule i jedinice, ali i u analognim sistemima kao detektori nivoa. Bilo koji pojačavač, od invertora pa do kompleksnog operacionog pojačavača, može se koristiti kao komparator. U sistemima napajanja, detektorima pika, preciznim oscilatorima, veoma brzim triggerima komparatori igraju bitnu ulogu.

Glavna prednost komparatora („track and latch“) koji se intenzivno koriste u A/D i D/A konvertorima je njihova mala disipacija u režimu čekanja (stand-by dissipation) i mala zauzeta površina lejauta ( $78 \times 50 \mu\text{m}^2$ ). Mana je što ispoljavaju izuzetnu frekvencijsku zavisnost od struje koja napaja diferencijalni par [2].

Klasičan CMOS komparator sa NMOS ulaznim tranzistorima je opisan u [3]. On ima odlične osobine što se tiče slew rate-a  $SR$  ( $SR=10\text{V}/\mu\text{s}$ ), i naponskog pojačanja  $A_V$  ( $A_V>10000, \dots$ ). Međutim, vreme smirivanja (settling time) je nešto veće. Nasuprot tome, CMOS komparator sa PMOS ulaznim tranzistorima pokazuje nešto bolje rezultate što se tiče vremena smirivanja i slew rate-a, međutim razdešenost ulaznih napona je veća i naponsko pojačanje je manje.

Komercijalno dostupni visoko precizni komparatori koji se koriste u sistemima napajanja, kao što je i napajanje za reset (power on reset) na 5V i temperaturi od 25°C, imaju veoma veliko pojačanje (minimalno 80V/mV), tipičan ofset ulaznog napona je 0.4mV, ulazna struja  $I_{bias}=25\text{nA}$ , a vreme smirenja oko 1.3  $\mu\text{s}$ . Poboljšana verzija projektovanog komparatora pokazuje nešto slabije rezultate što se tiče pojačanja (oko 35V/mV) i vremena smirenja (1.8 $\mu\text{s}$ ), ali zato nema ofseta ulaznog napona [4].

**2. TEHNIKE PROJEKTOVANJA ANALOGNIH  
KOMPONENTI**

Poslednjih godina koncept sistema na čipu postao je izuzetno bitan segment na tržištu integrisanih kola. Sa razvojem novih tehnika i tehnologija sve više funkcionalnosti može biti dodato kolu. Povećan je broj kola i njihova funkcionalnost na čipu, ali se pojavljuju čipovi koji sadrže i digitalna i analognu kola (mixed signal). S obzirom na napore da se postigne veća

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bila dr Mirjana Damnjanović, docent.**

ekonomičnost, podstiče se i razvoj sistema na čipu koji treba da integriše i zameni digitalne delove velikih i kompleksnih kola. Razlog za korišćenje sve većeg broja analognih kola u miks signal dizajnim jest zahtev za većom brzinom, ali i za potpunim iskorišćenjem prednosti koje nam donosi sistem na čipu.

Proces projektovanja analognih kola baziran je na precizno definisanim postupcima uz upotrebu odgovarajućih alata. Postoje problemi koji inače nisu važni za digitalna integrisana kola, ali ovde predstavljaju velike poteškoće. Zato je veoma bitno da leajut inženjer i dizajner budu svesni toga i obrate pažnju na uparenost komponenti i šum [5].

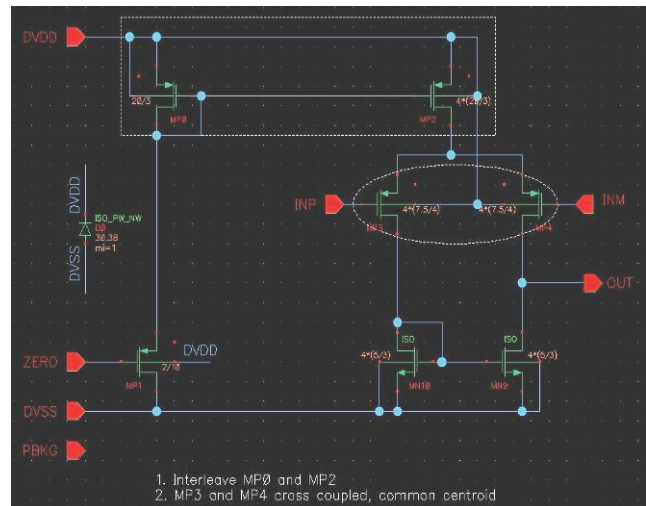
Poznato je da leajut igra glavnu ulogu u preciznosti analognih kola. Postoje razne leajut tehnike koje se koriste da bi se smanjio uticaj temperature, gradijenta procesa koji se mogu pojaviti na čipu nakon pakovanja pri normalnim uslovima rada. Neke leajut tehnike su:

- *side-by-side* leajut (komponente su postavljene jedna do druge na minimalno rastojanje; mana je nemogućnost otklanjanja gradijenta)
- *multi-finger* leajut (koristi se kod veoma širokih tranzistora, gde se oni predstavljaju kao niz tranzistora postavljenih u paralelu)
- *interdigitated* leajut (ako tranzistori mogu da se podele tako da imaju više prstiju gejta, njihovim naizmeničnim postavljanjem ublažava se dejstvo gradijenta i poboljšava uparivanje komponenti)
- *common centroid* leajut (komponente su rasporedene simetrično u odnosu na centralnu tačku; ovakva struktura je imuna na sve vrste linearnih gradijenata)
- dodavanje supstratnih kontakata (smanjuje supstratnu otpornost i na taj način minimizuje slučajni šum)
- uparivanje veza i kontakata (povećanje broja kontakata na gejt i drejnu kod tranzistora smanjuje parazitnu otpornost i obezbeđuje ravnomernu raspodelu struje kroz kanal; upotreba većeg broja kontakata povećava i pouzdanost kola s obzirom na to da je rizik od otkazivanja manji; metalne veze takođe moraju biti uparene kako bi svaki uređaj imao iste parazitne elemente)
- oklopljavanje – zaštita od šuma (zbog problema interferencije šuma između susednih blokova miks signal kola, pribegava se oklopljavanju pojedinih, komponenti osetljivih na šum ili komponenti koje emituju smetnje)

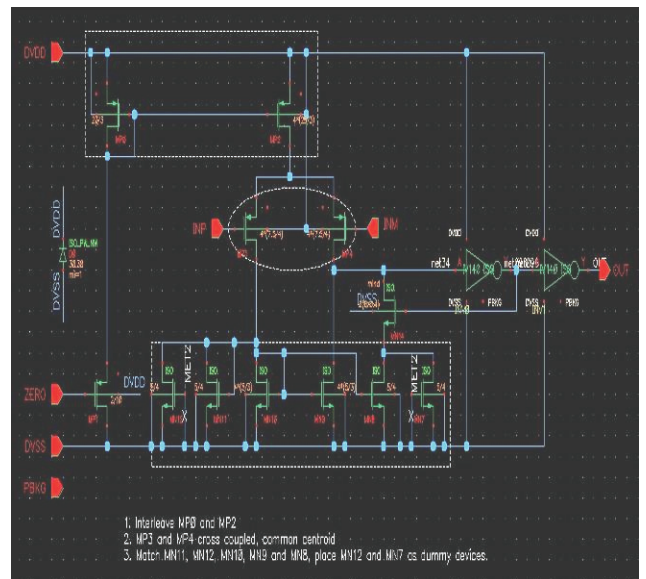
Pored ovih leajut tehnika postoje i smernice za smanjenje sistematskih grešaka [6], [7].

### 3. PROJEKTOVANJE KOMPARATORA U STANDARDNOJ 0.35 $\mu\text{m}$ CMOS TEHNOLOGIJI

U okviru ovog rada analizirane su dve konfiguracije komparatora. Prva varijanta taktovanog komparatora nema drugi stepen (pozitivnu povratnu spregu i invertore) i „lažne tranzistore“ (dummy tranzistore), koji se postavljaju na krajeve kako bi obezbedili isto radno okruženje za aktivne komponente. Oni imaju istu ili sličnu geometriju kao i aktivne komponente, ali su električno neaktivni. Električna shema osnovne verzije komparatora prikazana je na slici 1.



Slika 1. Osnovna verzija komparatora



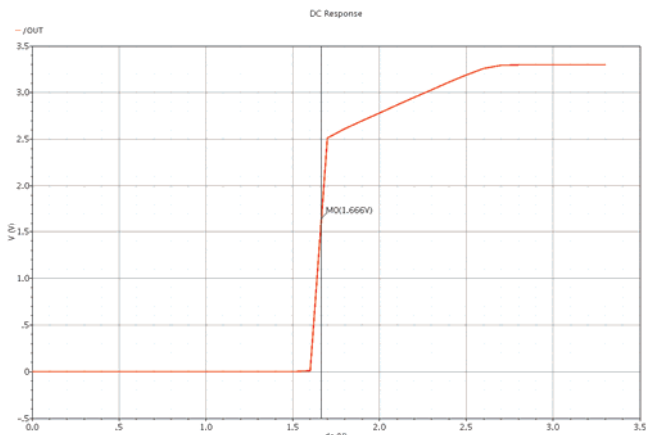
Slika 2. Komparator sa dodatnim stepenom i „lažnim“ (dummy) tranzistorima

Poboljšana verzija taktovanog komparatora podrazumeva korišćenje dodatnog stepena u vidu jake pozitivne povratne sprege, invertora i dummy tranzistora. Ona je prikazana na slici 2.

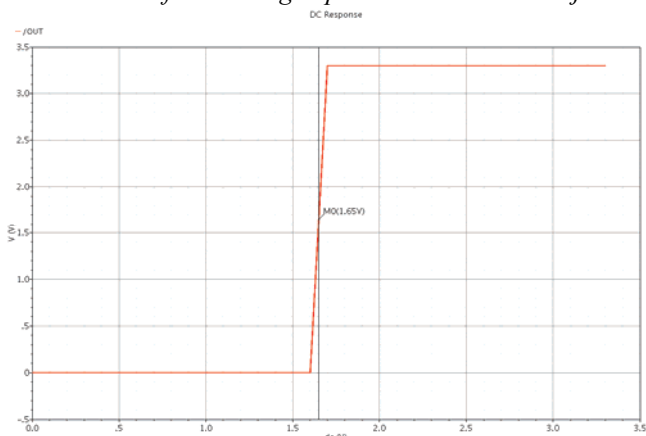
Pri projektovanju komparatora postoji više parametara o kojim treba voditi računa. Najbitniji su:

- naponsko pojačanje  $A_v$ ,
- ofset ulaznog napona  $V_{OS}$ ,
- snaga disipacije  $P_d$ ,
- struja offseta  $I_{OS}$ ,
- struja polarizacije  $I_{bias}$ ,
- slew rate  $SR$  i
- vreme smirenja (settling time).

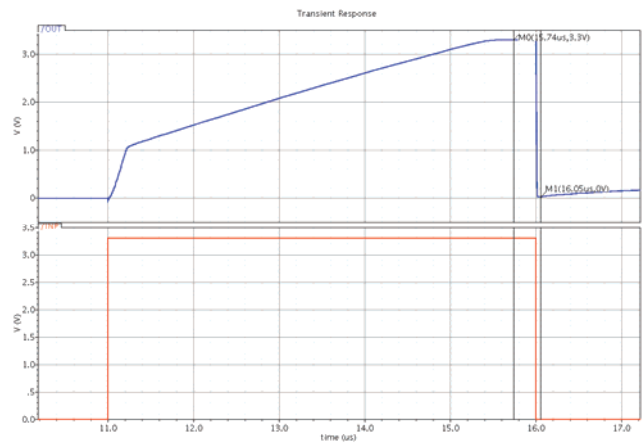
Ulazni naponski ofset predstavlja diferencijalni napon koji treba dovesti između ulaznih priključaka tako da pri jednakim ulaznim naponima, izlazni signal bude jednak nuli. U idealnim pojačavačima nema naponske razdešenosti, međutim kod realnog pojačavača naponski ofset nastaje usled nesavršenosti diferencijalnog pojačavača koji predstavlja ulazni stepen kod velike većine operacionih pojačavača, ali i kod komparatora.



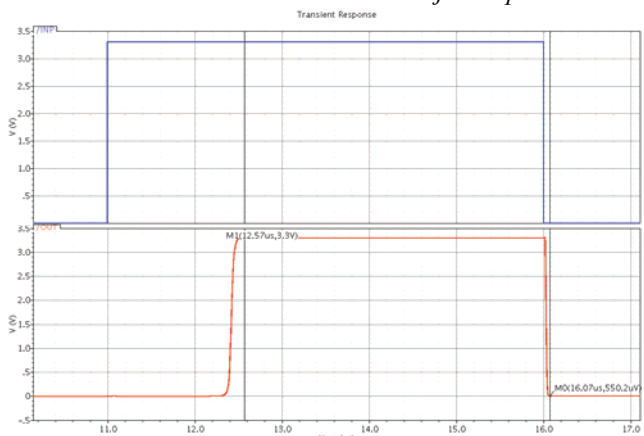
Slika 3. Ofset ulaznog napona osnovne realizacije



Slika 4. Ofset ulaznog napona poboljšane realizacije



Slika 5. Slew rate osnovne realizacije komparatora



Slika 6. Slew rate poboljšane realizacije komparatora

Nesavršenost diferencijalnog pojačavača se ogleda u nemogućnosti izrade dva tranzistora istih karakteristika. Vrednost ovog napona najčešće se kreće u opsegu od 2 mV do 10 mV. Na slikama 3 i 4 su prikazane simulacijama određene vrednosti napona ofseta za osnovnu i poboljšanu konfiguraciju komparatora, respektivno. Ove vrednosti su prikazane i u tabeli 1. Na osnovu njih može se zaključiti da je poboljšana konfiguracija bolja zahvaljujući pozitivnoj povratnoj sprezi u drugom stepenu i dodatim invertorima.

Drugi značajan parametar komparatora je *Slew rate*  $SR$ , koji se definiše kao maksimalna moguća brzina promene izlaznog napona u vremenu. Slew rate postoji usled prisustva kondenzatora za podešavanje frekvencijskog odziva operacionog pojačavača ili komparatora,

$$SR = \frac{I_{sat}}{CA_2}, \quad (1)$$

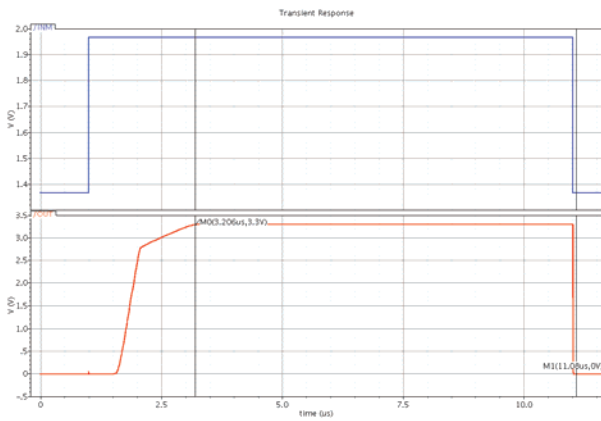
gde je  $I_{sat}$  izlazna struja diferencijalnog pojačavača, a  $A_2$  pojačanje drugog stepena operacionog pojačavača. Treba napomenuti da slew rate ne zavisi od električnog kola u kome je operacioni pojačavač upotrebljen jer punjenje kondenzatora unutar operacionog pojačavača zavisi samo od njegove unutrašnje konstrukcije. *Slew rate* nam pomaže da odredimo maksimalnu frekvenciju ulaznog signala koji možemo dovesti na pojačavač tako da izlaz ostane ne izobličen. U suprotnom, slew rate može dovesti do nelinearnih efekata u pojačavaču. Na slikama 5 i 6 su prikazane simulacijama određene vrednosti slew rate-a za osnovnu i poboljšanu konfiguraciju komparatora,

respektivno. Takođe zahvaljujući dodatnoj pozitivnoj povratnoj sprezi i invertorima u izlaznom stepenu, dobijaju se daleko bolji rezultati.

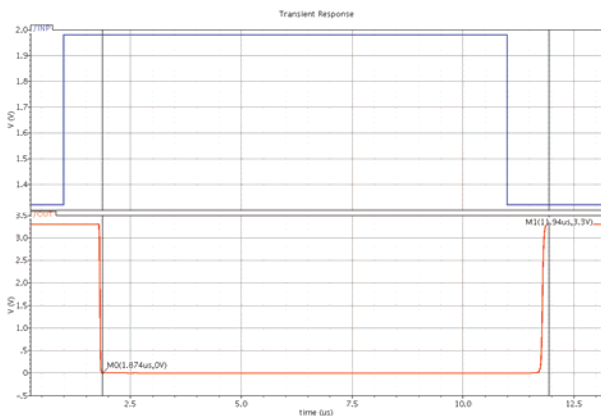
Vreme smirenja  $t_s$  (settling time) je vreme potrebno da izlazni signal dostigne konačnu vrednost, u granicama tolerancije, kada je ulaz pobuđen signalom male amplitude. Ovo vreme je izuzetno važno za analogna kola. Neophodno je sačekati da izlazni signal dostigne 90% konačne vrednosti kako bi se izbegle greške u preciznosti procesiranja analognih signala. Duže vreme smirenja ukazuje da stopa obrade analognih signala mora biti smanjena. Izračunato vreme smirivanja  $t_s$  za opadajuću i rastuću ivicu izlaznog signala je prikazano u tabeli 1, kao i na slikama 7 i 8 za osnovnu i poboljšanu konfiguraciju komparatora. Na osnovu njih zaključili smo da bolje rezultate dobijamo zahvaljujući pozitivnoj povratnoj sprezi.

Tabela 1. Vrednosti parametara osnovne i poboljšane verzije komparatora

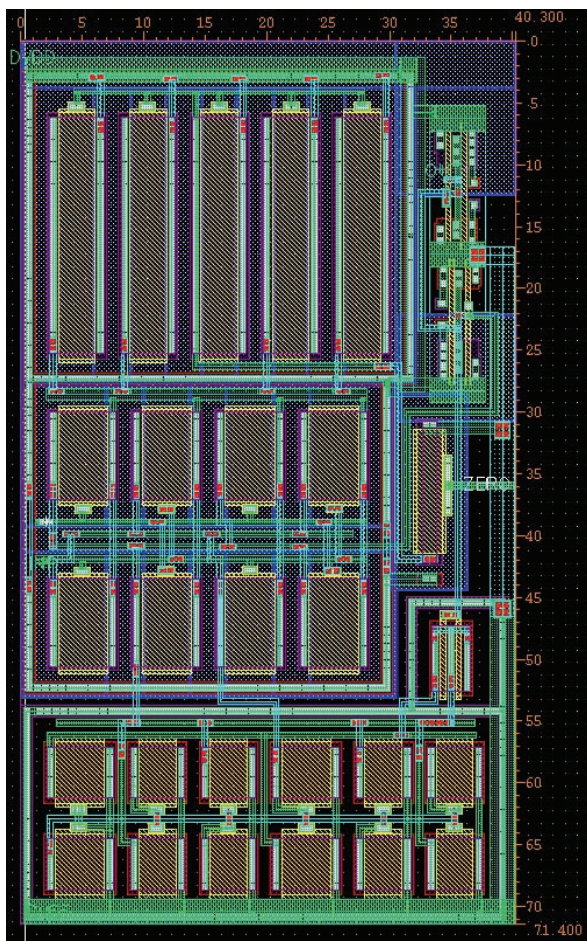
	komparator bez drugog stepena	komparator sa drugim stepenom
$A_v$	25000	35000
$V_{os}$	16 mV	0
$t_s$ (opadajuća ivica)	2.206 $\mu$ s	1.874 $\mu$ s
$t_s$ (rastuća ivica)	0.8 $\mu$ s	1.95 $\mu$ s
$SR$	10 V/ $\mu$ s	25 V/ $\mu$ s



Slika 7. Vreme smirenja osnovne realizacije komparatora



Slika 8. Vreme smirenja poboljšane realizacije



Slika 9. Lejaut poboljšanog komparatora sa uparenim tranzistorima

Nakon poređenja lejauta više realizacija istog komparatora (poboljšane verzije sa dodatnim stepenom), zaključeno je da je najbolja realizacija komparatora sa uparenim tranzistorima, prikazana na slici 9. Naime, tranzistori kod ove realizacije su upareni i postavljeni su zaštitni prsteni oko osetljivih struktura u vidu supstratnih kontakata (omskih kontakata ka supstratu). Supstratni kontakti smanjuju supstratnu otpornost i na taj način minimizuju šum koji od nje nastaje. Ovi kontakti stvaraju putanju male impedanse do mase ili napajanja i na taj način kališu šum dalje od aktivnih osetljivih komponenti. Ova realizacija pokazuje dobar kompromis između površine koju komparator zauzima i kvaliteta same izrade lejauta (malo je veća zauzeta površina u odnosu na realizaciju bez uparenih tranzistora, ali su performanse komparatora neuporedivo bolje, veća je imunost na gradijent i temperaturne promene).

#### 4. ZAKLJUČAK

U ovom radu analizirane su osnovna i poboljšana konfiguracija komparatora sa dodatnim stepenom. Poređenjem najvažnijih parametara komparatora, pokazano je šta se dobija uvođenjem dodatnog stepena u vidu jake pozitivne povratne sprege. Svi nedostaci osnovne realizacije ispravljeni su dodatnim stepenom na račun površine, koju nova verzija komparatora zauzima.

U slučaju razmatranog komparatora, koji se pretežno koristi u power on reset (POR) aplikacijama, izuzetno je bitna brzina, stabilnost, vreme smirenja i slew rate.

Sa stanovišta površine lejauta, može se zaključiti da je najbolja realizacija komparatora sa uparenim tranzistorima bez izolacionog prstena. Tranzistori su upareni, zaštitni prsteni su postavljeni, ispunjene su sve smernice dobrog projektovanja lejauta. Ova realizacija pokazuje dobar kompromis površine koju komparator zauzima i kvaliteta same izrade lejauta.

#### 5. LITERATURA

- [1] Dr Laslo F. Nad: "Impulsna i digitala elektronska kola", beleške sa predavanja, Univerzitet u Novom Sadu, 2001.
- [2] J. P. M. Brito, F.P. Cortes, S. Bampi: "Analysis and Validation of an Analog Comparator using Cadence Environment." Integrated Circuits and Systems Design, 2003. Fonte: Currículo Porto Alegre RS, Catho Online.
- [3] WordPress: "CMOS Comparator", 2010. <http://mixsignal.files.wordpress.com>
- [5] Analog Devices: "Quad low power, precision comparator CMP04", 2003. [www.analog.com](http://www.analog.com)
- [5] Alan Hastings: "The art of analog layout", first edition", Prentice Hall, New York, 2001.
- [6] ELSYS-Design "Design Matching Manual", [www.elsys-design.com](http://www.elsys-design.com)
- [7] Robert Pease: "What's All This Common-Centroid Stuff, Anyhow?", National Semiconductor, 1997. <http://www.national.com>

#### Kratka biografija:



**Marko Simin** rođen je u Novom Sadu 1987. god. Bachelor rad je odbranio 2010. na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Mikroracunarska elektronika.

**PROJEKTOVANJE I ANALIZA RADA CMOS SRAM ĆELIJE SA 6 TRANZISTORA U STANDARDNOJ 0.35  $\mu\text{m}$  CMOS TEHNOLOGIJI****DESIGN AND ANALYSIS OF CMOS SRAM CELL WITH 6 TRANSISTORS IN STANDARD 0.35  $\mu\text{m}$  CMOS TECHNOLOGY**Dragan Kljajić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U ovom radu prikazano je projektovanje CMOS SRAM memorijske ćelije sa 6 tranzistora. Ovo kolo se sastoji od 4 NMOS i 2 PMOS tranzistora i koristi se za skladištenje podataka. Korišćenjem programskog paketa Cadence analiziran je rad ovog kola. Ovaj tip ćelije može biti modifikovan u ćeliju sa otpornim opterećenjem, kod koje su PMOS tranzistori zamenjeni otpornicima. To smanjuje veličinu SRAM ćelije približno za trećinu. Obe verzije CMOS SRAM ćelija su projektovane u standardnoj 0.35  $\mu\text{m}$  CMOS tehnologiji.

**Abstract** – This paper presents the design of six-transistor CMOS SRAM cell. This circuit consists of 4 NMOS and 2 PMOS transistors and represents the generic SRAM cell. It is analyzed using the software package Cadence. This cell can be modified into resistive load SRAM cell, which has PMOS transistors replaced by resistors. This reduced the SRAM cell size by approximately one third. Both CMOS SRAM cells are designed in standard 0.35  $\mu\text{m}$  CMOS technology.

**Ključne reči:** Memorija, CMOS SRAM ćelija sa 6 tranzistora, CMOS SRAM ćelija sa otpornim opterećenjem, skladištenje podataka.

**1. UVOD**

RAM memorija (*Random Access Memory*) je vrsta memorije čijem sadržaju se može pristupiti po slučajnom redosledu. Za razliku od ROM memorija (*Read-Only Memory*) iz koje se podaci, kodovani u topologiji kola, mogu samo čitati, u RAM memorije podaci se mogu i zapisivati.

RAM memorije se u računarima upotrebljavaju prvenstveno za čuvanje podataka koji se aktivno koriste i neprestano menjaju. U zavisnosti od koncepta skladištenja, dele se na statičke (SRAM) i dinamičke (DRAM) memorije [1].

SRAM memorija čuva podatke sve dok ima napona napajanja. Njena prednost je da nije potrebno neprestano osvežavati memoriju, kao kod DRAM memorije. Brzine pristupa i čitanja SRAM memorija su takođe mnogo veće nego kod DRAM čipova. SRAM memorija obično se koristi za *cache* memorije ili za računare gde je brzina osnovni cilj [2].

Pamćenje podataka u RAM memorijama je zasnovano ili na povratnoj sprezi ili punjenju kapacitivnosti. Ovakva

kola mogu da zauzimaju preveliku površinu, i zato je u fazi projektovanja bitno uvesti razna pojednostavlivanja, koja obezbeđuju manju površinu na račun performansi ili električne pouzdanosti [3].

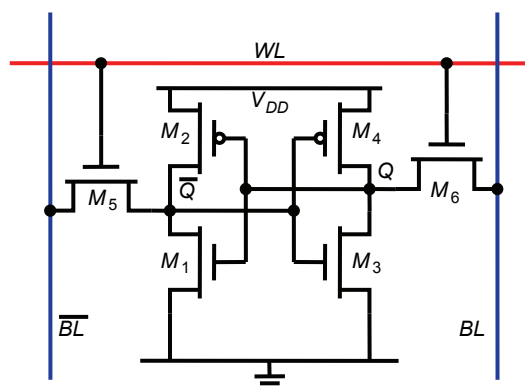
U ovom radu je prikazana realizacija CMOS SRAM memorija sa šest tranzistora. Navedene su njihove osnovne odlike i sagledane su i upoređene prednosti i mane u odnosu na slične konfiguracije (CMOS SRAM memorija sa otpornim opterećenjem). Projektovani su odgovarajući šematični i simboli svih logičkih kola korišćenih u izradi ovih memorijskih ćelija u programskom paketu CADENCE u standardnoj 0.35  $\mu\text{m}$  CMOS tehnologiji.

Pojačavači stanja igraju važnu ulogu u funkcionisanju, performansama i pouzdanosti memorijskih kola. Zbog toga je opisan rad diferencijalnog pojačavača stanja, kao jednog od najboljih predstavnika ove vrste kola.

U poglavlju 4. prikazane su vremenske analize signala od značaja za operacije upisa i čitanja SRAM memorije. Nakon toga, analiziran je uticaj promene kapacitivnosti bit linija i napona napajanja na brzinu upisa i čitanja. Dobijeni rezultati su prodiskutovani u poglavlju 5. Kompletna analiza ilustrovana je slikama simulacija, kompletnim objašnjenjima, kao i slikama projektovanih memorija.

**2. ANALIZA RADA CMOS SRAM MEMORIJA**

Generička SRAM ćelija je predstavljena na slici 1. Može se uočiti velika sličnost sa statičkim SR leč kolom. Sastoji se od šest tranzistora po bitu. Pristup sadržaju ćelije je omogućen pomoću word linije *WL*, koja zamenjuje takt i kontroliše dva prolazna tranzistora (pass-tranzistora) *M*<sub>5</sub> i *M*<sub>6</sub>, koja su provodna tokom operacija upisa i čitanja.



Slika 1. CMOS SRAM ćelija sa šest tranzistora [3].

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bila dr Mirjana Damjanović, docent.

Dve bit linije,  $BL$  i  $\overline{BL}$ , prenose odgovarajući sadržaj u ćeliju i obrnuto. U ćeliji se pamti i prava i komplementarna vrednost informacije  $Q$  (mada to zapravo nije neophodno), u dva unakrsno spregnuta invertora, što je dobro za eliminaciju šuma.

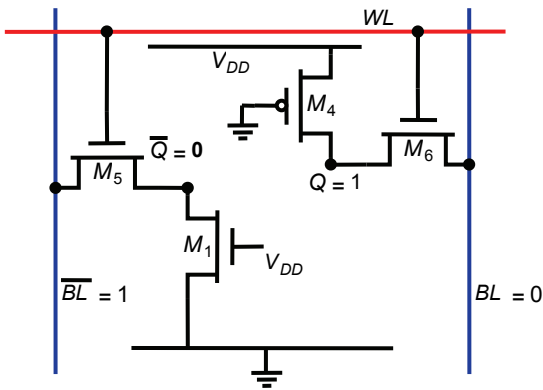
Da bi postigla se velika gustina pakovanja memorije, SRAM ćelija bi trebala da bude što je moguće manje veličine (tj. zauzete površine). Međutim, smanjivanje veličine ćelije je limitirano obezbeđivanjem pouzdanog rada. Da bi se ova ograničenja u dimenzionisanju tranzistora detaljnije analizirala, posmatrajmo operacije čitanja i upisa.

### 2.1. Operacija čitanja CMOS SRAM ćelije

Pretpostavimo da je u ćeliji memorisana  $Q = 1$ , i da je na obe bit linije doveden napon  $V_{DD} = 2.5$  V, pre nego što je operacija čitanja pokrenuta.

Ciklus čitanja počinje aktiviranjem  $WL$  linije ( $WL=1$ ) i uključivanjem oba prolazna tranzistora  $M_5$  i  $M_6$ . Tokom ispravne operacije čitanja, vrednosti upisane u  $Q$  i  $\overline{Q}$  prenose se na bit linije,  $BL$  i  $\overline{BL}$ , ostavljajući  $BL$  na svojoj početnoj vrednosti, dok napon na  $\overline{BL}$  liniji opada ka nuli usled pražnjenja kapacitivnosti  $\overline{BL}$  preko tranzistora  $M_1$ - $M_5$ . Da bi se izbeglo slučajno upisivanje 1 u ćeliju (*read upset*), neophodno je pažljivo dimenzionisanje tranzistora.

Posmatrajmo levu granu ćelije ( $\overline{BL}$  liniju) prikazanu na slici 2. Kapacitivnost bit linije za veće memorije je reda pF. Zbog toga, vrednost napona na  $\overline{BL}$  liniji neće trenutno opasti u skladu sa uskladištenom informacijom ( $Q=1$ ), već zadržava početnu vrednost  $V_{DD}$  nakon dozvole operacije čitanja ( $WL \rightarrow 1$ ).



Slika 2. Pojednostavljen model CMOS SRAM ćelije tokom operacije čitanja [3].

Preko redne veze dva NMOS tranzistora  $M_5$ - $M_1$  prazni se parazitna kapacitivnost  $\overline{BL}$  linije ka nuli. Da bi se postigle što manje dimenzije CMOS SRAM ćelije, ovi tranzistori bi trebali da budu minimalnih mogućih dimenzija. S druge strane, to bi rezultovalo veoma sporim pražnjenjem velike kapacitivnosti bit linije.

Na početku, nakon porasta napona na  $WL$ , potencijal u tački između dva NMOS tranzistora  $M_5$  i  $M_1$ ,  $\overline{Q}$ , raste ka početnoj vrednosti na koju je napunjena  $\overline{BL}$  linija.

Ovaj rast napona u  $\overline{Q}$  mora biti dovoljno mali da ne bi izazvao (stvorio) značajnu struju kroz inverter  $M_3$ - $M_4$ , što u najgorem slučaju može poremetiti rad ćelije. Kako bi se to sprečilo, neophodno je da otpornost tranzistora  $M_5$  bude veća od otpornosti tranzistora  $M_1$ .

Za velike nizove memorija, poželjno je da veličina ćelija bude minimalna, uz očuvanje stabilnosti čitanja. Ako bi tranzistor  $M_1$  bio minimalnih dimenzija, tada bi bilo potrebno projektovati kanal tranzistora  $M_5$  veće dužine da bi  $M_5$  imao veću otpornost od  $M_1$ . Međutim, time bi se dodatno opteretila bit linija i vreme čitanja bi bilo produženo, što je nepoželjno.

Odgovarajuće rešenje ovog problema je minimiziranje dimenzija prolaznih tranzistora  $M_5$  i  $M_6$ , i povećanje širine NMOS pull-down tranzistora  $M_1$  i  $M_3$ . Ovo blago povećava minimalne dimenzije ćelije. Zato dizajner mora pažljivo izvršiti simulacije da bi garantovao stabilnost rada ćelije [1].

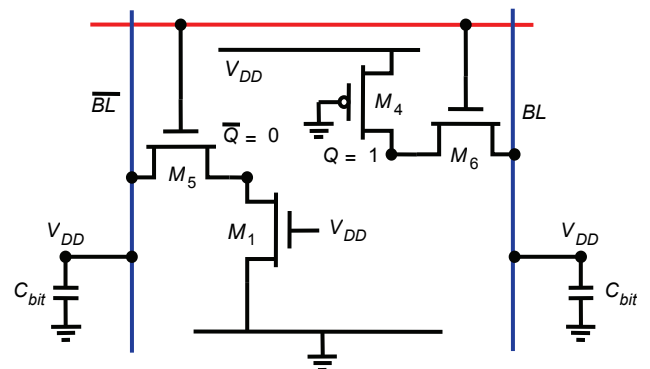
### 2.3. Operacija upisa CMOS SRAM ćelije

Pretpostavimo da je u ćeliju potrebno upisati stanje 0, i da je u ćeliji prethodno bila upisana 1 ( $Q = 1$ ). Novo stanje 0 se upisuje u ćeliju postavljanjem  $\overline{BL}=1$  i  $BL = 0$ , što je analogno aktiviranju reseta kod SR leća. Ovo obezbeđuje da flip-flop menja stanje ukoliko je uređaj ispravno dimezionisan.

Tokom započinjanja upisa, električna šema SRAM ćelije se može pojednostaviti, kao što je prikazano na slici 3 (ako je  $Q=1$ , mosfet  $M_2$  ne vodi, a pošto je  $\overline{Q}=0$ , ne vodi ni  $M_3$ ). Ovaj model je dovoljno tačan za približnu analizu, pod pretpostavkom da gejtovi tranzistora  $M_1$  i  $M_4$  ostaju na  $V_{DD}$  i masi GND, respektivno, sve dok ne počne promena stanja.

Posmatranjem slike 3 može se zaključiti da komplementarna (leva) strana ćelije ne može da se napuni dovoljno visoko da obezbedi upis stanja 1.

Ograničenja dimenzija, nametnuta od strane stabilnosti čitanja, obezbeđuju da ova vrednost napona bude ispod 0.4 V. Dakle, nova vrednost u ćeliju mora biti upisana preko tranzistora  $M_6$ .



Slika 3. Pojednostavljen model CMOS SRAM ćelije tokom operacije upisivanja [3].

Pouzdanost upisivanja u ćeliju se može obezbediti ukoliko se može postaviti čvor  $Q$  dovoljno nisko, tako da bude ispod praga tranzistora  $M_1$  [1].

## 2.4. Performanse CMOS SRAM ćelije

Ako se uporedi vreme potrebno da se izvrše operacije upisa i čitanja, vidi se da je operacija čitanja kritična. Ona zahteva pražnjenje (punjenje) velike kapacitivnosti bit linije kroz dva mala tranzistora za izabranu ćeliju. Na primer,  $C_{BL}$  se prazni kroz serijskom vezom tranzistora  $M_5$  i  $M_1$ , kao što je prikazano na slici 2 za samo jednu ćeliju. Vreme upisa dominira u vremenu kašnjenja unakrsno spregnutog invertora, onoliko koliko drajveri koji forsiraju  $BL$  i  $\overline{BL}$  linije do željene vrednosti mogu biti veliki. Da bi se ubrzalo vreme čitanja, SRAM memorije koriste pojačavače stanja. Kako se razlika između  $BL$  i  $\overline{BL}$  povećava, pojačavač stanja se aktivira, i brzo isprazni jednu od bit linija.

SRAM ćelija sa šest tranzistora, jednostavna i pouzdana, zauzima značajnu površinu. Pored uređaja ona zahteva rutiranje signala i priključke za dve bit linije, word liniju, i oba izvora napajanja ( $V_{DD}$  i masu). Postavljanje dva PMOS tranzistora u N-jamu značajno doprinosi smanjivanju ukupne površine ćelije. Zbog toga dizajneri velikih memorijskih nizova predlažu druge strukture ćelija koje nisu bazirane samo na tranzistorskim topologijama, već i na prisustvu specijalnih uređaja i složenijih tehnologija. Jedna od njih je i SRAM ćelija sa otpornim opterećenjem (takođe poznata i kao SRAM ćelija sa četiri tranzistora) [4].

## 3. SRAM MEMORIJSKE ĆELIJE REALIZOVANE U STANDARDNOJ 0.35 $\mu\text{m}$ CMOS TEHNOLOGIJI

Na slici 4 je prikazan šematik CMOS SRAM memorije sa šest tranzistora realizovan u programskom paketu CADENCE [5], [6]. Kolo se sastoji od 4 NMOS tranzistora i 2 PMOS tranzistora. Po dva NMOS i PMOS tranzistora čine unakrsno spregnuti par invertora (MP1-

MN1 i MP0-MN0), dok su preostala dva NMOS tranzistora, MN2 i MN3, pristupna.

Dimenzije svih PMOS tranzistora koji su korišćeni su  $W/L = 2.1 \mu\text{m} / 0.35 \mu\text{m}$ , dok su dimenzije NMOS tranzistora koji čine invertore  $W/L = 0.7 \mu\text{m} / 0.35 \mu\text{m}$ , gde je  $W$  širina, a  $L$  dužina kanala tranzistora. Dimenzije pristupnih NMOS tranzistora su  $W/L = 7 \mu\text{m} / 0.35 \mu\text{m}$ , kako bi se obezbedio ispravan rad kola. Ulazi na slici 4 su označeni sa  $WL$  (word linija),  $BL$  i  $\overline{BL}$  (bit linija i njena komplementarna vrednost), dok su izlazi označeni sa  $Q$  i  $Q'$ . Ustvari, ovi izlazi predstavljaju mesta za skladištenje bita dovedenih na bit linije.

Da bi se dobijeno kolo (memorijska ćelija) moglo upotrebiti i u drugim šematikima, ono se pakuje u kućište, odnosno u CADENCE-u se pravi simbol ovog kola [5]. Zatim se dobijeni simbol koristi u test kolu koje služi za simulaciju rada strukture.

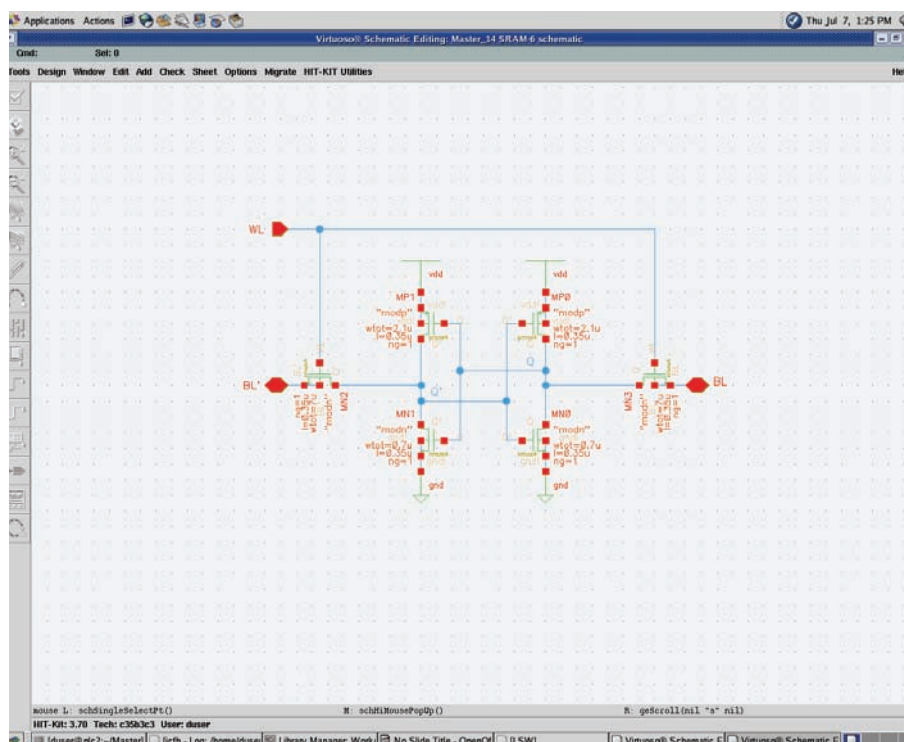
Nakon dobijenog šematika i simbola SRAM memorije sa šest tranzistora, u programskom paketu CADENCE u VirtuosoXL editoru, koji se koristi za automatsko generisanje leajuta, nacrtan je leajut ovog kola [6].

Nakon tranzijentne analize dobijena su vremena upisa i čitanja logičke 0 i 1, i ta vremena su data u tabeli 1.

Tabela 1. Vremena upisa i čitanja logičke 0 i 1

	0	1
Upis	0.38 ns	0.65 ns
Čitanje	2.02 ns	0 s

Vreme upisa predstavlja vreme koje protekne od trenutka kada se na ulazu desi neka promena, do trenutka dok se ta promena ne pojavi na izlazu, dok vreme čitanja predstavlja vreme koje protekne od trenutka kada izlaz promeni vrednost do trenutka pojave te promene na ulazu.



Slika 4. Šematik CMOS SRAM memorije sa šest tranzistora

#### 4. DISKUSIJA DOBIJENIH REZULTATA

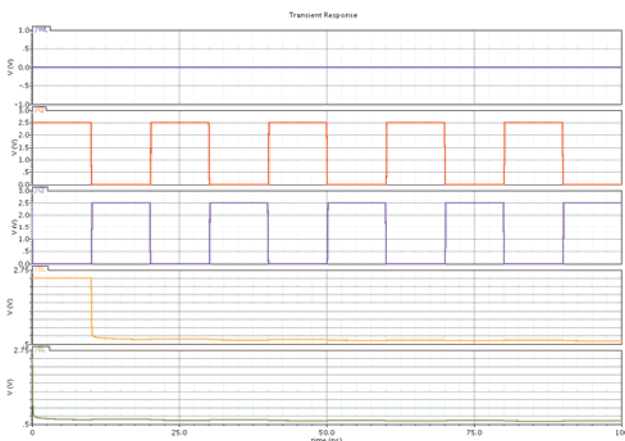
Simulaciona provera rezultata je potvrdila teorijsku analizu. Takođe, analiziran je uticaj promene napona napajanja  $V_{DD}$  i kapacitivnosti bit linija na vremena upisa i čitanja. Vremena upisa za različite vrednosti napona napajanja i kapacitivnosti data su u tabeli 2.

Tabela 2. Vremena upisa stanja 0 i 1 u CMOS SRAM ćeliju

	$V_{DD} = 2.5 \text{ V}$		$V_{DD} = 1.5 \text{ V}$	
	0	1	0	1
$C = 1 \text{ fF}$	0.38 ns	0.65 ns	0.62 ns	1.26 ns
$C = 5 \text{ fF}$	0.44 ns	0.78 ns	0.73 ns	1.56 ns
$C = 1 \text{ pF}$	teži $\infty$	teži $\infty$	teži $\infty$	teži $\infty$

Povećanje kapacitivnosti i smanjivanje napona napajanja  $V_{DD}$  dovodi po povećavanju vremena upisa. Što se tiče vremena iščitavanja, ono takođe trpi značajne promene, a pri nekim znatno višim vrednostima kapacitivnosti dolazi do neispravnog rada kola.

Zbog prevelike kapacitivnosti dolazi do situacije da je potrebno dosta vremena da se one napune, pa signali od interesa ne mogu da dostignu vrednost logičke 1, tj. ostaju u stanju 0, što se može videti na slici 5.



Slika 5. Vremenski oblici ulaznih ( $BL$  i  $BL'$ ) i izlaznih ( $Q$  i  $Q'$ ) signala za operaciju čitanja pri vrednosti kapacitivnosti od  $1 \text{ pF}$

#### 5. ZAKLJUČAK

U ovom radu su analizirane CMOS SRAM ćelije sa 6 tranzistora. Ovaj način realizacije ovog tipa memorija pokazao se kao pouzdan i kvalitetan.

Za date dimenzije tranzistora (korišćeni PMOS tranzistori su dimenzija  $W/L = 2.1 \mu\text{m} / 0.35 \mu\text{m}$ , dok su NMOS tranzistori dimenzija  $W/L = 0.7 \mu\text{m} / 0.35 \mu\text{m}$ ) dobijeno vremena upisa u ćeliju iznose 0.38 ns (za logičku 0) i 0.65 ns (za logičku 1), dok su vremena iščitavanja iz ćelije 2.02 ns (za logičku 0) i približno 0 s (za logičku 1).

Simulacije su potvrdile da povećanje kapacitivnosti koje se postavljaju na ulaze ( $BL$  i  $BL'$ ) i izlaze ( $Q$  i  $Q'$ ) dovodi do povećanja vremena upisa i čitanja. Pri značajno višim vrednostima ovih kapacitivnosti dolazi do izobličenja posmatranog signala i neispravnog rada memorije. Takođe, i smanjenje napona napajanja  $V_{DD}$  sa 2.5 V na 1.5 V dovodi do povećanja vremena upisa i čitanja.

Kao što važi uopšteno za sva CMOS logička kola, tako i ove memorije imaju svoje prednosti i nedostatke. Prednost CMOS logike je da je izlaz svakog logičkog kola u mreži priključen ili na  $V_{DD}$  ili masu preko male impedanse u svakom trenutku (izuzev tokom trajanja prelaznih procesa), pa je samim tim mala ukupna potrošnja, bez statičke potrošnje. Pored toga, prednosti ovakve CMOS strukture su i: robusnost (tj. neosetljivost na smetnje) i dobre performanse.

#### 6. LITERATURA

- [1] T. Haraszti: "CMOS Memory Circuits", Kluwer Academic Publishers, New York, 2002.
- [2] R.P. Preston, "Register Files and Caches," in A. Chandrakasan, W.J. Bowhill and F.Fox (eds.), Design of High-Performance Microprocessor Circuits, Piscataway, NJ: IEEE Press, 2001.
- [3] J. Rabaey, A. Chandrakasan, B. Nikolic: "Digital Integrated Circuits, 2nd ed.," Prentice Hall, 2003.
- [4] M. Takada and T. Enomoto, "Reviews and Prospects of SRAM Technology," IEICE Transactions, vol. E74, no. 4, pp. 827-838, April 1991.
- [5] Antonio J. Lopez Martin, "Tutorial Cadence design environment" New Mexico State University, October 2002
- [6] Vasa Radonić, „Projektovanje elektronski kola u Cadence radnom okruženju kroz primere" Univerzitet u Novom Sadu, 2006.
- [7] A tutorial guide for using CDS tools for IC design, "Bottom up IC design flow using CDS tools" San Jose State University

#### Kratka biografija:



**Dragan Kljajić** rođen je u Novom Sadu 1987. godine. Diplomski-master rad je odbranio 2011. godine na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva - Računarsko projektovanje digitalnih integrisanih kola.

# PROŠIRENJE COMMAND MANAGEMENT SERVICE KOMPONENTE DMS v3 SOFTVERA MEHANIZMIMA WINDOWS WORKFLOW FOUNDATION ALATA DMS v3 COMMAND MANAGEMENT SERVICE EXTENSION USING WINDOWS WORKFLOW FOUNDATION MECHANISMS

Mira Babić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U ovom radu prikazano je proširenje *Command Management Service* komponente **DMS v3** softvera u cilju prilagođavanja komponente individualnim korisničkim zahtevima. Rešenje je zasnovano na **Windows Workflow Foundation** tehnologiji.

**Abstract** – This paper describes **DMS v3 Command Management Service**. Main goal was to adapt given component to individual customer requirements. The solution is implemented using **Windows Workflow Foundation** technology.

**Ključne reči:** *DMS, Command Management Service, Windows Workflow Foundation*

## 1. UVOD

U okviru rada prikazana je izmena postojeće funkcionalnosti *Command Management Service (CMS)* komponente **DMS v3** softvera ugradnjom mehanizama **Windows Workflow Foundation (WF)** tehnologije.

U drugoj glavi dat je opis rešavanog problema. Objasnjena je funkcionalnost **CMS**-a i objašnjen je pojam **switching** operacija. U trećoj glavi navedeni su alati i tehnologije korišćeni u izradi zadatka.

U četvrtoj glavi predstavljen je opis realizacije rešenja problema. Opisane su funkcionalnosti klasa koje su razvijane za potrebe zadatka, kao i izmene koje su vršene nad klasama **CMS**-a.

Peta glava sadrži jedan primer primene implementiranog rešenja.

## 2. OPIS REŠAVANOG PROBLEMA

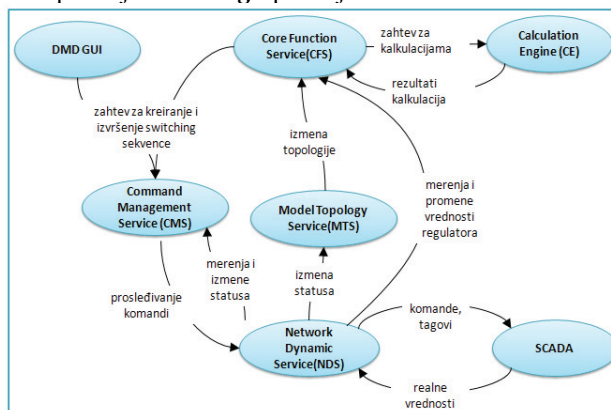
Zadatak rada je izmena postojeće funkcionalnosti *Command Management Service (CMS)* komponente **DMS v3** softvera sa ciljem proširenja osnovnih **switching** operacija. Implementacija **switching** operacija, koja je zatečena, podrazumeva izvršavanje sa predefinisanim koracima. Međutim, veoma je moguće da se pojave korisnički zahtevi na koje postojeće rešenje nije u stanju da odgovori. Stoga je potrebno na neki način uvesti proširenje, a da se ne menja radikalno sama **CMS** komponenta. U cilju rešavanja postavljenog problema, zahtevanu fleksibilnost **switching** operacija je potrebno omogućiti ugradnjom mehanizama **Windows Workflow Foundation (WF)** tehnologije.

### NAPOMENA:

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

## 2.1. DMS softver i *Command Management Service (CMS)*

Pojam **DMS (Distribution Management System)** se odnosi na elektro-distributivnu mrežu, sa svim fizičkim, elektro-energetskim i funkcionalnim zakonitostima koje važe i deluju tokom njenog rada. **DMS** softver je specijalizovani softverski alat kojim korisnik može ostvariti analizu, upravljanje i planiranje u elektroenergetskim distributivnim sistemima. U okviru rada je korišten **DMS** softver verzije 3 (**DMS v3**). **CMS** je integralna komponenta **DMS v3** softvera i njena uloga je manipulacija **switching** operacijama.



Slika 2.1. Prikaz uloge **CMS**-a u okviru **DMS** softvera

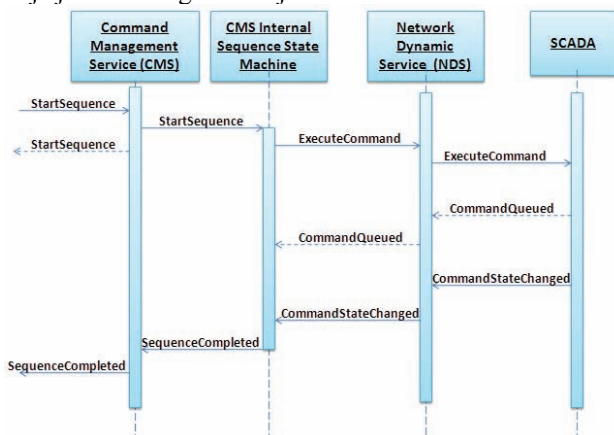
**CMS** je jedinstvena ulazna tačka u okviru **DMS** softvera za izvršavanje svih **switching** zadataka unutar distributivne mreže. Na dijagramu sa slike 2.1. je prikazana uloga **CMS**-a u **DMS** softveru i prikaz toka podataka pri izvršavanju **switching** sekvenci. **CMS** zahteve za izvršavanje sekvenci dobija od dve različite komponente, a to su **DMD (Dynamic Mimic Diagram)**, koji predstavlja graficki interfejs **DMS v3** aplikacije, i **CFS (Core Function Service)**, koji je zadužen za iniciranje raznih kalkulacija unutar sistema. **CMS** obrađuje oba tipa primljenih zahteva bez ikakve razlike u izvršavanju, prosleđuje zahtev dalje **NDS** komponenti, koja komunicira sa **SCADA** sistemom, i nakon izvršenja i primljenih vrednosti izvesti svoje klijente o dobijenom ishodu.

U **DMS** softveru **CMS** je implementiran kao skup **WCF** [1] servisa. Za komunikaciju sa drugim komponentama se koristi i **Publisher/Subscriber** [2] mehanizam, pomoću kog se komponente obaveštavaju o promenama od međusobnog značaja.

## 2.2. Switching sekvenca

Jedna od bitnih funkcija **DMS** softvera je manipulacija **switching** sekvencama. U okviru **DMS** softvera operater ima mogućnost da izdaje određene komande uređajima unutar mreže (promena stanja prekidača, izmene vrednosti napona, itd.). Sekvence ovakvih operacija se nazivaju **switching** sekvence. U distributivnom sistemu one se kreiraju, skladište i mogu da se verzionišu. Kreiranje sekvenci se obično vrši od strane inženjera koji rade na simulacionim instancama softvera, a izvršavaju se od strane operatera za softverom u saradnji sa operaterima na terenu.

**CMS** prima zahtev za izvršenje sekvence od klijenta i izvršava sukcesivno, jednu po jednu komandu. Pri izvršavanju komande, **CMS** će ih proslediti komponenti **DMS** softvera koja se zove **NDS** (**Network Dynamic Service**) i koja komunicira sa **SCADA** sistemom (**Supervisory Control and Data Acquisition**). Operacija se prosledi **SCADA**-i izvršava se na konkretnom uređaju. Po izvršenju akcije (bilo ono uspešno ili neuspešno) **SCADA** će da prosledi rezultat izvršavanja nazad **NDS**-u, koji će dalje da obavesti **CMS** o uspešnosti operacije. Na slici 2.2. je prikazan dijagram sekvence izvršavanja **switching** sekvence koja sadrži jednu atomičku operaciju, koja je osnovna gradivna jedinica za svaku sekvencu.



Slika 2.2. Dijagram sekvence izvršavanje **switching** sekvence

## 2.3. Commanding Model

**Commanding Model** predstavlja model struktura podataka **switching** operacija. Atomičke operacije, koje su osnovne gradivne jedinice za svaku **switching** sekvencu, su modelovane klasama:

- **SwitchingCommand**,
- **FreeTextCommand** i
- **CMSTag**.

Ove operacije modeluju akcije komandovanja pojedinačnim uređajima, tj. izmene njihovog statusa i izmene određenih vrednosti (**SwitchingCommand**), postavljanje obeležja (**CMSTag**) ili instrukcije za ekipu koja će sprovesti komandovanje uređajima na terenu (**FreeTextCommand**).

## 3. OPIS KORIŠĆENIH TEHNOLOGIJA I ALATA

Rešenje je realizovano koristeći **.NET Framework 3.5**, odnosno **C# (C Sharp)** programski jezik. Kao razvojno okruženje je korišten **Microsoft Visual Studio 2008**.

Takođe u realizaciju su upotrebljene i sledeće tehnologije: **Windows Workflow Foundation (WF)** i **Windows Communication Foundation (WCF)**.

## 4. OPIS REŠENJA PROBLEMA

**Switching** sekvenca se sastoji od kombinacije osnovnih operacija, pri čemu jedna ovakva atomička operacija podrazumeva sledeće korake:

- prosleđivanje komande **SCADA** sistemu,
- čekanje da se komanda izvrši,
- čekanje da se prime određene dodatne vrednosti.

Podrazumevano je da je ovakav tok operacija, tj. komandovanje uređjem preko **SCADA** sistema omogućeno kod telemetrijskih uređaja. U suprotnom se podrazumeva izvršavanje operacije fizički od strane ekipe na terenu u sinhronizaciji sa operaterom.

Problem koji je postavljen je proširenje postojeće funkcionalnosti **CMS** komponente, sa ciljem uvođenja fleksibilnosti osnovnih operacija. Ovakvu fleksibilnost je potrebno postići bez radikalne izmene programskog kôda **CMS** komponente pri svakoj pojedinačnoj distribuciji softvera. Kao deo rešenja problema, atomička operacija je proširena koristeći **WF** tehnologiju. Tačnije, svaka atomička operacija se proširuje proizvoljnim **workflow**-om, koji se izvršava kao deo same operacije.

### 4.1. Modifikacija modela podataka

U okviru postojeće strukture **Commanding** modela izvršene su izmene u cilju proširenja osnovnih operacija **workflow**-om. Tačnije **SwitchingCommand**, **CMSTag**, **FreeTextCommand** klase su proširene parametrima pomoću kojih se za svaku od njih poveže **workflow** i to su sledeći parametri:

- apsolutna putanja do konfiguracionog fajla za **workflow**,
- parametri koji se prosleđuju **workflow**-u,
- parametar **bool** tipa koj prestavlja indikator da li je uspešno izvršavanje **workflow**-a kritično za izvršavanje same operacije.

**Workflow** je definisan u okviru **XAML** datoteke [3]. **XAML** je format za serijalizaciju koji specificira instance objekata pomoću **XML** elemenata i karakteristike tih objekata pomoću **XML** atributa. **XAML** datoteka predstavlja model **workflow**-a i ne sadrži nikakav programski kôd. Sve aktivnosti koje žele da se koriste u **workflow**-u moraju ranije da se kreiraju, prekompajliraju i smeste u posebne biblioteke odakle će **workflow** da ih koristi. Stoga je za ispravno kreiranje i funkcionisanje **workflow**-a, potrebna konfiguraciona datoteka u kojoj će da se definišu putanje na disku do potrebnih biblioteka. **WF Runtime Engine** će na osnovu konfiguracione datoteke da učita potrebne biblioteke i zatim na osnovu **XAML** datoteke da kreira **workflow**.

### 4.2. Workflow hosting

**WF** tehnologija, zahteva postojanje **host** aplikacije koja ima zadatak da rukuje sa **workflow**-ovima koji se izvršavaju unutar **WF Runtime**-a.

U ovom slučaju **host** aplikacija je konstruisana kao deo **CMS** komponente. Jezgro **host** aplikacije čine 3 klase: **WorkflowInstanceWrapper**, **WorkflowRuntimeManager** i **WorkflowHost**. Pored ovih klasa konstruisane su još i pomoćne klase.

#### 4.2.1. *WorkflowInstanceWrapper* klasa

*WorkflowInstanceWrapper* klasa predstavlja omotač za pojedinačnu *workflow* instancu i njena uloga je da enkapsulira *workflow* instancu i izoluje njeno stanje od ostalih instanci koje se izvršavaju unutar *runtime*-a. Podrazumevano ponašanje *WorkflowRuntime* objekta je da u isto vreme može da izvršava samo jedan *workflow*. Međutim funkcionalnost koja je bila potrebna za rešavanja problema je da se omogući simultano izvršavanje više *workflow* instanci, zbog mogućnosti *CMS*-a da izvršava više sekvenci u isto vreme i ta funkcionalnost je omogućena unutar ove klase.

#### 4.2.2. *WorkflowRuntimeManager* klasa

*WorkflowRuntimeManager* je klasa koja rukuje direktno sa instancama *workflow*-a. U okviru nje su implementirane metode za pokretanje i zaustavljanje *workflow*-ova, kao i odgovarajuće reakcije na događaje koji se dešavaju unutar *WorkflowRuntime* objekta. *WorkflowRuntimeManager* klasa sadrži objekat klase *WorkflowRuntime* i takođe sadrži heš tabelu trenutno izvršavanih *workflow*-ova, pri čemu je ključ jedinstveni identifikator instance *workflow*-a.

#### 4.2.3. *WorkflowHost* klasa

*WorkflowHost* je klasa pomoću koje *CMS* komunicira sa *WorkflowRuntime* objektom. tj. klasa unutar koje se instancira objekat klase *WorkflowRuntimeManager* i unutar koje se pozivaju njegove metode. Ovo je klasa koja povezuje izvršavanje pojedine *CMS* operacije sa *workflow*-om koji je sastavni deo nje. Klasa je implementirana u skladu sa *singleton* dizajn šablonom, tj. moguće je postojanje samo jedne instance na nivou cele aplikacije.

#### 4.2.4. *WorkflowPersistenceService* klasa

Jedna od osobina koje *workflow* poseduje je mogućnost perzistencije, tj. snimanja kompletnog stanja u trajno skladište, kao što je baza podataka ili datoteka. Upotrebom menahizama perzistencije je omogućeno da se kompletno stanje *workflow*-a koji očekuje neki događaj, snimi u trajno skladište, ukloni iz radne memorije i da se kasnije, nakon primanja očekivanog događaja, rekonstruiše i nastavi sa izvršavanjem.

Kao deo rešenja je razvijen servis za perzistenciju u okviru *WorkflowPersistenceService* klase. Dati servis se instancira i registruje u okviru *WorkflowRuntime* objekta. Perzistencija je realizovana tako što se stanje *workflow*-a snima na lokalni disk u datoteku.

#### 4.2.5. Komunikacija putem događaja

*Workflow* mehanizam funkcioniše na taj način što se nakon pokretanja *workflow*-a, ukoliko želi da se zna njegov status, dalja komunikacija sa *WorkflowRuntime* objektom odvija putem mehanizma događaja (*events*). U programskom jeziku *C#* postoji ugrađen mehanizam koji podržava rukovanje događajima i on je upotrebljen u ovom slučaju. Standardna procedura je da jedan entitet izaziva događaje, a drugi, koji želi da ih registruje, definiše metode koji će da se vežu za određeni događaj i prilikom njegovog pojavljivanja će da se izvrše. Upravo ovaj način komunikacije je korišten u saradnji između *WorkflowHost* i *WorkflowRuntimeManager* klasa. *WorkflowRuntimeManager* klasa definiše metode koji će

da reaguju na događaje unutar *WorkflowRuntime*-a. Od posebnog značaja su događaji koji se dešavaju kada je *workflow* završen, a to su:

- *WorkflowCompleted*, koji se dešava kad se *workflow* uspešno izvrši;
- *WorkflowAborted*, koji se dešava kad se ručno prekine *workflow*;
- *WorkflowTerminated*, koji se dešava ukoliko se desi greška prilikom izvršavanja.

Kada se desi neki od ovih događaja potrebno je obavestiti *WorkflowHost* klasu. Stoga je okviru ove klase definisana metoda *ManageWorkflowCompletedEvent()* koja će da se pozove prilikom nekog od ovih događaja. U okviru date metode *CMS* se obavesti da je *workflow* izvršen i da može da se nastavi sa daljim izvršavanjem sekvence. Takođe u okviru metode se oslobode resursi koji su bili potrebni za izvršavanje *workflow*-a.

#### 4.3. Izmena klasa CMS komponente

U okviru *CMS* komponente, izmenjene su klase vezane za konkretno izvršavanje pojedinih operacija, a to su klase izvršiooci:

- *SwitchingSequenceExecutor*,
- *SwitchingCommandDispatcher* i
- *TagExecutor*.

Samo izvršavanje je implementirano tako da, pre slanja komande *NDS*-u na izvršenje, ukoliko komanda poseduje *workflow*, prvo se on izvršava. Nakon uspešnog izvršenja *workflow*-a, *switching* operacija nastavlja sa izvršavanjem, tj. prosledi se dalje *NDS*-u i nastavi se tok izvršavanja.

Kad se okonča izvršavanje *workflow*-a, *runtime* će da preuzme izlazni parametar i da na osnovu njega odredi da li je izvršavanje proteklo uspešno. U okviru *WorkflowRuntimeManager* klase je definisana enumeracija koja sadrži mogućnosti izvršenja *workflow*-a i njeni detalji su prikazani u tabeli 4.1.

Tabela 4.1. Vrednosti enumeracije koja predstavlja status izvršenja *workflow*-a

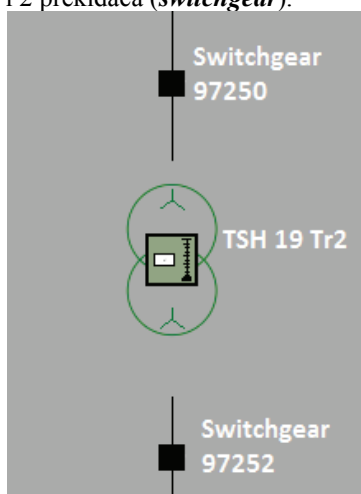
Element enumeracije	Značenje
<i>Undefined</i>	nije definisano
<i>Completed</i>	<i>workflow</i> je uspešno izvršen ( <i>output parameter = true</i> )
<i>Aborted</i>	izvršenje <i>workflow</i> -a je prekinuto od strane korisnika
<i>Failed</i>	<i>workflow</i> nije uspešno izvršen ( <i>output parameter = false</i> )
<i>Exception</i>	desila se greška tokom izvršavanja <i>workflow</i> -a i izvršavanje je prekinuto

Nakon izvršenja *workflow*-a, *host* aplikacija će da prosledi rezultat klasama zaduženim za izvršavanje *switching* operacija. Za svaki *workflow* postoji definisan parametar tipa *bool* koji označava da li je izvršavanje *workflow*-a kritično za izvršavanje same operacije. Ovo bi značilo da, ukoliko parametar ima vrednost *true*, nakon neuspešnog izvršavanja *workflow*-a, *switching* operacija ne bi bila dalje prosleđena na izvršavanje, dok bi u suprotnom izvršavanje bilo nastavljeno, s tim što bi se klijentska aplikacija putem *Publisher/Subscriber* mehanizma obavestila da *workflow* nije uspešno izvršen. Klase koje izvršavaju operacije na osnovu statusa

izvršenja *workflow*-a i na osnovu parametra koji govori o kritičnosti izvršavanja *workflow*-a bi nastavile dalje izvršavanje.

## 5. IZVRŠAVANJE SWITCHING SEKVENCI NA PRIMERU REMONTA TRAFOSTANICE

Za primer primene implementirane funkcionalnosti uzeta je sekvenca operacija koja se izvršava prilikom remonta trafostanice, pri čemu uređaji nisu telemetrijski (upravljanje uređajima ne ide preko *SCADA* sistema). Šema jedne ovakve trafostanice, koja je preuzeta iz *DMS v3* softvera, je prikazana na slici 5.1. Na šemi je prikazana trafostanica i 2 prekidača (*switchgear*).



slika 5.1. Šematski prikaz trafostanice u okviru *DMSv3* softvera

Remont trafostanice podrazumeva da se prekine strujno kolo, da se obavi popravka i da se potom trafostanica ponovo priključi. Remont se, stoga, sastoji od sledećeg redosleda operacija:

- otvori se prvi prekidač - *Switchgear 97250* (u cilju prekida strujnog kola),
- postavi se obeležje (*tag*) na prvi prekidač,
- otvori se drugi prekidač - *Switchgear 91252*,
- postavi se obeležje na drugi prekidač,
- izvrši se remont trafostanice,
- ukloni se obeležje sa drugog prekidača,
- zatvori se drugi prekidač (u cilju ponovnog uspostavljanja strujnog kola),
- ukloni se obeležje sa prvog prekidača,
- zatvori se prvi prekidač.

Pošto su uređaji lokalno kontrolisani (nisu telemetrijski), ovakav sled operacija podrazumeva koordinisan rad operatera i ekipe na terenu. Što bi značilo da bi operater za *DMS* softverom morao da bude u kontaktu sa ekipom na terenu (putem telefonske veze) koja izvodi remont trafostanice i da se međusobno obaveštavaju o svakom koraku kako bi sistem bio u konzistentnom stanju.

Pomoću *WF* alata je moguće da se *CMS* poveže sa nekom drugom aplikacijom pomoću koje će ekipa na terenu da ostvari komunikaciju direktno sa *DMS* softverom. Na ovaj način bi se zaobišla komunikacija putem telefona sa operaterom, tj. komunikacija bi se obavljala softverski. Primer je zamišljen tako da se prilikom svake operacije pošalje *e-mail* osobama koje su odgovorne za izvršavanje remonta. Takođe, nakon svake operacije, bi se ekipi na terenu, koja vrši remont trafostanice poslao zahtev za

potvrdom izvršene operacije. Kada *CMS* primi potvrdu izvršenja operacije, *switching* sekvenca može dalje da nastavi sa izvršavanjem i da se pređe na sledeću *switching* operaciju.

Za potrebe ovakvog scenarija izvršavanja *switching* operacija, kreirana su dva tipa *workflow*-a, jedan koji ima ulogu da pošalje *e-mail* i drugi koji komunicira sa drugom aplikacijom putem *WCF* servisa. Za potrebe drugog *workflow*-a razvijen je lokalni servis koji se registruje u okviru *WorkflowRuntime* objekta i njegova uloga je da putem *WCF* mehanizma komunicira sa korisničkom aplikacijom. Takođe u okviru primera koristeći *Windows Forms* alat razvijena je mala desktop aplikacija koja ima svrhu da demonstrira ovakav vid komunikacije. Korisnička aplikacija pruža *WCF* servis, čije metode poziva lokalni servis. Na ovaj način, u okviru date aplikacije, registruju se primljeni zahtevi za izvršenjem *switching* operacija i šalje se potvrda nazad lokalnom servisu, a preko njega *CMS*-u o uspešnom ili neuspešnom izvršenju operacije.

## 6. ZAKLJUČAK

Rešenje koje je razvijano u okviru master rada predstavlja jedan od mogućih načina proširenja *CMS* komponente *DMS v3* softvera.

Jedan od najvećih izazova prilikom izrade zadatka je bilo upoznavanje sa samim *DMS v3* softverom i njegovom komponentom *CMS*. Sistem je sam po sebi veoma kompleksan i trebalo ga je sagledati iz različitih aspekata kako bi se ušlo u suštinu funkcionisanja i kako bi se osmislio način na koji se može ostvariti željeno proširenje, a da se zadrži već postojeća funkcionalnost.

*WF* alat se pokazao kao veoma dobro rešenje u slučaju povezivanja sa drugim aplikacijama, jer poseduje mogućnost registrovanja lokalnih servisa u okviru kojih može da se odradi bilo koja prizvoljna akcija. Iako je pre svega *WF* zamišljena kao tehnologija pomoću koje je potrebno modelovati poslovne procese, dobro se pokazala u ovom slučaju, kada je bilo neophodno po potrebi izvršiti samo neke dodatne aktivnosti, tj. na neki način dinamički izvršiti programski kôd.

Jedno od mogućih rešenja na koji bi se *workflow* dodatno mogao primeniti na *CMS*-u bi bilo modelovanje samog procesa i stanja sekvence, jer sekvence, pored toga što podrazumevaju izvršavanje operacija, imaju i određena stanja kroz koja prolaze i modeluju poslovne procese gde se zahteva korisnička interakcija. Upravo u tim koracima bi mogao da se iskoristi *workflow*.

## 7. LITERATURA

- [1] *Windows Communication Foundation*, <http://msdn.microsoft.com/en-s/netframework/aa663324>
- [2] *Publish/Subscribe*, <http://en.wikipedia.org/wiki/Publish/subscribe>
- [3] *Bruce Bukovics: Pro WF: Windows Workflow in .NET 3.5*

### Kratka biografija:



**Mira Babić** rođena je u Novom Sadu 1986. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Primenjene računarske nauke i informatika odbranila je 2011.god.

**ЈЕДНО РЕШЕЊЕ ДИСТРИБУИРАНОГ ПОВЕЗИВАЊА МОДЕЛА У СИСТЕМУ ЗА РАД У РЕАЛНОМ ВРЕМЕНУ****A SOLUTION FOR THE DISTRIBUTED MODEL LINKING IN REAL-TIME SYSTEM**

Огњен Блажић, Факултет техничких наука, Нови Сад

**Област – ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И РАЧУНАРСТВО**

**Кратак садржај** – У свету електроенергетских система, дистрибутивне мреже заузимају значајно место. С обзиром на све веће потребе праћење рада мреже и правовремено реаговање на промене у систему, мора да постоји одговарајућа програмска подршка за надзор и управљање дистрибутивним мрежама. Како долази потреба за обраду дистрибутивних мрежа већих градова и подручја, тако меморијске могућности рачунара не могу више да подрже захтеве целе мреже. У том циљу, овај рад даје подршку за дистрибуирано повезивање модела мреже која је подељена меморијски на више рачунара. На основу експеримената је утврђено да је ова нова функционалност плаћена продужењем времена обраде због учешћа комуникације између више рачунара.

**Abstract** – In power systems world, distribution networks have significantly place. Considering increasing needs of network management and timely response on system changes, appropriate software for distribution networks management must exist. As need for bigger distribution networks processing comes, memory sources of computer can not support them. In that aim, this paper gives support for distributed model linking of network which is split into multiple computers. Experiments show that this new functionality has been payed with extended processing time because of communication between multiple computers.

**Кључне речи:** паралелизација, модел, повезивање, електродистрибутивна мрежа

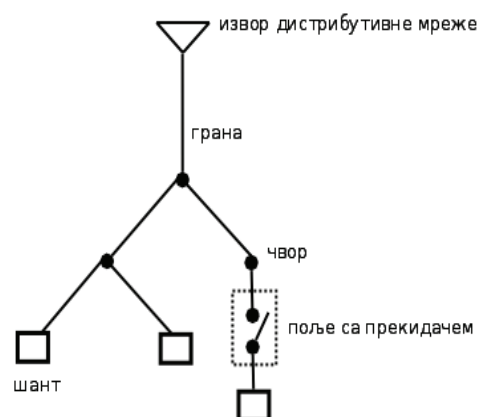
**1. УВОД**

У овом раду реализовано је дистрибуирано повезивање модела електродистрибутивне мреже у систему за надзор и управљање електродистрибутивним мрежама у реалном времену. Само повезивање модела претходи извршавању енергетских функција тополошке анализе и токова снага над моделом. Иако логички није саставни део повезивања модела, због жеље за истоветним излазом овог и постојећег решења повезивања модела, у раду је урађена и тополошка анализа поља.

**НАПОМЕНА:**

Овај рад проистекао је из дипломског-мастер рада чији ментор је био др Мирослав Поповић, ред. проф.

Поље представља елемент модела који садржи прекидачку опрему којом се мења тополошко стање мреже. Већина енергетских функција у систему је имплементирана користећи претпоставку да је дистрибутивна мрежа представљена у виду графа (слика 1). Граф дистрибутивне мреже чине чворови (сабирнице нпр.), гране (водови нпр.) и шантови (потрошачи нпр.). Ови елементи међусобно су повезани преко поља и зато представљају крајеве поља. Поља су сложени елементи који су од највећег значаја приликом формирања графа, јер повезују и садрже све остале елементе дистрибутивне мреже: расклопну опрему, мерне и заштитне уређаје. Уобичајен начин за приказивање свих важнијих објеката електроенергетског система заснива се на ЦИМ моделу који даје основни скуп пакета који обезбеђује логички поглед на физичке особине информација садржаних у енергетским системима, а који се размењују између програма. У питању је међународни стандард ИЕС 61970-301 [1], наменски промењен проширењима ЦИМ модела за потребе дистрибутивних мрежа. Програмска подршка за надзор и управљање дистрибутивним мрежама извршава низ енергетских функција над интерним моделом.



Слика 1. Пример графа дистрибутивне мреже

Интерни модел представља модел података електродистрибутивне мреже који се ствара на основу модела који је сличан ЦИМ моделу. Додатни подаци који се налазе у интерном моделу се праве на основу података модела сличног ЦИМ моделу тако прилагођени да се енергетски прорачуни лакше и брже изврше. С обзиром да је модел који је сличан ЦИМ моделу подељен на блокове података и сам интерни модел је исте структуре. Сваки блок садржи

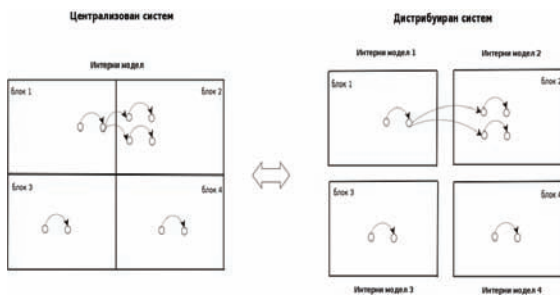
низ хомогених вектора елемената који описују поједине елементе дистрибутивне мреже.

## 2. ОПИС ПРОГРАМСКОГ РЕШЕЊА

Подела мреже на блокове се ради на основу статичких података о мрежи који углавном одговарају нормалном уклопном стању. Могућа је подела мреже приликом које се поља деле и подела мреже приликом које се поља не деле.

Код прве методе поделе креће се од извора напајања мреже док се не наиђе на отворен прекидач. Том приликом се све што се налази пре отвореног прекидача налази у једном, а после прекидача у другом блоку. Код овакве поделе се дешава да се поље, чијој опреми припада отворен прекидач, подели између два блока.

Код друге методе се приликом наилаaska на отворен прекидач, поље са својом опремом стави у један блок, док следећи блок креће од елемента који је повезан на супротни крај поља. У раду је изабран други метод поделе где се цело поље са својом опремом налази у једном блоку што олакшава обраду самог поља у виду смањене комуникације у случају да се два блока која садрже поље налазе у одвојеним процесима. Независно од тога како је мрежа подељена, повезивање мора дати истоветан модел као и постојеће решење (слика 2).

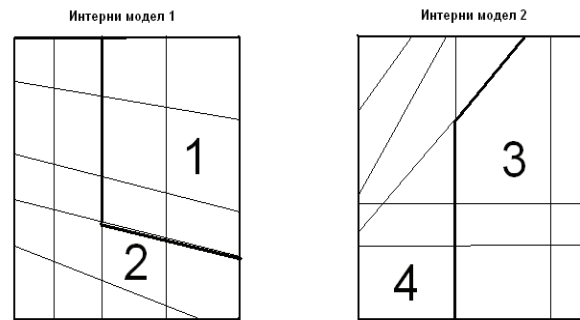


Слика 2. Резултати два решења након повезивања

Интерни модел у овом решењу не садржи елементе који представљају грану која је уметнута, вештачки створена, а настала је вештачком поделом граница чворова између преноса и дистрибуције. У постојећем решењу сервис који прави интерни модел задужује целу мрежу, односно све блокове.

Ради смањења комуникације између сервиса, сваки сервис мора поседовати каталогски блок (блок 0) поред одређеног броја блокова који су му намењени од сервиса који поседује модел сличан ЦИМ моделу. Провера исправности повезивања модела се ради упоређивањем текстуалних датотека које садрже исписе атрибута најзначајнијих елемената модела у постојећем решењу и овом.

На слици 3 дат је пример два сервиса који садрже по један интерни модел где сваки модел садржи блокове различите величине и где су бројевима означени, а дебљим линијама ограничени, блокови који чине регионе (одређен скуп блокова).



Слика 3. Два интерна модела са по два скупа блокова

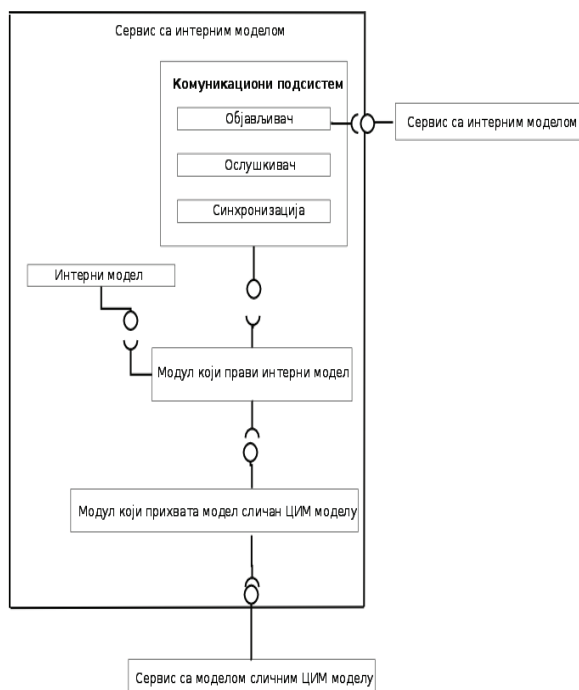
Прављење интерног модела се ради у неколико фаза. Прва је фаза препакивања података модела сличног ЦИМ моделу у интерни модел. Сваки сервис може независно да уради ову фазу над својим скупом блокова. Ова фаза не захтева измене постојећег решења. Друга фаза представља повезивање модела, односно додавање у њега нових елемената и података на основу постојећих, а који ће да убрзају рад енергетских функција. За сваки блок (осим блока 0) поступак је истоветан.

Нужно је да се сви сервиси синхронизују између појединих обрада и након повезивања свих интерних модела да би предали исправан модел на коришћење функцији тополошке анализе мреже и осталим енергетским функцијама (слика 4).



Слика 4. Редослед повезивања

Редослед обрада је такође важан јер резултати једне обраде могу да условљавају почетак друге обраде. На слици 5 се налази изглед архитектуре система. Сваки сервис преко модула који прихвата модел сличан ЦИМ моделу добавља блокове података и уз помоћ модула који прави интерни модел, прави исти користећи комуникациони подсистем ради слања, односно пријема података током повезивања, као и због синхронизације свих сервиса.



Слика 5. Архитектура система

### 3. РЕЗУЛТАТИ

За тестирање су коришћене следеће схеме: мала уравнотежена, мала неуравнотежена, демо1 (уравнотежена, Нови Сад), демо2 (уравнотежена, Београд) и демо3 (неуравнотежена). За малу уравнотежену и неуравнотежену схему, где обе садрже по осам блокова (блок нула није урачунат), при подели један блок један процес резултат повезивања је истоветан са постојећим решењем.

За схему демо3 која садржи четири корена (региона), при подели мреже на један, два и четири процеса, резултат повезивања је истоветан са постојећим решењем. За схему демо1 (осам региона, десет корена), при подели на један, два, четири и осам процеса, резултат повезивања је скоро истоветан са постојећим решењем. За схему демо2 (26 региона, 55 корена), при подели на један, два, четири и осам процеса, резултат повезивања је скоро истоветан са постојећим решењем.

Једине разлике у схемама демо1 и демо2 су у елементима мерења. Може се десити да мерење и елемент који се мери нису у истом блоку, те у зависности од распореда блокова по процесима и да нису у истом интерном моделу. Уколико нису у истом моделу, онда се појављују разлике у односу на постојеће решење (ово дистрибуирано решење ради обраду мерења ради без комуникације).

Те разлике су при наведеним поделама незнатне и крећу се до пет разлика за демо1 и до две разлике за демо2 схему. Разлике не утичу на тополошке прорачуне и прорачуне токова снага. При овим тестовима се нису испољиле две ситуације које недостају да буду имплементирани да би решење било исправно за све схеме и све расподеле блокова по процесима.

1. При обради фидера се теоретски може десити да сусед чвора (поље) који је означен као глава фидера не буде у истом интерном моделу у ком је и чвор.

2. У подешавањима мерења при испитивању фаза крајева поља, фазе су увек узете да су АБЦ. Тополошка обрада поља је урађена без комуникације, а крајеви поља не морају увек бити у истом интерном моделу у ком је и поље.

Иако главни циљ овог рада није убрзање повезивања модела, већ дистрибуција података, измерено је време повезивања у постојећем и новом решењу за неколико схема и подела блокова по процесима. Резултати мерења малих схема нису значајни јер су у питању веома мале схеме чије повезивање врло кратко траје (око секунде). За схеме демо1, демо2 и демо3 су дате табеле са приказаним временима повезивања у секундама и бројевима процеса који учествују у истом. Мерења су обављена једном, на рачунару са два процесорска језгра.

Табела 1. Времена повезивања демо1 схеме

Демо1 – ново решење		постојеће
број процеса	време повезивања	
1	1.38	1.02
2	1.37	
4	2.73	
8	3.95	

Примећује се да није драстично повећано време повезивања на једном процесу у новом решењу у односу на постојеће, као и да се са бројем процеса већим од два добија значајно дуже време повезивања. Разлог је комуникација више процеса као и потреба за синхронизацијом током повезивања. Што је већи број процеса то синхронизација дуже траје. Занимљиво је да повезивање на два процеса траје колико и са једним. То се може објаснити тиме што су мерења урађена на двопроецесном рачунару те је могућност паралелног повезивања модела дошла до изражаја упркос губитку времена на комуникацији, који је ипак много мањи на два, него на четири и осам процеса.

У односу на демо1, за схему демо2 се примећује драстично повећано време повезивања на једном процесу у новом решењу у односу на постојеће. Међутим, на два процеса види се краће време повезивања него на једном у новом решењу, као и да се са повећавањем броја процеса то време продужава

Табела 2. Времена повезивања демо2 схеме

Демо2 – ново решење		постојеће
број процеса	време повезивања	
1	19.77	6.42
2	17.05	
4	18.22	
8	18.91	

и креће ка времену повезивања на једном процесу. Подела на два процеса је оптимална у овом случају јер нема много синхронизација, а паралелном обрадом се убрзава повезивање.

Табела 3. *Времена повезивања демо3 схеме*

Демо3 – ново решење		постојеће
број процеса	време повезивања	
1	1.09	1.05
2	1.17	
4	2.28	

За демо3 схему резултати су упоредиви са резултатима повезивања демо1 схеме, што има смисла јер су те две схеме много мање (и сличније међусобно по броју блокова) од демо2.

Иако резултати мерења за демо2 схему то оповргавају, претпоставља се да ће на много већим схемама у зависности од процесорске моћи рачунара, као и за одговарајуће поделе мреже по процесима, убрзање повезивања целог модела доћи до изражаја.

#### 4. ЗАКЉУЧАК

Као што је наведено у поглављу Резултати, потребне су дораде овог решења да би повезивање дистрибуираног модела било исправно за све схеме и расподеле блокова по процесима. У даљем развоју овог решења могуће је преправити модел који се шаље преко рачунарске мреже тако да се за сваку врсту повезивања направи посебан модел. Тиме би се смањила величина поруке која се шаље.

Даље, могуће је додати подршку за накнадно додавање блокова у интерни модел и њихово повезивање. Уколико би се правила нова архитектура система, која би од почетка била пројектована и прилагођена дистрибуцији, онда би било идеално да се сви потребни подаци о повезивању једног блока података налазе у самом блоку, тако да се потпуно избегне комуникација између процеса и убрза подизање система.

#### 5. ЛИТЕРАТУРА

- [1] [http://en.wikipedia.org/wiki/Common\\_Information\\_Model\\_\(computing\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Common_Information_Model_(computing))
- [2] Владимир Ц. Стрезоски: Основи електроенергетике - Системи - , Факултет техничких наука, Нови Сад 1996.
- [3] Владимир Ц. Стрезоски: Анализа електроенергетских система 2, Факултет техничких наука, Нови Сад.
- [4] Станко Кнежевић: Дипломски-мастер рад, Факултет техничких наука, Нови Сад 2010.
- [5] Мирослав Поповић, Владимир Ковачевић: Системска програмска подршка у реалном времену 1, Програмски алати и паралелно програмирање, ФТН Издаваштво 2011.

#### Кратка биографија:



**Огъен Блажић** рођен је у Травнику 1987. год. Дипломски-мастер рад на Факултету техничких наука из области Електротехнике и рачунарства – Рачунарство и аутоматика одбранио је 2011. год.



**Др Мирослав Поповић** је редовни професор на Факултету техничких наука (Одсек за рачунарску технику и рачунарске комуникације). Дипломирао, магистрирао и докторирао на Факултету техничких наука, Универзитета у Новом Саду 1984, 1988. и 1990. године, респективно.



# FREE CALCIUM OXIDE PREDICTION USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

Darko Stanišić, Nikola Popov, Željko Tepić, Dejan Damljanović\*, Nikola Jorgovanović

University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Novi Sad, Serbia

\*Lafarge BFC, Beočin, Serbia

Phone: +381 21 4852452, fax: +381 21 458873, email: darkos@uns.ac.rs

**Abstract:** *One of the main goals in the cement production is to keep stable operation of the kiln and to produce good quality clinker. Free Calcium Oxide contained in clinker is parameter that determines quality of the clinker, and at the same time stability of the process. Its values are determined in the laboratory and the samples of clinker for laboratory analysis are usually taken every hour or even more rarely. The information about Free Calcium Oxide values between two laboratory analyses doesn't exist. Very often in that time big change in Free Calcium Oxide values happens and it is detected too late. Because of that it becomes necessary to undertake radical corrective actions to steer the process to desired performance. Our goal was to develop Free Calcium Oxide prediction system which would be able to calculate and predict Free Calcium Oxide content in clinker in the real time. Artificial Neural Networks were used and findings are presented in this paper.*

**Key Words:** *Neural Network/recurent/Model development/Free Calcium Oxide*

## 1. INTRODUCTION

Cement industry is one of the biggest energy consumers in the world. One of the main problems in cement production is using energy in effective manner. Temperature in rotary kiln can be over 2000K. This large amount of energy is used for first step in cement production, calcification, where the main goal is to keep stable operation of the kiln and to produce good quality clinker.

One of the most important parameters that determines quality of the clinker, and at the same time stability of the process, is Free Calcium Oxide (Free CaO) contained in the clinker. Free CaO defines how well is the clinker burned. Its value depends on various process parameters like energy used in clinker making process, the chemistry of raw meal, specifically lime content and type of fuel used for production.

### NAPOMENA:

a) Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada Nikole Popova. Mentor je bio prof. dr Nikola Jorgovanović.

b) Rad je prethodno publikovan na konferenciji Ee 2011, Novi Sad, oktobar 2011.

Usually, clinker sample is taken and free CaO determined on every hour, although some factories do sampling less frequently (2 or 4 hours). Change in Free CaO and its late detection is extremely critical in cement production. Very often big change in Free CaO happens between two clinker samples and usually it is detected too late. Consequently, reactions from the operator's side must be more radical than normally.

The research objective is to create model which will be used for prediction of Free Calcium Oxide content in clinker. Developed model is Neural Network Model. Predictions obtained by model can be used for better operator control or for automatic control. In that way it can significantly contribute to stability of the process, uniform quality of clinker and reduce energy consumption.

Models developed for prediction are currently static, like Flexible Neural Tree[1] or Local Linear Neuro-Fuzzy model[2]. Those models are noise sensitive and are also sensitive on bad laboratory values. In this paper, Feedforward Neural Network Models and Recurrent Neural Network Models are developed.

## 2. DATA PREPARATION

First step in model development was selection of appropriate input signals and filtering data. Signals during one month of continuous production in Lafarge BFC cement factory in Beočin were collected. Signals chosen as model inputs were:

- Secondary Air Temperature
- Kiln Main Driven Current
- Amount of new material
- NOx at kiln input
- Temperature at kiln input
- Clinker Cooler Fan Current

The model has one output, Free CaO contained in clinker. Free CaO values provided by laboratory were sampled every 1 hour and all input signals were collected every minute. Since Free CaO values from the laboratory were spaced one hour and it was necessary to have values in the same time resolution like input signals, on every minute, necessary values were obtained by linear approximation.

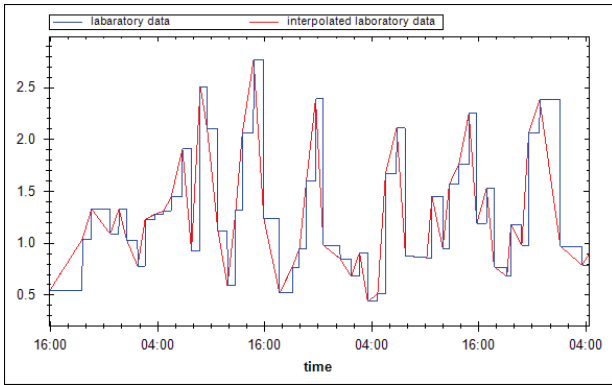


Fig. 1. Change in Free CaO

Signals collected from sensors in the cement factory that were going to be used as model inputs were obviously extremely noisy. Fan current is maybe the best example for that. In order to get signal values convenient for model development it was necessary to filter data. Simple low pass butterworth filter was used for noise reduction .

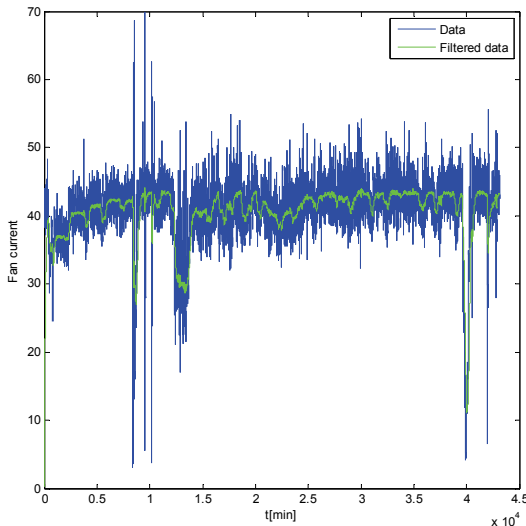


Fig 2. Fan current - raw and filtered data

Table 1. Introduced delays on measured signal values

Signal	Delay [min]:
Secondary Air Temperature	5
Kiln Main Driven Current	40
Amount of new material	55
NOx at kiln input	55
Temperature at kiln input	55
Fan current at location 14	20

In clinker production material passes through different parts of production process and changes its characteristics until at the end it becomes clinker. Clinker samples for the laboratory are taken after it passes through the cooler. Measured values of model input signals are obtained on different parts in production process and because of that, the value of Free CaO measured in the laboratory is not time correlated with the

values of input signals measured at the time the sample is taken. That can be corrected by introducing appropriate delay for input signals.

### 3. MODEL DEVELOPEMENT

After signals collected during one month of continuous production were prepared, 70% of data was used for training and remaining 30% was used for validation. Least square error was used as the performance function and least absolute error was criterion for validation. For all models, at the beginning of training, initial weights were set on random numbers. After that the training was done by Levenberg–Marquardt neural network training method.

#### 3.1 Feedforward network

First model used was simple feedforward neural network with one hidden layer. Nonlinear function for neurons in hidden layer was Log-Sigmoid.

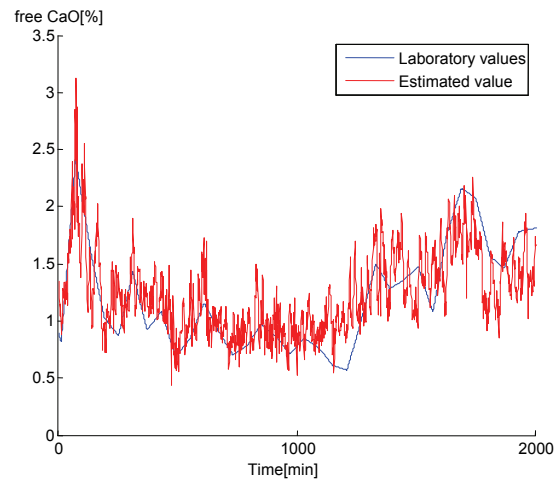


Fig 3. Results of training feedforward network

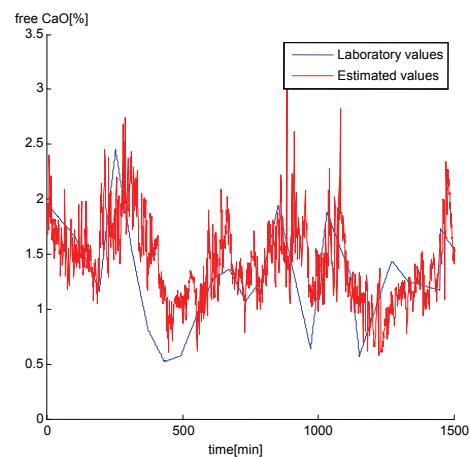


Fig 4. Results of validation feedforward network

#### 3.2 Recurrent neural network

Next model used was recurrent neural network with one hidden layer. The recursion was done by returning previous output value as network input. The training was done by returning previous measured or interpolated values of Free CaO as network input. During

validation, since no information of Free CaO between two samples is actually available in normal operation, previous model output was returned as network input to test the quality of prediction done by the network.

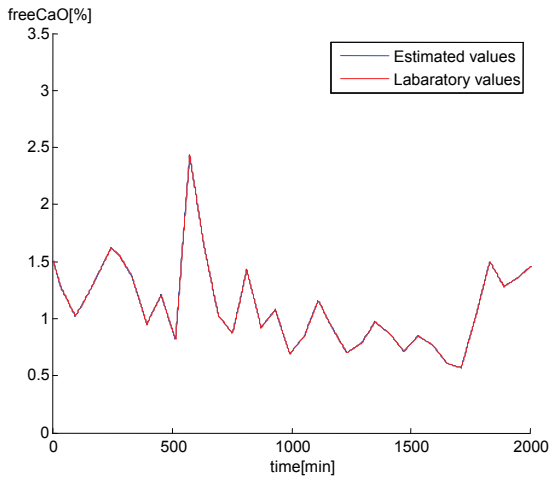


Fig 5. Results of training recurrent network

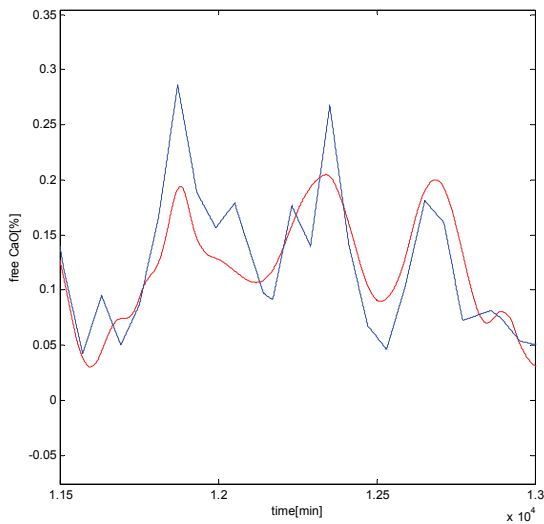


Fig 6. Results of validation recurrent network

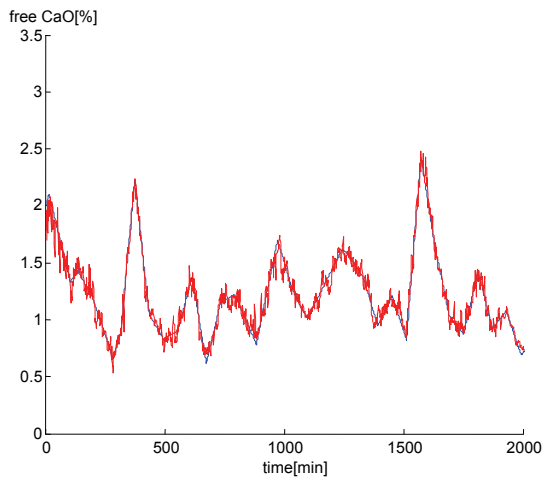


Fig 7. Results of training feedforward network for nonlinear moving average model

### 3.2 Feedforward network for moving average model

Feedforward network for Nonlinear Moving Average Model [5] of the system was developed. Since no information about the order of the system is available, all measured input values for one hour preceding the sampling of clinker for laboratory analysis were used as model inputs. Sampling time for all measured values of 1 minute resulted in 60 samples of measured values for model inputs in one hour. This meant that order of the model was 60 and Neural Network Model had 360 inputs.

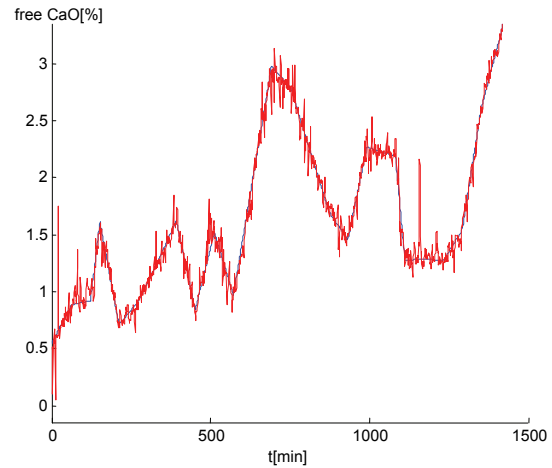


Fig 8. Results of validation feedforward network for nonlinear moving average model

## 4. CONCLUSIONS

Three different models for prediction of Free CaO value in clinker are presented in this paper. First model presented in the paper is Feedforward Neural Network Model. It provides some insight into Free CaO change but its output has big oscillations and for some measured values the difference from model output is very large.

The nature of model output implies that model is probably very sensitive to noise in measured input values. Second model presented in the paper is Recursive Neural Network Model. Its performance on validation data set proved to be improvement comparing to the first model. The oscillations of model output are eliminated and differences between model output and measured values are smaller.

The third model presented is based on Feedforward Neural Network, where, to calculate the current value of Free CaO, as inputs of Feedforward Neural Network all values of measured inputs during the previous hour were used. The inputs were not filtered and the delay on measured signal values was not introduced.

This model proved to have very good performance where differences between model output and measured values are in general very small and can be probably made even smaller by using filtered input data.

## 5. REFERENCES

- [1] QU Shou-ning, LIU Zhao-lian, CUI Guang-qiang, and FU Ai-fang: *Modeling of Fluid Industry Based on Flexible Neural Tree*, International Journal of Computer Theory and Engineering, Vol. 1, No. 1, April 2009.
- [2] Masoud Sadeghian and Alireza Fatehi: *Identification, Prediction and Detection of the Process Fault in a Cement Rotary Kiln by Locally Linear Neuro-Fuzzy Technique*, World Academy of Science, Engineering and Technology 58 2009.
- [3] Madan M. Gupta, Liang Jin, Noriyasu Homma: *Static and dynamic neural networks*, Wiley-Interscience, 2003
- [4] Dreyfus Gerard: *Neural Networks – Methodology and Applications*, Springer-Verlag, Berlin 2005
- [5] Tong Howell,: *Nonlinear Time Series, a dynamical system approach*, Oxford University Press Inc., New York, 1990.

## ACKNOWLEDGMENT

Authors gratefully acknowledge support from Lafarge BFC Beočin.

**ЈЕДНО РЕШЕЊЕ КОМУНИКАЦИОНЕ СПРЕГЕ И ОКВИРА ЗА ДИСТРИБУИРАНУ ОБРАДУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКИХ ФУНКЦИЈА****AN APPROACH TO COMMUNICATION INTERFACE AND FRAMEWORK FOR DISTRIBUTED EXECUTION OF POWER FUNCTION**Никола Радин, *Факултет техничких наука, Нови Сад***Област – ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И РАЧУНАРСТВО**

**Кратак садржај** – У свету електроенергетских система, дистрибутивне мреже заузимају значајно место. Програмска подршка за надзор и управљање дистрибутивне мреже већег града или регије је сложен систем велике скале. Такав систем обрађује на десетине милиона улазних података применом сложених математичких прорачуна. Узевши у обзир количину улазних података овакви прорачуни захтевају значајну количину ресурса у систему за несметано извршавање. Достизање граница техничких могућности повећања радног такта данашњих процесора и увећања радне меморије поставља ограничења за извршавање прорачуна на једном рачунару. У том циљу, овај рад даје подршку за дистрибуирање података мреже и дистрибуирану обраду електроенергетских функција као што су тополошка анализа и прорачун токова снага.

**Abstract** – In power systems world, distribution networks have significantly place. Software for supervision and control of power network are large scale system. Such system handle tens of millions of input data using complex mathematical calculation. Taking in consideration amount of input data such calculation require a significant amount of resources. Under the current circumstances, when the processors are facing the well-known frequency wall and memory limit calculation can not be executed on one computer. In that aim, this paper gives support for distribution of data of power network and distribution execution of power function such as distributed topology analysis and load flow calculation.

**Кључне речи:** паралелизација, модел, рачунарска комуникација, електродистрибутивна мрежа, дистрибуирани системи

**1. УВОД**

У раду је осмишљена, испројектована и реализована комуникациона спрега и оквир за дистрибуирану обраду електроенергетских функција у оквиру дистрибуираног система за надзор и управљање дистрибутивном мрежом. На овај начин створени су услови за реализацију дистрибуираних електроенергетских функција као што су дистрибуирана тополошка анализа и прорачун токова

снага. Поред дистрибуирања података постигнута је и паралелизација прорачуна над независним целинама мреже, регионима. На овај начин досадашњи секвенцијални прорачуни, који су извршавани над једним моделом података у једном рачунару, су дистрибуирани на више рачунара повезаних у рачунарску мрежу. Поделом података систем се знатно растеређује и повећава се његова скалабилност.

Елементи електроенергетског система се представљају коришћењем правила која дефинише CIM (енгл. Common Information Model) стандард. CIM је отворен стандард који се користи за представљање објеката модела приликом пројектовања програмске подршке. Представља скуп пакета дефинисаних коришћењем објектно оријентисаних техника моделовања и језика за опис таквих модела, UML-a (енгл. Unified Model Language). CIM модел иако опште прихваћен није погодан са математичке прорачуне па се за потребе функција преводи у одговарајући модел система.

Модел података мреже је основа за све електроенергетске прорачуне. Дистрибутивна мрежа се представља у форми графа. Овај модел садржи све податке о топологији мреже. Модел је прилагођен електроенергетским прорачунима и омогућава брз пролаз по елементима графа. Модел података подељен је на блокове. Блокови садрже низове хомогених података.

Блокови података су распоређени у више DFS (енгл. Distributed Function Service) процеса. Сваки DFS процес садржи два модела података. DFS је власник података који се налазе у унутрашњем моделу и над њима ради обраду. Дозвољено је мењање података унутрашњег модела. Унутрашњи модел се путем комуникационе спреге пресликава у спољашњи модел. Правила пресликавања су дефинисана за сваки елемент мреже који чини граф. Спољашњи модел представља омотач око унутрашњег модела и представља везу са остатком модела који се налази у другим процесима.

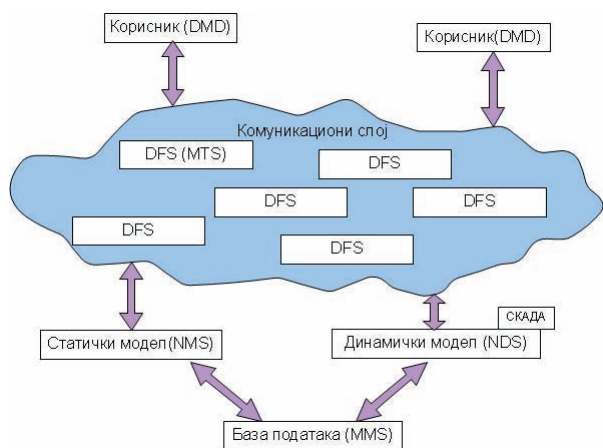
**2. ОПИС ПРОГРАМСКЕ ПОДРШКЕ**

На слици 1 приказана је архитектура дистрибуираног система за надзор и контролу дистрибутивне мреже. Дистрибуирано решење је настало као надоградња наслеђеног решења, DMS програмске подршке развојне верзије 3.0.7. У

**НАПОМЕНА:**

Овај рад проистекао је из дипломског-мастер рада чије је ментор био др Мирослав Поповић, ред.проф.

заградама на слици су оригинални називи сервиса у DMS програмској подршци.



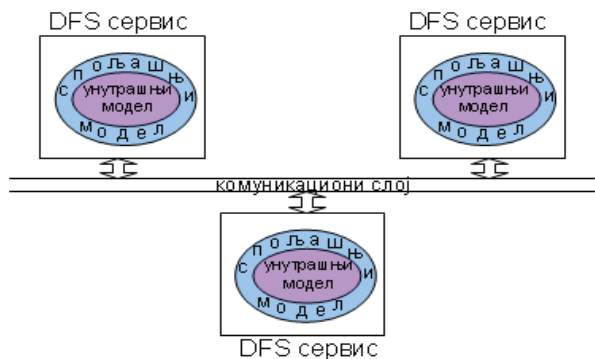
Слика 1. Архитектура решења

Систем садржи више DFS процеса који су међусобно повезани комуникационом спрегом. Комуникациона спрега се заснива на објављивач-ослушкивач (енгл. Publisher-Subscriber) архитектури која је реализована применом WCF (енгл. Windows Communication Foundation).

Модел података састоји се из три дела:

- графичког
- статичког
- динамичког

Графички модел служи за приказ мреже кориснику путем графичке корисничке спреге (енгл. Graphical User Interface). Динамички и статички модел се читавају у DFS сервис и на основу њих се ствара унутрашњи модел података у процесу повезивања модела. Динамички модел саржи стања расклопне опреме док статички садржи елементе мреже са њиховим каталожним подацима и почетним везама. Дистрибутивна мрежа се представља у форми графа. Подаци о елементима графа налазе се у унутрашњем моделу података. Унутрашњи модел омогућава брз пролаз по елементима графа и погодан је за електроенергетске прорачуне. Унутрашњи модел подељен је у регионе, независне целине над којима се раде паралелне обраде. Број паралелних грана извршавања једнак је броју региона.



Слика 2. Унутрашњи и спољашњи модел

Да би се остварила веза између подељених података унутрашњи модел се пресликава у спољашњи модел. Пресликавају се само граничне тачке унутрашњег модела. Граничне тачке су елементи графа које имају

везу са елементом у моделу података у другом DFS процесу. Пресликавање се обавља преко комуникационе спреге. Елементи који се пресликавају стварају спољашњи модел података.

Спољашњи модел података је слој око унутрашњег модела који даје увид у стање удаљених података који се налазе у другом DFS процесу (слика 2). Елементи спољашњег модела представљају минималан подскуп елемената унутрашњег модела такав да је могуће исправно извршаваће функција. Постоји спољашњи тополошки и спољашњи модел прорачуна токова снага. Није могуће извршити функцију тополошке анализе уколико спољашњи модел није попуњен.

DFS процеси комуницирају разменом порука. Постоји две врсте порука:

- синхронизационе
- процесне

Синхронизационе поруке служе за међусобну синхронизацију процеса и обрада унутар њих. Процеси се синхронизују применом синхронизације на баријери. Постоји још синхронизација на нивоу објекта. Ова синхронизација се користи код дистрибуираног повезивања модела која претходи тополошкој анализи. У случају недостатка елемента у дистрибуираном повезивању шаљу се захтеви одговарајућим DFS процесима. Ови захтеви су блокирајући, након слања захтева DFS не може наставити са радом док не добије одговор на захтев.

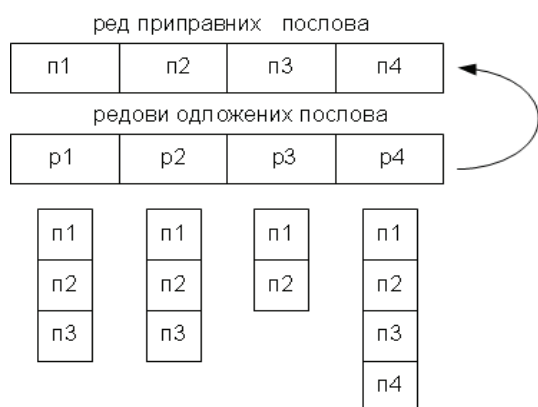
Процесне поруке служе за пресликавање елемената унутрашњег модела. Приликом тополошке анализе проналазе се и означавају гранични елементи које је потребно пресликати. Након анализе елементи са одговарајућим маркером измене се преносе процесним порукама.

Поруке се шаљу у мрежу без знања који од процеса треба да их прихвати. Због тога се дефинишу теме на основу којих се поруке прихватају. Тема поруке представља кључ по коме се ради избор поруке на пријемној страни. За синхронизационе поруке тема је идентификатор DFS процеса док је за процесне поруке тема идентификатор блока елемента који се пресликава.

Електроенергетске функције се извршавају у форми послова. Оквир за дистрибуирану обраду покреће послове и ради међусобно усклађивање. Приликом покретања система ствара се по један посао за сваки регион. Задатак почетних послова је почетно попуњавање спољашњег модела. За сваки регион постоји једна пропусница тако да није могуће паралелно обрађивати један регион из више послова. Уколико је пропусница слободна заузима се, а посао се смешта у ред приправних послова након чега се извршава. Када се посао изврши пропусница се ослобађа. Послови који не добију пропусницу смештају се у ред одложених послова. Постоји један ред приправних послова док за сваки регион из унутрашњег модела постоји један ред одложених послова (слика 3).

Поред почетних послова, који немају улазне параметре, постоје још две врсте послова:

- динамички послови.
- комуникациони послови.



Слика 3. Ред приправних и одложених послова

Динамички послови настају приликом промена у динамичком моделу података. Динамички модел описује стања расклопне опреме у систему. Уколико дође до промене стања расклопне опреме настаје посао који покреће тополошку анализу над регионом у ком је настала промена. Промене модела се динамички прикупљају од СКАДА-е и преузимају у систем из динамичког модела. Улазни параметри динамичких послова су идентификатор региона и листа расклопне опреме која је промењена.

Комуникациони послови настају приликом слања поруке која ажурира спољашњи модел. Свака порука која се прими у комуникационом подсистему ствара један комуникациони посао. Улазни параметри комуникационог посла су идентификатор региона и листа елемената спољашњег модела који се ажурира.

### 3. РЕЗУЛТАТИ

Тестни рачунар има следеће карактеристике:

Табела 1. Тестни рачунар

процесор	Intel, QuadCore @ 2.4GHz
меморија	3GB
оперативни систем	Windows XP Professional

Мерења су урађена на једном рачунару користећи мрежу подељену на 8 региона. Ради доказа исправности решења тестирано је извршавање система у коме постоји 2 DFS процеса. Решење је на крају упоређено са наслеђеним централизованим решењем.

Коришћене су две врсте расподеле блокова по регионима:

- расподела генетским алгоритмом
- секвенцијална расподела

Мерено је време извршавања система од покретања DFS сервиса до завршетка почетног прорачуна топологије система.

Коришћењем корисничких мерача перформанси (енгл. Performance Counters) установљен је и анализиран број порука, број одложених послова, број извршених послова као и укупан проток података кроз мрежу. На графиконима је представљен број одложених и број извршених послова. На основу ових мерача установљена је просечна величина поруке која се шаље при пресликавању унутрашњег модела.

За потребе мерења коришћена је тестна демо1 схема. Схема мреже има 550 блокова а укупна величина је 12 мегабајта.

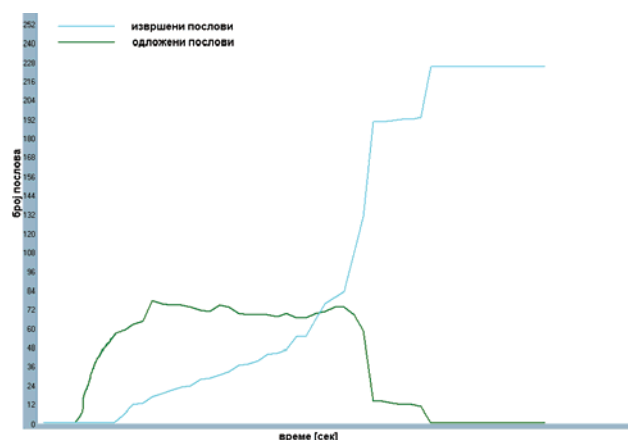
Табела 2. Расподела применом генетског алгоритма

Број послатих порука	Макс. број одлож. посл.	Број изврш. послова	Време покрет. ком. јединице [сек.]	Време изврш. почетне топол. [сек.]
167	77	230	1,73	50,7
161	78	224	1,28	48,71
169	78	232	1,4	51,76
163	77	226	1,41	54,46
169	77	232	1,42	50,74
Просечно време извршења[секунди]:				50,67
Просечна величина поруке[бајта]:				5178,49

Табела 3. Секвенцијална расподела

Број послатих порука	Макс. број одлож. посл.	Број изврш. послова	Време покрет. ком. јединице [сек.]	Време изврш. почетне топол. [сек.]
289	40	308	1,39	17,38
280	51	299	1,28	17,22
298	54	317	1,4	17,94
286	49	305	1,41	17,34
284	52	302	1,42	17,24
Просечно време извршења[секунди]:				17,42
Просечна величина поруке[бајта]:				8874,16

Поред већег броја порука и већег броја података који се преноси између региона секвенцијална подела даје боље резултате извршавања. Разлог је зависност података која се ствара приликом генетске расподеле. Код генетске расподеле постоји већи број одложених послова што за последицу има дуже време попуњавања спољашњег модела исправним подацима. Време попуњавања спољашњег модела је знатно дуже од времена извршавања послова након његовог попуњавања (слика 4).



Слика 4. Однос извршених и одложених послова

Пресечна тачка броја извршених и броја одложених послова показује тренутак у ком је спољашњи модел попуњен исправним подацима. После попуњавања

спољашњег модела сваки следећи посао је спреман за извршавање, нема даљег одлагања послова.

Табела 4. Поређење са наслеђеним решењем

Наслеђено реш. [секунди]	1 DFS процес, генетска расподела [секунди]	1 DFS процес, секвенцијална расподела [секунди]
8,47	17,22	48,71

Почетна тополошка анализа наслеђеног решења је бржа од дистрибуираног, што је и очекивано. Разлог је иницијализација комуникационе јединице и дуже време трајања дистрибуираног повезивања модела..

#### 4. ЗАКЉУЧАК

Реализацијом решења омогућена је дистрибуирана обрада електроенергетских прорачуна у оквиру ДМС програмске подршке. Модел података дистрибутивне мреже је дистрибуиран и постигнута је паралелизација прорачуна. Дистрибуирањем података систем се растеређује, повећава се његова скалабилност и могућност проширења. Са аспекта комуникационе спреге решење је могуће побољшати и убрзати специјализацијом архитектуре објављивач-опслуживач за електроенергетске прорачуне као и изменом модела података који је наслеђен из централизованог решења и уводи ограничења у систем. Посебну пажњу треба обратити на алгоритам поделе мреже на регионе и њихову расподелу по процесима. Показало се да правилна подела знатно убрзава рад система. Решење представља нови поглед на дистрибуирање основних електроенергетских прорачуна. Реализацијом је отворен пут за даља истраживања у смеру паралелизације прорачуна и електроенергетских алгоритама.

#### 5. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Владимир Ц. Стрезоски: ОСНОВИ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКЕ -СИСТЕМИ-, Факултет техничких наука, Нови Сад 1996.
- [2] Владимир Ц. Стрезоски: АНАЛИЗА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКИХ СИСТЕМА 2, Факултет техничких наука, Нови Сад.
- [3] Станко Кнежевић: ДИПЛОМСКИ-МАСТЕР РАД, Факултет техничких наука, Нови Сад 2010.
- [4] Мирослав Поповић, Владимир Ковачевић: *Системска програмска подршка у реалном времену*, Универзитет у Новом Саду, Факултет Техничких Наука, 2002.

#### Кратка биографија:



**Никола Радин** рођен је у Новим Саду 1987. год. Дипломски-мастер рад на Факултету техничких наука из области Електротехнике и рачунарства – Рачунарство и аутоматика одбранио је 2011. год.



**Др Мирослав Поповић** је редовни професор на Факултету техничких наука (Одсек за рачунарску технику и рачунарске комуникације). Дипломирао, магистрирао и докторирао на Факултету техничких наука, Универзитета у Новом Саду 1984, 1988. и 1990. године, респективно.

**JEDNO REŠENJE DISTRIBUIRANE TOPOLOŠKE ANALIZE ZA RAD U REALNOM VREMENU****AN APPROACH TO DISTRIBUTED TOPOLOGICAL ANALYSIS IN REAL TIME**Nemanja Popović, Miroslav Popović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U radu je razmatrano jedno rešenje modela za distribuirano čuvanje podataka elektrodistributivne mreže, i distribuirano i paralelno obrađivanje topološke analize. Prednost ovog rešenja je što se zasniva na fizičkoj podršci koja podrazumeva međusobno umreženu grupu računara (broj računara koji se može umrežiti nije ograničen), i time omogućuje čuvanje i obradu modela savremenih elektrodistributivnih mreža koji sadrže i do sto miliona podataka.

**Abstract** – This paper discusses an approach to distributive storage of a power distribution network's data, and distributed, parallel-processed topological analysis. The advantage of such a solution is hardware support, provided by a computer network unlimited in number, enabling storage and processing of modern power distribution network models containing up to hundred millions pieces of data.

**Ključne reči:** Topološka analiza, elektrodistributivna mreža, paralelna obrada, model podataka

**1. UVOD**

U sistemima za efikasno upravljanje elektrodistributivnim mrežama trenutno postoje centralizovana programska rešenja, što znači da za izvršavanje elektroenergetskih proračuna ceo model podataka mora biti učitao u operativnoj memoriji jednog računara.

Modeli savremenih elektrodistributivnih mreža sadrže i do sto miliona podataka - što prevazilazi operativnu memoriju jednog računara i nameće potrebu za distribuiranom i paralelnom obradom podataka.

U ovom radu razmatrano je jedno rešenje distribuiranog čuvanja podataka radijalnih elektrodistributivnih mreža i algoritam za paralelnu i distribuiranu obradu topološke analize. Algoritam je zasnovan na modelu u kojem su podaci podeljeni na celine između kojih se razmenjuju poruke.

Prednosti ovakvog algoritma je što se model podataka elektrodistributivne mreže čuva na grupi umreženih računara, a broj računara koji se mogu umrežiti nije ograničen.

Polazna osnova za ovo rešenje je razvojna verzija DMS programske podrške 3.0.7 kompanije TelventDMS iz Novog Sada.

**NAPOMENA:**

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

**2. ALGORITAM ZA DISTRIBUIRANU TOPOLOŠKU OBRADU****2.1. Model elektrodistributivne mreže**

Model elektrodistributivne radijalne mreže modeluje električne elemente mreže kao grane, čvorove, šantove i polja. Grane modeluju transformatore, podzemne vodove, nadzemne vodove i napojne grane. Čvorovi modeluju čvor grafa elektrodistributivne mreže i mogu povezivati više grana i šantova. Šantovi modeluju potrošače, motore ili generatore. Polja modeluju skup opreme (prekidače, rastavljače, merače) koji u zavisnosti od stanja može povezivati više krajeva polja (grane, čvorove i šantove).

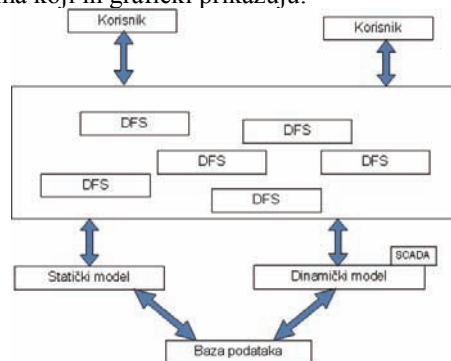
Ulaz u topološku analizu je model podataka koji sadrži podatke statičkog modela (model povezanosti električnih elemenata) i model dinamike (stanja rasklopne opreme - prekidača i rastavljača), a izlaz je topološki povezan model podataka koji se sastoji od topološki povezanih celina koje se nazivaju korenima ako su energizovane (sadrže napojnu granu), odnosno ostrvima ako nisu energizovane (izolovane su otvorenim prekidačima od energizovanih delova).

**2.2 Podela modela elektrodistributivne mreže**

Koreni i ostrva su međusobno nezavisne celine, ali nisu statičke celine i menjaju se tokom vremena. Na primer, jedan deo mreže može u toku kvara da se odspoji i postane ostrvo, ili da se preključi na drugu napojnu granu i postane deo drugog korena. Distribuiranjem podataka (grana, čvorova, šantova i polja) po obradnim jedinicama se distribuiraju delovi korena i ostrva.

**2.3 Arhitektura rešenja**

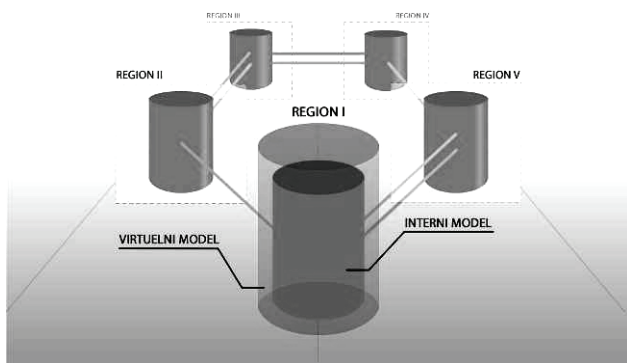
Za distribuirano čuvanje, i distribuiranu i paralelnu obradu modela uvodi se novi servis prikazan na slici 1 (u daljem tekstu *DFS*), koji preuzima delove statičkog i dinamičkog modela podataka, u saradnji sa ostalim *DFS* servisima stvara model podataka za distribuirane obrade i za svaku promenu statike i dinamike izvršava funkciju topološke analize. Rezultate obrade prosleđuje drugim servisima koji ih grafički prikazuju.



Slika 1. Arhitektura distribuiranog rešenja

## 2.4 Model za distribuirano čuvanje podataka

Za distribuirano čuvanje i obradu podataka elektrodistributivne mreže potrebno je organizovati podatke u podskupove, u daljem tekstu regione, koji čine gradivnu jedinicu modela podataka iz aspekta distribucije i paralelizacije. Ideja regiona je modelovanje skupa električnih elemenata i njihovih mrežnih ekvivalenata koji se tokom obrade razmenjuju između regiona, i na taj način obezbeđuju da region sadrži sve neophodne podatke za distribuiranu obradu elektroenergetskih proračuna. Distribuirani model regiona se sastoji iz internog modela podataka i virtuelnog modela podataka. Interni model predstavlja prilagođenu verziju internog modela DMS programske podrške, a virtuelni model je novouvedeni model koji modeluje mrežne ekvivalente. Na slici 2 je prikazana struktura modela za distribuiranu obradu podataka.



Slika 2. Model za distribuirano čuvanje podataka

Interni model distributivne mreže modeluje električne elemente distributivne mreže i sadrži podatke neophodne za elektroenergetske proračune. Podaci modela se dele na statičke, koji sadrže informacije o fabričkim (kataloškim) karakteristikama elemenata i njihovoj međusobnoj povezanosti, i dinamičke podatke koji se u realnom vremenu preuzimaju od SCADA sistema (stanja prekidača i vrednosti merenja).

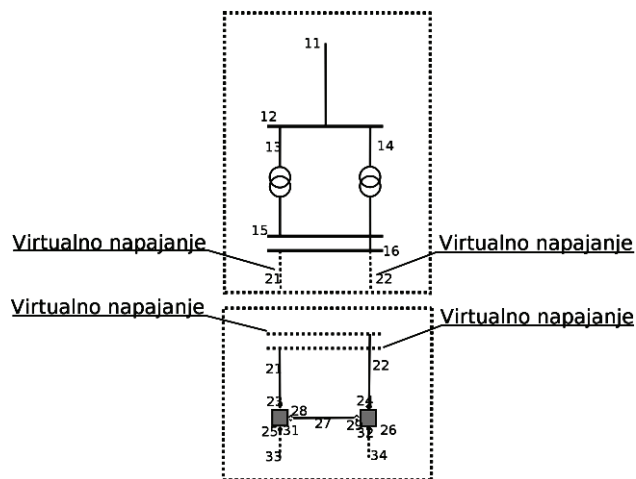
Modelovanje je orijentisano prema elementima što znači da se modeluje posebno svaki element i njegove veze sa susednim elementima. Granični elementi regiona su elementi koji su povezani (neposredno ili posredno preko polja) na bar jedan element koji pripada drugom regionu. Virtuelni elementi predstavljaju kopije podskupa informacija graničnih elemenata (mrežne ekvivalente) regiona, koje su neophodne susednim regionima za distribuiranu obradu. Obradom elemenata internog modela regiona i slanjem kopija njegovih graničnih elemenata drugim regionima se omogućuje distribuirana obrada elektroenergetskih proračuna.

## 2.5 Distribuirana topološka analiza

Distribuirana topološka obrada zasnovana je na modelu za distribuirano čuvanje podataka, što znači da se delovi korena i ostrva distribuirano čuvaju u različitim regionima. Obrada delova koji obuhvataju napojnu granu, koja predstavlja lokalno napajanje, je isti kao u centralizovanom algoritmu (obavi se jedan prolaz po svim

povezanim elementima počevši od napojne grane). Problem se javlja kod delova koji ne sadrže napojnu granu i nemaju informacija o kolu kome pripadaju.

Za obradu ovakvih delova uveden je koncept virtuelnih napajanja. Susedi graničnih elemenata posmatranog regiona, koji se nalaze u virtuelnom modelu (predstavljaju kopije graničnih elemenata drugih regiona), smatraju se virtuelnim napajanjima ukoliko pripadaju kolu korena ili ostrva. Na slici 3 prikazan je primer virtuelnog napajanja, kao i očigledna činjenica da se u regionu može naći više različitih napajanja.



Slika 3. Primer modela za distribuirano čuvanje podataka

Radi lakše analize napajanja u regionu elementi se grupišu u grafove, gde graf predstavlja skup topološki povezanih elemenata u jednom regionu. U ovom radu razmatrane su radijalne distributivne mreže, pa se u grafu ne može naći više napajanja koja propagiraju energizovano kolo, ali se može naći više napajanja koja propagiraju ostrva, ili koren i više ostrva.

Da bi se izbegla mogućnost beskonačnog upetljavanja ili međusobnog zaključavanja distribuiranih obrada neophodno je u svim distribuiranim obradama na jedinstven način određivati dominantno napajanje koje se dodeljuje grafu i propagira na dalje. U svakom grafu se odabira lokalno napajanje, koje može biti napojna grana ili pogodno odabran početak ostrva. Ukoliko ne postoji dominantnije virtuelno napajanje, graf se boji prema lokalnom napajanju. Razmenom virtuelnih napajanja između regiona propagiraju se koreni i ostrva i izvršava se distribuirana topološka obrada. Određena propagiranja ostrva su privremena i nekorisna, jer se u jednom momentu pripajaju nekom korenu ili nekom drugom ostrvu, ali na taj način se dobija maksimalni stepen paralelizacije koji dozvoljava priroda problema.

Koraci algoritma topološke obrade su: ažuriranje dinamičkih promena u regionu, ažuriranje virtuelnog modela regiona, podela regiona u grafove, analiza grafa, bojenje grafa, objava rezultata topologije i ažuriranje mrežnih ekvivalenata. Ažuriranje dinamičkih promena obuhvata ažuriranje stanja provodne opreme primljenih od SCADA sistema i obradu topologije polja u kojima se prekidači nalaze. Polja se sastoje od dva skupa elemenata – skupa provodne opreme i skupa krajeva polja. Ukoliko provodna oprema (prekidači i rastavljači) povezuje dva kraja polja, smatra se da je polje zatvoreno, u suprotnom

je otvoreno. Topološka obrada polja se sastoji od prolaska kroz svu provodnu opremu polja i rezultat obrade je informacija o povezanim krajevima polja (čvorovima, granama i šantovima).

U daljim fazama topologije ta informacija se koristi za prolazak kroz graf elektrodistributivne mreže. Ukoliko se nađe na otvoreno polje zaustavlja se pretraga tog dela grafa, odnosno ako se nađe na zatvoreno polje koristi se informacija o povezanosti krajeva polja na osnovu koje se dobavlja sledeći element u grafu.

Ažuriranje virtuelnog modela obuhvata ažuriranje modela virtuelnih elemenata sa novopristiglim kopijama mrežnih ekvivalenata (graničnih tačaka) od drugih regiona.

Podela regiona u grafove je obrada u kojoj se svim topološki povezanim krajevima polja u regionu dodeljuje po jedan graf. Ulaz u obradu su elementi modela koje obuhvata jedan region, a izlaz iz obrade je region u kojem svaki kraj polja nosi informaciju kojem grafu pripada. Pretraživanje grafova počinje od napojnih grana i graničnih tačaka u regionu. Svi krajevi polja koji se obiđu prilikom polaska od početnog elementa čine jedan graf. Polja sadrže informacije o povezanosti krajeva polja koja je neophodna za stvaranje grafa, ali ne predstavljaju deo grafa. Ako se u toku pretrage nađe na zatvoreno polje dobavlja se sledeći element u grafu, u suprotnom smatra se da je kraj grafa i proverava se da li ima krajeva polja sa druge strane polja koji su potencijalni počeci novog grafa u tom regionu. U prvoj topološkoj obradi, obrađuju se svi elementi u regionu, a nakon dinamičkih promena obrađuju se samo grafovi koji su zahvaćeni promenom u koraku *Ažuriranje dinamičkih promena*.

Grafovi modeluju delove radijalnih mreža pa su i sami radijalni. Za svaki graf se identifikuje lokalni izvor energizacije koji može biti napojna grana ili, ako je nema, neki drugi element koji predstavlja potencijalni početak ostrva. Analiza grafa je zadužena za pronalaženje dominantnog napajanja između lokalnog i svih virtuelnih napajanja u grafu. S obzirom da se topološke obrade izvršavaju distribuirano i paralelno, u regionu može biti prisutno više različitih izvora napajanja. Da bi se izbeglo međusobno zaključavanje ili beskonačna petlja, svi regionu moraju jedinstvenim kriterijumom određivati dominantno napajanje. Kriterijum određivanja dominantnog napajanja je zasnovan na jedinstvenim identifikacionim brojevima električnih kola. Izlaz analize grafa je informacija o dominantnom napajanju u grafu i ažurirano stanje grafa na osnovu kojeg se odlučuje da li treba ponovo da se oboji graf.

Bojenje grafa je obrada u kojoj se svim krajevima polja grafa pridružuje električno kolo i nivo energizacije koje propagira dominantno napajanje u grafu. Kolo može biti koren ili ostrvo, a nivo energizacije može biti energizovan ili neenergizovan.

Prilikom bojenja svaka granična tačka dobija atribut gornja ili donja, što se koristi u elektroenergetskim proračunima koji slede nakon obrade topologije. Svaka granična tačka nakon promene boje dobija poseban atribut *Affected* koji označava da je neophodno ostalim regionima poslati njenu virtuelnu kopiju. Ažuriranje mrežnih ekvivalenata obuhvata slanje virtuelnih kopija graničnih elemenata drugim regionima i na taj način omogućuje neophodnu razmenu informacija između distribuiranih obrada.

Nakon bojenja regiona, potrebno je ažurirati sve virtuelne kopije graničnih elemenata koje se nalaze u susjednim regionima. U prvoj topološkoj obradi neophodno je da regionu razmene međusobno sve granične elemente. U daljim topološkim obradama razmenjuju se granični elementi samo između regiona koji su topološki zavisni, odnosno ukoliko su granični elementi između regiona povezani neposredno ili posredno preko zatvorenog polja. Polje čiji je status promenjen se tačno jednom pošalje svim susjednim regionima.

### 3. REZULTATI

Merenje performansi sistema obuhvata dve faze. U prvoj fazi merene su performanse pokretanja sistema u kojem se distribuiran model podataka deli na delove koji se obrađuju unutar jednog procesa. Druga faza merenja obuhvata merenje performansi sistema tokom obrade dinamičkih promena. Za testiranje je korišćena testna šema koja se sastoji od 10 korena. Rezultati merenja su dobijeni na procesoru *Intel Core 2 Quad Q6600* sa 3GB operativne memorije. Operativni sistem je tridesetdvo-bitni Microsoft Windows XP. Pri merenju distribuiranog rešenja podaci modela su proizvoljno podeljeni. Za merenja performansi sistema u okviru jednog računara koji ima procesor sa više jezgara, koristi se jedan DFS proces jer on vrši paralelnu obradu i može u potpunosti da uposli sva procesorska jezgra. Paralelizacija topološke analize se realizuje u dva nivoa: u pojedinačnim DFS procesima obrade pojedinačnih regiona se izvršavaju u posebnim programskim nitima, a drugi nivo paralelizacije predstavlja paralelizacija topološke obrade na nivou nezavisnih DFS procesa.

#### 3.1. Merenja performanse pokretnja sistema

Pokretanje sistema obuhvata vremena podizanja servisa, učitavanje modela statike, stvaranje modela za centralizovanu ili distribuiranu obradu, preuzimanje ažurnih stanja rasklopne opreme celog modela i prvu obradu topološke analize. Kolone tabele 1 sadrže merena vremena izražena u sekundama, koja su potrebna za pokretanje centralizovanog rešenja (CTA) i distribuiranog rešenja (DTA), u kojem je mreža podeljena na 1, 4, 8 i 16 regiona. Svako merenje je obavljeno pet puta.

Tabela 1. Merenje vremena pokretanja sistema

Merenje - Algoritam/	CTA	DTA (1)	DTA (4)	DTA (8)	DTA (16)
Merenje 1	9,45	22,14	18,57	17,38	17,91
Merenje 2	9,11	21,61	18,29	17,22	17,47
Merenje 3	9,19	25,33	18,99	17,94	17,41
Merenje 4	8,47	25,33	17,99	17,34	17,41
Merenje 5	8,51	22,11	18,54	17,24	17,87
Najbolje	8,47	21,61	17,99	17,22	17,41
Srednje	8,95	23,30	18,48	17,42	17,61
Ubrzanje		1,00	1,26	1,34	1,32

Prikazana su sva merenja, srednja vremena, najbolja vremena i ubrzanje. Vrednost ubrzanja predstavlja relativno ubrzanje distribuiranog rešenja u zavisnosti od podele podataka distribuiranog modela.

U tabeli 1 je očevidno da je pokretanje distribuiranog sistema sporije u odnosu na centralizovan sistem, što je i očekivano, jer distribuirani sistem sadrži dodatne komunikacione jedinice (zasnovane na *Pub/Sub* mehanizmu) neophodne za razmenu poruka u

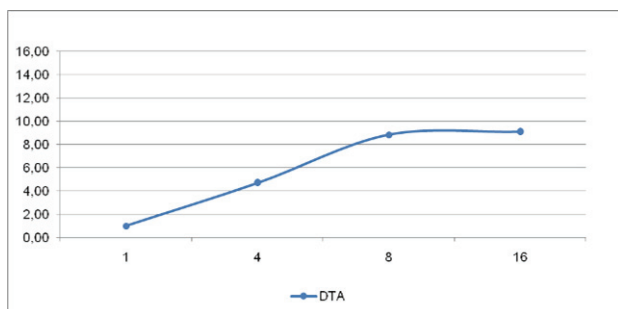
distribuiranim obradama, čije pokretanje zahteva dodatno vreme. Distribuirano rešenje daje najbolje rezultate u podeli podataka na 8 regiona, jer je tada najveći stepen paralelizacije nad podacima. Prilikom podele mreže na 16 regiona dolazi do preopterećenja procesorskih jezgara kojih ima samo četiri, pa se dobija neznatno duže vreme. Usporenje pokretanja distribuiranog rešenja u odnosu na centralizovano rešenje nije značajno, jer se sistemi za efikasno upravljanje elektrodistributivnim mrežama puštaju u rad na duže vremenske periode.

### 3.2 Merenje obrade prekidačkih promena

Merenja obrade prekidačkih promena obuhvataju vreme počevši od prijema prve dinamičke promene (nakon pokretanja sistema) do objave rezultata topologije nakon poslednje primenjene dinamičke promene. Za testiranje je korišćena grupa prekidačkih promena koja je poslata iz pomoćnog alata SwitchTestTool i sadrži 15 promena prekidača. U kolonama tabele prikazana su merena vremena izražena u sekundama, potrebna za izvršenje topološke obrade centralizovanog algoritma i distribuiranog algoritma u kojem je mreža podeljena na 1, 4, 8 i 16 regiona. U tabeli 2 je prikazano relativno ubrzanje distribuiranog algoritma topološke obrade u zavisnosti od broja regiona na koje se deli model.

Tabela 2. Merenje vremena obrade prekidačkih promena

Algoritam	CTA	DTA (1)	DTA (4)	DTA (8)	DTA (16)
Merenje 1	0,36	3,46	0,59	0,34	0,35
Merenje 2	0,66	2,37	0,87	0,35	0,35
Merenje 3	0,37	3,50	0,92	0,36	0,34
Merenje 4	0,35	3,50	0,47	0,35	0,34
Merenje 5	0,36	2,69	0,46	0,36	0,33
Najbolje	0,35	2,37	0,46	0,34	0,33
Srednje	0,42	3,10	0,66	0,35	0,34
Ubrzanje		1,00	4,69	8,82	9,08



Slika 4. Prikaz ubrzanja distribuiranog rešenja

Deljenjem mreže u više manjih celina povećava se stepen paralelizacije i iskorišćenje procesorskih jezgara, i dobija se ubrzanje prikazano na slici 4. Najveće ubrzanje dobija se u podeli modela na 8 regiona, nakon čega dolazi do zasićenja sistemskih resursa. Na osnovu prethodno navedenog vidi se da je rešenje skalabilno. U cilju dokaza funkcionalnosti distribuiranog rešenja vršena su dodatna testiranja pokretanja sistema, uključujući i početnu topološku obradu na modelu koji je podeljen u četiri regiona, koji se čuvaju u dva DFS procesa na jednom računaru. Za merenja performansi na više procesa i potpuni prikaz skalabilnosti sistema potrebna je fizička

podrška koja se sastoji od više računarskih jedinica koje su povezane brzom međuračunarskom komunikacijom.

## 4. ZAKLJUČAK

U radu je predstavljeno jedno rešenje distribuiranog čuvanja podataka radijalnih elektrodistributivnih mreža nad kojim se mogu distribuirano i paralelno izvršavati elektroenergetski proračuni. Kao primer jedne primene modela za distribuirano čuvanje podataka predstavljen je algoritam distribuirane topološke analize u realnom vremenu koji je zasnovan na podeli mreže u statičke celine između kojih se razmenjuju poruke.

U radu je analizirano postojeće centralizovano rešenje DMS programske podrške, razmatrani su zahtevi savremenih elektrodistributivnih sistema i mogućnost podele i obrade mreže na distribuirane celine. Projektovana je i realizovana dopuna modela za distribuirano čuvanje podataka, i algoritam distribuirane topološke analize. Performanse rešenja su izmerene i upoređene sa performansama centralizovanog rešenja.

Distribuirano rešenje topološke analize neznatno utiče na performanse sistema, a pruža skalabilnost sistema što je velika prednost u upravljanju savremenim elektrodistributivnim mrežama.

Dalji pravci razvoja rada mogu biti: optimizacija komunikacionih protokola za prenos mrežnih ekvivalenata i razvoj distribuiranih algoritama za ostale elektroenergetске proračune.

## 5. LITERATURA

- [1] Stanko Knežević: Diplomski – Master rad, Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad, 2010
- [2] Zvezdana Perlić: Objektivi CIM model baze tehničkih podataka za upravljanje distributivnom mrežom i transport podataka između relacione baze podataka i CIM/XML formata, Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad, 2005
- [3] Miroslav Popović, Vladimir Kovačević: Sistemska programska podrška u realnom vremenu, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet Tehničkih Nauka, 2002.

### Kratka biografija:



**Nemanja Popović** rođen je u Novom Sadu 1987. god. Bsc. rad na Fakultetu Tehničkih Nauka, iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – računarstvo i automatika, odbranio 2010 god.



**Dr. Miroslav Popović** je redovni profesor na Fakultetu tehničkih nauka (Odsek za računarsku tehniku i računarske komunikacije). Diplomirao, magistrirao i doktorirao na Fakultetu tehničkih nauka, Univerzitetu u Novom Sadu 1984, 1988 i 1990. godine, respektivno.

**MATEMATIČKI MODEL PID UPRAVLJANJA CIRKULACIONOM PUMPOM U  
SISTEMU TOPLOTNE PUMPE SA GEOTERMIJOM****MATHEMATICAL MODEL OF PID CIRCULAR PUMP CONTROL IN GEOTHERMAL  
HEAT PUMPS SYSTEM**Gojko Miljković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U ovom radu opisan je princip rada toplotne pumpe u svrhu grejanja i hlađenja objekta. Rad obuhvata: matematički i simulacioni model toplotne pumpe, PID regulator i uporedni prikaz rezultata u slučaju kada crpna (cirkulaciona) pumpa radi punim kapacitetom sa maksimalnim protokom, i kada njome upravljamo pomoću PID regulatora čime ostvarujemo minimalni protok vode i veću uštedu u potrošnji električne energije.

**Abstract** – This paper describes the working principle of heat pump for heating and cooling. The work includes: mathematical and simulation model of a heat pump, PID controller and a comparative review of the results when circulation pump is operating at full capacity with maximum flow, and when it is managed using PID controllers which realize a minimum flow of water and bigger savings in electrical energy.

**Ključne reči:** Model toplotne pumpe, PID upravljanje cirkulacionom pumpom.

**1. UVOD**

Danas se sve veća pažnja posvećuje očuvanju prirode i korišćenju obnovljivih izvora energije. Čovečanstvu je potrebna neizmerna količina energije. Proizvodnja, transport i upotreba energije stvara problem u smislu zagađenja prirode i globalnog zagrevanja. Najveća količina energije u domaćinstvu se troši za grejanje i hlađenje prostorija i proizvodnju tople sanitarne vode. Za uštedu energije i smanjenje emisije ugljen dioksida jedan od najefikasnijih uređaja današnjice je toplotna pumpa. Detaljan opis logičke i fizičke strukture sistema kao i objašnjenje pojmova koji se koriste radi objašnjavanja sistema toplotne pumpe dati su u narednim poglavljima. Pored toga u 2. poglavlju je objašnjen PID zakon upravljanja, u 3. je opisana toplotna pumpa, u 4. su opisani toplotni izvori i u 5. poglavlju se govori o modelu sistema koji je realizovan u programskom paketu MATLAB [1].

**2. REGULACIJA**

Svaki sistem automatskog upravljanja se odlikuje određenim zakonom ili zakonima upravljanja. Zakon upravljanja predstavlja matematičku zavisnost na osnovu

**NAPOMENA:**

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

koje upravljački uređaj obrađuje relevantne signale (informacije) i generiše odgovarajuća upravljačka dejstva. Najčešća forma ovakvih upravljačkih uređaja se naziva regulator. Postoji veliki broj različitih tipova regulatora, ali ako se razmatraju regulatori u kontinualnim linearnim sistemima, onda se njihova klasifikacija najčešće vrši na osnovu vrste zakona upravljanja. Kod osnovnih zakona upravljanja njihovo dejstvo može da linearno zavisi od greške, njenog integrala ili prvog izvoda greške po vremenu. Na bazi ove činjenice sledi podela regulatora na proporcionalni, integralni i izvodni (diferencijalni) regulator [2], [3].

**3. TOPLOTNE PUMPE**

Toplotna pumpa je uređaj koji omogućava prenos toplote iz sistema niže temperature u sistem više temperature korišćenjem dodatne energije tj. rada. Princip rada toplotne pumpe se ogleda u korišćenju toplotne energije našeg okruženja. Geotermalna toplotna pumpa koristi energiju zemlje i podzemnih voda da bi vršila hlađenje ili grejanje objekta.

Da bi se u nekom toplotnom aparatu iz toplotne energije dobio rad, ili se uz pomoć rada obavio prenos toplote od jednog predmeta ili prostora drugom, neophodno je da radni medijum koji se nalazi u toplotnom aparatu prolazi kroz tzv. kružni proces [4].

Osnovni pokazatelj efikasnosti toplotnih pumpi, u režimu grejanja, naziva se *faktor grejanja* (COP, coefficient of performance). On je određen kao odnos toplotne energije koju je toplotna pumpa dovela nekom prostoru ili medijumu i pogonske energije kojom se ostvaruje proces u njoj.

$$COP = \varepsilon_{TP} = \frac{Q_{dov}}{E_{pog}} \quad (1)$$

pri čemu su:

$\varepsilon_{TP}$  – faktor grejanja toplotne pumpe,  $>1$

$Q_{dov}$  – toplota dovedena na prostoru ili medijumu, J

$E_{pog}$  – pogonska energija za ostvarenje procesa u toplotnoj pumpi, J [4].

**3.1. Elementi toplotne pumpe**

Isparivač predstavlja deo sistema toplotne pumpe koji služi da se radni medijum iz tečnog stanja prevede u gasovito.

Kompresor predstavlja radnu mašinu kojoj je osnovni zadatak da komprimuje neki gas ili paru na viši pritisak od početnog.

Kondenzator spada u deo sistema toplotne pumpe u kome dolazi do kondenzacije radnog medijuma, zahvaljujući

predaji toplote neposrednoj okolini tj. prostoru ili nekom medijumu.

Ekspanzioni tj. prigušeni ventil takođe spada u deo sistema toplotne pumpe, u kome se radnom medijumu koji se nalazi u tečnom stanju snižava energetska nivo. [5], [6]

#### 4. IZVORI ENERGIJE TOPLOTNIH PUMPI

Toplotne pumpe se mogu podeliti prema raznim kriterijumima, ali najčešća podela toplotnih pumpi se odnosi na toplotni izvor. Prema toj podeli razlikujemo sledeće:

- toplotna pumpa zemlja – voda (rasolina - voda): kao toplotni izvor koriste slojeve zemljišta,
- toplotna pumpa voda – voda: kao toplotni izvor koriste podzemne, površinske ili otpadne vode,
- toplotne pumpe vazduh – voda i vazduh – vazduh: kao toplotni izvor koriste okolni, istrošeni, otpadni ili neočišćeni vazduh.

Kada se govori o zemlji kao toplotnom izvoru za toplotne pumpe, misli se na toplotnu energiju površinskih ili podzemnih slojeva Zemlje. Osnovna osobina zemljišta kao toplotnog izvora je sposobnost skladištenja toplotne energije cele godine.

Kada se govori o vodi kao toplotnom izvoru za toplotne pumpe, misli se na toplotnu energiju površinskih, podzemnih i otpadnih voda pri čemu su podzemne vode najkorišćenije u praksi.

Pod vazduhom kao izvorom toplote misli se na toplotnu energiju okolnog vazduha ali takođe se može primeniti i neočišćeni vazduh odveden iz prostorija sistemom ventilacije i klimatizacije ili iz raznih industrijskih procesa [7], [8],[9].

#### 5. MODEL SISTEMA

Sistem čini kompleks zgrada ukupne površine 11 130 m<sup>2</sup> koji se greje. Dva bunara, jednog usisnog sa pumpom snage 37 kW i jednog ispusnog za vraćanje iskorišćene vode, PID regulator i toplotna pumpa snage 515 kW.

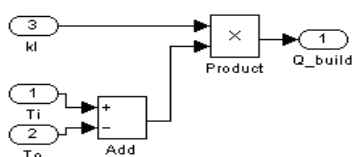
Model ovog sistema čine četiri povezane celine koje možemo predstaviti kao četiri posebna modela, i to:

- model objekta,
- model bunara, tj. cirkulacione pumpe,
- model PID regulatora i
- model toplotne pumpe.

Toplotna potreba ovog objekta  $Q_{building}$  [kW] računa se po formuli:

$$Q_{building} = kl \cdot (T_i - T_o) \quad (2)$$

gde je  $kl$  koeficijent prenosa toplote objekta izražen u kW/°C,  $T_i$  željena unutrašnja temperatura u °C, a  $T_o$  spoljna temperatura u °C. SIMULINK model jednačine prikazan je na slici 1.



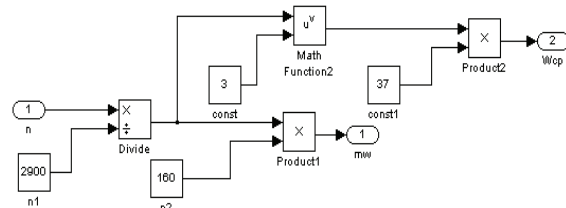
Slika1. SIMULINK model objekta

Toplotna pumpa ovakve snage zahteva i određenu količinu bunarske vode. Za potrebu ovog rada odabrana je

pumpa snage 37kW, maksimalnim protokom od 160 m<sup>3</sup>/h a čiji motor tada dostiže maksimalan broj obrtaja od 2900 obr/min. Dat je izraz pomoću koga izračunavamo kolika će biti temperatura povratne vode

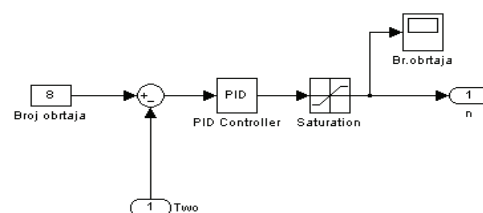
$$T_{wo} = T_{gi} - \frac{Q_{eva}}{\dot{m}_w \cdot C_p} \quad (3)$$

Sa  $T_{wi}$  označena je temperatura ulazne vode koja dolazi iz bunara i zražena je u °C,  $\dot{m}_w$  je protok vode izražen u m<sup>3</sup>/h,  $C_p$  je specifični toplotni kapacitet vode koji iznosi 4.181 KJ/kgK,  $Q_{eva}$  je oslobođena količina energije na isparivaču koja se vraća toplotnom izvoru a izražena je u kW. SIMULINK model jednačine prikazan je na slici 2.



Slika2. SIMULINK model crpne (cirkulacione) pumpe

Signal greške koji se dovodi na ulaz PID regulatora predstavlja razliku željene i ostvarene vrednosti temperature vode koja se preko povratne grane vraća u ispusni bunar. Željena temperatura vode je 8 °C, a u najzahtevnijem slučaju kada spoljna temperatura dosegne -25 °C, temperatura povratne vode neće biti niža od 3 °C. Što je i najbitnije jer nikako ne želimo da se voda u povratnoj grani zaledi. Izlaz PID regulatora je broj obrtaja el.motora koji pokreće cirkulacionu pumpu i direktno određuje protok vode ka isparivaču toplotne pumpe. Parametri PID regulatora su određeni Ziegler-Nichols-ovom metodom. Na ovaj način je obezbeđeno da cirkulaciona pumpa ne radi sve vreme punim kapacitetom već samo onoliko koliko je potrebno da se zadovolje trenutne potrebe zgrade za toplotnom energijom. SIMULINK model PID regulatora prikazan je na slici 3.



Slika 3. SIMULINK model PID regulatora

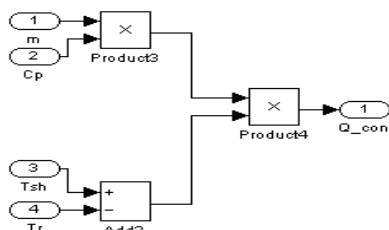
Model toplotne pumpe se sastoji od tri glavna bloka: isparivač (Evaporator), kondenzator (Condenser) i kompresor (Compressor). Količina prenosa toplote kondenzatora  $Q_{cond}$  i isparivača  $Q_{eva}$  izračunavaju se sledećim jednačinama:

$$Q_{cond} = \dot{m} \cdot C_p \cdot (T_{sh} - T_r) \quad (4)$$

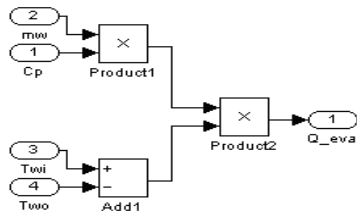
$$Q_{eva} = \dot{m}_w \cdot C_p \cdot (T_{e_{in}} - T_{e_{out}}) \quad (5)$$

gde je  $T_{sh}$  temperatura vode koja izlazi iz toplotne pumpe,  $T_r$  temperatura vode koja se vraća u toplotnu pumpu,  $\dot{m}$  protok vode u sistemu,  $\dot{m}_w$  maseni protok

vode između cirkulacione pumpe i isparivača,  $Te_{in}$  temperatura fluida koji ulazi u isparivač,  $Te_{out}$  temperatura fluida koji izlazi iz isparivača. SIMULINK model jednačina prikazan je na slikama 4 i 5.



Slika 4. SIMULINK model za izračunavanje  $Q_{cond}$



Slika 5. SIMULINK model za izračunavanje  $Q_{eva}$

Količina prenosa toplote kompresora izračunava se kao:

$$W = Q_{cond} - Q_{eva} \quad (6)$$

Učinkovitost toplotne pumpe  $COP$  dobija se na sledeći način:

$$COP = \frac{Q_{cond}}{W} \quad (7)$$

[10],[11]

## 6. REZULTATI SIMULACIJE

Simulacija sistema je takođe urađena u programskom okruženju Matlab/SIMULINK. Simuliran je sistem sa i bez PID regulacije cirkulacione pumpe. Za simulaciju spoljašnje temperature upotrebjeno je osam sinusnih signala u amplitudnom rasponu od  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$  do  $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$  u toku 24 časa.

Na slici 6 dat je uporedni prikaz temperature povratne vode, temperature spoljašnjeg vazduha, protoka vode i ostvarene snage cirkulacione pumpe, toplotne potrebe objekta i predate toplote od strane toplotne pumpe.

Na slici 7 prikazana je zavisnost i uporedni prikaz promene određenih veličina kada sistem radi bez PID regulatora na cirkulacionoj pumpi. Tada cirkulaciona pumpa radi svojim punim kapacitetom, što znači 2900 obr/min, ostvarujući maksimalni protok vode od  $160\text{ m}^3/\text{h}$  i naravno maksimalnu potrošnju električne energije.

Slika 8 daje uporedni prikaz potrošnje električne energije cirkulacione pumpe kada ista radi sa i bez PID regulatora. Prvi grafik slike 8 prikazuje spoljašnju temperaturu i temperaturu povratne vode. Drugi grafik prikazuje potrošnju cirkulacione pumpe kada njome ne upravljamo pomoću PID regulatora. Treći grafik prikazuje potrošnju cirkulacione pumpe kada je na nju povezan PID regulator. Četvrti grafik nam prikazuje toplotnu potrebu objekta kao i oslobođenu energiju koju sistem toplotne pumpe predaje objektu.

Jasno se može videti da je u oba slučaja zadovoljena potreba objekta za toplotom, sa tom razlikom što u slučaju

kada cirkulaciona pumpa radi bez PID regulatora nastaje daleko veća potrošnja električne energije.

U ovom slučaju kada se temperatura spoljašnjeg vazduha kreće od  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  do  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  u toku 24 časa, potrošnja cirkulacione pumpe se kreće od 25kW do 8kW u toku tih 24 časa, i prosečna potrošnja tada iznosi 16.5kW. Ako uporedimo potrošnju cirkulacione pumpe od 37kW kada radi bez PID regulatora i prosečnu potrošnju od 16.5kW kada radi sa PID regulatorom, dobijamo da je ušteda 44.59%. Slike 6, 7 i 8 su prikazane u dodatku A.

## 7. ZAKLJUČAK

U ovom radu je objašnjen princip rada Toplotne pumpe sa svim njenim pojedinačnim delovima, a opisani su i toplotni izvori koje toplotna pumpa može da koristi. Takođe je objašnjena regulacija sa akcentom na PID regulator. Sistem je modelovan u programskom okruženju Matlab/SIMULINK.

## 8. LITERATURA

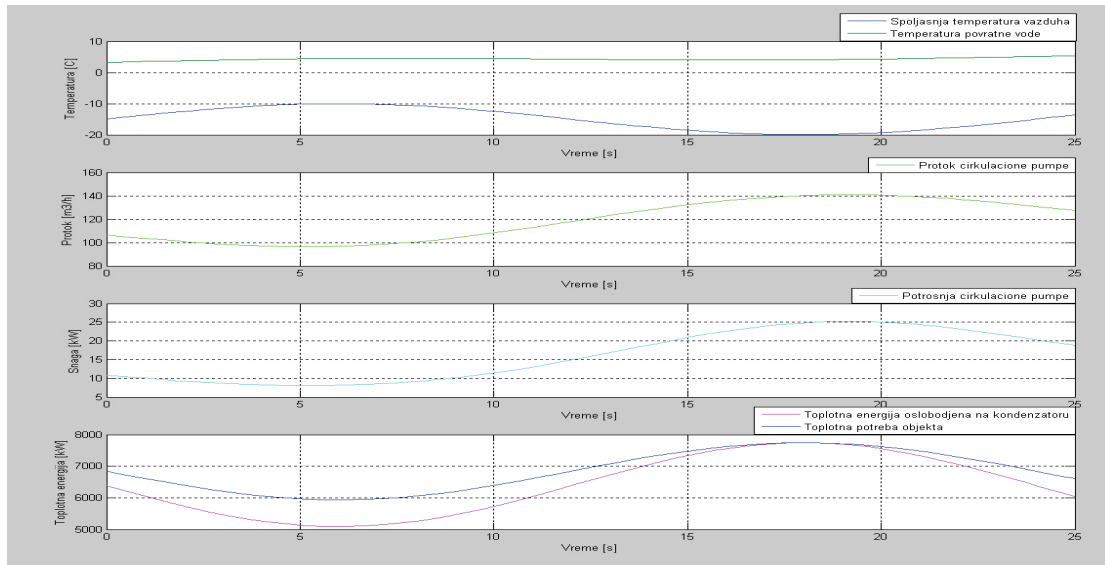
- [1] Enrico Barbier, „Geothermal energy technology and current status: an overview“, <http://www.sciencedirect.com>, 2010.
- [2] dr Filip Kulić, Maretijal sa predavanja „Regulatori“. Katedra za automatiku i upravljanje sistemima, Univerzitet u Novom Sadu 2011.
- [3] Milić Stojić, „Kontinualni sistemi automatskog upravljanja“, peto izdanje, Naučna knjiga, Beograd 1988, ISBN 86-23-42010-1
- [4] „Geotermika“, last modified June 2, 2011. Dostupno na: <http://www.geotermika.com>
- [5] Andrew D. Chiasson, „Advances in modeling of ground-source heat pump systems“, Oklahoma State University, 1999.
- [6] Jongug Jeon, Sunil Lee, Deahie Hong, „Performance evaluation and modeling of a hybrid cooling system combining a screw water chiller with a ground source heat pump in a building“, <http://www.sciencedirect.com>, 2010.
- [7] „Geotempus“, last modified June 8, 2011. Dostupno na <http://www.geotempus.co.rs>
- [8] R. Daghigh, M.H. Ruslan, A. Zaharim, K. Sopian, „Air source heat pump system for drying application“, <http://www.sciencedirect.com>, 2011.
- [9] H. Yang, P.Cui, Z. Fang, „Vertical-borehole ground coupled heat pumps: A review of models and systems“, <http://www.sciencedirect.com>, 2011.
- [10] U.S.Department of Energy, „Industrial heat pumps for steam and fuel savings“.
- [11] Hikmet Esen, Mustafa Inalli, „Modelling of a vertical ground coupled heat pump system by using artificial neural networks“, <http://www.sciencedirect.com>, 2010.

### Kratka biografija:

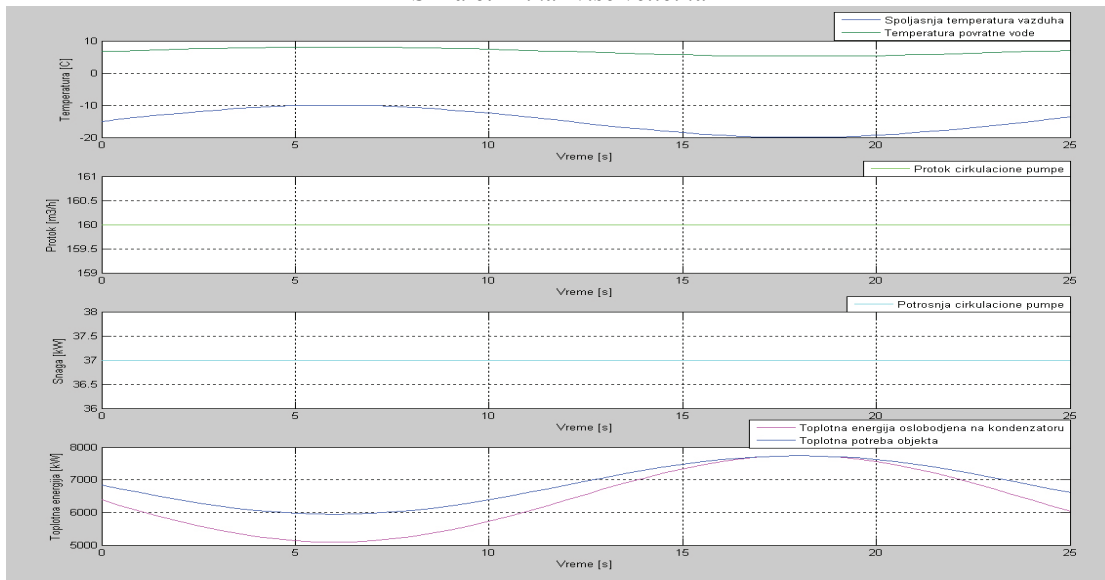


**Gojko Miljković** je rođen 30.06.1986. u Indiji. Završio je Tehničku školu „Mihajlo Pupin“ u Indiji 2005. godine i iste godine upisao Fakultet Tehničkih Nauka u Novom Sadu, odsek elektrotehnika i računarstvo, smer računarstvo i automatika, usmerenje automatika i upravljanje sistemima.

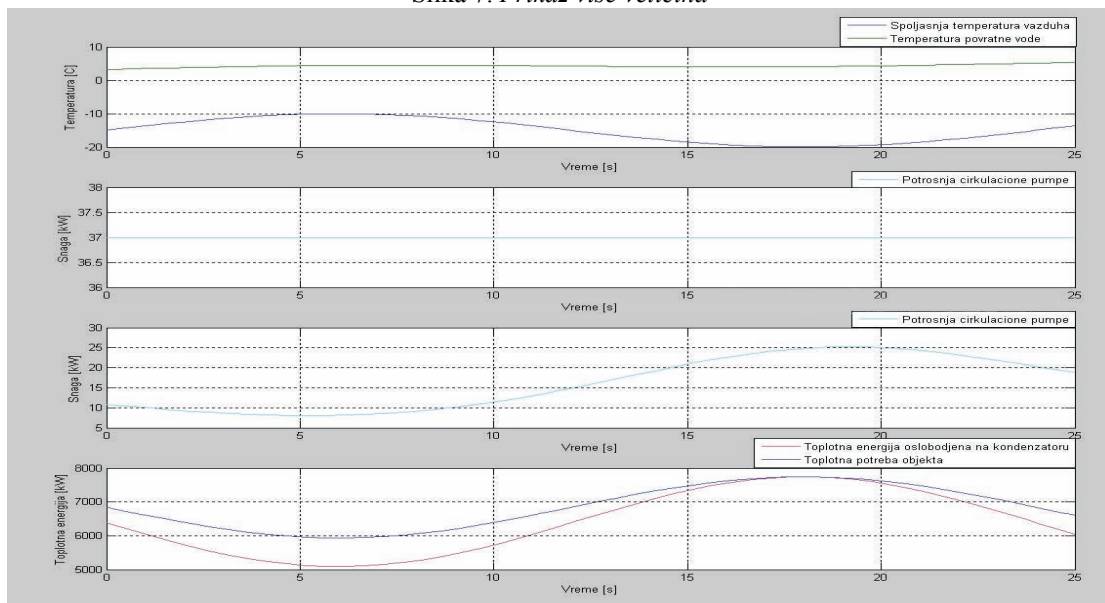
**Dodatak A**  
**Slike grafika**



Slika 6. Prikaz više veličina



Slika 7. Prikaz više veličina



Slika 8. Prikaz više veličina

**UPRAVLJANJE RASVETOM PRIMENOM 'DMX' PROTOKOLA I FUZZY KONTROLERA****CONTROL OF THE LIGHTING BY THE USE OF DMX PROTOCOL AND FUZZY CONTROLLER**

Dejan Sredojević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U radu je opisano upravljanje rasvetom primenom 'DMX' protokola, prikazan je simulacioni model sistema i opisan projektovani Fuzzy logički kontroler za regulaciju intenziteta osvetljenja u prostoru primenom softverskog paketa 'MATLAB'. Prikazano je takođe programsko rešenje za upravljanje LED rasvetom realizovano primenom programskog jezika Java.

**Abstract** – This paper describes control of the lighting by the use of DMX protocol, lighting system is presented with simulation model and described Fuzzy logical controller of the intensity of light by using MATLAB software package. Practical implementation of LED lighting control system realised by useing Java language is also presented.

**Ključne reči:** Upravljanje rasvetom, LED rasveta, DMX protokol, Fuzzy upravljanje

**1. UVOD**

Zbog velikog značaja svetlosti za obavljanje zadataka i upoznavanje prostora, njeno se uvođenje u prostore može smatrati jednim od osnovnih činilaca u projektovanju.

Od 18. veka, kada je izmišljena sijalica, ni jedna rasvetna tehnologija nije toliko uspešla da uzdrma tržište kao LED (eng. Light Emitting Diodes) tehnologija.

Možemo emitovati sve vidljive boje, radni napon je nizak, imamo totalnu elektronsku kontrolu, energetska ušteda je preko 75%, i što je veoma bitno, nema infra-crvenog spektra koji je glavni uzrok zagrevanja osvetljenih površina.

Rasvetom možemo upravljati na razne načine ali jedan od najbržih i najefikasnijih načina jeste upravljanje primenom 'DMX' (Digital Multiplexed Signal) protokola. Ovaj protokol danas predstavlja standard kojeg se pridržavaju svi svetski proizvođači rasvetne opreme.

Da bi upravljanje rasvetom bilo što preciznije i efikasnije, u projektovanju se koriste Fuzzy logički kontroleri. Suština je u formiranju programskog koda koji implementira znanje i funkcije čoveka - eksperta o nekim procesima. Ovaj protokol danas predstavlja standard kojeg se pridržavaju svi svetski proizvođači rasvetne opreme.

**NAPOMENA:**

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

**2. RASVETA U POSLOVNIM I STAMBENIM OBJEKTIMA**

Pravilna i dobra svetlost vodi nesumnjivo boljem radnom učinku usled olakšanog gledanja, povećanja dobrog osećanja i aktivnosti, te istovremeno utiče na smanjenje broja grešaka, od pada i nezgoda pri radu i kretanju. Stoga se dobro i pravilno osvetljenje radnih prostorija može smatrati jednim od bitnijih faktora racionalizacije [1].

**2.1 LED rasveta**

Upotreba LED dioda u rasveti je do pre nekoliko godina bila nemoguća zbog male količine svetlosti koje su tadašnje LED diode bile u stanju da daju [2].

Prednost LED lampica u poređenju sa klasičnim sijalicama:

- mala potrošnja (jedna lampica 1W)
- velika svetlosna energija 16-55lm/1W
- više od 100.000 radnih sati
- 'solid state' izvedba (nema niti)
- mogućnost menjanja intenziteta svetlosti (za svetlosne efekte)
- sa RGB modulima postizemo 'full color' osvetljenje
- u svojoj konstrukciji nemaju toksične materijale (kao kod živine sijalice)
- nema UV zračenja
- manja toplotna disipacija (mogućnost podvodnog osvetljenja)
- veća iskorišćenost (više energije se troši na svetlost)

LED rasveta je izuzetno štedljiv i isto tako efikasan vid rasvete. U zavisnosti od cene energije isplativost proizvoda je vidljiva u proseku već posle 2 godine [12].

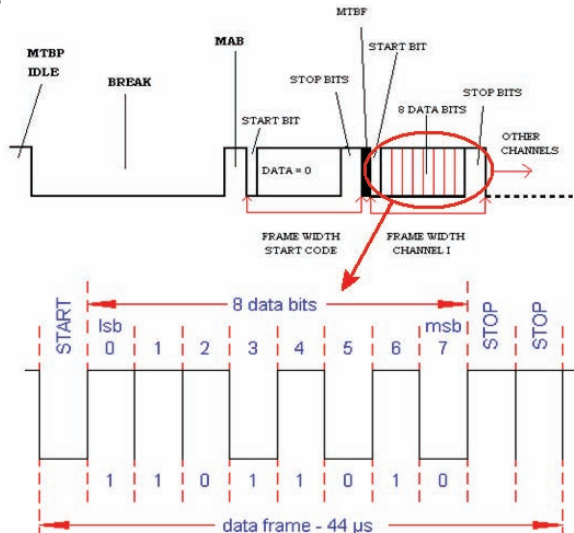
**3. DMX PROTOKOL**

DMX512 je komunikacijski protokol, sistem pravila prema kojem upravljačka konzola šalje informacije rasvetnim uređajima, ali i drugim uređajima poput dimera [13]. Broj 512 označava da protokol podržava 512 komunikacijskih kanala, što znači da može istovremeno preneti 512 različitih informacija, pri čemu svaka informacija predstavlja neku vrednost od 0 do 255 što predstavlja intenzitet svetla, ugao pod kojim je okrenut neki reflektor, itd.

**3.1. Format prenosa podataka DMX512 protokola**

DMX protokol se sastoji od toka podataka koji se šalju kao paket podataka koji se stalno ponavlja. Tok podataka ima poseban format i posebne fizičke karakteristike. DMX bitovi su predstavljeni preko digitalnog „visokog nivoa“ - logička „1“ i „niskog nivoa“ - logička „0“. DMX izlaz prevodi ove „0“ i „1“ u električni oblik. DMX signal

ima radni takt 250 KHz pri čemu je svaki impuls širine 4 $\mu$ s.



Slika 1. Format prenosa podataka DMX protokola

### 1) Beskoristan ili pogrešan DMX paket:

U nedostatku ispravnog DMX paketa izlazni signal će biti nastavljen u vidu logičke „1“.

### 2) Pauza (BREAK)

Početak DMX paketa je najavljen logičkom „0“ koja traje minimum 88  $\mu$ s. Znači 22 LO bita moraju ići jedan za drugim. Ovaj period je poznat kao pauza (BREAK). Pauza ne može biti duža ali ni manja od 88  $\mu$ s (slika 1).

### 3) Oznaka posle pauze – MAB (Mark After Break)

MAB neposredno sledi pauzu tako što je izlaz logička „1“ i traje minimum 8  $\mu$ s ili 2 impulsa. MAB može biti problem jer postoji razlika između originalnog DMX512 i aktuelnog DMX512 (1990) standarda u vezi ovog perioda u paketu. Original traje 4  $\mu$ s. Suviše kratak MAB je bio problem za neke prijemnike i proširen je na 8  $\mu$ s 1990. godine. Problem nastaje kada se starije konzole koriste sa novijim prijemnicima i obrnuto.

### 4) Oznaka početka – SC (Start Code)

SC je sledeći period u paketu. Lakše je zapamtiti da je SC početak aktuelnog toka podataka gde svi pojedinačni kanali podataka imaju isti format. BREAK i MAB su bili drugačijeg tajminga ali SC i dalje svi periodi imaju istu strukturu i vreme od 44  $\mu$ s ili 11 impulsa širine.

### 5) Oznaka perioda između dva okvira podataka – MTBF (Mark Time Between Frames)

MTBF period može trajati malo više od 0 sekundi do 1 sekunde, ali je manji bolji. Svaki kanal pre START bit-a ima MTBF. MTBF je očigledno logička „1“.

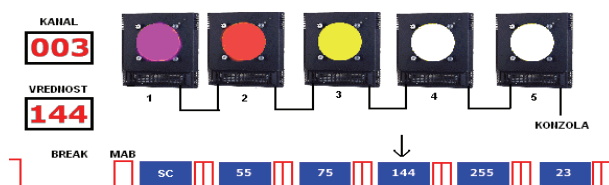
### 6) Podaci na kanalu – CD (Channel Data)

CD okvir sledi nakon SC i tih okvira može da bude od 1 do 512.

### 7) Oznaka perioda između paketa – MTBP (Mark Time Between Packets)

Nakon poslednjeg validnog CD i STOP bit-a jedan ceo paket je završen i sledeći paket može da počne sa BREAK i MAB bitima. Međutim, beskorisne logičke „1“ mogu biti ubačene između paketa i to je MTBP, period koji može trajati malo više od 0s do 1s.

Bitan deo DMX-a je što se ne šalje uvek 512 adresa već onoliko koliko ima priključenih uređaja. Zapravo, brojač kanala je postavljen na prijemniku. Ovaj brojač automatski ponovo ukazuje na kanal 0 kada nastupi validan BREAK i validan MAB. Nakon toga sa svakim STOP bit-om u svakom okviru ovaj brojač se uvećava za 1. Tako, za vreme SC brojač je nula. Na kraju SC (nakon STOP bita SC perioda) brojač postaje 1 tako da govorimo koji je sledeći frejm koji sadrži podatke za kanal 1, itd. Tako prijemnik zna koji je trenutni validni kanal. Znači, kada smo podesili početnu adresu nekog uređaja na npr. 50 i za njega predvideli 6 kanala, što znači da se uzima 6 vrednosti od kada interni brojač kanala dostigne 50 i taj uređaj uzima adrese sve dok brojač kanala ne dostigne 55.



Slika 2. Primer rada sijalica primenom DMX protokola

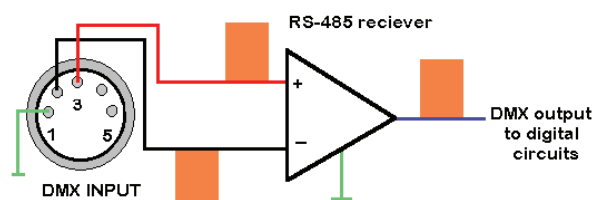
U trenutku kada nastane BREAK (dolazi novi paket podataka), brojač se resetuje. Tako da je sasvim ispravno da konzola generiše 100 validnih vrednosti nakon SC za 100 kanala i onda generiše BREAK, što znači da se ne generiše uvek svih 512 bajtova [3].

### 3.2 Fizički deo DMX512 protokola

Metod po kojem se digitalne „0“ i „1“ generišu iz konzole i primaju od strane uređaja je takođe važan za razumevanje, s obzirom da 80% problema potiče od fizičkog dela DMX512.

DMX512 signal se prenosi preko industrijskog standarda EIA48, poznatiji kao RS485. Standard RS485 koristi tri žice za prenos logičkih nula i jedinica:

- 1) „+“ kraj (+S)
- 2) „-“ kraj (-S)
- 3) Uzemljenje (0V)



Slika 3. Logička „1“ na izlazu DMX uređaja

Visok i nizak potencijal jasno je definisan standardom RS485. Svaka od žica može biti pod naponom do +12 V (u odnosu na uzemljenje) ili -7 V u odnosu na uzemljenje. Na primer, da bi na izlazu bila logička „1“ na + kraju može biti napon +5 V (Slika 3) a na - kraju -5 V, a da bi na izlazu bila logička „1“ na + kraju može biti -5V a na - kraju +5 V.

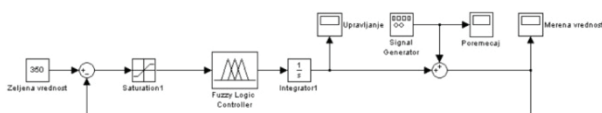
## 4. FUZZY LOGIČKI KONTROLERI

Sa razvojem mikroračunarske tehnike otvorene su velike mogućnosti na polju digitalnog upravljanja sistemima. Digitalno upravljanje otvara mogućnost primene nekih novih postupaka koje analogni regulator ne može (ili vrlo teško) da odradi: akviziciju podataka identifikaciju sistema, adaptivno upravljanje itd. [4].

Realizacija FLC u digitalnom sistemu upravljanja se svodi na pisanje programskog koda. Pre pisanja programa neophodna je analiza (i posmatranje) konkretnog sistema upravljanja i poželjno je matematički opisati sistem kako bi se pre praktične implementacije programa u mikrokontroleru izvršila simulacija. Svrha simulacije je da se matematičkim algoritmima pokušaju opisati pojave u realnom sistemu kako bi praktična realizacija algoritma upravljanja u realnom sistemu ispunila zahteve [5].

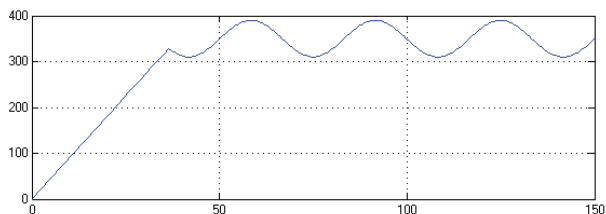
**4.1 Simulacioni model sistema u MATLAB/Simulink-u**  
MATLAB/Simulink kao deo programskog paketa MATLAB omogućuje modeliranje, simulaciju i analizu raznih sistema [6]. Podržava modeliranje linearnih i nelinearnih sistema, te modeliranje u kontinualnom ili diskretnom vremenu ili kombinaciju ova dva slučaja. Kod modeliranja, MATLAB/Simulink koristi grafički korisnički interfejs, tako da diferencijalne jednačine koje opisuju modelirani objekat nije potrebno pisati u nekom programskom jeziku ili programu [7].

U radu je za upravljanje jačinom osvetljenja u prostoriji napravljen model koji simulira upravljanje intenzitetom osvetljenja (slika 4), gde je glavna komponenta Fuzzy logički kontroler koji sadrži funkcije pripadnosti i pravila na osnovu kojih se upravlja intenzitetom rasvete.



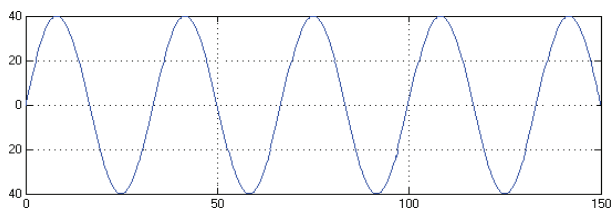
Slika 4. Simulacioni model sistema u MATLAB/Simulink-u

Blok koji se naziva “Zeljena vrednost” predstavlja vrednost jačine svetla koju želimo u prostoriji, u ovom slučaju to je 350 lux-a. Blok “Saturacija” služi za prilagođavanje svih vrednosti signala opsegu koji je u Fuzzy logičkom kontroleru (u našem slučaju  $\pm 1$ ). Da bi se dobila realna veličina, vrednost na izlazu Fuzzy logičkog kontrolera se mora integraliti a za to služi blok “Integrator” a signal koji se dobije nakon integraljenja izgleda kao na slici 5.



Slika 5. Integraljen signal na izlazu Fuzzy logičkog kontrolera

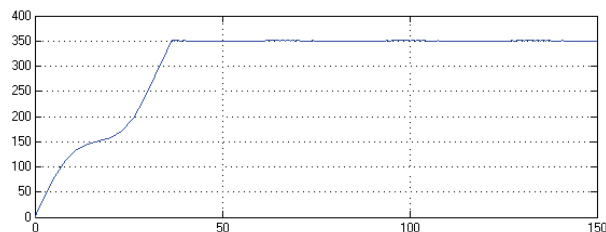
Promenu spoljne svetlosti koja utiče na svetlost u prostoru generiše Signal Generator koji daje signal kao na slici 6.



Slika 6. Promena jačine spoljne svetlosti u opsegu  $\pm 40$  lux-a

Poređenjem slike 5 i slike 6 može se primetiti da se sa porastom spoljne jačine svetla vrednost signala na izlazu Fuzzy logičkog kontrolera smanjuje sto i jeste logično, da bi se održala zadata vrednost jačine osvetljenja u prostoriji [8].

Sabiranjem integraljene vrednosti signala sa izlaza Fuzzy logičkog kontrolera i vrednosti signala koji simulira spoljnu svetlost dobija se jačina svetlosti u prostoriji koja teži željenoj vrednosti (350 lux-a) a to je prikazano na slici 7.



Slika 7. Merena vrednost osvetljenja u prostoriji

## 4.2 Projektovanje Fuzzy logičkog kontrolera

Pri projektovanju Fuzzy regulatora imali smo jedan ulaz – jačina svetlosti i jedan izlaz – upravljanje. Editor pravila omogućava definiciju oblika funkcija pripadnosti (naredba Type) za ulaz i izlaz te zadavanje graničnih parametara svake pojedine funkcije (naredba Params). U editoru pravila upisuju se pravila tipa:

1. *If (jacina\_svetlosti is mala) then (upravljanje is povecaj)*

pri čemu uvek treba prvo uneti funkcije pripadnosti, pa tek onda pravila odlučivanja [9].

## 5. UPRAVLJANJE RASVETOM

Rasvetom upravljamo pokretanjem koda napisanog u programskom jeziku Java [10]. Da bi se moglo upravljati nekim uređajem na ovaj način mora postojati program koji povezuje hardver i softver a to je u našem slučaju program *b\_dmxx.dll*. Da bi mogli da „komuniciramo“ sa DMX kontrolerom iz programa pisanog u Javi prvo moramo učitati već pomenuti program sa ekstenzijom *b\_dmxx.dll*:

```
static {
    try {
        System.load("D:/Java/workspace/DLL_DMXX/b_d
        mxx.dll");
    } catch (Exception e)
    {
        System.err.println(e.toString());
    }
}
```

Za upravljanje rasvetom, odnosno slanje odgovarajućih informacija DMX kontroleru korišćeno je 16 funkcija. Da bi se java kôd uspešno povezao sa programom *b\_dmxx.dll* i da bi se kôd brže izvršavao koristili smo JNI (*Java Native Interface*) pa su zbog toga sve metode native metode i ovde su navedene neke od njih:

```
public native boolean b_dmxx_play();
public native boolean b_dmxx_pause();
public native boolean b_dmxx_stop();
public native boolean b_dmxx_next();
public native boolean b_dmxx_prev();
public native boolean b_dmxx_all_off();
public native boolean b_dmxx_all_on();
public native boolean b_dmxx_pwr_off();
public native boolean b_dmxx_pwr_on();
```

```
public native boolean b_dmxs_is_connected();
public native boolean b_dmxs_set_lum(int lum); // 0-255
public native boolean b_dmxs_set_avi(int index);
```

Najčešće korišćene funkcije su: `b_dmxs_all_on()` – za paljenje svih lampi, `b_dmxs_all_off()` – za gašenje svih lampi, `b_dmxs_set_lum(int lum)` – za podešavanje intenziteta svetla lampi u opsegu od 0 do 255, a najznačajnija funkcija, koja obezbeđuje upravljanje bilo kojom lampom ili skupom lampi je `b_dmxs_out(int start_ch, byte[] buf, int len)`, gde parametar `start_ch` predstavlja kanal od kojeg počinje adresiranje skupa lampi, `buf` predstavlja bafer sa informacijama za svaku lampu (svaki broj u baferu je informacija kojim intenzitetom i kojom bojom da sija određena dioda u okviru neke lampe), a `len` predstavlja broj lampi kojima upravljamo [11].

U projektu smo upravljali RGB LED rasvetom. Na raspolaganju smo imali paletu na kojoj se nalazi 16 LED lampi, pri čemu se svaka lampa sastoji od 3 LED diode u boji, crvene, zelene i plave.

Ovim lampama upravljamo preko DMX protokola a sam DMX uređaj je prikazan na slici 10. Jednim DMX uređajem se može upravljati sa 170 RGB lampi jer za svaku lampu treba 3 adrese a DMX uređaj podržava 512 adresa [14].



Slika 8. DMX uređaj

Kod upravljanja jednobojnom rasvetom jedan DMX uređaj se može koristiti za adresiranje 512 lampi. Veoma je bitno što su sve lampe nezavisne i može se upravljati svakom pojedinačno pa čak pojedinačno sa svakom LED diodom u okviru lampe. Na slici 8 je prikazan način rada kada su neke lampe upaljene (prva, treća, peta..) a neke ugašene (druga, četvrta, šesta..) pri čemu upaljene lampe imaju različite boje i u ovom slučaju isti intenzitet (60 od 255).

Na slici 9 upaljene su sve lampe sa različitim bojama i različitim intenzitetom svetla, a na slici 11 sve lampe su podešene da daju belu svetlost a intenzitet svake svetiljke je 100%.



Slika 9. Paleta sa svim upaljenim lampicama koje sijaju različitim bojama

Deo koda pomoću kojeg se pale lampe po ovom rasporedu je:

```
status = aviDmxPlayer.b_dmxs_out(0,buf,48);
```

gde je `aviDmxPlayer` objekat klase `AviDmxPlayer` koja implementira interfejs `IAviDmxPlayer`, `buf` je niz brojeva po kojima lampe sijaju a 48 je potreban broj kanala za adresiranje lampi. Za ovakve boje lampi vrednosti u baferu, za prve četiri lampe su:

```
byte[] buf = {70,0,50, 90,60,5, 0,50,0, 90,50,90};
```

Da bi sve lampe davale čisto belo svetlo najvećeg intenziteta kao na slici 10 sve vrednosti u baferu moraju biti postavljene na 255.

```
for (int i = 0; i < 48; i++) {
    buff[i] = (byte)255;
}
```



Slika 10. Paleta sa upaljenim lampicama koje sijaju istom, belom bojom

## 6. ZAKLJUČAK

Sistem opisan u radu nudi veliki broj funkcija, uz veliku fleksibilnost i mogućnost nadogradnje kako u softverskom tako i u hardverskom delu. Zbog dugotrajnosti i ekonomičnosti, LED rasveta je veoma pogodna za objekte gde je zamena rasvete teška, nepristupačna ili skupocena. Vek trajanja jedne sijalice je u proseku 30 puta duži nego kod klasične rasvete. Hladna mesta su povoljnija lokacija. Takođe, što je temperatura ambijenta niža, to je životni vek LED rasvete duži.

Uz sve to, povećanje energetske efikasnosti sistema rasvete i povećanje pouzdanosti u radu, uz smanjenje operativnih troškova održavanja, najbolja su preporuka jednog ovakvog sistema.

## 7. LITERATURA

- [1] Robert S. Simpson, „Lighting control - technology and applications”, 2003.
- [2] Peter Tregenza, David Loe, „The design of lighting“, 1998.
- [3] Derek Phillips, „Lighting modern buildings“, 2000.
- [4] Oscar Castillo, Patricia Melin, „Fuzzy Logic: Theory and Applications“, 2008.
- [5] Timothy J. Ross, „Fuzzy logic with engineering applications“, 2004.
- [6] S. N. Sivanandam, S. Sumathi, S. N. Deepa, „Introduction to fuzzy logic using MATLAB“, 2007.
- [7] MATLAB Using Simulink and Stateflow™ in Automotive Application, 1999.
- [8] Huaguang Zhang, Derong Liu, „Fuzzy modeling and fuzzy control“, 2006.
- [9] Hua Li, Madan Gupta, „Fuzzy logic and intelligent systems“, 1995.
- [10] Nick Backer, Koen Steemers, „Daylight design of buildings“, 2002.
- [11] Brian Fitt, Joe Thornley, „Lighting technology: a guide for television, film and theatre“, 2002.
- [12] [http://ledrasveta.com/Zasto\\_LED\\_.html](http://ledrasveta.com/Zasto_LED_.html), 05.07.2010. Prednosti upotrebe LED rasvete
- [13] <http://www.dmx512-online.com/>, 26.08.2010. DMX protokol
- [14] <http://www.adu.hr/tvrasvjeta/htms-tehnika/regulatori.htm>, 29.07.2010. Princip rada DMX regulatora

## Kratka biografija:



**Dejan Sredojević** rođen je u Loznici 1986. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Automatika i upravljanje sistemima odbranio je 20011. god.

**Analiza korisnosti interproceduralnih kompajlerskih optimizacija kod programa za digitalne signal procesore**Boris Spasojević, *Fakultet Tehničkih Nauka u Novom Sadu*, [boris.spasojevic@rt-rk.com](mailto:boris.spasojevic@rt-rk.com)Miodrag Đukić, *Fakultet Tehničkih Nauka u Novom Sadu*, [miodrag.djukic@rt-rk.com](mailto:miodrag.djukic@rt-rk.com)Zoran Zarić, *Fakultet Tehničkih Nauka u Novom Sadu*, [zoran.zaric@rt-rk.com](mailto:zoran.zaric@rt-rk.com)Jelena Kovačević, *Fakultet Tehničkih Nauka u Novom Sadu*, [jelena.kovacevic@rt-rk.com](mailto:jelena.kovacevic@rt-rk.com)

**Sadržaj** – U ovom radu su analizirane dve vrste interproceduralnih optimizacija: *uvlačenje funkcija* i *interproceduralna alokacija resursa*. Akcenat je dat primeni ovih optimizacija u kompajleru za digitalne signal procesore, i mogućnost primene je proverena na referentnim aplikacijama za ovakve procesore. Optimizacije nisu implementirane, već je cilj rada procena isplativosti njihove implementacije.

**1. UVOD I MOTIVACIJA**

Proceduralno programiranje (*procedural programming*) se odnosi na programsku paradigmu, izvedenu iz strukturiranog programiranja, koja je bazirana na konceptu poziva procedure (funkcije, potprograma)[1]. Kompajleri koji prevode proceduralne jezike mogu da iskoriste informacije o međusobnim pozivima procedura tako da, kroz razne optimizacije, poboljšaju kvalitet prevedenog koda. Ove optimizacije se nazivaju interproceduralne optimizacije (*interprocedural optimization*). U ovom radu biće analizirano nekoliko pristupa interproceduralnim optimizacijama kod kompajlera za digitalne signal procesore (*DSP*).

Motivacija za ove analize potiče iz težnje ka unapređenju CCC (*Cirrus Logic C-Compiler*) kompajlera koji je razvijen na katedri za računarsku tehniku i računarske komunikacije Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu. Ovaj kompajler prevodi kod napisan na programskom jeziku C na asemblerki jezik za Coyote 32 digitalni signal procesor proizvođača *Cirrus Logic*. CCC ne poseduje module za interproceduralne optimizacije, i jedan od ciljeva ovog rada je provera isplativosti implementacije ovakvih modula, odnosno analiza potencijalnog poboljšanja rada kompajlera koja se može dobiti uvođenjem ovakvih modula. Obzirom na ovo, tehnike opisane u ovom radu su delom prilagođene karakteristikama Coyote procesora. Coyote 32 procesor je digitalni signal procesor sa nepokretnim zarezom u čijoj osnovi je Harvard arhitektura. Ovaj DSP procesor spada u grupu procesora sa dugačkom instrukcijskom reči [2]. Jezgro Coyote 32 sadrži dve vrste memorije: Programska memorija (sadrži niz naredbi koje treba da se izvrše) i memorijski prostor za podatke (podeljen na X i Y memorijski prostor). Obe memorije su šesnaestobitne i čuvaju reči dužine 32 bita. Registri koji se koriste u radu Coyote 32 DSP-a se dele na 3 grupe: osam 72-bitnih registara akumulatora (označeni sa a1, a2, a3, a4, b1, b2, b3, b4), osam 32-bitnih registara podataka (označeni sa x1, x2, x3, x4, y1, y2, y3, y4) i dvanaest 16-bitnih adresnih registara (označeni sa i1 do i12). Detaljnije informacije o arhitekturi i karakteristikama Coyote procesora mogu se naći u [3].

U naredna dva poglavlja dat je uopšten pregled optimizacije *uvlačenja funkcija*, jedan predlog heuristike za ovu optimizaciju koja je pogodna za digitalne signal procesore i pregled interproceduralne alokacije resursa.

Ovaj rad je delimično finansiran od Ministarstva za nauku Republike Srbije, projekat 32031, od 2011. godine.

**NAPOMENA:**

a) Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada Borisa Spasojevića. Mentor je bio prof. dr Miroslav Popović.

b) Rad je prethodno publikovan na konferenciji ETRAN, Banja Vrućica, juni 2011.

U poslednjem poglavlju je dat zaključak i predlog daljeg rada.

**2. UVLAČENJE FUNKCIJA**

*Uvlačenje funkcija* (*Inline function expansion, function inlining*) je globalna optimizacija koja poziv funkcije zamenjuje modifikovanim telom pozvane funkcije. Telo funkcije se modifikuje tako da se uvedu instrukcije koje zamenjuju instrukcije za prosleđivanje argumenta funkciji, odnosno za preuzimanje povratne vrednosti funkcije. Istraživanja kompajliranja proceduralnih i objektno orjentisanih jezika pokazala su da je *uvlačenje funkcija* jedna od najvrednijih optimizacija [2, 3]. Dobra strana *uvlačenja funkcija* je što se uklanjaju troškovi procesorskog vremena i resursa izazvani pozivom funkcija [4]. Pored toga, *uvlačenje funkcije* otvara mogućnosti za primenu drugih optimizacija koje rade na nivou jedne funkcije, bolju dodelu resursa, bolje iskorišćenje protočnih struktura i paralelizama kod arhitektura koje ih podržavaju, itd. Naravno, ove dobiti nose određene rizike. Prekomerno *uvlačenje funkcija*, koje se najčešće javlja zbog loše heuristike pri određivanju kandidata za *uvlačenje*, dovodi do naglog i nepredvidivog porasta koda, što je često neprihvatljivo kod procesora sa ograničenim resursima koji imaju stroga ograničenja memorijskog prostora [5]. U opštem slučaju, *uvlačenje funkcije* predstavlja optimizaciju koja pruža ubrzanje izvršavanja koda (eliminisanjem poziva funkcija) na račun veličine koda, odnosno memorijskog zauzeća (zamenom poziva funkcije celim njenim telom).

Glavni problem pri primeni ove optimizacije je odlučivanje koje funkcije uvući. Ovaj problem se modeluje kao problem ruksaka (*knapsack problem*) [6]. Kako je problem ruksaka NP kompletan, ne postoji algebarsko rešenje problema, te se problem rešava primenom heuristike. U praksi se koriste razne heuristike [5, 6, 7, 8 et. al.] koje se najčešće oslanjaju na fiksni koeficijent dozvoljenog porasta koda, broj instrukcija u telu funkcije i broj instrukcija potreban za poziv funkcije i frekvenciju poziva funkcije. Međutim, ako se akcenat stavi na ograničenje memorijskog prostora onda ne sme biti dozvoljen nikakav porast koda. Pri ovakvom ograničenju, *uvlačiti se* smeju samo funkcije koje:

1. imaju dovoljno „malo“ telo takvo da je broj instrukcija potrebnih za poziv funkcije veći ili jednak broju instrukcija potrebnih za izvršavanje samog tela. Ovaj tip funkcija je relativno redak i teško ga je prepoznati zato što je tokom prevođenja, i konkretno interproceduralnih optimizacija, teško sa sigurnošću znati tačne zahteve za poziv funkcije. Ovo se dodatno komplikuje ukoliko se interproceduralne optimizacije vrše u modulu nezavisnom od platforme za koju se kod prevodi.

2. pozivaju se samo jednom u celoj aplikaciji koja se prevodi. Ovaj tip funkcija se lako prepoznaje jednostavnom analizom grafa poziva funkcija (*function call graph*). Graf poziva funkcija nosi informacije o međusobnim pozivima funkcija u programu. Predstavlja se usmerenim

grafom kod koga svaki čvor predstavlja funkciju, a svaka grana ( $f, g$ ) implicira da se iz funkcije  $f$  poziva funkcija  $g$ . Da bi se proverila isplativost implementacije ovakve optimizacije, proverena je učestalost pojavljivanja ovakvih funkcija u aplikacijama za digitalne signal procesore. Provera je izvršena na 6 referentnih aplikacija. U tabeli 1 dat je spisak referentnih aplikacija, ukupan broj funkcija u toj aplikaciji, broj funkcija koje se pozivaju samo jednom, odnosno ispunjavaju kriterijum da budu uvučene, i koliki procenat od ukupnog broja funkcija čine kandidati za uvlačenje.

**Tabela 1. Rezultati pretrage referentnih aplikacija za kandidatima za uvlačenje**

Aplikacija	Broj funkcija u aplikaciji	Broj kandidata za uvlačenje	%
Automatic gain control 1 (stereo)	115	45	39.13
Automatic gain control 2 (stereo)	176	92	52.27
Virtualizacija (5.1 to ambient stereo)	318	127	38.99
Automatic gain control (5.1)	180	77	42.78
Virtualizacija (stereo to stereo)	63	21	33.33
Virtualizacija 2 (5.1 to ambient stereo)	364	80	21.98

Iz table 1 se može videti da za referentne aplikacije u proseku 38% funkcija ispunjava uslov za uvlačenje. Ovaj procenat je dovoljno visok da opravdava implementaciju ovakvog modula za uvlačenje funkcija. Opisani pristup uvlačenju funkcija pruža sve pogodnosti eliminacije poziva funkcije bez porasta koda, osim u slučajevima kada su novo uvedene instrukcije koje zamenjuju instrukcije za prosleđivanje parametara funkciji brojnije od onih koje zamenjuju (ovi slučajevi su retki i dovode do zanemarljivo malog porasta koda). Izostajanje porasta koda je naročito značajno kod Coyote procesora zbog toga što plitka protočna struktura dovodi to tesne veze između veličine koda i vremena potrebnog za izvršavanje. Iz svega ovoga se može zaključiti da je uvlačenje funkcija koje se pozivaju samo jednom u aplikaciji veoma poželjna optimizacija kod kompajlera za digitalne signal procesore.

### 3. INTEPROCEDURALNA ALOKACIJA RESURSA

Alokacija resursa je proces smeštanja velikog broja programskih promenljivih u mali skup procesorskih resursa (registri, stek, memorija ...). Modeluje se problemom bojenja grafa, gde svaki čvor u grafu predstavlja promenljivu a svaka boja predstavlja konkretan resurs. Svaka veza između čvorova podrazumeva da se životni vekovi te dve promenljive preklapaju, te da nije moguće staviti ih u isti resurs. Ovaj graf se naziva grafom smetnji (*Interference Graph*) [9]. Alokaciju resursa je moguće raditi na nivou svake funkcije zasebno, a konzistentnost alociranih resursa preko poziva drugih funkcija obezbeđuje se pridržavanjem pozivne konvencije (*calling convention*) koja, pored drugih stvari, definiše i skupove resursa koje pozvana funkcija sme, odnosno ne sme da izmeni u toku svog izvršavanja. Ovo rešenje često uvodi potrebu za dodatnim instrukcijama koje bi služile očuvanju konzistentnosti. Na primer, u CCC

(*Cirrus Logic C-Compiler*) kompajleru za digitalne signal procesore proizvođača *Cirrus Logic*, pozivna konvencija garantuje da će skup registara (a2, a3, b2, b3, x2, x3, y2, y3, i2, i3, i6) biti očuvan nakon poziva funkcije, odnosno da se vrednosti tih registara smeštaju u memoriju na početku izvršavanja funkcije, i restauriraju nakon izvršavanja [10]. Ovo podrazumeva generisanje instrukcija za smeštanje vrednosti ovih registara u memoriju, i instrukcija za čitanje vrednosti iz memorije u registre. Ove instrukcije su redundantne ukoliko se u tim registrima ne čuvaju nikakvi podaci prilikom poziva funkcije. Da bi se ove instrukcije eliminisale kada nisu neophodne mora se obratiti pažnja na međusobne odnose među funkcijama prilikom alokacije resursa. Neki od pristupa podrazumevaju da se prilikom alokacije proširi graf smetnji čvorovima iz drugih funkcija [11 et.al.]. Ovaj pristup stvara mnogo komplikovanije grafove i povećava rizik da graf ne može biti obojen.

Alternativan pristup je alociranje resursa funkciju po funkciju, birajući funkcije na osnovu grafa poziva funkcija, i oslanjajući se na podatke dobijene iz analize životnog veka promenljivih (*Livness Analasys*). Pretpostavićemo da u aplikaciji nema rekurzija, što je i slučaj u većini aplikacija za digitalne signal procesore, kao i u aplikacijama uzetim za referentne u ovom radu (aplikacije iz table 1). Nepostojanje rekurzija omogućava jednostavnije posmatranje problema interproceduralne alokacije resursa, i implementaciju ovde opisanog algoritma. Alokacija treba da počne od funkcije koja je ulazna tačka u program (npr. *main* u programskim jezicima C/C++). Resursi se u ovoj funkciji alociraju nezavisno od ostalih funkcija. Nakon toga, alociraju se resursi za funkcije koje se pozivaju iz ulazne funkcije. Kada krene alokacija resursa u izabranim funkcijama, na osnovu grafa poziva funkcija i podataka iz analize životnog veka promenljivih možemo da zaključimo koji resursi su zauzeti u trenutku poziva funkcije, nakon čega je moguće obezbediti instrukcije za čuvanje i restauriranje vrednosti samo tih registara. Za funkcije koje se pozivaju sa više od jednog mesta skup registara koji se čuvaju je unija registara koji su alocirani za promenljive žive tokom svakog od poziva. Dalji izbor funkcija se svodi na to da se biraju funkcije koje se pozivaju samo iz funkcija u kojima su resursi već alocirani. Ukoliko takva funkcija ne postoji, bira se neka od funkcija koja poziva funkcije čiji resursi nisu alocirani. U ovu funkciju se ubacuju instrukcije za čuvanje/restauraciju svih registara koji su pozivnom konvencijom predviđeni da budu sigurni.

### 4. ZAKLJUČAK I DALJI RAD

Interproceduralne optimizacije su veoma značajne jer omogućavaju prevazilaženje granica pojedinačnih delova programa i posmatraju programa kao celine u smislu optimizacije. U ovom radu su predstavljene dve vrste interproceduralnih optimizacija i po jedan jednostavan prístup za njihovu implementaciju. Nad reprezentativnim skupom aplikacija je potvrđeno da je implementacija ovakvih optimizacija isplativa. Dalji rad podrazumeva implementaciju predloženih pristupa na CCC kompajleru i merenje uspešnosti poboljšanja kvaliteta koda sa tim optimizacijama u odnosu na kod bez njih.

### LITERATURA

- [1] Hannes Masandig **DAT10603 PROGRAMMING PRINCIPLE Introduction to C++** Center for Diploma Studies.
- [2] Zoran Zarić, Miodrag Đukić, Marko Gajić, Miroslav Popović **Jedan koncept optimizacije tehnike za**

- iskorišćenje adresne jedinice u C kompajleru 17. ETRAN 2008.
- [3] **Coyote 32-bit DSP: Instruction Set and Architecture Reference Manual** Cirrus Logic, 2005.
- [2] A. Appel. **Compiling with continuations**. Cambridge University Press, 1992.
- [3] C. Chambers. **The Design and Implementation of the SELF Compiler - an Optimizing Compiler for Object-Oriented Programming Languages**. Technical report stan-cs-92-1240, Stanford University, Departement of Computer Science, March 1992.
- [4] Davidson J.W. and Holler A.M., **A Study of a C Function Inliner**. Software Practice Experience, pp. 775-790, 1988.
- [5] Xinrong Zhou, Lu Yan, and Johan Lilius **Function Inlining in Embedded Systems with Code Size Limitation**. Lecture Notes in Computer Science, 2007, Volume 4523/2007, 154-161, DOI: 10.1007/978-3-540-72685-2\_15
- [6] Dibyendu Das **Function Inlining versus Function Cloning** Newsletter ACM SIGPLAN Notices Volume 38 Issue 4, April 2003
- [7] Manuel Serrano **Inline expansion: when and how?** PLILP '97 Proceedings of the 9th International Symposium on Programming
- [8] Peng Zhao and Jos'e Nelson Amaral **To Inline or Not to Inline? Enhanced Inlining Decisions** Lecture Notes in Computer Science, 2004, Volume 2958/2004, 405-419, DOI: 10.1007/978-3-540-24644-2\_26
- [9] Andrew W. Appel and Jens Palsberg **Modern Compiler Implementation in Java, Second Edition** ISBN:052182060x Cambridge University Press © 2002
- [10] **Cirrus Logic C-Compiler Users Manual** Cirrus Logic, 2010
- [11] Philip Brisk, Ajay K. Verma, Paolo Ienne **Optimal Polynomial-Time Interprocedural Register Allocation for High-Level Synthesis Using SSA Form** ICCAD '07 Proceedings of the 2007 IEEE/ACM international conference on Computer-aided design IEEE Press Piscataway, NJ, USA ©2007 ISBN:1-4244-1382-6

**Abstract** – In this paper we analyse two different interprocedural optimisations: function inlining and interprocedural register allocation. The focus is on using these optimisations on a compiler for digital signal processors and the applicability of these optimisations is verified on referential applications for this type of processor. These optimisations have not been implemented, because the goal of this paper is to evaluate whether the implementation of these optimisations is worth the effort.

**Usefulness analysis of interprocedural compiler optimisations for digital signal processor programs**

Boris Spasojević, Miodrag Đukić, Zoran Zarić, Jelena Kovačević

# Detekcija pokreta i prisustva na osnovu promene vrednosti snage radio signala

Aleksandar Miljković, Bojan Mrazovac, dr Dragan Samardžija, dr Dragan Kukulj  
*Fakultet Tehničkih Nauka, Univerzitet u Novom Sadu*

**Sadržaj** - U radu je predstavljeno istraživanje koje ispituje promenu snage radio signala u zavisnosti od okruženja. Prikazani su rezultati merenja varijacije snage signala u odnosu na: (1) razdaljinu između predajnika i prijemnika, (2) uslove u kojima su mereni i (3) prepreke na koje signal nailazi duž svog prostiranja. Ujedno je dat i predlog za korišćenje predstavljene ideje kao metode za detekciju pokreta i prisustva ljudi unutar sistema „Pametnih kuća“.

**Ključne reči** - Detekcija Prisustva, Pametne Kuće, RSSI, Senzor.

## I. UVOD

U želji da se, što je moguće više, očuva čovekova okolina i spreči prekomerno trošenje energije, obezbeđujući pri tom visok nivo kvaliteta života, na tržištu potrošačke elektronike trenutno vlada ekspanzija uređaja za nadzor i pametno upravljanje potrošnjom električne energije. Postepeni razvoj takvih uređaja od devedesetih godina pa do danas doveo je do realizacije principa „Ambijentalne inteligencije“ [1] u vidu složenih sistema tzv. „Pametnih Kuća“ [2] (eng. *Smart Homes*) visoke energetske efikasnosti.

Sistemi „Pametnih kuća“ zasnivaju se na mogućnosti kako proveriti trenutnog stanja i potrošnje svakog od uređaja u bilo kom trenutku tako i njegove kontrole, bez obzira gde se korisnik nalazi u datom trenutku. Osnovna ideja realizacije takvih sistema jeste u pristupu lokalnom poslužiocu informacija (najčešće realizovanom u vidu kućnog kontrolera), bilo preko interneta ili mobilnog telefona. Kućni kontroler predstavlja centralizovanu upravljačku jedinicu za sve uređaje koji su umreženi sa njim, obezbeđujući određeni nivo upravljačke samostalnosti kao i pregršt informacija o trenutnom stanju i potrošnji bilo kog uređaja u svakom trenutku.

## NAPOMENA:

**a) Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada Aleksandra Miljkovića. Mentor je bio dr Dragan Samardžija.**

**b) Rad je prethodno publikovan na konferenciji TELFOR, Beograd, novembar 2011.**

Ovaj rad je delimično finansiran od Ministarstva prosvete i nauke Republike Srbije, projekati 36029 i 32034, od 2011. godine.

Aleksandar Miljković, Bojan Mrazovac, dr Dragan Samardžija i dr Dragan Kukulj, Fakultet Tehničkih Nauka u Novom Sadu, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija (telefon: 381-63-8270896, e-mail: aca.miljko@hotmail.com).

Jedna od bitnih osobina sistema „Pametnih kuća“ jeste integracija senzorskih uređaja u sam sistem koji će obezbediti određeni nivo inteligencije kako bi on nezavisno mogao odreagovati na određena dešavanja, bez potrebe da se čeka reakcija samog korisnika. Tipičan primer za to može biti realizacija sistema automatskog uključivanja i isključivanja svetla u zavisnosti da li se u prostoriji nalazi korisnik ili ne [3]. Ovakav pristup zahteva dodatnu ugradnju senzora i implementaciju propratnih algoritama koji opažaju prisustvo ili pokret (PIR, 3D kamera, Mikrofonski niz) [4], [5]. U svakom od tih uređaja ugrađen je radio primo-predajnik koji šalje prikupljene informacije lokalnom poslužiocu i prima kontrolne poruke od njega.

U radu [6] je predstavljen jedan takav sistem koji prikuplja informacije sa različitih senzora obezbeđujući automatsku kontrolu audio-video uređaja. Količina senzora koji se uvode u jedan takav sistem povećava umnogome njegovu cenu i probleme instalacije, te se postavlja pitanje ekonomičnosti takvog pristupa.

Autori predstavljenog rada predlažu da se umesto skupih i algoritamski zahtevnih senzora prisustva i pokreta koriste postojeći radio primo-predajnici koji su već ugrađeni u „Pametne utičnice“. Merenjem i upoređivanjem vrednosti indikatora primljene snage komunikacionog signala (eng. *Received Signal Strength Indication – RSSI*) sistem je u stanju da zaključi da li se u prostoriji nalazi čovek ili ne. Na ovaj način se može iskoristiti mreža postojećih „Pametnih utičnica“ i regularna razmena poruka između njih, ne samo za komunikaciju već i detekciju.

U narednim poglavljima je predstavljena ideja korišćenja promene RSSI kao indikatora pokreta i prisustva osobe, prikazani su rezultati ispitivanja u spoljnim i unutrašnjim okruženjima i dat je zaključak.

## II. VARIRANJE RSSI

Radi utvrđivanja ispravnosti pretpostavke da u istim uslovima i na istim razdaljinama između predajnika i prijemnika nema značajnijeg variranja vrednosti RSSI (postoji variranje ali u malom, neznatnom procentu, usled termalnog šuma i interferencije) autori su izvršili niz eksperimentalnih merenja u spoljašnjim i unutrašnjim okruženjima. Da bi se pokazao uticaj prisustva čoveka na variranje signala izvršena su i merenja sa istim pozicijama predajnika i prijemnika, ali i prisustvom osobe i njenim različitim položajima u odnosu na njih. U daljem tekstu je opisan način merenja i prikazani rezultati.

## A. Spoljašnja merenja

Zbog specifičnosti spoljašnjeg okruženja (otvoren prostor) prostiranje radio talasa je u njemu najpravičnije jer ne postoje direktne prepreke koje bi apsorbivale ili odbijale signal. Takođe, pretpostavka je da u neposrednoj blizini ne postoje dodatni izvori radio signala koji bi uticali na vrednosti RSSI.

U tabelama 1 i 2 prikazani su rezultati merenja u spoljašnjem okruženju bez prisustva ljudi. Navedene su izmerene srednje, maksimalne i minimalne vrednosti kao i odstupanje minimalnih i maksimalnih od srednje vrednosti procentualno. Izršena su dva niza merenja. U svakom nizu bilo je 60 uzastopnih merenja RSSI između dva uređaja gde su uređaji razmenjivali poruku u periodu od jedne sekunde. Prvi niz merenja predstavljen je tabelom 1, dok je drugi niz predstavljen tabelom 2.

Vrednost RSSI je prikazana u 8-bitnoj predstavi. Pretvaranje 8-bitne predstave u jedinicu dBm vrši se po sledećoj formuli [7]:

$$RSSI [dBm] = \overline{RSSI [8bit]} - 1 \quad (1)$$

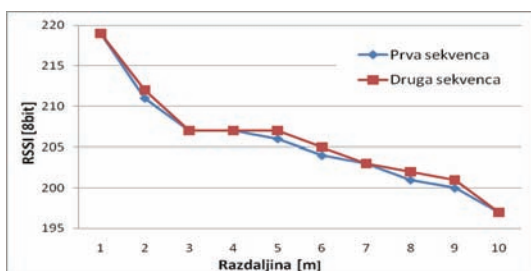
TABELA 1: PRVA SEKVENCA MERENJA U SPOLJAŠNJIM USLOVIMA.

Ras. [m]	Sr. vred. [8bit]	Min. vred. [8bit]	Maks. vred. [8bit]	Odst. min. [%]	Odst. maks. [%]
1	219	219	219	0.0	0.0
2	211	209	212	0.9	0.5
3	207	206	208	0.5	0.5
4	207	207	207	0.0	0.0
5	206	205	207	0.5	0.5
6	204	202	206	1.0	1.0
7	203	201	205	1.0	1.0
8	201	199	203	1.0	1.0
9	200	198	201	1.0	0.5
10	197	194	200	1.5	1.0

TABELA 2: DRUGA SEKVENCA MERENJA U SPOLJAŠNJIM USLOVIMA.

Ras. [m]	Sr. vred. [8bit]	Min. vred. [8bit]	Maks. vred. [8bit]	Odst. min. [%]	Odst. maks. [%]
1	219	218	219	0.5	0.0
2	212	210	212	0.9	0.0
3	207	205	208	1.0	0.5
4	207	205	207	1.0	0.0
5	207	205	207	1.0	0.0
6	205	203	205	1.0	0.0
7	203	201	204	1.0	0.5
8	202	202	202	0.0	0.0
9	201	199	201	1.0	0.0
10	197	194	200	1.5	1.0

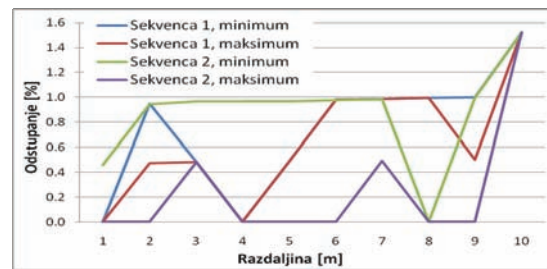
Na slici 1 grafički su prikazane vrednosti RSSI za oba niza merenja za sva rastojanja.



Slika 1. Promena RSSI u odnosu na razdaljinu.

Tabela 1 i 2, i slika 1 prikazuju kako vrednost RSSI-a opada sa porastom rastojanja između predajnika i prijemnika. Slika 2 pokazuje da se odstupanje signala,

kada nema ljudi, kreće oko 1%, što predstavlja referentnu vrednost.



Slika 2. Gornje i donje odstupanje za sva probna merenja.

## B. Unutrašnja merenja

Propagacija signala u zatvorenom objektu je prostorno ograničena. Zidovi su izgrađeni od određene vrste materijala što onemogućuje pravilno prostiranje radio signala. U ovakvim okruženjima signal je podložan odbijanju od zidova ali i od nameštaja. U zavisnosti od materijala od kojeg je napravljen, signal se odbija ili apsorbuje.

Živimo u vremenu u kome je internet dostupan u svakom domu. Iz tog razloga testiranja su obavljena u kući napravljenoj od klasičnih građevinskih materijala u kojoj je prisutan jedan bežični usmerivač (eng. *Wireless Router*). Zbog velikih razdaljina za kućne uslove predajnik i prijemnik nisu za sva merenja bili u istim prostorijama, ali su uvek zadržavali optičku vidljivost.

Unutrašnja merenja su, takođe, izvršena u dve sekvence od po 60 merenja za svaku razdaljinu, bez prisustva ljudi. Na osnovu izmerenih vrednosti, radi analize, u tabelama 3 i 4 predstavljene su srednje, minimalne i maksimalne vrednosti, kao i odstupanja. Vrednosti RSSI u tabelama 3 i 4, kao i na slici 3 su prikazane u 8-bitnoj predstavi.

TABELA 3: PRVA SEKVENCA MERENJA U UNUTRAŠNJIM USLOVIMA.

Ras. [m]	Sr. vred. [8bit]	Min. vred. [8bit]	Maks. vred. [8bit]	Odst. min. [%]	Odst. maks. [%]
1	218	215	219	1.4	0.5
2	212	210	213	0.9	0.5
3	204	203	205	0.5	0.5
4	192	187	194	2.6	1.0
5	208	208	208	0.0	0.0
6	209	209	209	0.0	0.0
7	207	206	207	0.5	0.0
8	202	201	202	0.5	0.0
9	192	190	193	1.0	0.5
10	196	195	196	0.5	0.0

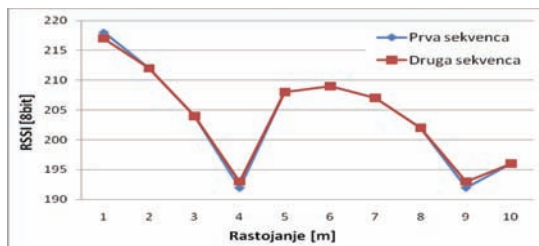
TABELA 4: DRUGA SEKVENCA MERENJA U UNUTRAŠNJIM USLOVIMA.

Ras. [m]	Sr. vred. [8bit]	Min. vred. [8bit]	Maks. vred. [8bit]	Odst. min. [%]	Odst. maks. [%]
1	217	214	218	1.4	0.5
2	212	211	213	0.5	0.5
3	204	202	204	1.0	0.0
4	193	190	195	1.6	1.0
5	208	208	208	0.0	0.0
6	209	209	209	0.0	0.0
7	207	206	207	0.5	0.0
8	202	201	202	0.5	0.0
9	193	191	193	1.0	0.0
10	196	195	196	0.5	0.0

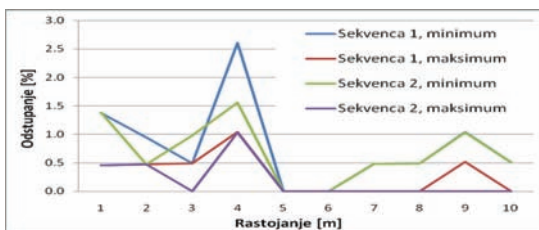
Tabele 3 i 4 i slika 3 pokazuju slabljenje snage signala sa porastom razdaljine između predajnika i prijemnika u zatvorenom objektu bez prisustva ljudi. Takođe se mogu

primetiti visoke tačke na grafiku koje su i očekivane s obzirom na uslove (zidovi, nameštaj...) u kojima su merenja izvršena.

Na slici 3 grafički su prikazane srednje vrednosti RSSI za obe sekvence merenja.



Slika 3. Promena RSSI u odnosu na razdaljinu.



Slika 4. Gornje i donje odstupanje za sva probna merenja.

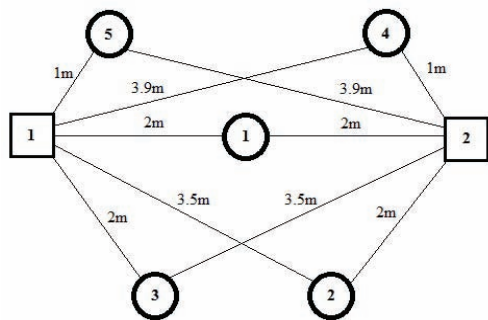
Slika 4 prikazuje odstupanje minimalne i maksimalne vrednosti RSSI u odnosu na srednju vrednost RSSI za sve razdaljine između predajnika i prijemnika u obe serije merenja.

Bitne informacije prikazuje slika 4, sa koje se može videti da i pored loših uslova za pravilno prostiranje signala i dodatnog izvora smetnji, signal varira, kao i u spoljašnjim uslovima, oko 1%. Na slici se primećuje i merna tačka od 2.6%, koja se javlja samo jednom, a i kao takva ne predstavlja veliko odstupanje od referentnih vrednosti.

### C. Prisustvo čoveka

Merenjem vrednosti RSSI kada se u neposrednoj blizini nalazi čovek služi da bi se ispitalo da li snaga signala u tom slučaju varira znatno više nego bez njegovog prisustva.

Zbog potvrđenog većeg variranja signala u unutrašnjim uslovima upravo su takvi uslovi izabrani za ispitivanje promena vrednosti RSSI u prisustvu ljudi.



Slika 5. Pozicije predajnika, prijemnika i čoveka prilikom testiranja.

Predajnik i prijemnik su postavljeni na visini od 60cm i razdaljini od 4m i na istim pozicijama gde je pri testiranju u unutrašnjim uslovima dobijen najveći procenat variranja

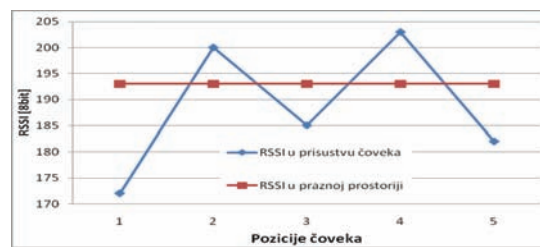
snage signala (2.6%). Izvršena je jedna sekvenca merenja (na identičan način kao i merenja u spoljašnjim i unutrašnjim uslovima) za svaku poziciju čoveka i na osnovu dobijenih vrednosti izračunata je srednja vrednost.

Na slici 5, kvadrati predstavljaju prijemnik i predajnik, krugovi predstavljaju pozicije čoveka, a brojevi unutar njih predstavljaju redni broj sekvence merenja. Kvadrat sa brojem 1 predstavlja predajnik, dok kvadrat sa brojem 2 predstavlja prijemnik sa koga se očitavaju vrednosti RSSI.

Tokom jednog minuta merenja (koliko je potrebno da se izvrši jedna sekvenca) čovek koji je učestvovao u testu se trudio da stoji što mirnije, kako ne bi pomeranjem tela dodatno poremetio signal. U tabeli 5 predstavljene su srednje vrednosti RSSI izmerene za svih 5 pozicija, referentna srednja vrednost RSSI prilikom merenja bez prisustva čoveka i odstupanje u procentima prilikom merenja u prisustvu čoveka u odnosu na referentne vrednosti.

TABELA 5: UTICAJ ČOVEKA NA VARIRANJE RADIO SIGNALA.

Položaj	Sr. vred. [8bit]	Ref. sr. vred. [8bit]	Odstupanje [%]
1	172	193	10.8
2	200	193	3.6
3	185	193	4.1
4	203	193	5.1
5	182	193	5.6



Slika 6. Variranje RSSI u prisustvu čoveka u odnosu na praznu prostoriju.

Iz table 5 i sa slike 6 zaključuje se da u prisustvu čoveka jačina snage primljenog signala varira znatno više nego u praznoj prostoriji. Usled presecanja ili odbijanja putanje signala od čoveka, primljena snaga varira znatno više od maksimalne vrednosti u praznoj prostoriji.

### III. AUTOMATSKO PODEŠAVANJE INTERVALA ODSUPANJA

Na osnovu probnih merenja i rezultata prikazanih u poglavlju II, zaključuje se da signal može različito varirati u zavisnosti od razdaljine predajnika i prijemnika, kao i od okruženja u kom se nalaze. Takođe se zaključuje da gornje i donje odstupanje signala nisu jednake vrednosti.

Iz navedenih razloga, a kako bi se omogućilo da sistem radi u svim uslovima bez dodatnih podešavanja, implementiran je algoritam automatskog podešavanja granica odstupanja, kako ne bi došlo do lažne detekcije usled variranja vrednosti RSSI izazvane različitim uslovima okruženja (nameštaj, građevinski materijal). Ideja je da se dozvoli određeno slobodno variranje signala u odnosu na srednju vrednost kada nema detekcije.

Tokom vremena inicijalizacije (prvi minut rada sistema, nakon čega se računa srednja vrednost) u prostoriji nema ljudi. Tada se pamte sve vrednosti RSSI i nakon izračunavanja srednje vrednosti, maksimalna i minimalna

vrednost se upoređuju sa srednjom vrednošću. Procentualna razlika predstavlja donju/gornju granicu dozvoljenog odstupanja. Izračunavanje intervala dozvoljenog odstupanja vrši se po formuli (2):

$$\text{Threshold}_{\text{MIN/MAX}} [\%] = |RSSI_{\text{MIN/MAX}} - RSSI_{\text{AVR}}| \cdot 100 \quad (2)$$

Implementacijom metode za automatsku detekciju variranja snage signala i postavljanjem gornje i donje granice dozvoljenog variranja snage znatno se smanjuje ili čak u potpunosti gubi lažna detekcija prouzrokovana variranjem snage, nastala promenom uslova okruženja.

#### IV. DETEKCIJA POKRETA I PRISUSTVA

Klasični PIR (eng. *Passive Infrared*) senzori detektuju pokret. Nakon određenog vremenskog perioda (oko 30s) oni osobu koja se ne kreće smatraju okolinom i ne mogu detektovati njeno prisustvo. Detekcija pokreta na osnovu RSSI radi na sledeći način. Na svaki minut, od vrednosti RSSI koje je primio, prijemnik računa srednju vrednost. Tu srednju vrednost upoređuje sa svakom novom vrednošću RSSI. Ukoliko je primljena RSSI van dozvoljenog opsega sistem zaključuje da se neko kreće. Isto kao i kod PIR senzora, ukoliko se neko nalazi ceo period vremena potreban za računanje srednje vrednosti u prostoriji i ne kreće se, sistem će zaključiti da je i on deo okoline (npr. nameštaja). Rešenje koje opisuje ovaj rad je u prednosti nad PIR jer ne zahteva nikakve dodatne uređaje, niti opterećuje komunikaciju postojećih uređaja u sistemu „Pametnih kuća“.

Detekcija prisustva se zasniva na identičnoj logici koja je primenjena pri detekciji pokreta. Jedina razlika je u tome što se srednja vrednost sa kojom se upoređuju pristigle vrednosti RSSI ne ažurira ili se dosta ređe ažurira (jednom, dva puta u toku dana). Na taj način se omogućuje detektovanje osoba koje se nalaze u prostoriji, a ne vrše nikakve pokrete (što PIR senzori nisu u mogućnosti).

Kombinacijom ove dve predstavljene metode, za detektovanje pokreta i prisustva, može se ugraditi dodatna logika koja bi npr. mogla da gasi svetlo detektujući da je osoba koja se nalazi u sobi zaspala.

#### V. ISPITIVANJE

Sistem je ispitan u više objekata izgrađenih od različitih materijala (monatažni objekti, klasično građeni objekti i prostorije pregrađene gipsom). Prostorije u kojima je vršeno ispitivanje su pravougaonog oblika i različitih dimenzija (od 20m<sup>2</sup> do 40m<sup>2</sup>). U ispitivanju su korišćena četiri *Zigbee* primo-predajnika gde je svaki bio postavljen u jednom uglu prostorije. Sistem je povezan X10 protokolom sa svetiljkom. Cilj ispitivanja je bio uočiti postoje li lažne detekcije i/ili nedostatak detekcije pokreta i/ili prisustva korišćenjem RSSI algoritma.

Nakon potrebnog vremena inicijalizacije, u prostoriji bez prisustva ljudi, ugasilo se svetlo. U vremenskom intervalu od oko sat vremena bez ulaska u prostoriju svetlo se ni jednom nije upalilo, što je potvrdilo nepostojanje lažne detekcije. Nakon toga ispitivan je uticaj čoveka koji se kreće van prostorije za ispitivanje sa posebnim

zadržavanjem u pozicijama gde se nalaze predajnici, rezultat je ponovo 100% bez lažne detekcije.

U momentu otvaranja vrata upalilo se svetlo. Ovo ispitivanje je ponavljano više puta i svaki put je bilo uspešno. Za vreme provedeno u prostoriji za ispitivanje osoba se kretala, mirno stajala ili sedela. Za sve to vreme svetlo se ni jednom nije ugasilo, te je i detekcija 100% uspešna. Nakon napuštanja prostorije i vremena potrebnog da se ažurira srednja vrednost za detekciju pokreta, svetlo se ugasilo, stoga je i detekcija izlaska 100%. Ispitivanje je prošlo sa 100% uspešnosti, čime se potvrdila teorija o mogućnostima detektovanja pokreta i prisustva na osnovu snage radio signala.

#### VI. ZAKLJUČAK

U radu je predstavljeno ispitivanje promena RSSI u različitim okruženjima, s ciljem da se proverí mogućnost upotrebe RSSI za detekciju pokreta i prisustva. Iako su predstavljeni testovi izvršeni uspešno, potrebno je unaprediti postojeći algoritam određivanja gornjeg i donjeg praga detekcije. Time bi bila moguća detekcija i ljudi koji se ne nalaze u oblasti između predajnika i prijemnika. Takođe, unapređenje bi omogućilo razlikovanje čoveka od kućnog ljubimca ili promenjenog rasporeda nameštaja, koji mogu „zbuniti“ sistem.

Predstavljeni način detekcije bi mogao u budućnosti zauzeti važno mesto u sistemima „Pametnih kuća“.

#### LITERATURA

- [1] N. Shadbolt, „Ambient Intelligence,” IEEE Intelligent Systems, vol.18, no. 4, 2003, pp.2-3.
- [2] V. Haines, V. Mitchell, C. Cooper, M. Maguire, „Probing user values in the home environment within a technology driven Smart Home project”, Personal Ubiquitous Comput., Vol. 11, No. 5. (June 2007), pp. 349-359.
- [3] B. Mrazovac, M. Z. Bjelica, I. Papp, N. Teslic, „Towards Ubiquitous Smart Outlets for Safety and Energetic Efficiency of Home Electric Appliances”, in Proc. of ICCE 2011, Berlin, Germany 2011
- [4] B. Mrazovac, M. Z. Bjelica, I. Papp, V. Kovacevic, „A System for distributed video playback based on 3D localization of the user”, in proceedings of ETRAN 2010, Donji Milanovac, Serbia
- [5] B. Ivanov, H. Ruser, M. Kellner, „Presence detection and person identification in Smart Homes” In Proc. of International Conference on Sensors and Systems, pp. 80-85. State Technical University Saint- Petersburg, Russia, 2002.
- [6] B. Mrazovac, M. Z. Bjelica, I. Papp, N. Teslic, „Smart Audio/Video Playback Control Based on Presence Detection and User Localization in Home Environment”, in proceedings of ECBS-EERC '11, full-paper, Bratislava, Slovakia 2011
- [7] Siri Namtvedt: „RSSI Interpretation and Timing”, SWRA114B, Texas Instruments Design Note DN505, 2007

#### ABSTRACT

This paper presents a solution that exploits changes in radio signal strength (RSSI) to detect a movement or presence of a person within a particular environment. The performance of the proposed scheme is experimentally evaluated. Based on the results, we believe that the proposed scheme is particularly suitable for application in the future intelligent home systems.

#### Motion and presence detection based on radio signal strength variation

Aleksandar Miljković, Bojan Mrazovac, dr Dragan Samardžija, dr Dragan Kukolj

**RAZVOJ PROGRAMA ZA VEKTORSKU KONTROLU SINHRONE MAŠINE SA STALNIM MAGNETIMA NA ROTORU****DEVELOPMENT OF PROGRAM FOR VECTOR CONTROL OF SYNCHRONOUS MACHINES WITH PERMANENT MAGNETS ON THE ROTOR**Stanko Šegrt, Vlado Porobić, Darko Marčetić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U radu je opisana jedna praktična realizacija programskog koda elektromotornog pogona sa sinhronim motorom koji poseduje stalne magnete na rotoru, baziranog na i vektorskom upravljanju (FOC – Field Oriented Control). Pogon je realizovan primenom digitalnog mikrokontrolera oznake TMX320F28035 i matematike sa nepokretnim zarezom. Opisan je odgovarajući model sinhronog motora. Detaljno je opisan način merenja položaja rotora i struja faza motora. Konačno, opisana je praktična realizacija FOC programskog modula na pomenutom mikrokontroleru. Na kraju su dati rezultati eksperimenta na realnom pogonu, koju ukazuju na validnost realizovane metode upravljanja

**Abstract** – This paper describes a practical implementation of code of electrical drive with synchronous motor has permanent magnets on the rotor, based on the vector control (FOC - Field Oriented Control). The drive is implemented using a digital microcontroller TMX320F28035 and labels with fixed-point math. Described is an appropriate model synchronous motor. Is detailed way of measuring the position of the rotor and the motor phase currents. Finally, it describes the practical implementation of FOC program module on said microcontroller. Finally, given the results of experiments with real plant, which indicate the validity of the implemented methods of managing

**Cljučne reči:** Energetska elektronika/ FOC, kontrola usmerena ka polju/ sinhroni motor sa stalnim magnetima/ mikrokontroleri /real time programiranje

**1.UVOD**

Motori kojima se sve češće u današnjici pridaje značaja i koji polako zamenjuju asihrone jesu sinhroni motori sa stalnim magnetima. Tehnologija materijala se razvijala kao i njegova obrada tako da je pobudni namotaj zamenjen stalnim magnetima koji se postavljaju u rotor. Uvođenjem stalnih magneta na rotor eliminisan je pobudni namotaj i četkice, dok je energetska elektronika i mikrokontroleri eliminisali ostale nedostatke koji su zajednički i za asinhronu mašinu. Sa ovim sinhrona mašina sa stalnim magnetima(SMSM) je dobila i niz prednosti u odnosu na asinhronu. Ovaj rad se bavi vektorskim upravljanem i modelom sinhronog motora sa stalnim magnetima na površini rotora. Za obavljanje određenih eksperimenata koristila se maketa.

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Darko Marčetić.**

Ukratko izgled makete je sledeći, sinhroni motor je kupovan sa asinhronim koji služi kao opteretna mašina, a njegovo upravljanje se vrši preko frekventnog regulatora, sinhroni motor se pogoni sa opremom Texas Instruments uređaj TMDSHMTRPFCKIT namanjen za digitalnu kontrolu i upravljanje električnih motora. U ovom uređaju se nalazi kontrolna kartica F28035 koja poseduje programabilni mikrokontroler oznake TMX320F28035, njegovo programiranje se vrši direktno sa personalnog računara.

**2.MODEL SINHRONOG MOTORA SA STALNIM MAGNETIMA NA ROTORU U DQ DOMENU**

Razvoj modela mašine kroz razumevanje fizičkih pojava u istoj je neophodan ključ bilo koje kontrole nad električnim mašinama. U ovome radu će biti analizirana podvrsta sinhronog motora sa stalnim magnetima kome su magneti smešteni na površini rotora tako da mašina ima ravnomerni vazdušni zazor. Nema promene statorske induktivnosti sa promenom položaja tj. ugla koji rotor zaklapa sa statorom. Induktivnosti po  $d$  i  $q$  osi su jednake, tj.  $L_s=L_d=L_q$ . Model sinhronog motora na kome se zasniva vektorska kontrola je model u  $dq$  koordinatnom sistemu. Do ovoga modela se dolazi matematičkim transformacijama modela iz originalnog domena. Klarkovom transformacijom i Parkovom transformacijom se model prevodi u  $dq$  domen. Model u ovom domenu je stacionaran, i nezavisan od položaja rotora. Model u  $dq$  domenu je:

Naponske jednačine:

$$\begin{bmatrix} U_{sd} \\ U_{sq} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_s & 0 \\ 0 & R_s \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} i_{sd} \\ i_{sq} \end{bmatrix} + \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} \Psi_{sd} \\ \Psi_{sq} \end{bmatrix} + \omega_r \begin{bmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \Psi_{sd} \\ \Psi_{sq} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Jednačine fluksnih obuhvata:

$$\Psi_{sd} = L_s \cdot i_{sd} + \Psi_{fd} \quad (2)$$

$$\Psi_{sq} = L_s \cdot i_{sq} \quad (3)$$

Jednačina mehaničkog podsistema:

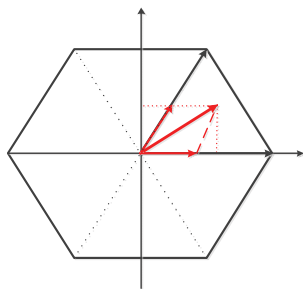
$$\frac{d\omega_r}{dt} = \frac{1}{j} \left[ \frac{3}{2} p (\Psi_{sd} i_{sd} - \Psi_{sq} i_{sq}) - K_m \omega_r - m_m \right] \quad (4)$$

Kod sinhronih mašina se struja po  $D$  osi,  $i_{sd}$  drži na nultoj vrednosti pa se model još dodatno pojednostavljuje. Parametar  $R_s$  se ne može smatrati konstantnim, jer zavisi od temperature namotaja statora. Parametar  $L_s$  se ne može smatrati konstantnim, jer iako ne zavisi od pozicije rotora kod SMSM koji imaju površinske magnete, zavisi od struje statora. Zavisnost induktivnosti od struje u

zasićenju dovodi do toga da  $i$  i  $L_s$  postaje zavisna od pozicije rotora.

### 3. MODULACIJA PROSTORNOG VEKORA SVPWM TEHNIKA

Osnovni sastavni deo pretvarača čini puno-kontrolisani trofazni inverter. Jedna od metoda za dobijanje trofaznog sinusoidalnog napona na izlazu invertora je koji ne sadrži niskofrekventne harmonike napona je modulacija prostornog vektora (eng. *Space Vector Pulse-Width Modulation*). Ova modulacija je predviđena da radi sa naponima koji su u  $\alpha\beta$  domenu, što je i prilagodno za modulaciju prostornog vektora. U ovoj modulaciji, komande napona su izražene u stacionarnom koordinatnom sistemu, ovi naponi su semplovani na početku svakog PWM ciklusa, i tada tranzistori u invertorskom mostu menjaju svoja prekidačka stanja, na osnovu brze procene stvarnih  $\alpha\beta$  napona na izlazu dobijenih u toku trenutnog prekidačkog perioda. U poređenju sa klasičnom sinusnom modulacijom SVPWM povećava iskoristivost napona jednosmernog međukola. Kontinualna modulacija prostornog vektora je bazirana da svaki vektor  $V_{REF}$  unutar šestougla prikazan na slici 2. se može izraziti kao kombinacija osnovnih prostornih vektora i nultog vektora. Referentni vektor napona  $V_{REF}$  je zadat svojim  $\alpha$  i  $\beta$  komponentom,  $V_\alpha$  i  $V_\beta$ . U svakom prekidačkom ciklusu željeni napon  $V_{REF}$  može biti dobijen između sva četiri invertorska stanja. Pretpostavljajući da je  $T_s$  zanemarljivo malo  $V_{REF}$  možemo smatrati približno konstantnim tokom ovog perioda i upravo ovaj vektor daje željeno stanje u mašini (srednji vektor  $V_{REF}$  tokom periode prekidanja  $T_s$ ). Slika 1. prikazuje referentni vektor napona između osnovnih prostornih vektora  $V_1$  i  $V_2$ . Slika takođe prikazuje rezultantne  $\alpha$  i  $\beta$  komponente prostornih vektora  $V_1$  i  $V_2$ . Na slici 1. vidi se da pretpostavljajući da je  $V_{REF}$  u sektoru  $k$ , susedni aktivni vektori su  $V_k$  i  $V_{k+1}$ .



Slika 1.  $V_{REF}$  u prvom sektoru kojeg sačinjavaju  $V_1, V_2$  i nulti vektor

Glavni deo Space vector modulacije je izračunavanje vremena aktivnih i nultih stanja za svaki ciklus modulacije. Ona se mogu izračunati izjednačavanjem srednje vrednosti primenjenog napona i željenog napona. Proračun vremena vektora za sve sektore su date jednačinama (5) i (6):

$$\begin{bmatrix} T_k \\ T_{k+1} \end{bmatrix} = \sqrt{3} \frac{T_s}{V_{DC}} \begin{bmatrix} \sin(k\frac{\pi}{3}) & -\cos(k\frac{\pi}{3}) \\ -\sin((k-1)\frac{\pi}{3}) & \cos((k-1)\frac{\pi}{3}) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_\alpha \\ V_\beta \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$T_0 = \frac{T_s}{2} - T_k - T_{k+1} \quad \text{gde } k=1\dots6 \quad (6)$$

Vrednost  $V_{REF}$  u FOC regulisanom pogonu je izlaz iz PI regulatora struja pi D i Q osi. Tako da se dobija strujno regulisan inverter *CRVSI* (eng. *Current Regulated Voltage Source Inverter*). Za mašine kontrolisane sa ovim pretvaračem kažemo da su strujno napajane.

### 4. VEKTORSKA KONTROLA FOC

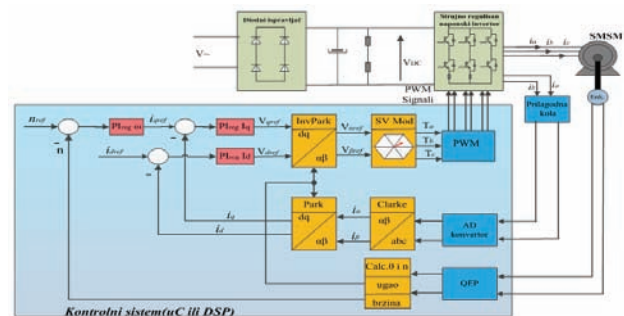
Cilj primene FOC-a (FOC - *Field Oriented Control*) (zove se i vektorska kontrola) na sinhronu i asinhronu mašinu je taj da bi se moglo posebno kontrolisati obrtni momenat tj. direktno zadavati na vratilo mašine i posebno kontrolisati magnetni fluks u mašini. Tehnika realizacije FOC-a je ta da se kompleksnost modela sinhronu mašine pojednostavi tj. da se dovede na nivo modela jednosmeren mašine u smislu upravljanja. FOC kontrola nam omogućava da razdvojimo obrtni momenat od magnetnog fluksa koji potiče od struje statora. Sa ovim razdvajanjem promenljivih sada možemo direktno zadavati momenat na vratilo mašine tj. imamo nezavisnu kontrolu momenta. Da bi odvojili kontrolu momenata od komponente fluksa magnećenja potrebno je odraditi određene matematičke transformacije modela kontrolisane sinhronu mašine. Pri ovim transformacijama mikrokontroleri imaju glavni doprinos FOC-u. Prema elektromagnetnim zakonima obrtni moment koji se ima na vratilu sinhronu mašine je jednak vektorskom proizvodu dva postojeća magnetna polja u mašini, statorskog i rotorskog.

$$M_m = \vec{B}_{statora} \times \vec{B}_{rotora} \quad (7)$$

$$M_m = B_{statora} \cdot B_{rotora} \cdot \sin \theta \quad (8)$$

Gde je  $\theta$  ugao između  $B_s$  i  $B_r$ .

Prethodna jednačina pokazuje da se ima maksimalni momenat kad je ugao između statorskog i rotorskog polja jednak pravom uglu od 90 stepeni. Ako smo u mogućnosti da održimo ovaj ugao na ovoj vrednosti tokom vremena, da ispravno orjentišemo fluks, umanjicemo oscilacije momenata i imaćemo bolji dinamički odziv sistema. FOC kontrola se sastoji od kontrole statorskih struja koje su predstavljene vektorom. Blok šema FOC upravljanja dat je slikom 5. Pri realizaciji FOC upravljanja potrebno je meriti fazne struje i položaj rotora. Položaj rotora se meri kvadraturnim enkoderom, kako bi se znao rotorski fluks i obezbedilo rasprezanje Q i D ose.



Slika 5. Blok šema FOC upravljanja SMSGM

#### 4.1. Merenje faznih struja motora

Struju u naizmeničnim pogonima treba meriti bipolarnim davačima (senzorima) i procesirati kao bipolarni signal jedan od takvih senzora je LEM sonda. Međutim kad se zahteva niža cena pretvarača struja se meri šant otpornicima, napon na otporniku je linerano zavisna od

struje koja se meri. ( $R_{sant} = V_{sant}^{MAX}/I_{MAX}$ ). Sa druge strane, ulaz internog AD konvertora je uvek unipolaran (0 -  $V_{AD}^{REF}$ ). Maksimalno iskorišćenje mernog opsega se dobija primenom spoljnih operacionih pojačavača (OP) koji signal iz opsega  $\pm V_{sant}^{MAX}$  prevode u opseg AD konvertora. Ovo je moguće uz podešavanje OP-a, tako da se za nultu struju, na izlazu ima napon jednak polovini mernog opsega AD konvertora, uz pojačanje OP-a:

$$G_{OP} = \frac{V_{AD}^{REF}}{2V_{sant}^{MAX}} \quad (9)$$

Time se brojni rezultat AD konverzije može se izraziti kao:

$$\begin{aligned} ADC\_NUMBER &= \frac{V_{IN}}{V_{AD}^{REF}} \cdot 4096 \\ &= \left( G_{OP} \cdot R_{sant} \cdot I[A] + \frac{V_{AD}^{REF}}{2} \right) \cdot \frac{4096}{V_{AD}^{REF}} \end{aligned} \quad (10)$$

Broj 4096 predstavlja maksimum brojnog opsega 12 bitnog AD konvertora. Usled pravilno podešenog pojačanja OP imamo:

$$R_{sant} G_{OP} I[A] = \frac{V_{AD}^{REF}}{2} \frac{I[A]}{I_{MAX}} \quad (11)$$

i dalje dobijamo

$$ADC\_NUMBER = \frac{I[A]}{I_{MAX}} 2048 + 2048 \quad (12)$$

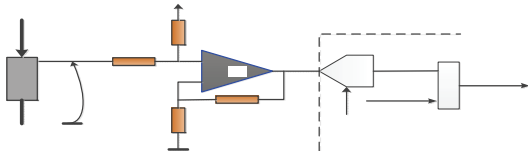
Nakon eliminacije *offset*-a

$$I(kT) = ADC\_NUMBER - ADC\_OFFSET \quad (13)$$

dobijamo bipolarni brojni strujni signal čija je veza sa stvarnom merenom strujom linearna, i glasi:

$$I[kT] = \frac{I[A]}{I_{MAX}} 2048 \quad (14)$$

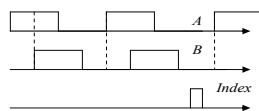
Struktura procesiranja signala struja data je na slici 6.



Slika.6. Struktura procesiranja signala struje

## 4.2. Merenje položaja rotora

Za procenu položaja vektora rotorskog fluksa, potrebna je i informacija o položaju rotora. Nezavisno od tipa davača položaja, signal pozicije je neophodno obraditi i prilagoditi brojačkim ulazima mikrokontrolera ( $\mu C$ ). Zatim je programski potrebno postaviti signal brzine i položaja u odgovarajuću digitalnu formu, pogodnu za dalju obradu u regulacionoj FOC strukturi  $\mu C$  sa nepokretnim zarezom. Često korišćen davač brzine je optički inkrementalni enkoder. Izlaz inkrementalnog enkodera su tri signala *A*, *B* i *Index* prikazanih slikom 7.. Signal *A* je pravougaoni signal čiji su inkrementi proporcionalni promeni položaja. *B* signal je isto što i *A*, samo pomeren za  $T/4$  i služi za detekciju smera kao i za uvećanje rezolucije brojanja. *Index* signal služi za dobijanja apsolutne pozicije i aktivan je jednom u celom krugu.



Slika.7. Izlazni signali inkrementalnog enkodera

Položaj rotora dobijamo u sledećoj formi:

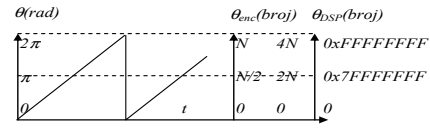
$$\theta_r = 2\pi \frac{n}{N} \quad (15)$$

gde su:  $n$  – broj pridošlih impulsa,  $N$  – rezolucija enkodera (broj impulsa po krugu).

Ukoliko brojimo svaku ivicu signala, i rastuću i opadajuću, možemo povećati rezoluciju enkodera 4 puta. Tada imamo:

$$\theta_r = 2\pi \frac{n}{4N} = n \Delta\theta \quad (16)$$

Mogući brojni opsezi signala pozicije dati su na Slici 8.



Slika 8. Brojni opsezi signala pozicije

Pogodno je koristiti brojački modul sa bazom (period registrom) jednakom broju impulsa po obrtaju. Na taj način, sadržaj brojača u svakom trenutku predstavlja brojni ekvivalent ugla položaja rotora od 0 do  $2\pi$ .  $\mu C$  sada može u trenucima odabiranja da očita sadržaj brojača i dobije podatak o trenutnoj poziciji rotora.

Svaki novopridošli impuls predstavlja pomeraj od  $\Delta\theta$ . Ukupan ugaoni pomeraj u periodu  $T$ , između trenutaka  $kT$  i  $kT-T$ , se računa korišćenjem ukupnog broja pridošlih impulsa.

$$\theta_r(kT) - \theta_r(kT-T) = n \Delta\theta \quad (17)$$

gde je:  $\Delta\theta = \frac{2\pi}{N}$  [rad] ili  $\Delta\theta = \frac{2\pi}{4N}$  [rad] (18)

Dalje, aproksimacijom dobijamo:

$$\omega_r[\text{rad/s}] = \frac{d\theta_r}{dt} \approx \frac{\theta_r(kT) - \theta_r(kT-T)}{T} = n \frac{\Delta\theta[\text{rad}]}{T[\text{s}]} \quad (19)$$

Brojna promena ugla u jednoj periodu  $T$ , koju poseduje  $\mu C$ , proporcionalna je promeni ugla u radijanima, a samim tim i srednjoj vrednosti brzine motora. Ako sada brojnu vrednost promene ugla iskoristimo za račun srednje brzine imamo:

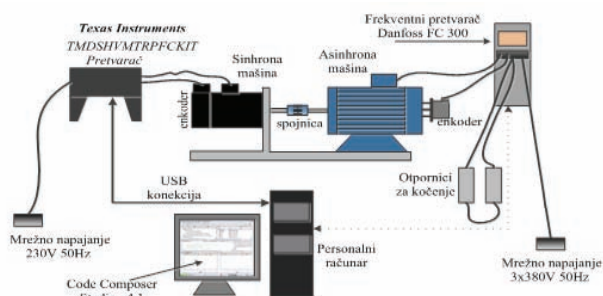
$$\omega[\text{broj}] = \theta_{kT}[\text{broj}] - \theta_{kT-T}[\text{broj}] = n \quad (20)$$

pa iz jednačina (17), (18) i (19) imamo odnos ovog broja i stvarne brzine:

$$\omega_r[\text{rad/s}] = \frac{2\pi}{4NT} \omega[\text{broj}] \quad (21)$$

## 5. PRAKTIČNA RALIZACIJA FOC POGONA SA SINRONIM MOTOROM

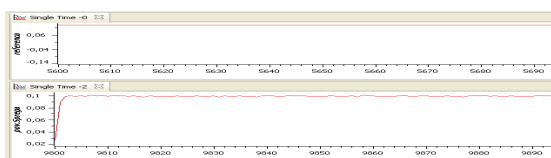
Pomenuta metoda upravljanja realizovana je u programskom jeziku *C* i *C++*, za razvojno okruženje se koristio softverski alat *Code Composer Studio* razvijen od *Texas Instruments*-a. Koristilo se modularno programiranje koje se sastojalo od korištenja već postojećih programskih modula i sklapanja u celinu FOC upravljanja. Dobijeni programski kod je „spušten“  $\mu C$  koji se nalazio na ploči pretvarača razvijenog takođe od *Texas Instruments*-a. Da bi se ispitalo validnost FOC upravljanja izvršilo se par eksperimenata. Za ekspreimente se koristila maketa sa sinhronim motorom prikazana na slici 9. Od eksperimenata se odradilo provera podešenosti parametara regulatora i ogled opterećenja.



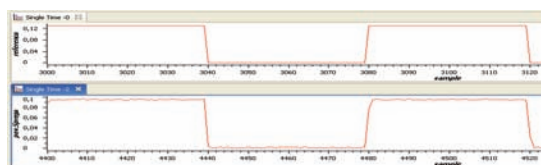
Slika 9. Maketa sistema za eksperimente

### 5.1. Provera podešenosti parametara regulatora

Prvo se izveo ogled podešenosti strujnih regulatora. Pri ovome ogledu brzina motra je nula, a nominalna struja se zadavala kao odskočna funkcija, a potom kao step pobuda. Snimili su se odzivi prikazani na slikama 10. i 11.

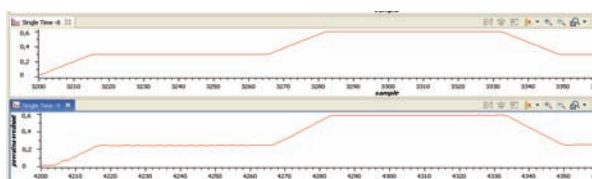


Slika 10. Odziv struje na pravougaonu pobudu



Slika 11. Odziv struje na pravougaonu pobudu

Sa slike 10. i 11. se vidi da ostvorena vrednost struje prati referentni signal, sa izgledom u vremenu koji odgovara odabiru parametara regulatora struje. Parametri su se birali na osnovu modulnog optimuma. Odmah posle podešene strujne petlje zatvorila se brzinska petlja i proverili parametri regulatora. Referentna brzina se zadavala po rampi. Nakon zaleta na 0.3 r.j referenca se menjala sa 0.3 r.j na 0.6 r.j i obrnuto i pri tome posmatramo odziv tj. merenu stvarnu brzinu rotora. Dobijeni odzivi su prikazani na slici 12.



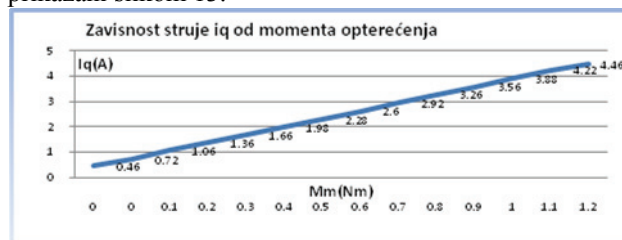
Slika 12. Odziv brzine na referencu po ramp funkciji

Sa slike 12. se vidi da ostvorena brzina prati referentni signal pri ubrzanju i usporavanju rotora. To što brzina ne prati referencu na početku zaletanja je rezultovano time što se ima mala struja  $i_q$  na izlazu regulatora, koja ne može da ostvari momenat koji bi nadvladao moment na trenje u sinhronoj i asinhronoj mašini.

Mala talasnost u brzini nakon zaletanja je uzrokovana nailaskom INDEX signala sa enkodera u tom trenutku se vrši kalibriranje enkoderske jedinice u odnosu na fazu A motora, pa se ima tačna pozicija rotorskog fluksa što rezultuje malim ubrzanjem rotora.

### 5.2. Ogled opterećenja sinhronog motora

Nakon zatvaranja i provere parametara brzinske petlje izvršio se ogled opterećenja sinhronog motora. Ogled opterećenja treba da nam pokaže podešenost upravljanja sinhronim motorom. Validnost ovoga ogleda je linearnost struje po  $Q$  osi od momenta opterećenja. Ukoliko je ostvorena linearnost pogon je korektno podešen tj. postiglo se raspredanje  $D$  i  $Q$  ose. Moment opterećenja se zadavao preko frekventnog regulatora koji je estimirani momenat zadavao na asinhronu mašinu razmacima od 0.1Nm, ostvaren momenat na vratliu asinhronne mašine direktno je opterećenje sinhronom motoru. Brzina obrtanja rotora 3000 rpm Rezultati eksperimenta su prikazani slikom 13.



Slika 13. Rezultati opterećenja

Sa slike 13. se vidi linearna zavisnost struje od momenta što nam govori da je FOC upravljanje dobro podešeno.

## 6. ZAKLJUČAK

U ovom radu je opisano kako se pomoću  $\mu C$ -a relativno lako može realizovati efikasno upravljanje elektromotornim pogonom. Procesiranje zahtevnih proračuna FOC kontrole potrebno je izvršiti unutar svake PWM periode. Prikazala se praktičan realizacija pogona sa implemetiranim programskim kodom u  $\mu C$ . Izvršena provera pogona i prikazani rezultati ogleda koji potvrđuju primenjenu FOC kontrolu sinhronog motora.

## 7. LITERATURA

- [1] „Digitalno upravljanje električnim pogonima“, S. Vukosavić Akademska misao, Beograd, 2003.
- [2] Darko Marčetić, Vlado Porobić, „Primena mikroprocesora u elektroenergetici“, Novi Sad, 2011
- [3] „Digitalni sistemi upravljanja“, Milić Stojić Nauka, Beograd, 1990.

### Kratka biografija:



**Stanko Šgrt** je rođen 12.04.1987. u Livnu, BiH. Posle završene osnovne škole upisuje srednju elektrotehničku školu „Mihajlo Pupin“ u Kikindi, smer elektrotehničar automatike. Srednju školu završava 2006. godine i iste godine upisuje Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, odeljenje elektrotehnika i računarstvo, smer energetika, elektronika i telekomunikacije, usmerenje energetska elektronika i električne mašine. Dobija zvanje diplomirani inženjer elektrotehnike i računarstva 2010. godine.

**Vlado Porobić** rođen je u Bačkoj Palanci 1974. god. Magistrirao na Fakultetu Tehničkih nauka 2005. god., gde radi kao asistent.

**Darko Marčetić** rođen je u Novom Sadu 1968. god. Na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu. doktorirao 2006. god. Od 2007. radi u zvanju docenta na Fakultetu tehničkih nauka. Oblast interesovanja su elektromotorni pogoni.

**PROJEKTOVANJE SISTEMA VIDEO NADZORA NA RASKRSNICAMA  
TRAFFIC VIDEO SURVEILLANCE SYSTEM DESIGN**Jelena Mitrović, Željen Trpovski, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U ovom radu dat je pregled kamera koje se koriste u sistemima video nadzora i prikazane su njihove karakteristike. Opisani su optički kablovi koji se koriste prilikom instalacije sistema video nadzora. Prikazan je primer projektovanja sistema video nadzora na raskrsnici Ulice Bate Brkića i Bulevara Jovana Dučića. Dat je prikaz prekršaja koji mogu biti detektovani korišćenjem sistema video nadzora pomoću softvera Aimetis Symphony. Pokazani su do sada postignuti rezultati u detektovanju saobraćajnih prekršaja pomoću sistema video nadzora.

**Abstract** – Surveillance cameras and their characteristics are described in this paper. Selection of optical fibers are discussed. An example of designing video surveillance system is presented. An overview of violations that can be detected by using surveillance system is presented along with results achieved so far in detecting traffic violations.

**Cljučne reči:** Sistem video nadzora, IP kamera

**1. UVOD**

Sistem video nadzora omogućava snimanje i praćenje svih događaja od interesa i skladištenje u centralni uređaj videonadzornog sistema NVR (*Network Video Recorder*) ili PC.

Videonadzorni sistem ima dvostruko dejstvo:

- Preventivno - deluje psihološki na eventualne počiniocce krađe ili prekršaja i značajno smanjuje procenat pokušaja.
- Kurativno - nakon izvršene krađe ili prekršaja kao dokaz postoji video zapis na osnovu kojeg se može identifikovati izvršilac.

Sistemi video nadzora primenjuju se u slučajevima gde se vrši promet dobara ili novca, nadzor spoljašnjih ili unutrašnjih prostora, a i nekih procesa proizvodnje i na svim drugim lokacijama na kojima je potrebna kvalitetna zaštita.

Način izvođenja sistema može biti putem analognih kamera gde signal putuje kablovima do uređaja za snimanje ili putem IP (*Internet Protocol*) kamera sa kojih se snimak prenosi putem računara, interneta i računarskih mreža ili kao kombinacija analognih i IP kamera. Ovakvi sistemi, razvojem novih tehnologija, kao način zaštite objekata i prevencije, u zadnjih par godina ostvaruju veliki napredak.

**NAPOMENA:**

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

**2. KAMERE**

Prvobitno je video nadzor bio baziran na analognoj tehnologiji CCTV (*Closed Circuit TeleVision*) ili televiziji zatvorenog tipa i snimanju na video kasete. Ovo je bilo dovoljno za snimanje onoga što se dogodilo ali u stvari nije prenosilo informacije uživo tako da nije bilo praktično za nadgledanje radnji sa udaljenih lokacija. Jednostavno se moglo videti samo ono što se dogodilo posle određenog događaja. Kvalitet slike nije bio sjajan i sistem se dosta oslanjao na ljudsku pouzdanost. Sa ekspanzijom interneta i povećanjem prisustva LAN-a (*Local Area Network*), tehnologija je napravila veliki korak u video nadzoru devedesetih godina. Katodne lampe u analognim kamerama zamenjene su CCD (*Charge-Coupled Device*) senzorima i digitalne kamere postale su dostupne većini ljudi. Ova kombinacija značila je dve stvari: prenos slike uživo putem interneta ili zatvorene mreže za nadzor i mnogo bolju, jasniju sliku koju je lakše pratiti i sa kojom je lakše manipulirati.

**2.1. IP kamere**

IP kamere predstavljaju kamere koje koriste internet protokol kako bi prenosile snimke i kontrolne signale pomoću brze Ethernet veze. Prednosti IP kamera u odnosu na CCTV se ogledaju u tome što se kamere povezuju direktno na postojeću Ethernet mrežu za razliku od CCTV gde su kamere povezivane na DVR (*Digital Video Recorder*) korišćenjem koaksijalnih kablova. Povezivanje IP kamera na postojeću Ethernet mrežu može biti ostvareno pomoću kablova ili wireless-om što omogućava da se ovim kamerama može pristupiti sa bilo kog mesta u svetu [1]. IP kamere poseduju izuzetan kvalitet slike, napajanje preko Ethernet, napredne formate video kompresije kao što su H.264 i MPEG što im je omogućilo da u današnje vreme preuzmu primat u sistemima video nadzora.

IP kamera "vidi" prizor ispred nje, emituje video slike kao digitalizovan signal putem LAN-a gde se prenosi na kompjuter ili server. Server obrađuje sve ove podatke. U zavisnosti od softvera koji upravlja slikama može ih snimati, prikazivati ili preusmeriti bilo gde u svetu. Softverski paket se lako može nadograditi drugim softverom za analizu podataka, selekciju specifičnih detalja koje treba nadgledati, kao i mnoštvo drugih funkcija što ga čini istinski prilagodljivim bezbednosnim alatom.

**3. OPTIČKI KABLOVI**

Optički kablovi se ne koriste samo u telekomunikacionim vezama već ih koristi i internet i LAN mreže kako bi postigli velike brzine prenosa podataka. Upravo su oni zaslužni za razvoj optičkih komunikacionih sistema jer su

doprineli razvijanju visoko kvalitetnih i široko rasprostranjenih telekomunikacionih sistema velikih brzina prenosa podataka.

### 3.1. Optička vlakna

Optičko vlakno je tanka staklena nit sačinjena od silicijuma. Princip po kome se informacija prenosi po optičkom vlaknu bazira se na fizičkom fenomenu pod nazivom totalna refleksija. Svako optičko vlakno se sastoji iz jezgra prečnika ( $\approx 50 \mu\text{m}$ ) koga čini staklo određenog indeksa prelamanja i omotača presvučenog preko jezgra. Ovaj omotač je takođe od stakla, ali ono ima drugu vrednost indeksa prelamanja. Omotač je neophodan za pravilno usmeravanje svetlosti (održavanje svetlosnog snopa u jezgru) kao i za dobijanje veće mehaničke čvrstoće kako bi jezgro bilo zaštićeno od mehanučkih dejstava.

Prema obliku profila indeksa prelamanja postoje dve osnovne vrste optičkih vlakana:

- Step indeks (SI) vlakno
- Gradijentno (GI) vlakno

U step indeks vlaknu nalazimo skokovitu promenu indeksa prelamanja prilikom prolaska svetlosti iz jezgra u omotač dok gradijentno vlakno ima kontinualnu promenu indeksa prelamanja.

Prema broju modova koji mogu da se prostiru kroz optičko vlakno postoje dve osnovne vrste vlakana:

- Monomodno i
- Multimodno.

Kod monomodnih vlakana može da se prostire samo jedan mod. Ona imaju mali poluprečnik jezgra ( $10 \mu\text{m}$ ) i razlika indeksa prelamanja jezgra i omotača je jako mala. Proizvodnja monomodnih vlakana je komplikovana pa su ona ranije imala dosta veću cenu u odnosu na multimodna vlakna što se napretkom tehnologije proizvodnje promenilo i danas su te cene približno iste. Uređaji koji se koriste za emitovanje svetlosti kod monomodnih vlakana su drugačiji nego kod multimodnih vlakana. Slabljenje unutar vlakna, disperzija i ostale vrste degradacije signala su značajno umanjeni tako da su ova vlakna pogodna za korišćenje u slučajevima kada imamo veće razdaljine u komunikaciji.

Kroz multimodna vlakna može da se prostire veći broj modova. Dimenzije u kojima se proizvode ova vlakna su: 50/125, 62.5/125 i 100/140 gde prvi broj predstavlja prečnik jezgra a drugi prečnik omotača. Multimodna SI vlakna imaju dosta veliki prečnik jezgra u poređenju sa prečnikom omotača. Mod najnižeg reda je onaj koji se prostire duž ose jezgra, time prelazi najkraći put i stiže prvi na kraj vlakna. Mod najvišeg reda prelazi najdužu izlomljenu putanju od početka do kraja vlakna i stiže sa vremenskim zakašnjenjem na kraj vlakna.

Vreme propagacije ostalih modova je između ova dva ekstremna slučaja. Kada se modovi na izlazu vlakna superponiraju, efektivna širina impulsa postaje mnogo veća od one na ulazu, dok je amplituda optičkog signala na izlazu oslabljena. Multimodno SI vlakno predstavlja najjeftiniji vid prenosa optičkih signala, tako da se najviše i koristi, pogotovo na trasama do 5 km. Multimodna GI vlakna su projektovana tako da modovi koji prelaze kraći put imaju manju brzinu dok oni čija je putanja duža imaju veću brzinu. Zahvaljujući tome, svi modovi stižu u

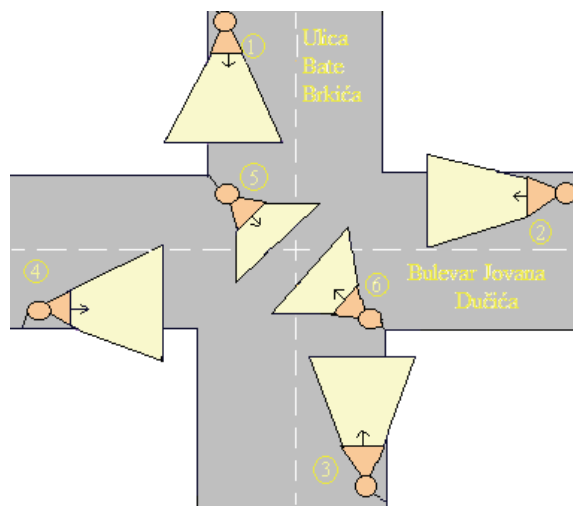
približno isto vreme na kraj vlakna i na taj način čak desetstruko smanjuju proširenje impulsa na izlazu u odnosu na vlakno sa skokovitim indeksom prelamanja. Multimodna vlakna sa gradijentnim indeksom prelamanja koriste se u prenosnim sistemima srednjih rastojanja i srednjih zahteva za propusnim opsegom. Široko su rasprostranjeni u instalacijama LAN mreža.

### 4. PRIMER PROJEKTA SISTEMA VIDEO NADZORA RASKRSNICE

Sistem video nadzora raskrsnice je projektovan tako da se pomoću kamera jasno mogu videti:

- Vozilo kojim je izvršen prekršaj
- Registarski broj vozila
- Bitna obeležja prekršaja kao što su prolazak kroz crveno svetlo, skretanje levo iz trake za pravo kao i produžavanje pravo ako je vozilo zauzelo položaj u traci za obavezno skretanje levo.

Projektom je predviđeno korišćenje 6 kamera koje su postavljene tako da vrše snimanje raskrsnice kao što je prikazano na slici 1.



Slika 1. Prikaz oblasti pokrivanja svake od kamera

Do svake kamere se vrši dovođenje FTP kablova koji se koriste za napajanje kamera preko Ethernet. U projektu je predviđeno postavljanje glavnog i pomoćnog ormara na koji se povezuju kamere.

Pomoćni ormar se postavlja zato što se kamere pod rednim brojem 2, 3 i 4 nalaze na rastojanju većem od 100m od glavnog ormara a FTP kabl poseduje velika slabljenja na rastojanjima koja su veća od 100m. Glavni i pomoćni ormar se povezuju pomoću monomodnog optičkog kablova sa 6 vlakana. Predviđeno je da se do svake kamere dovodi jedan energetski kabl koji se koristi za napajanje infracrvenog osvetlivača kako bi se poboljšalo snimanje noću.

Do kamera 1, 2, 3 i 4 se dovodi po jedan signalni kabl čija je namena da do svake kamere prosledi signal kada je na semaforima crveno svetlo dok kamere 5 i 6 taj signal dobijaju direktno iz samih ormara. Ovo je značajno prilikom otkrivanja prekršaja prolaska kroz crveno svetlo. Na glavni ormar povezuju se kamere 1 i 5 dok se na pomoćni ormar povezuju kamere 2, 3, 4 i 6.

## 5. ANALIZA SNIMAKA

Korišćenje IP kamera u sistemima video nadzora omogućeno je detektovanje sledećih prekršaja:

- Prolazak kroz crveno svetlo na semaforu
- Parkiranje na mestima gde je to zabranjeno.
- Prolazak u suprotnom smeru u jednosmernoj ulici.
- Detektovanje prolaska teretnih vozila preko 5 tona u centar grada preko mosta Duga.
- Detektovanje kretanja u dvorištima vrtića u određenom periodu vremena (npr. od 20h do 5h ujutro).

Pored ovih prekršaja koji se trenutno detektuju u Novom Sadu postoji mogućnost detektovanja i drugih različitih prekršaja po zahtevima korisnika.

Detektovanje prekršaja prolaska kroz crveno svetlo je ostvaren na sledeći način:

Kamere pod brojem 5 i 6 vrše snimanje same raskrsnice. Svaka od kamera posmatra dva smera na kojima prati da li je neko prošao kroz crveno svetlo. Ovo praćenje je ostvareno pomoću primene softvera Aimetis Symphony. U njemu se za svaku od te dve kamere definiše područje posmatranja kao i situacija koju kamera detektuje kao alarmantnu.

Kada vozilo pređe preko linije koja je nacrtana u programu Aimetis Symphony to će se detektovati kao alarmantna situacija.

Kada kamera detektuje da se dogodila definisana alarmantna situacija ona šalje odgovarajuću TCP/IP poruku PLC kontroleru koji se nalazi u glavnom ormanu. Do tog PLC kontrolera stiže i informacija kada je na semaforu uključeno crveno svetlo. Kada se dogodi da se signal sa kamere poklopi sa signalom da je crveno svetlo na odgovarajućem semaforu, PLC kontroler će poslati signal odgovarajućoj kameri na kojoj će se probuditi alarm i to će se detektovati i u softveru gde će to biti zabeleženo tako da nije potrebno stalno praćenje snimaka već je potrebno samo pogledati te obeležene alarme i prosuditi da li su pravi ili lažni.

Kamera 6 šalje poruke PLC kontroleru koje se odnose na kamere 3 i 4 dok kamera 5 šalje poruke PLC kontroleru koje se odnose na kamere 1 i 2. Na slikama 2 i 3 možemo videti kako se u softveru definiše alarmantna situacija.



Slika 2. Prikaz definisanja područja od interesa

Na slici 2. mogu se videti dva smera koje prati jedna od kamera pod rednim brojevima 5 i 6.

Žutom bojom se označava oblast koju kamera treba da posmatra u kojoj će se određeni događaj desiti.



Slika3. Prikaz definisanja linije koja simulira prolazak kroz crveno svetlo

Na slici 3 vidi se linija koja predstavlja granicu preko koje kola ne smeju da pređu kada je na semaforu crveno svetlo. Kada se dogodi da neki objekat prođe kroz žutu oblast i pređe preko označene linije u momentu kada je na semaforu crveno svetlo to će kamera detektovati kao alarmantnu situaciju i poslaće TCP poruku PLC kontroleru.

U tabeli 1 dat je prikaz do sada postignutih rezultata koji su ostvareni uvođenjem sistema video nadzora na raskrnicama. Prikazani su detektovani prekršaji po mesecima.

Mesec	Godina	Broj prekršaja
Decembar	2010	121
Januar	2011*	42
Februar	2011	8
Mart	2011	37
April	2011	13
Maj	2011	18
Jun	2011	11
Jul	2011	11
Avgust	2011	18

\* U periodu od 26.01 do 17.02 nisu snimani prekršaji

Tabela 1. Prikaz broja saobraćajnih prekršaja po mesecima

U prethodnoj tabeli možemo videti broj saobraćajnih prekršaja koji je detektovan i prosleđen policiji. Primetna je tendencija opadanja prekršaja pogotovo između decembra i januara kada je ovaj sistem pušten u rad i ljudi još nisu bili upoznati sa njim.

Ovo predstavlja lep primer preventivnog delovanja sistema video nadzora na javnost.

## 6. ZAKLJUČAK

U ovom radu dat je primer sistema video nadzora na raskrsnici Ulice Bate Brkića i Bulevara Jovana Dučića u Novom Sadu.

Pokazano je kako je korišćenje IP kamera umnogome doprinelo olakšavanju detektovanja različitih vrsta prekršaja kao što je prolazak kroz crveno svetlo. Dat je pregled do sada ostvarenih rezultata koji su postignuti ovuđenjem sistema video nadzora.

Primetno je kako ovi sistemi preventivno deluju na javnost što se posebno ogleda u smanjenom broju saobraćajnih prekršaja. Pored preventivnog delovanja sistem video nadzora povećava osećaj sigurnosti kod samih građana.

Pošto se u ovom radu koriste IP kamere koje predstavljaju tehnologiju budućnosti ovi sistemi su potpuno nadogradivi i kao takvi poseduju velike potencijale koji mogu biti iskorišćeni u budućnosti.

## 7. LITERATURA

- [1] Arindam Bhadra, "Centralized and Decentralized IP Cameras", <http://www.gobeyondsecurity.com/forum/topics/centralized-and-decentralized>, Avgust 2011
- [2] <http://www.brickhousesecurity.com/about-ip-network-video-cameras.html>, Avgust 2011
- [3] <http://www.cnetusa.com/eng/faq/ip%20camera%20tutorial%20eng.pdf>, Avgust 2011
- [4] [http://www.axis.com/files/brochure/bc\\_ipsurv\\_34681\\_en\\_0903\\_lo.pdf](http://www.axis.com/files/brochure/bc_ipsurv_34681_en_0903_lo.pdf), Avgust 2011
- [5] [http://www.axis.com/files/whitepaper/wp\\_p-iris\\_38023\\_en\\_1009\\_hi.pdf](http://www.axis.com/files/whitepaper/wp_p-iris_38023_en_1009_hi.pdf), Avgust 2011
- [6] [http://www.axis.com/products/p13\\_series/](http://www.axis.com/products/p13_series/), Avgust 2011
- [7] [http://www.axis.com/files/brochure/bc\\_netcams\\_39605\\_en\\_1006\\_lo.pdf](http://www.axis.com/files/brochure/bc_netcams_39605_en_1006_lo.pdf), Avgust 2011
- [8] <http://www.cpe.ku.ac.th/~nguan/presentations/datacom/fiber.pdf>, Avgust 2011
- [9] M. Amurugam, "Optical fiber communication – An overview", Pramana journal of physics, Vol. 57, Nos 5 & 6, Nov. & Dec. 2001, pp. 849 – 869 <http://www.ias.ac.in/pramana/nd2001/os2.pdf>, Avgust 2011

### Kratka biografija:

**Jelena Mitrović** rođena je u Novom Sadu 1987. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva –Telekomunikacije odbranila je 2011. god.

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

**DISTRIBUTIVNI MENADŽMENT SISTEM – ORGANIZACIJA I UTICAJ PODATAKA  
NA KVALITET PRORAČUNA ENERGETSKIH APLIKACIJA****DISTRIBUTION MANAGEMENT SYSTEM – DATA ORGANIZATION AND IMPACT  
ON QUALITY OF POWER APPLICATIONS CALCULATION**

Dijana Karlečik, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – **ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U okviru ovog rada opisane su dve verzije distributivnog menadžment sistema (DMS) softvera – osnovna i unapređena, sa osvrtom na arhitekturu softvera, grafičke klijente i kataloge. Takođe je ukratko opisan CIM model podataka korišćen u unapređenom softveru. Opisane su DMS analitičke funkcije i predstavljen je uticaj kataloških atributa na ove funkcije.

**Abstract** – This paper describes two versions of distribution management system (DMS) software – basic and advanced their structure, graphical clients and catalogs. CIM model used in advanced version is briefly presented, as well as DMS analytical functions. Impact of the catalog attributes on these functions is presented.

**Ključne reči:** katalog, organizacija podataka, uticaj podataka na analitičke funkcije.

## 1. UVOD

Stvaranjem velikih interkonektivnih sistema i otvorenih tržišta električne energije dolazi do izrazitog rasta u kompleksnosti elektroenergetskih sistema (u daljem tekstu EES) a samim tim i potrebe za razvojem naprednih softverskih paketa sposobnih za upravljanje i analizu ovakvim sistemima. S obzirom na to da su u vreme razvoja ovih softvera računari imali slabu procesnu moć i malo radne memorije, cilj je bio razviti model koji će obezbediti što manje zauzeće prostora za skladištenje podataka. Ovaj cilj je, bez obzira na konstantan razvoj računara, ostao jedan od uslova za razvoj kvalitetnog softvera.

Programski paketi za upravljanje, razvoj i analizu EES su u početku bili uglavnom zasnovani na nestandardnim modelima podataka i načinu njihovog skladištenja što je u velikoj meri otežavalo istovremeno korišćenje softvera od različitih proizvođača i razmenu podataka između različitih operatera.

U cilju rešavanja ovih problema došlo je do stvaranja standardizovanih modela prenosne mreže.

U ovom radu obrađen je DMS softver za kontrolu, analizu i optimizaciju distributivne energetske mreže. DMS softver koristi koncept kataloga za skladištenje masovno zastupljenih elementata EES, sa ciljem da se smanji broj

podataka u modelu i poboljša efikasnosti njihove obrade. Najsofisticiranija komponenta DMS softvera jeste sistem analitičkih funkcija koji se sastoji od velikog broja funkcija za nadzor, analizu, upravljanje, planiranje razvoja, prikupljanje podataka i trening stručnjaka za obavljanje svih navedenih akcija. Kataloški podaci elemenata EES u manjoj ili većoj meri utiču na analitičke funkcije.

Tema ovog rada su DMS softver, koncept kataloga, razlike u katalozima u dve postojeće verzije ovog softvera, kao i uticaj kataloških podataka na analitičke funkcije DMS softvera. Rad je podeljen u nekoliko poglavlja.

## 2. O DMS SOFTVERU, CIM-U I KATALOZIMA

DMS softver je integrisan sistem za kontrolu, analizu i optimizaciju energetske mreže.

Osnovu DMS softvera predstavlja objektni DMS (u daljem tekstu O-DMS) model podataka. Razvoju O-DMS modela prethodio je strukturni DMS model (u daljem izlaganju S-DMS). S-DMS je razvijen na Katedri za elektroenergetiku Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu za potrebe modelovanja podataka EES-a. Ovaj model podrazumevao je skladištenje samo neophodnih podataka uz smanjenje njihove redundantnosti. Postizanje ovog cilja omogućeno je uvođenjem pojma kataloga.

Entiteti u EES-u se opisuju velikim brojem atributa. Upotreba kataloga u cilju optimizacije procesa skladištenja podataka omogućila je obradu velikih modela elektroenergetskih mreža na standardnim PC računarima. Za određene grupe entiteta vrednosti pojedinih atributa se ponavljaju tako da predstavljaju karakteristiku cele jedne grupe, a ne pojedinačnih entiteta. Ovu osobinu EES-a je bilo pogodno iskoristiti za kreiranje modela u kome su zajedničke karakteristike entiteta sačuvane samo na jednom mestu. Rezultat primene ove ideje je uvođenje kataloga koji služe za skladištenje podataka koji su isti za grupu entiteta mreže. Ti podaci mogu biti vrednosti pojedinih atributa ili veze sa drugim entitetima.

Nedostatak S-DMS modela je to što nije objektno orjentisan, tako da se isti atributi ponavljaju u srodnim tipovima podataka. Model sadrži veliki broj tipova opisanih sa preko 150 struktura i oko 500 konstanti. Model je složen za održavanje i nije pregledan, baš zbog svog strukturnog karaktera.

O-DMS model je razvijen na osnovu S-DMS modela i Common Information Model (CIM) [2] koji predstavlja standard u modelovanju podataka EES-a, pri čemu su autori O-DMS modela nastojali da preuzmu dobre

## NAPOMENA:

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

karakteristike od oba modela i otklone njihove nedostatke. Od S-DMS-a je preuzeta katalogizacija zajedničkih vrednosti atributa i veza među entitetima što je omogućilo jednostavnu obradu velikih modela i brzo izvršavanje komplikovanih proračuna nad velikim brojem elemenata. Od CIM modela je preuzet objektno orijentisan koncept koji je omogućio lako proširivanje modela i kompatibilnost sa određenim standardima.

## 2.1 OSNOVNA VERZIJA DMS

### 2.1.1 Arhitektura softvera

Osnovna verzija DMS [1] je softverski paket za efikasno i optimalno izvršavanje svih tehničkih zadataka u električnom preduzeću (distribuciji). Ovaj softver je zasnovan na standardnim softverskim rešenjima, što omogućava veoma laku integraciju sa ostalim standardnim hardver i softver rešenjima koja se koriste u električnim distribucijama (SCADA Sistemi, automatika, itd.).

To je modularno organizovan paket sa troslojnom softverskom arhitekturom:

- izvor podataka (donji sloj),
- serverski deo (srednji sloj),
- korisnički deo (gornji sloj).

### 2.1.2 Katalozi polja i katalozi elemenata

Efikasnost i brzina obrade podataka distributivne mreže je ostvarena minimizacijom broja procesuiranih elemenata. Minimizacija je ostvarena na osnovu same prirode distributivne mreže. Ova efikasnost je pre svega zasnovana na uvođenju koncepta polja. Drugi fundamentalni koncept je uvođenje kataloga za sve tipične elemente (vodovi, transformatori, itd.) koji su masovno zastupljeni u distributivnoj mreži.

U razmatrani DMS model uveden je koncept tipskih veza provodne opreme koji se modeluje katalogom polja. Polje predstavlja skup opreme i unutrašnjih veza polja. Pri formiranju, unutar polja nalazi se rasklopna oprema, merni transformatori, detektori kvara, kao i čvorovi preko kojih je oprema povezana.

Katalozi se koriste za one elemente za čije se osobine može naći skup parametara koji ih zajednički opisuju, a koji, sa druge strane, predstavljaju najmanji zajednički sadržilac osobina tih elemenata. Primenom kataloga se, bez gubitka na kvalitetu, značajno redukuje kvantitet podataka u modelu čime se značajno dobija na efikasnosti pri obradi podataka.

### 2.1.3 Dinamička sinoptička ploča (DMD)

DMD je grafička korisnička aplikacija koja omogućava krajnjem korisniku (klijentu) pristup logičkom i grafičkom prikazu, prikaz tačno određenih željenih informacija, izmenu određenih podataka, i komandovanje daljinski kontrolisanim elementima ako je sistem integrisan sa SCADA sistemom.

### 2.1.4 Graditelj mreže (DNB)

DNB je grafička korisnička aplikacija koja se koristi za kreiranje i editovanje mreže, odnosno za editovanje parametra elemenata mreže, njihovo povezivanje i

njihovu grafičku prezentaciju u formi logičke ili grafičke šeme.

## 2.2 UNAPREĐENA VERZIJA DMS

### 2.2.1 Common Information Model (CIM)

Potreba za uvođenjem standardnog modela podataka za elektroenergetske sisteme javila se jos osamdesetih godina prethodnog veka. Razlozi se ogledaju u upotrebi mnoštva različitih formata za skladištenje podataka unutar kompanija i potrebi da se podaci razmenjuju interno između različitih aplikacija i eksterno sa drugim kompanijama što je bilo otežano zbog upotrebe vlasničkog, prilagođenog formata. Slično tome, tradicionalno su korišćene krute aplikacije, vlasnički format koji sadrži podatke neophodne za funkcionisanje određene verzije aplikacije. Promena formata za svaku novu verziju softvera je uobičajena u softverskoj industriji, svaki novi proizvod sadrži objekte za konvertovanje prethodnih verzija, međutim, problemi nastaju kada kompanije treba da razmene podatke preko aplikacija od različitih proizvođača i/ili imaju više verzija istog softvera u okviru kompanije. Konačno, u savremenim kompanijama aplikacije koje izvršavaju veliki broj operacija kao što je EMS (Energy Management System) međusobno komuniciraju koristeći format podataka specificiran od strane proizvođača softvera. U prošlosti ovo je značilo da se svi softverski moduli moraju nabaviti od istog proizvođača da bi se osigurala kompatibilnost pri integraciji pojedinačnih modula u celinu.

Od do sad razvijenih i razmatranih modela podataka za elektroenergetske sisteme najviše uspeha je imao CIM (Common Information Model) [2].

DMS rešenje za integraciju sa različitim eksternim sistemima zasniva se upravo na CIM standardu. Te integracije omogućavaju razmenu statičkih i dinamičkih podataka. DMS koristi sveobuhvatni, objektno-orijentisan model podataka koji je podeljen u nekoliko manjih delova – paketa. Ovaj model je vrlo sličan CIM, ali proširen dodatnim klasama i atributima neophodnim za DMS algoritme i njihovu grafičku prezentaciju. Ove izmene bile su neophodne da bi se dobio model podataka koji je blizak CIM, ali i pogodan za brzu nadogradnju i ažuriranje ostalih modela podataka koji se koriste u sistemu. Da bi se opisale komponente elektroenergetske mreže CIM koristi klasnu hijerarhiju koja je iskorišćena i u unapređenoj verziji DMS softvera, a, koja bi trebala da reflektuje stvarnu strukturu sistema.

### 2.2.2 Arhitektura softvera

Unapređena verzija DMS arhitektura ima servisno-orijentisan pristup, koji se primenjuje u većini industrijskih, automatizovanih IT sistema u realnom vremenu, kao i za korporativna IT rešenja. Dizajniran je tako da podržava paralelan rad nekoliko sistema (test sistem, proizvodni sistem, sistem za unos podataka, trening sistem, itd.) od kojih se svaki sastoji od skupa servisa neophodnih za njihovo uspešno vođenje. Skalabilnost je bitan arhitektonski aspekt ove verzije koja podržava različite mogućnosti, od toga da postoji više redundantnih servera, do toga da su svi serveri na jednom računaru.

Unapređena verzija DMS sastoji se od tri funkcionalna sloja (kao i osnovna verzija):

- Grafički klijenti – operacioni i konfiguracioni klijenti, kao i web klijenti,
- Servisi – DMS Application i DSCADA Realtime servisi,
- Izvor podataka – električni podaci o mreži (statički i dinamički), istorijska i arhivska baza podataka.

### 2.2.3 Katalozi elemenata

Koncept kataloga se koristi za one elemente koji su masovno zastupljeni i za čije osobine se može naći skup parametara koji ih zajednički opisuju, a uveden je u DMS model da bi se što bolje iskoristio prostor za skladištenje podataka. Zbog lakše i kvalitetnije integracije sa različitim eksternim sistemima u unapređenoj verziji se koristi *Common Information Model* (CIM). Korišćenje CIM je novina u odnosu na osnovnu verziju, te su se zbog toga pojavile određene razlike među katalozima u ove dve verzije softvera.

Osnovna razlika ogleđa se u tome što se u unapređenoj verziji koristi koncept klasa i njihovih međusobnih odnosa (nasleđivanje, asocijacija, agregacija i kompozicija). Katalog predstavlja klasu istih ili sličnih elemenata. Tako npr. postoji klasa *ShuntCompensatorCatalog* koji nasleđuje klasu *Catalog* i sadrži attribute *Connection* i *RatedValue*. Ovaj katalog nasleđuju *PetersenCoilCatalog* i *CapacitorCatalog*, pri čemu svaki od njih sadrži i sopstvene karakteristične atribute.

### 2.2.4 Dinamička sinoptička ploča (DMD)

DMD se koristi kao interface za sve interakcije sa korisnikom, uključujući i kontrolne akcije, prikaz trenutnog stanja svih mrežnih uređaja, prikaz i rukovanje alarmima, pokretanje funkcija, prikaz rezultata funkcija, itd. DMD je u interakciji sa NDS (*Network Dynamic Service*), GMS (*Graphical Model Service*) i drugim DMS servisima koji služe za slanje komandi i generisanje trenutnih mrežnih prikaza.

### 2.2.5 Graditelj mreže (DNB)

Graditelj mreže je grafički dizajner korisničkog interfejsa. Omogućava korisniku da unese grafički prikaz sistema koji će biti prezentovan unutar DMD. Builder je odgovoran za čitanje trenutnog električnog i grafičkog modela iz GMS (*Graphical Model Service*) i NMS (*Network Model Service*), kao i za čuvanje promena unetih od strane korisnika.

## 3. ANALITIČKE FUNKCIJE DMS

Sistem analitičkih funkcija, u daljem tekstu SAF je najsofisticiranija komponenta DMS koji je generalno namenjen nadzoru, analizi, upravljanju pogonom, planiranju razvoja elektroenergetskih sistema, prikupljanju podataka, i treningu stručnjaka da sve ove poslove obavljaju na kvalitetan i efikasan način. Tim sistemom se vrši suštinski menadžment vrlo skupom energetskom, zaštitnom i automatskom opremom u elektroenergetskim mrežama. Vrednost ove opreme uglavnom prevazilazi vrednost ostalih sistema (voda, nafta.). Sofisticiranost DMS softvera je posledica zasnovanosti na vrlo složenim matematičkim i

računarskim algoritmima za obradu matematičkog modela distributivne mreže i proračunima koji su zasnovani na tom modelu. Njegova težina postaje još veća kada se on treba "sakriti" od korisnika, odnosno napraviti takvim da korisnik u toku svog rada ne bude suočen sa algoritmima za realizaciju SAF, odnosno da ga može primenjivati i korisnik koji o tim algoritmima nema nikakvo znanje.

Da bi se algoritmi kojima se obrađuju matematički modeli mogli nositi s kompleksnošću i dimenzionalnošću distributivnih mreža, oni moraju biti specijalno razvijeni baš za distributivne mreže što je teško ostvariti. Na svetskom tržištu elektroenergetskog softvera teško se nailazi na ponudu zatvorenog i primenljivog sistema analitičkih funkcija razvijenog za distributivne mreže. Problemi primene EMS algoritama u distributivnoj mreži ogledaju se u velikoj dimenzionalnosti distributivne mreže, kao i postojanju vrlo dugih i vrlo kratkih deonica što dovodi do velike razlike među elementima matrice admitansi i njene nestabilnosti. Takođe, odnos parametara R/X za elemente distributivne mreže je znatno viši nego što je to slučaj u prenosnoj mreži, što kod nekih algoritama značajno smanjuje efikasnost proračuna ili dovodi do nemogućnosti konvergencije ka konačnom rešenju. Zbog navedenih razloga odavno razvijeni algoritmi kojima se obrađuju matematički modeli prenosnih mreža nisu efikasni kod distributivnih mreža. SAF koji se obrađuje u ovom radu sastoji se od velikog broja funkcija, koje se prema ulozi i složenosti mogu podeliti u nekoliko grupa:

- Upravljenje i kontrola
- Analiza funkcionisanja mreže
- Planiranje i optimizacija
- Trening funkcija
- Planiranje razvoja

Funkcije za upravljanje i kontrolu služe za obradu i pripremu podataka potrebnih za primenu ostalih funkcija SAF, odnosno za proračun stanja mreže, određivanje topologije i sl. Često služe i kao pomoćni moduli za realizaciju ostalih funkcija. Funkcije za analizu funkcionisanja mreže služe za proračun operativnih stanja (režima) distributivne mreže, odnosno za analizu pouzdanosti i sigurnosti. Ove funkcije se, kao i prethodna grupa, često koriste i kao pomoćni moduli za realizaciju ostalih funkcija. Funkcije za planiranje i optimizaciju koriste se za određivanje optimalne konfiguracije distributivne mreže i optimalnu regulaciju i koordinaciju resursa za regulaciju napona i reaktivne snage.

Trening funkcija se koristi za trening osoblja distributivnog preduzeća koje je zaduženo za obavljanje tehničkih poslova, što predstavlja osnovni uslov za efikasno korišćenje energetskih kapaciteta, automatike i informatičke opreme distributivne mreže.

Funkcije za planiranje razvoja koriste se sa ciljem da se, dodavanjem opreme, poboljšaju prilike u mreži (smanjenje trajanja prekida napajanja, smanjenje gubitaka, itd.) i smanje troškovi.

## 4. UTICAJ PODATAKA KATALOŠKIH ATRIBUTA NA KVALITET PRORAČUNA ANALITIČKIH FUNKCIJA

U ovom poglavlju su predstavljeni rezultati analize uticaja kataloških podataka na analitičke funkcije. U nastavku

rada istaknuto je šta najviše utiče na obrađene grupe funkcija.

Na funkcije za upravljanje i kontrolu utiču povezanost mreže i statusi prekidačke opreme, podaci transformatora i vodova, kao i krive potrošnje.

Funkcije za analizu funkcionisanja mreže zavise od indeksa pouzdanosti (SAIFI, SAIDI, itd.), položaja elemenata u mreži, kao i podataka za transformatore, vodove i zaštitnu opremu.

Na grupu funkcija za planiranje i optimizaciju najviše utiču podaci transformatora, regulatora i kondenzatora, kao i topologija mreže (statusi rasklopnih uređaja).

Trening funkcija ne zavisi od kataloških podataka, izuzev od kataloga regulatora.

Planiranje razvoja zavisi od lokacije elemenata u mreži (prekidačke opreme pokrivena daljinskom kontrolom i kondenzatora), indeksa pouzdanosti, koji ne spadaju u kataloške atribute. Takođe, može se reći da ove funkcije zavise od funkcija za upravljanje i kontrolu.

## 5. ZAKLJUČAK

Izrada ovog rada doprinela je boljem razumevanju koncepta kataloga u obe verzije softvera i uočavanju razlika među njima.

Deo rada koji se odnosi na analizu uticaja kataloških podataka na analitičke funkcije važan je da bi korisnik pri kupovini proizvoda (odnosno neke od DMS funkcija)

video koliko se podaci o mreži kojima on raspolaže poklapaju sa podacima neophodnim za ispravan rad DMS funkcija. Radi proračuna koji će biti u skladu sa stvarnim stanjem u mreži, poželjno je i u interesu klijenta, da obezbedi sve podatke koji utiču na određenu funkciju.

## 6. LITERATURA

- [1] D. Popović, D. Bekut, V. Treskanica: Specijalizovani DMS algoritmi, DMS Group, Novi Sad, 2004.
- [2] Alan W. McMorran, An Introduction to IEC 61970-301 & 61968-11: The Common Information Model, Institute for Energy and Environment, Department of Electronic and Electrical Engineering, University of Strathclyde Glasgow, UK, January 2007.

### Kratka biografija:



**Dijana Karlečik** rođena je 1986. godine u Zrenjaninu. Diplomski - master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnika i računarstvo, smer Elektroenergetski sistemi odbranila je 2011. godine.

**RAZVOJ INTERNETA SA PRIMEROM KORIŠĆENJA U ZATVORENIM SISTEMIMA  
THE DEVELOPEMENT OF INTERNET WITH AN EXAMPLE OF USE IN CLOSED  
USER GROUP SYSTEMS**Đorđe Đukić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** - U okviru rada predstavljen je kratak istorijat interneta, od njegovog nastanka, razvoj i primena u savremenom dobu. Najveća pažnja je posvećena primeni interneta u zatvorenim sistemima, a kao primer jednog takvog sistema uzeta je Vojska Srbije, tj. njen elitni predstavnik, Vojna Akademija. Dat je put razvoja interneta u ovoj ustanovi i način na koji internet doprinosi razvoju i publicitetu Vojne Akademije.

**Abstract** – This work presents a brief history of the Internet, from its inception, development and application in present time. The greatest attention was paid to the implementation of the Internet in closed systems. As an example of such a system was used Army of Serbia, ie. its elite representative - the Military Academy. Development of the Internet in Military Academy and the way the Internet contributes to the development and publicity of the Military Academy is one of the key themes of this paper.

**Ključne reči:** internet, razvoj interneta, internet u zatvorenim sistemima, internet u vojsci Srbije

**1. UVOD**

O Internetu, njegovoj primeni, sadržaju, korisnicima i načinima korištenja, u zatvorenim sistemima, poput Vojske Srbije, skoro da i nije bilo pisane dokumentacije. U par navrata pokušano je da se dođe do poverljivijih podataka o tome kako vojska koristi ovaj društveni resurs u vidu toka neizmerno velikog broja podataka, ali je to prošlo sa malo uspeha.

U tekstu, koji sledi, probaćemo da zagrebemo po površini „crne kutije“ vojnog interneta, načinu i uslovima njegovog korištenja, sa konkretizacijom problema na nivou jedne od elitnih vojnih ustanova, Vojne Akademije Vojske Srbije.

**2. ISTORIJA I RAZVOJ INTERNETA**

Internet je nastao 1969. godine pod okriljem Agencije za napredne odbrambene istraživačke projekte (DARPA) američkog sekretarijata odbrane [1]. Time je nastala prva mreža računara ARPANET koja je omogućavala razmenu informacija u smislu održavanja vojnih komunikacija, mada je ubrzo počela da se koristi i u

mirnodopske svrhe. Osnovni problem koji se javljao, bio je u samom dizajnu takve mreže tj. u zavisnosti mreže od komutacionih stanica koje su mogle biti uništene tokom napada. U to vreme se postavljalo pitanje da li je moguće dizajnirati takvu mrežu koja će moći brzo da preusmeri saobraćaj i zaobiđe čvorove koji su van funkcije. Odgovor je dat u teoriji a to je kasnije rezultiralo lansiranjem Darpa Internet programa. U to vreme Internet se uglavnom koristio u akademske i vojne svrhe.

Vojska SAD-a otpočela je raznim istraživanjima vezanim za prebacivanje paketa i ARPANET-om. Istorija Interneta počinje 1961. godine sa teorijom paketne komutacije. Tako je nastala prva mreža širokog područja — WAN — ma koliko imala ograničene mogućnosti. Eksperiment je pokazao da računari koji rade u raspodeljenom vremenu mogu da rade zajedno, da po potrebi izvršavaju programe i pretražuju podatke na udaljenoj mašini, ali da je telefonski sistem zasnovan na uspostavljanju kola potpuno neadekvatan te je potreba za uvođenjem sistema sa paketskom komutacijom potvrđena. Razvoj je finansirala DARPA (engl. *Defense Advanced Research Projects Administration*), ogranak Ministarstva odbrane SAD-a koji je zadužen za raspodelu sredstava. Oduvek se smatralo, premda nije javno rečeno, da je interes za stvaranjem ovakve mreže ležao u izgradnji mreže koja može da izdrži eventualni nuklearni rat. Sami realizatori mreže priznaju da je kao rezultat dobijena robusna i otporna mreža koja je u stanju da podnese i gubitak velikog dela mrežne infrastrukture.

**3. PRIMER KORIŠĆENJA INTERNETA U  
ZATVORENIM SREDINAMA – VOJNA  
AKADEMIJA VOJSKE SRBIJE**

Korišćenje interneta u zatvorenom sistemu kakav predstavlja vojska Srbije, zbog specifičnosti sistema, regulisano je posebnim Upustvom čije osnovne odrednice su, radi ilustracije, navedene u tekstu koji sledi. Iz navedenog teksta može se zaključiti sledeće:

- vojska Srbije mnogo ulaže u razvoj IC tehnologije,
- razvija se novi vid oružanih snaga koje se bave ovom tehnologijom,
- paralelno se uvode i mere za zaštitu podataka,
- uvode se sigurnosni mehanizmi za sisteme komandovanja putem interneta.

**3.1. Istorijat interneta na Vojnoj Akademiji**

Zbog potrebe komandovanja, a prvenstveno sticanja novih znanja, dolaska do potrebnih informacija za izradu seminara i ostalih stručnih radova, javila se potreba za

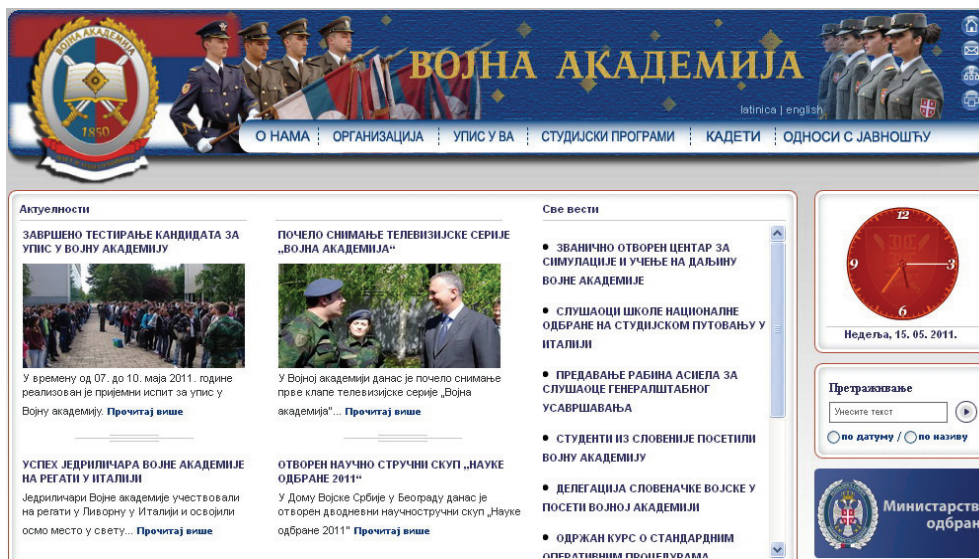
**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bila dr Nataša Gospić, red.prof.**

uvođenjem interneta na Vojnoj Akademiji -VA, tada Vojske Srbije i Crne Gore.

Uvođenje interneta u ovoj visokoškolskoj ustanovi datira iz 1997. godine. U to vreme, formira se računarski centar, pre svega za predavače VA, koji su imali potrebu za usavršavanjem, pisanjem stručnih radova i literature za studente, kao i za studente, koji su želeli da prošire svoja stečena znanja. Kapacitet centra je bio oko 15 računara

Pentium 2, uvezanih u LAN i jedan računar, zasebno, modemski, dial-up vezom vezan na internet. Brzina je, teoretski, iznosila 56kB/s, a maksimalna ostvarivana je bila do 10/5 download/upload, sukcesivno. Računar vezan na internet nije smeo imati ikakve veze sa ostalim računarima lokalne mreže, a svi, koji su želeli pristup ovom računarskom centru, morali su da polože bezbednosni test i test poznavanja softvera i hardvera.



Slika 1. Sajt Vojne Akademije

Nakon toga, izvesni period bio je praćen dial-up konekcijom, koja je već bila u opticaju u ranijem slučaju, a oko 2003, Vojna Akademija se pojačala sa DSL konekcijom, brzine 256kB/s, koja je dobijena tako što je razgranata jedna od žila interneta, upućena sa više instance ka školskom centru veze Vojske Srbije. Kako se on nalazio u neposrednoj blizini Vojne Akademije, uslovi za ovakav transfer su bili veoma povoljni.

Usled sve veće potrebe za bržim i stabilnijim internet okruženjem, a u prilog tome što je VA započinjala integracije u bolonjski sistem školovanja, usledilo je nekoliko bitnih donacija, prvenstveno od strane Velike Britanije, za razvoj interneta u ovoj našoj ustanovi. Tada je osoblje, koje je na akademiji zaduženo za održavanje i formiranje interneta, oformilo i konstruisalo kičmu interneta Vojne Akademije i tada je nastala lokalna računarska mreža «KAMPUS». Brzina interneta, u okviru kampusa, kretala se u granicama 1-2 MB/s. Na ovaj način, do 2006. godine, oko 90% ustanove, bilo je umreženo optičkim kablovima, a jedini objekti, ovi nisu imali ovaj vid interneta, bili su sportski centar i ambulanta.

U 2007. i 2008. godini, u cilju pojačanja protoka podataka, povećanja brzine interneta, Velika Britanija ponovo donira Vojnu Akademiju i na taj način do nas stiže internet brzine 10MB/s, koji se dalje vodi na bitnija komandna, funkcionalna i mesta katedri dekanata Vojne Akademije.

U toku 2009. godine, konačno, se završava projekat optičkog prstena, što Vojnu Akademiju spaja sa Centrom

za kontrolu i sigurnost internet podataka (CKISIP) i kampusu obezbeđuje brzine protoka podataka od 10MB/s do 45MB/s. Internet se pruža kao mogućnost svakom korisniku, na skoro svakom radnom mestu u Vojnoj Akademiji, a pogotovo na mestima vezanim za nastavne procese, izradu literature, objavi radova i sve ono što je vezano za pomen Bolonjske konvencije u sistemu školovanja.

Te godine Vojna Akademija postiže to da akredituje sve svoje nastavne planove i programe i da se ubaci u bolonjski sistem školovanja, te je potreba za internetom, kao vidom informatičke podrške, bila veća nego ikada. VA stiče pravo na deo AMRES mreže, koja predstavlja mrežu svih akreditovanih ustanova, a brzina protoka podataka je ušla u domen Gigabitnog područja, ostvarena optičkim vezama.

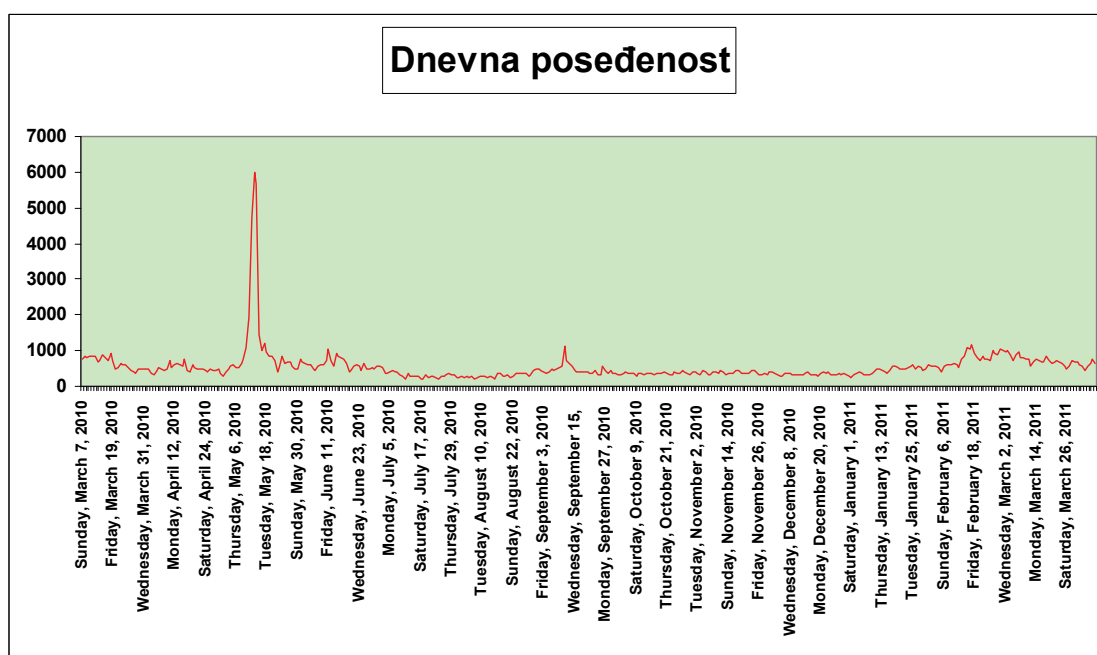
Danas, Vojna Akademija izlazi na sve veće akademske mreže Sveta, kao što su Geneva, iz Grčke, mreža univerziteta u Kembridžu, Oksfordu i u Moskvi. Vojna Akademija je, zajedno sa Vojno-medicinskom Akademijom formirala Univerzitet odbrane. Otvorena je i mogućnost učenja na daljinu, a formiran je i računarski centar za simulacije raznih segmenata života i rada u vojsci, kako u mirnodopskim uslovima, tako i u ratu. Pored toga, a u prilog sledećoj celini, internet je Vojnoj Akademiji otvorio mogućnost prezentovanja svojih sadržaja, ponuda, studijskih programa, ispita, i raznih konkursa, kako za nove kadete, tako i za predavače, više predavače, profesore i starešine.

### 3.2. Sajt Vojne Akademije

Kada govorimo o izgledu sajta Vojne Akademije, vidimo da se on sastoji iz nekoliko glavnih celina, koje su definisane u cilju što lakšeg i očiglednijeg pristupa podacima vezanim za potrebe korisnika sajta. Ovo se napominje iz razloga što dosta firmi, preduzeća i sistema u Republici Srbiji nije pristupilo najozbiljnije izradi svoje internet prezentacije i stoga nije u potpunosti iskoristilo sve potencijale ovoga servisa, a samim tim, što smo videli iz analiza u prethodnim poglavljima, to se loše odražava i

na prosperitet tih preduzeća, u odnosu na ona koja su u svoju internet prezentaciju uložila više i ozbiljnije pristupile problemu.

Na slici 1, koja prikazuje početnu stranicu sajta, nalaze se sve osnovne informacije o Vojnoj Akademiji, njenoj organizaciji, studijskim programima, koje je ustanova uskladila sa pravilima Bolonjske konvencije visokog obrazovanja, te deo odnosa sa javnošću i najzanimljivije – upis u VA.



Slika 2. Dnevna posećenost sajtu VA

Upravo deo, koji je posvećen upisu novih kandidata na školovanje u Vojnu Akademiju, odgovoran je za najveće pikove posećenosti sajtu i to u razdobljima od pojave konkursa, datuma testiranja i objave rezultata, pa do pozivanja kandidata na upis, potpisivanje ugovora i termina prijema kandidata na školovanje.

U analizama, koje slede, videćemo koji su to periodi godine, kada se javlja najveći broj poseta, te koji su to događaji, koji te posete i izazivaju.

Kada se analizira deo sajta [1], koji je odgovoran za odnose sa javnošću, zanimljivo je pomenuti da se u njemu, trenutno, mogu naći ekskluzivni podaci o snimanju igrane serije o Vojnoj Akademiji.

Ovaj deo sajta, inače, veoma doprinosi promovisanju Vojne Akademije u svim segmentima društva i pomaže u realizovanju raznih sadržaja po pitanju kulture i sporta, kako u epublici Srbiji, tako i u zemljama Evrope, Azije i Amerike.

### 3.3. Analiza dnevne posećenosti sajtu Vojne Akademije

Na slici 2. vidi se kretanje dnevne posećenosti sajtu Vojne Akademije, u periodu od marta 2010. do marta 2011. godine. Iz prikazanih podataka i datuma u kojima se javljaju određeni pikovi u posećenosti sajtu, može se reći

da se najveća posećenost sajtu, u toku jedne godine, javlja u nekoliko slučajeva i to:

- za vreme objavljivanja rezultata selekcije novih kandidata,
- za vreme i u toku vežbe „Diplomac“,
- za vreme upisnog roka na Vojnu Akademiju i
- u vreme objave konkursa za prijem novih kandidata.

Rezultati selekcije novih kandidata objavljuju se u maju, svake godine, za prijem naredne klase kadeta i vidimo da je dnevna posećenost sajtu, tada, dostigla godišnji maksimum od, oko, 6000 poseta.

Drugi pik, koji bi se mogao izdvojiti, u terminu uvežbavanja i izvođenja vežbe „Diplomac“, dešava se krajem juna meseca i iznosi do 1000 poseta. Na sam dan vežbe, ona se može pratiti u live streamingu, na sajtu Vojne Akademije i Ministarstva odbrane Vojske Srbije.

Treći pik, od oko 1000 poseta, javlja se za vreme upisa i prijema kandidata na školovanje, u septembru mesecu, a četvrti, hronološki, u februaru, naredne godine, kada izlazi konkurs za prijavu novih kandidata i iznosi nešto više od 1000 poseta dnevno.

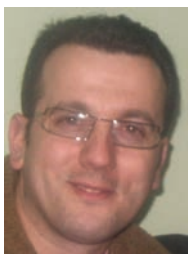
#### 4. ZAKLJUČAK

Što se tiče interneta u zatvorenim sistemima, a kao primer u radu data je Vojska Srbije i Vojna Akademija, osetne su promene na bolje. U odnosu na vremena kada je internet u ovakvim sredinama bio retkost i kada je služio u komercijalne svrhe, danas se on sve više koristi za prenos bitnih informacija i elemenata komandovanja između određenih operativnih grupacija. To zahteva i angažovanje određene grupe ljudi u sistemu, koji rade na bezbednosti i sigurnosti informacija od komandnog značaja, što je dovelo do pojave niza pravila i uputstava za korišćenje interneta u sistemu kakav je Vojska Srbije.

#### 4. LITERATURA

[1] Analiza rada sajta Vojne Akademije. *VA odsek za civilno-vojnu saradnju*.

##### Kratka biografija:



**Đorđe Đukić** je rođen u Novom Sadu 1978. god. Diplomski rad na Vojnoj Akademiji Vojske Srbije iz oblasti Vazušnog osmatranja, javljanja i navođenja – Modul za prenos paketa podataka u sistemu automatizacije VOJIN, HDL1 link (High dataspeed link) je odbranio 2001. god.

**REALIZACIJA UREĐAJA ZA MERENJE INTENZITETA SVETLOSTI KOD FIBER OPTIČKIH SENZORA****REALIZATION OF THE DEVICE FOR MEASURING THE INTENSITY OF LIGHT IN FIBER OPTIC SENSORS**

Željko Beganović, Dragan Stupar, Jovan Bajić, Miloš Slankamenac, Josif Tomić, Miloš Živanov, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U ovom radu dat je prikaz uređaja za merenje intenziteta svetlosti kod fiber optičkih senzora. Realizovani uređaj je projektovan za merenje intenziteta svetlosti kod fiber optičkih senzora i može se koristiti u različitim aplikacijama. Uređaj ima tri kanala za merenje, dva sa internim izvorom svetlosti i fotodetektorom, i treći koji ima mogućnost dodavanja eksternog izvora svetlosti ili fotodetektora. Kao izvori svetlosti i fotodetektor koristi se LED i fototranzistori. U radu je opisan hardver i softver realizovanog uređaja, kao i virtualni instrument koji je realizovan u programskom paketu LabVIEW.

**Abstract** – In this paper is given an overview of the device for measuring the intensity of light in fiber optic sensors. Implemented device is designed to measure the intensity of light in fiber optic sensors and can be used in various applications. The device has three channels to measure, two with internal light source and photodetector, and a third that has the option of adding an external light source or photodetector. As light sources and photodetectors, LEDs and phototransistors are used. The paper describes the hardware and software of realized device, as well as a virtual instrument that was implemented in LabVIEW software package.

**Ključne reči:** intenzitet svetlosti, plastično optičko vlakno, fiber optički senzori, LabVIEW

**1. UVOD**

Optička vlakna se poslednjih godina sve više koriste kao osnova senzora i senzorskih sistema. Prednosti senzora na bazi optičkih vlakana tj. fiberoptičkih senzora (FOS) u odnosu na konvencionalne senzorske metode su dobro poznate, npr. otpornost na koroziju i zamor, fleksibilnost i mala težina, imunost na elektromagnetno smetnje i širok opseg odziva [1, 2]. Ove osobine omogućavaju ne samo mogućnost ugradnje u kompozitne strukture već i njihovu pristupačnost lokacijama gde su se ostale senzorske metode pokazale nezadovoljavajućim.

Postoje različite konfiguracije FOS-a u zavisnosti od vrste optičkih vlakana koja se koriste, kao i u zavisnosti od svetlosne veličine koja se menja tokom merenja.

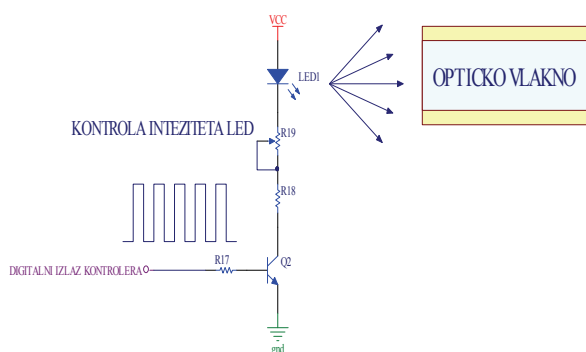
Intenzitetni FOS se zasnivaju na promeni intenziteta svetlosti koja se vodi optičkim vlaknima od svetlosnog

izvora prema mernom mestu i od mernog mesta prema fotodetektoru sa promenom merene veličine. Promena intenziteta svetlosti može nastati ili usled nekog efekta u samom vlaknu kao što je naprezanje, oštećenje, savijanje, mikrosavijanje, promena indeksa prelamanja omotača, ili usled apsorpcije, refleksije, prelamanja svetlosti i sl. van optičkog vlakna, te je zbog toga jako bitno precizno izmeriti jačinu svetlosti u vlaknu. Prednost ovakvog senzorskog sistema je jednostavan dizajn i niska cena izrade.

**2. HARDVER REALIZOVANOG UREĐAJA****2.1. Predajno kolo**

Na slici 1. je prikazana šema realizovanog predajnika. Korišćena je prozirna crvena dioda (water clear). Crvena dioda je talasne dužine 630 nm, a njena jačina svetlosti je 50 000 mCd što zadovoljava naše uslove jer plastično vlakno ima najmanje slabljenje na oko 650 nm. Dioda se pobuđuje impulsno i to odrađuje mikrokontroler. Za tranzistor Q2 je izabran tranzistor BC546.

Otpornik R18 zajedno sa potenciometrom R19 određuju struju kroz diodu, a samim tim i jačinu svetlosti diode. Uređaj poseduje tri kanala i za svaki kanal predajnik je istih karakteristika.



Slika 1. Šema predajnog kola

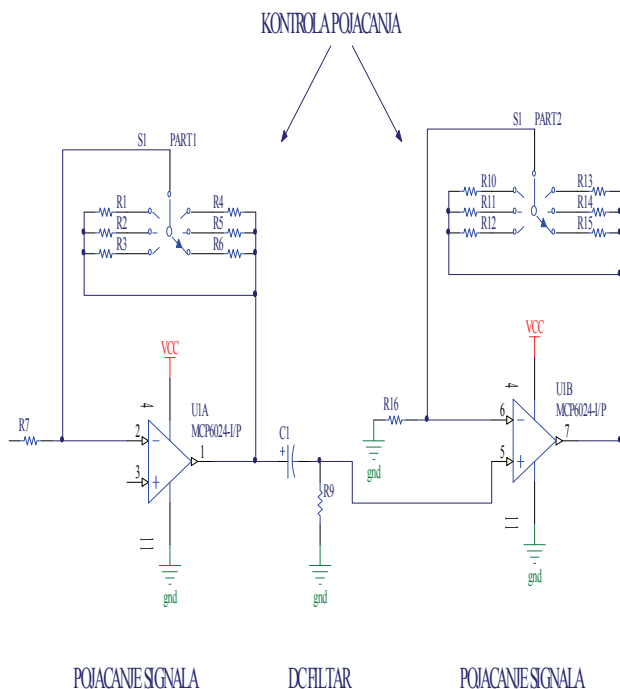
**2.2. Pojačavački i filterni deo**

Najveći problem u realizaciji pojačavačkog kola predstavlja slew rate operacionog pojačavača. Na visokim frekvencijama javljaju se visoke parazitne kapacitivnosti, te se zbog njih ne može dobiti željeno pojačanje. Ovaj problem je rešen korišćenjem dva pojačavača i jednog preklopnika 2/6 (slika 2.). Promenom položaja preklopnika, koji je jedinstven za oba pojačavača, menjamo otpornosti u pojačavačkim granama a samim tim menjamo i pojačanje.

**NAPOMENA:**

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

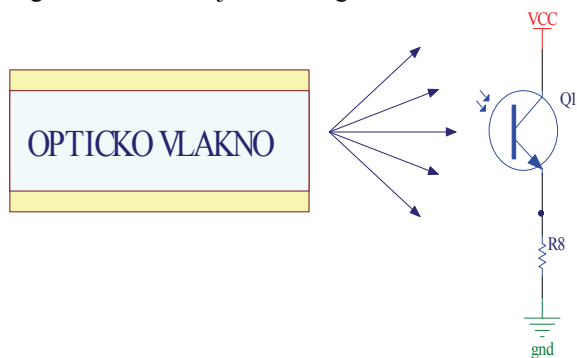
U ovom uređaju su pojačanja unapred zadata i iznose 10, 50 ili 100 u zavisnosti od položaja preklopnika. Kao operacioni pojačavač je izabrano integrisano kolo MCP6024. Ovo kolo sadrži četiri operaciona pojačavača od kojih se koriste dva za jedan kanal. Kondenzator C1 i otpornik R9 predstavljaju filterski deo. Uloga filterskog dela je da izbaci jednosmernu komponentu kao i da ukloni male promene koje se javljaju kao posledica raznih smetnji koje postoje. Kao i predajnika i ovih pojačavačkih i filterskih kola ima tri, za svaki kanal posebno.



Slika 2. Šema pojačavačkog i filterskog dela

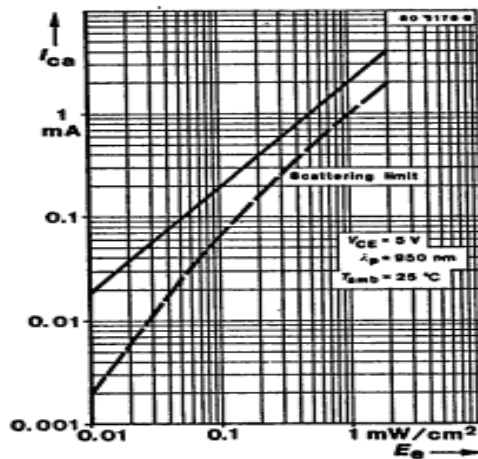
### 2.3. Prijemno kolo

Na slici 3. je prikazana šema realizovanog prijemnika. Prijemnik je napravljen kao spoj sa zajedničkim kolektorom. Kod ovako realizovanog prijemnika jačina svetlosti je direktno srazmerna struji kolektora (slika 5b.), što u ovom slučaju dovodi do porasta napona na otporniku R8 usled porasta jačine svetlosti. Korišćeni su fototranzistori BPW17 i BPW40, dok je na trećem kanalu omogućeno i korišćenje eksternog fototranzistora.



Slika 3. Šema prijemnog kola

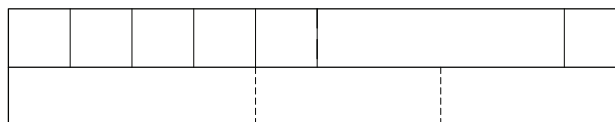
Na slici 4. prikazana je zavisnost struje kolektora od jačine svetlosti.



Slika 4. Zavisnost struje kolektora od jačine svetlosti

### 2.3 Povezivanje eksterne diode i fototranzistora

Ako iz nekog razloga postoji potreba za povezivanjem druge diode ili fototranzistora, ostavljena je i ta mogućnost. Na uređaju je postavljen dvadesetopinski konektor gde se džemperom može izabrati da li se koriste interna dioda i tranzistor ili se priključuju eksterne komponente (slika 5.).

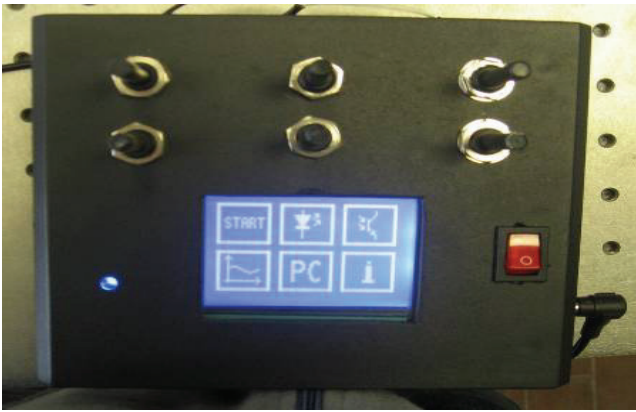


Slika 5. Povezivanje eksterne diode i fototranzistora

$R_{A11}$  i  $R_{C13}$  su slobodni pinovi. Pinovi EXT LED i EXT PT se koriste za povezivanje eksternih dioda i fototranzistora. Narednih pet pinova se koriste za programiranje uređaja. U donjem redu prvih četiri pina su za serijsku komunikaciju sa računarom a narednih šest su JMP1 i JMP2 svaki ima po tri pina. U zavisnosti od toga koji pinovi JMP1 i JMP2 su kratkospojeni biramo da li koristimo eksternu ili intenu LED i fototranzistor.

## 2. SOFTVER I VIRUELNI INSTRUMENT

Povezivanje sa računarom je izvedeno preko RS232 protokola. Softver za mikrokontroler je pisan u programskom jeziku C u razvojnom okruženju MPLAB. Za kompajliranje je korišćen Microchip-ov kompajler C30. Program je realizovan u vidu jednostavnog menija koji ima šest modova rada koji se prikazuju na grafičkom displeju sa touch screen-om. Svaki mod je zaseban i u njemu se bira način rada uređaja. Na slici 6. je prikazan kompletan uređaj, gde se vide svi modovi rada uređaja. A/D konvertor je podešen da radi u rezoluciji od 12 bita a vrednosti sa A/D konvertora se ispisuju u start modu. Na osnovu tih vrednosti lako se izračunava realna vrednost napona nakon pojačavača. Pojačanje je unapred predefinisano na vrednostima od 10, 50 i 100, koje se biraju gornjim redom preklopnika (slika 6.). Kada je i pojačanje poznato, jednostavno je izračunati napon na kolektoru fototranzistora. Pošto je poznata vrednost otpornika u kolu fototranzistora lako se dobija i struja kolektora a samim tim i intenzitet prikupljene svetlosti.



Slika 6. Izgled realizovanog uređaja

Virtualni instrument je napravljen u programskom paketu LabVIEW [3]. Virtualni instrument je realizovan tako da prima podatke od digitalnog mikrokontrolera preko RS232 komunikacije. U programskom paketu LabVIEW program ili bolje rečeno virtualni instrument, se sastoji iz dva dela, blok dijagrama i front panela virtualnog instrumenta. Blok dijagram predstavlja program, dok front panel predstavlja samo „prednju ploču” instrumenta [4], preko koje korisnik virtualnog instrumenta može a i ne mora interaktivno učestvovati u izvršavanju programa.

Suštinska razlika u odnosu na ostale programske pakete je da se u LabVIEW-u, programi predstavljaju u vidu ikona, umesto programiranja pisanjem komandi u vidu tekstualnog koda. LabVIEW programi su hijerarhijski i modularni. Hijerarhijski su, jer se mogu koristiti samostalno, dakle na najvišem nivou, ali i kao potprogrami ili potprogrami unutar potprograma. Modularni su, jer se koncept rešavanja problema, naročito složenih, zasniva na podeli aplikacije na niz zadataka, koji se zatim ponovo dele sve dok se čitav problem ne svede na niz jednostavnih problema.

Kod LabVIEW programskog paketa, program je dijagram koji se sastoji od čvorova i žica a podaci putuju preko žica. Proces izvršavanja programa kontroliše protok podataka a ne koda, dok pozicija na dijagramu nije bitna. Ovo postavlja za potrebu uvođenje novog načina razmišljanja: dataflow a ne codeflow. Vodeći princip je da čvor ne izvršava svoju funkciju sve dok podaci, preko žica, ne stignu do svih njegovih ulaza.

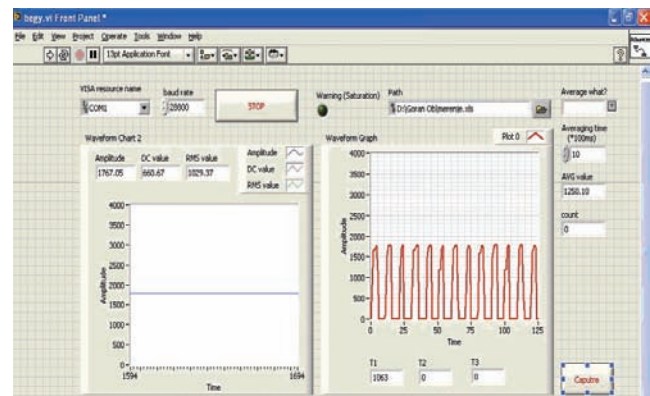
Kod tradicionalnog instrumenta sve komponente su fiksne a sama funkcionalnost je unapred striktno definisana bez mogućnosti njenog unapređivanja. Za konkretni merni zadatak, tradicionalni instrument ima nižu cenu u odnosu na virtualni instrument. Međutim, ta prednost u samom startu, po pitanju cene, vrlo brzo se sustiže u slučaju izmene mernog zadatka. Naime, zbog svoje fleksibilnosti, virtualni instrumenti vrlo brzo opravdavaju uloženi novac a sama dinamika tržišta upravo virtualne instrumente ubraja u neizostavne.

Koncept virtualne instrumentacije, nastao zbog sveprisutnosti PC računara, pruža mnoge beneficije inženjerima i naučnicima kojima je potrebno povećanje produktivnosti, tačnosti i performansi merno-akvizicionih uređaja. Virtualni instrument se sastoji od PC računara ili radne stanice, opremljenim moćnim softverom za izradu aplikacija, jeftinim ugradnim ili USB mernim karticama i drajverom softvera, što zajedno čini funkcije

tradicionalnog instrumenta. Virtualni instrumenti predstavljaju pomeranje od tradicionalnih hardverskih instrumentacionih sistema u softverske sisteme koji eksploatišu računarsku snagu, produktivnost, izuzetno veliku mogućnost vizualizacije i grafičke prezentacije i mogućnosti povezivanja popularnih desktop kompjutera i radnih stanica. Mada su PC računari i tehnologija integrisanih kola značajno napredovali u poslednje dve decenije, softver je taj koji ima moć da postavi temelje za kreiranje virtualnih instrumenata.

Sa virtualnim instrumentima inženjeri i naučnici prave sisteme za merenje i automatizaciju koji tačno odgovaraju njihovim potrebama (user-defined) umesto da se ograniče tradicionalnim instrumentima sa fiksnim funkcijama (vendor-defined). U istraživanju i dizajnu, inženjeri i naučnici zahtevaju brz razvoj uređaja i mogućnost realizacije velikog broja prototipova. Sa virtualnim instrumentom možemo brzo da razvijemo program, izvršimo merenje prototipom instrumenta, analiziramo rezultate i to sve u vremenu potrebnom za testiranje tradicionalnog instrumenta.

Kada nam je potrebna fleksibilnost primene, esencijalna je otvorena platforma, prenosiva sa desktop računara na embeded sisteme a zatim i u sisteme za distributivno merenje. Aplikacije za istraživanje i razvoj R&D (Research & Design), zahtevaju integraciju softvera i hardvera. Sa LabVIEW-om je ta integracija laka, bilo sa interfejsom stand-alone instrumenta koji koriste GPIB, ili onih koji direktno šalju signale u kompjuter pomoću sistema za akviziciju podataka i kondicioniranje signala.



Slika 7. Front panel realizovanog virtualnog instrumenta u LabVIEW programskom paketu

Front panel realizovanog virtualnog instrumenta je prikazan na slici 7. Na front panelu postoje opcije izbora serijskog porta, izbora brzine serijske komunikacije (baud rate) i izbora lokacije za skladištenje podataka. Mereni podaci se beleže u datoteku tabelarnog tipa, što daje pogodnosti za dalju obradu i analizu. Na front panelu su takođe numerički i grafički prikazane izmerene vrednosti. Posebna pogodnost ovog virtualnog instrumenta je to što je omogućeno slanje izmerenih vrednosti preko Interneta do krajnjih korisnika. Danas korisnici LabVIEW programskog paketa veoma jednostavno mogu da razmenjuju podatke preko Interneta zahvaljujući već gotovim funkcijama koje se dobijaju uz ovaj paket. Front panel virtualnih instrumenata vrlo lako je distribuirati preko Web servisa na više različitih načina koji zahtevaju manje ili veće znanje Internet protokola. Glavne Internet

metode koje podržava LabVIEW su: udaljeni pregled sa ugrađenim LabVIEW Web Serverom, CGI (Common Gateway Interface) tehnologije, UDP (User Datagram Protocol) tehnologije, DataSocket tehnologije, Client-Server komunikacija sa ugrađenim TCP/IP protokolom i VI Server tehnologije. U ovom virtualnom instrumentu iskorišćena je metoda CGI prenosa podataka.

CGI protokol omogućava korisnicima da realizuju udaljena merenja u LabVIEW programskom paketu, pristupajući virtualnim instrumentima preko standardnog Web pretraživača. Korisnici ne moraju da imaju instaliran LabVIEW programski paket na svojim računarima, što je značajna prednost u odnosu na druge načine komuniciranja korišćenjem LabVIEW-a. Ova vrsta komunikacije koristi se za najzahtevnije zadatke i za interaktivni rad u realnom vremenu. Od programera se zahteva veliko iskustvo i znanje a potrebni su takođe i dodatni Internet paketi

### 3. ZAKLJUČAK

Merni sistemi sa optičkim vlaknima imaju značajne i višestruke prednosti nad konvencionalnim mernim sistemima. Međutim, zbog sasvim drugačije strukture i dialektrične prirode, merni instrumenti i merne metode koje se koriste za procenu performansi optičkih komunikacionih sistema se razlikuju od klasičnih mernih instrumenata i mernih tehnika. Ovaj virtualni instrument je realizovan u LabVIEW programskom paketu i meri intezitet svetlosti u optičkom vlaknu.

Korišćenjem koncepta virtualne instrumentacije omogućeno je znatno fleksibilnije i efikasnije rešenje koje poseduje mogućnost umrežavanja i slanja podataka preko Interneta. Mikrokontroler dsPIC30f4013 ima 40 pinova pa je to predstavljalo ograničenje u broju kanala, jer su svi pinovi iskorišćeni. Dalje unapređivanje uređaja je, svakako, korišćenje drugog mikrokontrolera sa više pinova. Poboľšanje bi bilo i umesto RS232 koristiti USB komunikaciju, jer noviji računari nemaju RS232 priključak. Linearno napajanje se nije pokazalo kao dobro rešenje, dolazi do zagrevanja stabilizatora, te bi trebalo preći na impulsno napajanje. Takođe poželjno bi bilo dodati baterijsko napajanje uređaja.

### 4. LITERATURA

- [1] S. Yin, P.B. Ruffin, F.T.S. Yu, *Fiber Optic Sensors Second Edition*, 2008. godina.
- [2] M. Živanov, M. Slankamenac, *Optoelektronske komponente*, FTN, Novi Sad, 2010. godina.
- [3] S. W. Harun, S. D. Emami, H. Arof, P. Hajireza and H. Ahmad, *LabVIEW Applications for Optical Amplifier Automated Measurements, Fiber-Optic Remote Test and Fiber Sensor Systems*, University of Malaya, Malaysia.
- [4] J. Tomić, M. Milovanović, *Virtualna instrumentacija primenom LabVIEW programa*, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2010. godina.

### Kratka biografija:



**Željko Beganović** rođen je u Loznici 1986. godine. Osnovne akademske – bachelor studije završio je na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Mikroročunarska elektronika usmerenje za Primenjenu elektroniku 2010. godine.



**Dragan Stupar** rođen je u Bačkoj Palanci 1986. godine. Osnovne akademske – bachelor studije završio je na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Mikroročunarska elektronika usmerenje za Primenjenu elektroniku 2010. godine.



**Jovan Bajić** rođen je u Sremskoj Mitrovici 1986. god. Osnovne akademske - bachelor studije završio je na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Mikroročunarska elektronika na usmerenju za Primenjenu elektroniku 2009.god.



**Dr Miloš Slankamenac** rođen je u Novom Sadu 1977. god. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 2010. god., a od 2005. god je u zvanju asistenta na FTN. Oblast interesovanja mu je elektronika i optoelektronika.



**Dr Josif Tomić** je docent na FTN u Novom Sadu. Učestvuje u izvođenju nastave iz oblasti električnih i elektronskih merenja. Uža oblast naučnog interesovanja mu je digitalna obrada signala korišćenjem koncepta virtualne instrumentacije kao i mikroprocesorska mernoregulaciona tehnika. Član je međunarodne IEEE asocijacije i do sada je objavio više naučnih radova.



**Dr Miloš Živanov** rođen je u rođen je 1948. godine u Novom Sadu. Diplomirao je na Elektrotehničkom fakultetu, odsek za tehničku fiziku u Beogradu 1973 godine. Magistarsku tezu je odbranio 1978. god, a doktorsku 1992, na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu. Od 1994. godine je na Fakultetu tehničkih nauka.

**IMPLEMENTACIJA OPC PROGRAMSKE SPREGE U HETEROGENOM COM/.NET OKRUŽENJU****IMPLEMENTATION OF THE OPC INTERFACE BY MEANS OF COM/.NET INTEROPERABILITY**

Davor Šutić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – Rad obuhvata realizaciju OPC DA servera, pisanog u COM C++, i klijenta, pisanog u .NET C#, opis realizacije, analizu, rezultate ispitivanja i opis testova vršenih nad realizovanim rešenjem.

**Abstract** – This paper describes the implementation of an OPC DA server, written in COM C++, and a client application, written in .NET C#, observations and analysis regarding designed solution, and specification and results of various tests aimed to verify its functionality and performances.

**Ključne reči:** SCADA, COM, OPC, .NET, konfiguracija, komunikacija, veza, server, klijent

**Key words:** SCADA, COM, OPC, .NET, configuration, communication, connection, server, client

**1. UVOD**

Godine 1995. se prvi put sastao tek oformljeni razvojni tim OPC-a. Pri kraju iste godine je objavljena DA 1.0 specifikacija (*Data Access*). Danas, nakon više od decenije i po, OPC se nametnuo kao svetski standard za razmenu podataka i informacija između programskih komponenti. Uveliko se OPC ne koristi samo kao veza SCADA sistema i različitih vizuelnih programa. Sistemi za upravljanje procesima, MES i ERP sistemi danas koriste OPC sprege. Ne prenose se više samo podaci iz procesa ili pojedini parametri, nego se čitavi skupovi parametara, sekvence upravljanja, video signali i tome slično transportuju putem OPC-a.

OPC DA verzija 3.0 je trenutno aktuelna, međutim, pored nje postoje i mnoge druge specifikacije kao AE (*Alarms & Events*), HDA (*Historical Data Access*), Batch, DX (*Data eXchange*) kao i druge specifikacije koje uzimaju u obzir različite branše i tipove problema.

Koreni OPC-a su usko povezani sa operativnim sistemom Windows, firme Microsoft. Prvobitno značenje skraćenice OPC je bilo „OLE for Process Control“ i poticalo je od Microsoft-ove OLE tehnologije iz devedesetih godina. Međutim, uskoro je OLE smenjen od strane COM-a (*Component Object Model*) i DCOM-a (*Distributed Component Object Model*). Već od trenutka kada je OPC proširen XML-om i Web Servisima (specifikacije OPC EX i OPC XML-DA), verovatno čak i ranije, prvobitni akronim više nije odgovarao.

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Branislav Atlagić.**

Danas se pod skraćenicom OPC podrazumeva „Openess, Producivity and Collaboration“ i time sugerise manje upotrebu neke određene tehnologije, već više oznake otvorene, interoperabilne i produktivne OPC sprege. A saradnja (*collaboration*) se odnosi na saradnju firme OPC Foundation sa brojnim svetskim organizacijama za standardizovanje.

DCOM kao osnovna tehnologija svodi upotrebu OPC-a na nivou automatizacije (*automation level*) unutar mreže nekog preduzeća. XML i Web servisi uklanjaju to ograničenje, tako da podaci ostaju izolovani unutar mreže preduzeća, ali mogu da budu raspoloživi za međuplatformsku komunikaciju i internet. Tako je vizija o globalnoj interoperabilnosti dovela do razvoja OPC UA (*Unified Architecture*). OPC UA definiše ujedinjenje upotreba različitih OPC servera (DA, AE, ...) i klijenata za vertikalnu i horizontalnu razmenu podataka.

Ljudi unutar UA razvojne grupe govore o tome da cilj ujedinjene arhitekture nije revolucija, već evolucija. To znači da nije cilj da se „potisne“ dosadašnja tehnologija, već da se postepeno poboljšava, tako se, na primer, razvijaju tzv. omotači (*wrapper*) koji omogućavaju aplikacijama, koje su razvijene po starijim specifikacijama, da se ponašaju kao UA aplikacije.

Imajući u vidu da upotreba DCOM servera i klijenata ne opada i da se korisnici i dalje odlučuju za razvoj servera u DCOM-u, a tek ponekad klijenata u nekom od .NET-ovih alata, može se očekivati da će starije verzije i UA još dugo vremena koegzistirati na tržištu i upotrebi. Očigledno je da tome doprinosi i materijalna strana cele priče, jer se UA specifikacije i alati naplaćuju, dok je starije verzije moguće besplatno preuzeti sa sajta OPC Foundation..

**2. ANALIZA PROBLEMA**

Osnovni zadatak ovog rada jeste razvoj klijent – server arhitekture koja implementira OPC DA 3.0 specifikaciju. Takođe, jedan od ciljeva ovog rada je i istraživanje mogućnosti i granica interoperabilnosti programskog okruženja Microsoft .NET i programskog okruženja COM, odnosno DCOM.

Klijent je potrebno realizovati kao dinamičku biblioteku - DLL (*Dynamic Link Library*), kao i obezbediti istoj odgovarajući test program u obliku izvršne aplikacije – EXE. Zamisao je, da se klijentska biblioteka može, po potrebi, integrisati u nezavisnu korisničku grafičku spregu ili ugraditi u veću celinu sa individualnim potrebama, drugim rečima, cilj je da aplikacija koja bi koristila

biblioteku bude u stanju da komunicira sa bilo kojim OPC serverom koji podržava odgovarajuću specifikaciju. Između ostalog, priroda ovih kriterijuma, odnosno veća orijentisanost ka grafičkom prikazu i mogućnosti višestruke, nezavisne upotrebe rešenja, je uticala na izbor .NET programskog okruženja za realizaciju klijenta.

Server treba da bude izvršni COM server. Potrebno je obezbediti adekvatnu komunikaciju sa jedne strane sa klijentima, a sa druge sa „izvorom podataka“, tj jednim ili više uređaja koji će određene podatke i vrednosti izračunavati i činiti dostupnim serveru. Opet je glavna težnja da realizovano rešenje bude što samostalnije i lako prilagodljivo različitim namenama i mogućnostima konkretnih uređaja čije aktivnosti i rezultate server treba da prati.

Podaci koji se prikupljaju mogu biti analogni i digitalni. Informacije u tome se apstrahuju u vidu strukture OPC tačka (*OPC Item*) čiji je osnovni kriterijum razlikovanja ime tačke. Tačke se dalje grupišu u logičke celine – grupe (*OPC Group*), po potrebama klijenta.

Treba podržati mogućnost sinhrono i asinhrono komunikacije, čitanja i pisanja, kako kod servera tako i kod klijenta.

### 3. KONCEPT REŠENJA

Klijent treba da obezbedi sledeće funkcije i obavlja sledeća zaduženja:

1. povezivanje na zadati server
2. konfiguraciju i upravljanje tačkama i grupama
3. čitanje podataka sinhronim i/ili asinhronim putem
4. upisivanje (po potrebi i u slučaju da server dozvoljava) sinhronim i/ili asinhronim putem
5. priprema primljenih podataka za njihovu dalju upotrebu

Server treba da obezbedi sledeće funkcije i obavlja sledeća zaduženja:

1. generiše ili dobavlja vrednosti koje će da transfrpmiše u vrednosti tačaka – upravljanje tačkama
2. vrši upravljanje grupama
3. na zahtev klijenta, automatski ga obaveštava pri svakoj promeni određenih tačaka
4. sinhrona i asinhrona distribucija informacija i podataka

Parametri povezivanja na server su jedinstvena indentifikacija servera i njegova mrežna adresa. U slučaju nemogućnosti uspostavljanja veze, klijentu se vraća odgovarajuća poruka o izuzetku do kojeg je došlo.

Ako je došlo do uspešnog povezivanja, može se preći na akviziciju podataka. Kada klijent definiše grupu tačaka, dodaće se OPC grupa na serveru. Nakon toga se za svaku dodatu tačku dodaje OPC tačka u odgovarajuću OPC grupu na serveru.

Klijent ima mogućnost da se „pretplati“ na podatke, nakon čega će mu server automatski slati sveže informacije čim dođe do promene OPC tačke. Ako je mehanizam pribavljanja podataka sinhron, proces klijenta će se suspendovati dok server ne stavi traženi podatak na raspolaganje ili ne završi ažuriranje tačke. A, ako se

pribavljanje vrši asinhrono, do suspenzije klijenta neće doći, već će server, nakon što izvrši zadatak, klijenta asinhrono da obavesti o rezultatima.

Nakon prestanka pribavljanja podataka i komunikacije, klijent prekida „pretplatu“, u slučaju da je „pretplaćen“, prekida se i osluškivanje servera, ako on eventualno treba da dovrši neku asinhronu operaciju. Uklanjanjem grupa i tački na klijentu, iste se uklanjaju i na serveru, tj. preciznije, uklanjaju se samo grupe, kao logički sadržioc i tački, dok tačke nije moguće ukloniti pristupom ili komandom sa klijenta.

### 4. REALIZACIJA

Osnovni pojmovi OPC arhitekture su server, grupa i tačka. Standardom OPC DataAccess 3.0 je propisano koje funkcionalnosti treba da obezbede pojedine komponente. Prototipi sprega i metoda koje oni implementiraju, kao i nužni tipovi podataka su sadržani u bibliotekama *opccomm.idl* i *opcda.idl* pisane na jeziku za definisanje sprega (*Interface Definition Language – IDL*). IDL je izabran zbog jezičke nezavisnosti i posebno učestale primene u programskim komponentama koje koriste RPC (*Remote Procedure Call*).

Tako OPC server, kao središte sistema treba da implementira sledeće sprega:

- IOPCServer
- IOPCBrowse
- IOPCItemIO
- IConnectionPointContainer

A OPC grupa sledeće:

- IOPCGroupStateMgt
- IOPCGroupStateMgt2
- IOPCItemMgt
- IOPCSyncIO
- IOPCSyncIO2
- IOPCASyncIO2
- IOPCASyncIO3
- IOPCItemDeadbandMgt
- IOPCItemSamplingMgt (opcionarno)
- IConnectionPointContainer

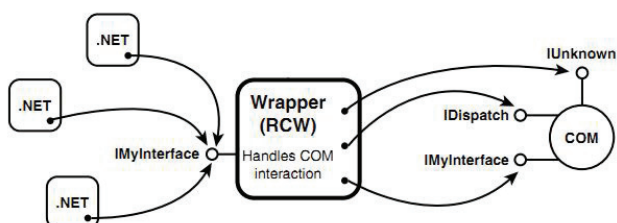
Implementacija OPC tački je prepuštena u potpunosti serveru i klijentu, svakom pojedinačno u skladu sa njegovim potrebama. Razlog za to jeste da OPC standard definiše enkapsulacije koje se koriste u komunikaciji i prenosu podataka, tj ne nameće komponentama pravila implementacije.

Klijent je realizovan u programskom jeziku C# u programskom okruženju Microsoft .NET pod imenom projekta OPCClient.

Pravila komunikacije dve potpuno različite paradigme programiranja su izuzetno složena i iziskivala bi veliki napor i nestandardizovana, tj vrlo specifična, rešenja. Zato je velika pogodnost što je firma Microsoft pri razvoju .NET programskog okruženja posvetila posebnu pažnju obezbeđivanju načina da novopečeni .NET može da interreaguje sa ustaljenim paradigmama COM-a. I zaista, uspeali su da stvore mehanizam koji skoro potpuno apstrahuje činjenicu da COM ne komunicira sa drugim COM objektima, već se potpuno integriše u platformske i

jezičke nezavisnosti i paradigme .NET programskog okruženja, uz naravno pojedine izuzetke, koji su možda čak i zanemarljivi, ako se uzme u obzir složenost poduhvata.

Taj mehanizam se zove omotač (*RCW – Runtime Callable Wrapper*). RCW ima ulogu posrednika ka COM objektima, a ponaša se kao i svaki drugi .NET objekat. Rezultat interakcije je da učesnici komunikacije nikad ne treba da znaju za paradigmatki jaz između njih.



Slika 1: .NET klijenti pozivaju metode omotača, koji enkapsulira kompleksnosti COM tehnologije

Korišćen je alat po imenu „Type Library Importer“ koji je podrazumevano integrisan u programski paket Visual Studio i dostupan po instalaciji. Ovaj alat služi za konvertovanje definicija tipova i sprega, koji se nalaze u određenoj COM biblioteci tipova, u ekvivalentne definicije prihvatljive za CLR (*Common Language Runtime*). Rezultat izvršavanja je binarna datoteka koja sadrži međupodatke (*runtime metadata*) o tipovima definisanim unutar prvobitne biblioteke.

Ovaj alat je potreban da bi se biblioteke koje definišu OPC standard, a koje su pisane za COM, mogle koristiti u .NET programskom okruženju. Na taj na način klijent može da koristi sprege koje implementira COM server i da prima događaje od istog.

Međutim, zbog gore pomenute složenosti postupka prosleđivanja (*marshalling*), konverzija tipova nije trivijalna stvar. Jedan od razloga za to je, da je koncept pokazivača na memorijske lokacije napušten, kao zastareo, nesiguran i prevaziđen, tako da se argumenti metoda tipa pokazivača preslikavaju u argumente sa ključnom rečju „by ref“, što je način za prosleđivanje argumenata po referenci. Ali, stvar se komplikuje u slučaju pokazivača na pokazivač, jednog ili više, jer tada se taj tip podataka tretira kao IntPtr tip u .NET programskom okruženju. IntPtr predstavlja adaptaciju koncepta pokazivača na okruženje u kome postoji sakupljač đubreta (*garbage collector*). Međutim, iako je, kao i za gotove sve tipove u .NET okruženju, obezbeđeno mnoštvo operacija i funkcionalnosti, ipak, korišćenje IntPtr strukture zahteva dodatne napore da se ručno prosleđuju, tj, bolje rečeno, iz memorije ekstraktuju, podaci. Bilo kako bilo, IntPtr je vrlo korisno i u pojedinim slučajevima nezaobilazno koristiti. Svemu ovome se dodaje još mnoštvo pojedinih slučajeva, kao na primer niz kao argument metode, COM okruženje to prikazuje samo kao pokazivač na tip elementa niza, ako je niz ulazni parametar, ili kao pokazivač na pokazivač na tip elementa niza, ako je izlazni parametar. COM okruženje se s tim savršeno snalazi, jer se uvek metodi daje još jedan argument koji predstavlja veličinu niza, a u .idl datoteci,

koja opisuje dati COM objekat, se specificira da je neki argument niz date veličine. U .NET okruženju se to ne vidi i Type Library Importer će takav slučaj da tretira kao da je običan pokazivač na jedan element u pitanju ili kao IntPtr strukturu, ako je višestruki pokazivač.

Srećom, postoje alati koji su predviđeni za dodatno sređivanje binarne datoteke koju Type Library Importer da kao izlaz. Reč je tandemu alata, ilasm (*Intermediate Language Assembler*) i ildasm (*Intermediate Language Disassembler*), takođe integrisanih u programski paket Visual Studio. Naime, međukod iz pomenute binarne datoteke se pomoću ilasm alata prevodi u poseban jezik – MSIL (*Microsoft Intermediate Language*) koji čovek može da tumači. MSIL predstavlja skup instrukcija koji ne zavisi od fizičke arhitekture, a da bi mogao da bude izvršen, mora da se prevede u oblik koji odgovara pojedinoj fizičkoj arhitekturi, to se postiže uglavnom JIT prevodiocima (*Just-in-Time compiler*). Format tog jezika je dosta sličan IDL-u. Dakle, ilasm daje datoteku koja sadrži tipove, metode i sprege u MSIL-u, ta datoteka se može čitati i menjati u proizvoljnom uređivaču teksta. Na taj način se ručno razrešavaju konflikti i višesmislenosti koje su nastale prosleđivanjem biblioteke (*marshalling*) iz COM okruženja u .NET okruženje. Tako izmenjena datoteka se sačuva i, koristeći ildasm alat, prevodi nazad u oblik biblioteke za .NET okruženje, najčešće je to oblik deljene biblioteke (DLL), ali to zavisi od korisnika, jer postoji više opcija.

Dobijena deljena biblioteka (DLL) je pogodna za integraciju OPC sprege u klijent aplikaciju, otkrivajući sve sprege i tipove i prepuštajući dalju komunikaciju sa predstavnikom (*proxy*) servera podrazumevanoj podršci interoperabilnosti, koja je potpuno transparentna kako za klijenta tako i za server.

Povezivanje sa serverom se vrši tako što se dobavi referenca na aktivan udeljeni objekat. To se postiže korišćenjem klase Activator, konkretno metode CreateInstance. Da bi to ispravno funkcionisalo, server i odgovarajuća predstavnička (*proxy/stub*) biblioteka moraju biti registrovani u Registry-u operativnog sistema, a korisniku klijenta mora biti poznat taj unos, ime servera ili njegov ProgID.

Nakon uspešnog povezivanja, klijent može da dodaje grupe i tačke. Metode koje to obezbeđuju, AddGroup i AddItems, respektivno, se mogu podeliti u tri segmenta: u prvom delu se vrši provera validnosti ulaznih argumenata i njihova priprema za slanje preko granice procesa; drugi deo se bavi pozivanjem odgovarajuće metode na serveru; a u trećem segmentu se proverava validnost međuprocenog poziva i povratnih vrednosti, kao i lokalna obrada i upravljanje dobijenim podacima, npr smeštanje u liste ili pakovanje u apstraktnije strukture podataka.

Grupisanjem tačaka u grupe, klijent može da upravlja tačkama. Za to su predviđene operacije čitanja i pisanja vrednosti, koje mogu biti sinhrono i asinhrono. Sinhrono operacije blokiraju klijentsku nit dok se ne izvrše, dok asinhrono pošalju zahtev i klijent nastavlja rad osluškajući događaje koji nose povratnu informaciju. Sinhrono operacije se sastoje od ista tri segmenta kao i operacije

dodavanja grupa i tačaka, međutim, asinhrono same po sebi sadrže samo prva dva pomenuta segmenta, dok je treći izdvojen u metodu čiji se delegat poziva kad nastupi odgovarajući događaj koji server poziva kad se upis ili čitanje kompletira.

Ovde treba istaći još jednu razliku paradigmi, pošto nije predviđeno da COM server poziva direktno metode klijenta, uveden je koncept tačke povezivanja (*ConnectionPoint*). Na taj način se klijent može upisati da osluškuje server i da implementira spregu čije će metode server da poziva, ako treba da se obrati klijentu samoinicijativno. Taj koncept se mapira u mehanizam događaja (*events*) u .NET okruženju. Mada opet je potrebno da se klijent upiše na osluškivanje servera.

Pored ovoga, postoji i mehanizam koji omogućava da se klijent „pretplati“ da prima promene tačaka. Tada server u određenim intervalima šalje klijentu sveže informacije o tačkama koje klijent prati.

Server je realizovan u programskom jeziku C++ u tehnologiji COM. Pri razvoju je korišćen Microsoft ATL (*Active Template Library*) što predstavlja skup klasa pisanih u C++ na osnovi šablona (*template based class*) koji olakšava kreiranje i upravljanje COM objektima. Međutim, kako je COM prilično složena tehnologija, nažalost, postoji mnogo slučajeva korišćenja, gde postojanje predefinisiranog koda nije od gotovo nikakve koristi, pa su česte situacije kada je lakše i efikasnije napisati kod „od nule“.

Unutar projekta su definisana dva COM objekta, OPCGroup i Server. Kao COM objekti moraju da implementiraju određene sprege, a one su gore navedene. Takođe, oba objekta implementiraju tačke povezivanja. Pored njih, postoji i niz „običnih“, bolje rečeno pomoćnih, objekata, kao npr GroupCache.

OPC sprege i tipovi su uvezeni iz za to predviđenih .idl datoteka. Sam projekat dodaje još svoju .idl datoteku u rešenje. Pomoću svih tih .idl datoteka, tj njihovim prevodnjem, generišu se pomoćne .h datoteke sa sufixima „\_i“ i „\_p“, koje se koriste da bi se napravila deljena biblioteka (DLL) koja predstavlja predstavnika (*proxy/stub*) za dati server, i kao takva treba takođe da se upiše u Registry operativnog sistema, što se vrši programom regsvr32.exe. Sam server se registruje po njegovom prevodnju automatski, međutim, ipak je eksplicitno napisan detaljan komandni tekst koji vrši registraciju. Registracija prevedenog servera se vrši iz komandne linije, pozivanjem putanje programa sa argumentom „/regserver“.

Integracija servera sa spoljnim komponentama za razmenu podataka je realizovana tako što je predviđena sprega kojom spoljni uređaji mogu da dodaju tačke u skup tačaka kojima server raspolaze i da ih uklanjaju. Svi objekti tačaka moraju da budu izvedeni iz apstraktne klase IItem, kako bi se omogućilo njihovo uniformno korišćenje.

Metode su pisane u potpunosti u duhu COM tehnologije, tj nesvesne da komuniciraju sa .NET programskim okruženjem, što realizovani server čini upotrebljivim i sa klijentima pisanim u COM tehnologiji.

## 5. TESTIRANJE

Test curenja memorije vršen je programskim alatom VisualLeakDetector, ugrađenim u Visual C++ okruženje Visual Studio-a.

Testovima performansi je proveravano vreme koje je potrebno sistemu da obradi neki skup tačaka određeni broj puta. Utvrđeno je da je čitanje sporije od upisa, tako za slučaj obrade skupa od 2000 tačaka, 1000 puta, za čitanje je potrebno 5s, a za upis 1.5s. Glavna razlika potiče od načina implementacije metoda. Eventualni gubici i varijacije u vremenu se objašnjavaju propagacijom između tehnologija (*marshalling*) i činjenicom da .NET okruženje uvodi samo po sebi dodatne operacije i servise, kao na primer konstantno upravljanje memorijom. A razlika u vremenu koja nastaje usled povećanja skupa tačaka se objašnjava gubicima usled dohvaćanja i održavanja skupa tačaka sa strane servera.

Sistem se pokazao kao stabilan i pod opterećenjem mnogo veće količine obrada tačaka (~1.000.000), kao i dužeg neprekidnog rada.

## 6. ZAKLJUČAK

Opisano rešenje zadovoljava početne zahteve, pružajući standardan okvir za sve buduće aplikacije koje zahtevaju programsku spregu korišćenjem OPC protokola.

Rešenje omogućava sinhronu i asinhronu razmenu podataka, kao i upravljanje grupama i tačkama. Klijent i server nisu upućeni jedan na drugi, razvijani su da mogu da rade sa drugim aplikacijama.

Dalja unapređenja bi podrazumevala implementaciju dodatnih funkcionalnosti propisanih OPC spregom, proširenja skupa testova performansi kao i testiranje na realnoj aplikaciji.

## 7. LITERATURA

1. Nathan Adam, .NET and COM: the complete interoperability guide, Indianapolis, Indiana, 2002.
2. Dale Rogerson, Inside COM, Redmond Washington, 1997.
3. OPC DA specification 3.0
4. Kimmel Paul, Advanced Programming in C#, Chicago, Illinois, 2002.

### Kratka biografija:



**Davor Šutić** rođen je u Sarajevu 1987. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva - Računarske tehnike i računarske komunikacije odbranio je 2011. godine.

**RETROAKTIVNA ANALIZA STAVOVA KLIJENATA TURISTIČKE AGENCIJE  
POSTUPKOM KLASTEROVANJA****CLUSTERING BASED RETROACTIVE ANALYSIS OF CLIENT'S ATTITUDES IN  
TOURIST AGENCY**

Milovan Tomašević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U ovom radu je prikazan deo rezultata master rada koji se bavi primenom metoda analize i istraživanja podataka u poslovanju turističke agencije. Metoda klasterovanja primenjena je na retroaktivno prikupljene podatke sa ciljem da se ponuda agencije prilagodi očekivanjima klijenata. Korišćen je alat RapidMiner za klasterovanje podataka koje je turistička agencija "Modena Travel" prikupila od 2335 klijenta sa ekskurzija u Španiju u 2009 godini. Rezultati pokazuju da je moguće formirati model od 5 klastera koji grupišu klijente sa karakterističnim stavovima.

**Abstract** – This paper presents a part of the master thesis dealing with data mining methods application to tourist agency business process. Clustering method was applied in order to analyse the data collected retroactively from clients with the goal to adjust the agency offers to clients's expectations. The RapidMiner tool was used to perform clustering of a collection of data which tourist agency "Modena Travel" has collected from 2335 clients that went to excursions to Spain in year 2009. The results show that it is possible to form a model consisting of 5 clusters, which groups clients with specific needs.

**Ključne reči:** turizam, istraživanje i analiza podataka, retroaktivna analiza, klasterovanje

**1. UVOD**

Ovaj rad predstavlja deo master rada [1] u kome su analizirane mogućnosti i zahtevi korišćenja tehnika analize i istraživanja podataka u poslovanju turističke agencije.

U prvom delu master rada dat je prikaz modela segmenta informacionog sistema koji omogućuje da se prikupe podaci o stavovima klijenata u retrospektivnoj fazi sa ciljem unapređenja poslovanja u budućnosti. To su pitanja na koja se, putem ankete, odgovara u povratku sa putovanja i imaju za cilj da prikupe podatke kojim klijenti ocenjuju svoje zadovoljstvo ili nezadovoljstvo konzumiranjem uslugom. Model, pored detaljne specifikacije podsistema za podršku radu sa anketama, obuhvata i funkcionalnost analize i istraživanja podataka kao jednu svoju komponentu. Pokazano je da tehnike analize i istraživanja podataka mogu biti uspešno primenjene u oblasti turizma, naročito u vezi sa strateškim marketingom. Pri tome su korišćene metode klasterovanja i metode klasifikacije. U

ovom radu prikazan je deo rezultata koji obuhvata retroaktivnu analizu stavova klijenata primenom klasterovanja.

Model je verifikovan putem studije slučaja u kojoj je analiziran skup podataka prikupljen u turističkoj agenciji „Modena Travel“ u toku 2009. godine. Podaci obuhvataju ankete sprovedene nad 2335 ispitanika kojima ispitanici ocenjuju kvalitet ekskurzije u Španiji. Skup podataka sadrži 23 atributa.

Korišćen je alat za izvršavanje tehnika istraživanja podataka je RapidMiner koji predstavlja okruženje za mašinsko učenje i istraživanje podataka.

Primenom metoda istraživanja i analize podataka u okviru ovog rada zaključeno je da se najbolji rezultati dobijaju kada se koristi model sa pet klastera. Uz pomoć ovakvog modela je zaključeno da turistička agencija treba da obrati najviše pažnje na svoje vodiče kao i da ispitanici koji nisu bili zadovoljni čistoćom smeštaja i autobuskim prevozom ocenjuju aranžman kao loš.

Rad se sastoji iz pet poglavlja. Prvo poglavlje je uvod u rad. U drugom poglavlju opisan je korišćen skup podataka koji se analizira. U trećem poglavlju opisan je postupak klasterovanja i analiza dobijenih rezultata. Četvrto poglavlje predstavlja zaključak u kojem je sumiran zadat i gde su navedeni najbolje postignuti rezultati. U petom poglavlju rada je dat spisak korišćene literature.

**2. SKUP PODATAKA AGENCIJE „MODENA TRAVEL“**

Iz dobijenih anketa su izdvojeni su atributi i napravljen skup podataka. Ako je neka od destinacija jako loša biće ocenjena sa 1 a u slučaju da destinacija odlična, biće ocenjena sa ocenom 5. Skup podataka sadrži 23 atributa koji će biti detaljno reprezentovani u nastavku teksta. Atributi su ordinalnog i nominalnog tipa. Ocena predstavlja ocenu kvaliteta ekskurzije i predstavljena je celim brojem. Informacije o atributima date su Tabeli 1.

**3. PRIMENA POSTUPKA KLASTEROVANJA I DISKUSIJA REZULTATA**

Klasterovanje je vrsta nenadgledanog učenja koja ima za cilj pronalaženje šablona (strukture) u neobebeženim podacima [2, 3].

Gruba definicija klasterovanja je sledeća. *Klasterovanje je proces organizovanja objekata u grupe čiji članovi su na neki način slični.* Klaster je dakle kolekcija (grupa) objekata koji su "slični" međusobno, ali "različiti" od objekata koji pripadaju drugim klasterima [3].

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je dr Zora Konjović, red. prof.

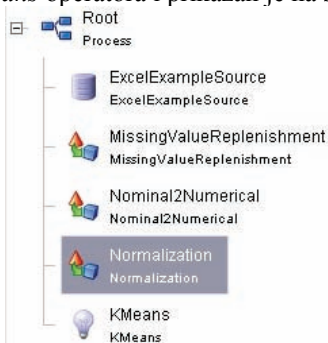
Naziv	Značenje	Tip	Vrednost	Napomena
<i>L hrana</i>	<i>Ocena hrane u Loret de Mar</i>	ordinalni	1,2,3,4,5	
<i>L cistoca</i>	<i>Ocena čistoće u Loret de Mar</i>	ordinalni	1,2,3,4,5	
<i>L soba</i>	<i>Ocena soba u Loret de Mar</i>	ordinalni	1,2,3,4,5	
<i>L osoblje</i>	<i>Ocena osoblja u Loret de Mar</i>	ordinalni	1,2,3,4,5	
<i>A prevoz</i>	<i>Ocena autobusa - preoza</i>	ordinalni	1,2,3,4,5	
<i>A cistoca</i>	<i>Ocena autobusa - čistoće</i>	ordinalni	1,2,3,4,5	
<i>A tacnost</i>	<i>Ocena autobusa - tačnosti</i>	ordinalni	1,2,3,4,5	
<i>V prezentacija</i>	<i>Ocena vođića – njegove prezentacije</i>	ordinalni	1,2,3,4,5	
<i>V organizacija</i>	<i>Ocena vođića – njegove organizacije</i>	ordinalni	1,2,3,4,5	
<i>Pol</i>	<i>muško/žensko</i>	nominalni	m/ž	
<i>Starost</i>	<i>Broj godina</i>	ordinalni	1 - 18-25 2 - 25-30 3 - 30-35 4 - 35-40 5 - 40+	
<i>Fakultet</i>	<i>Ocena hrane u Loret de Mar</i>	nominalni	slova A-Z	
<i>Ocena</i>	<i>Konačna ocena destinacije</i>	ordinalni	1,2,3,4,5	Ukupan utisak za destinaciju
<i>Panorama</i>	<i>Ocena panorame u Španiji</i>	ordinalni	1,2,3,4,5	
<i>Shopping</i>	<i>Ocena šopinga</i>	ordinalni	1,2,3,4,5	
<i>Sl. vreme</i>	<i>Ocena slobodnog vremena u toku ekskurzije</i>	ordinalni	1,2,3,4,5	
<i>Kosta Brava</i>	<i>Ocena obilaska Kosta Brava</i>	ordinalni	1,2,3,4,5	
<i>Disko</i>	<i>Ocena noćne zabave</i>	ordinalni	1,2,3,4,5	
<i>Port Aventura</i>	<i>Ocena zabavnog parku Port Aventura</i>	ordinalni	1,2,3,4,5	
<i>La Siesta</i>	<i>Ocena plesa u La Siesti</i>	ordinalni	1,2,3,4,5	
<i>Nou Kamp</i>	<i>Ocena Nou Kampa u Barseloni</i>	ordinalni	1,2,3,4,5	
<i>Akvarijum</i>	<i>Ocena akvarijuma u Barseloni</i>	ordinalni	1,2,3,4,5	

Tabela 1. Atributi

U ovom radu klasterovanje je korišćeno sa ciljem da se klijenti grupišu u grupe koje imaju slične stavove po pojedinačnim aspektima ekskurzije u Španiju na osnovu skupa podataka opisanog u odeljku 2. Algoritam za klasterovanje korišćen u ovom radu je algoritam K-sredina.

### 3.1. Primena postupka klasterovanja

Postupak klasterovanja u RapidMiner alatu [4] izvršen je pomoću *KMeans* operatora i prikazan je na slici 2.



Slika 2. Proces sa *KMeans* operatorom

Podaci su zadati u *xls* formatu pa za njihovo učitavanje koristimo operator *ExcelExampleSource*. U ovom slučaju se atribut *ocena* nije označen kao kao klasno obeležje

(*label*) zato što na taj način ovaj atribut učestvuje u postupku formiranja klastera koji će u nastavku teksta biti analizirani.

Da bi se izvršilo ujednačavanje podataka, u prvom koraku izvršena je njihova normalizacija primenom operatora normalizacije (*Normalization*) (Slika 2). Postupkom normalizacije su atributi koji imaju različite raspone transformisani u attribute koji imaju istu srednju vrednost i standardnu devijaciju.

Najvažniji parametar za algoritam K-sredina je parametar *k* koji govori u koliko će klastera podaci biti raspoređeni.

U eksperimentima vršenim u master radu prvo je izvršeno klasterovanje u 2 klastera ( $k=2$ ). Dobijeni rezultati nisu omogućavali da se uoče korisni obrasci, izuzev zakonitosti da formirane grupe daju različite ocene za attribute koji opisuju kvalitet aranžmana (Tabela 1.) [1]. Uzimajući u obzir činjenicu da je ukupan kvalitet ocenjivan ocenama 1 do 5, pristupilo se formiranju novog modela klasterovanja za 5 klastera ( $k=5$ ).

Na slici 3. je prikazan model koji se dobija na ovaj način, na slici 4. tabelarni prikaz vrednosti centroida atributa po klasterima, a na slici 5. grafik na kojem su predstavljeni centroidi klastera.

Da bi se odredio način na koji su klijent iz svakog klastera ocenjivali kvalitet ekskurzije korišćeni su kao ulazni podaci *ExampleSet* sa sačuvanim klasterima i formirana je uporedna tabela za oznaku klastera i atribut ocena. Ovaj postupak je prikazan na slici 6, a dobijeni rezultati (rezultati pivotinga po atributu ocena za pet dobijenih klastera ) na slici 7.

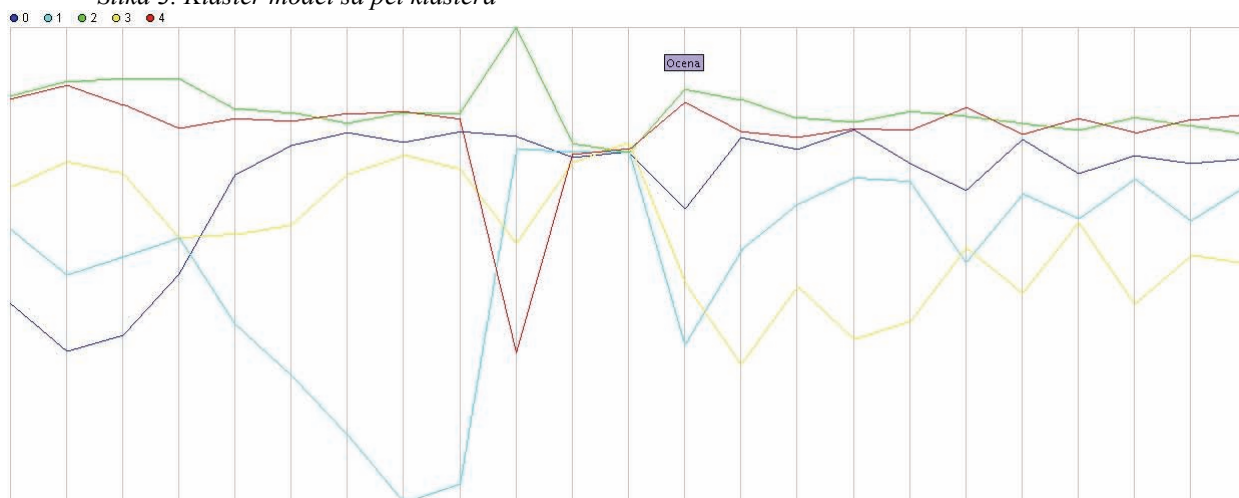
### Cluster Model

Cluster 0: 397 items  
 Cluster 1: 171 items  
 Cluster 2: 1003 items  
 Cluster 3: 232 items  
 Cluster 4: 532 items  
 Total number of items: 2335

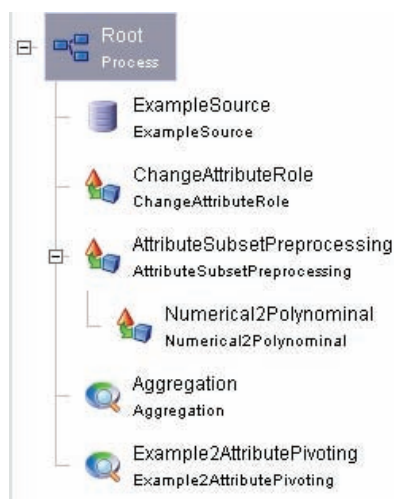
Attribute	cluster_0	cluster_1	cluster_2	cluster_3	cluster_4
L hrana	-0.967	-0.499	0.348	-0.234	0.327
L cistoca	-1.266	-0.785	0.435	-0.073	0.410
L soba	-1.170	-0.672	0.457	-0.145	0.290
L osoblje	-0.783	-0.552	0.455	-0.549	0.144
A prevoz	-0.150	-1.095	0.262	-0.530	0.201
A cistoca	0.035	-1.422	0.238	-0.471	0.188
A tacnost	0.114	-1.798	0.174	-0.152	0.230
V prezentacij	0.052	-2.224	0.237	-0.030	0.242
V organizaci	0.116	-2.112	0.235	-0.114	0.198
Pol	0.090	0.009	0.778	-0.588	-1.281
Starost	-0.042	-0.008	0.046	-0.073	-0.020
Fakultet	-0.011	-0.007	-0.010	0.047	0.008
Ocena	-0.368	-1.225	0.387	-0.835	0.303
Panorama	0.082	-0.628	0.323	-1.351	0.120
Soping	0.012	-0.338	0.206	-0.857	0.085
Sl. Vreme	0.132	-0.174	0.180	-1.189	0.136
Kosta Brava	-0.082	-0.191	0.245	-1.078	0.131
Disko	-0.251	-0.708	0.217	-0.615	0.274
Dali	0.073	-0.276	0.172	-0.900	0.102
Port Aventur	-0.143	-0.432	0.129	-0.459	0.202
La Siesta	-0.032	-0.179	0.207	-0.971	0.114
Nou Kamp	-0.080	-0.444	0.156	-0.663	0.197
Akvarijum	-0.056	-0.222	0.104	-0.713	0.229

Slika 3. Klaster model sa pet klastera

Slika 4. Deo centroid tabele za pet klastera



Slika 5. Centroid plot za pet klastera



Slika 6. Postupak formiranja uporedne tabele

Row No.	Ocena	count(cluster)_cluster_0	count(cluster)_cluster_1	count(cluster)_cluster_2	count(cluster)_cluster_3	count(cluster)_cluster_4
1	2	3	8	1	4	0
2	3	24	32	3	23	6
3	4	213	98	219	140	145
4	5	191	36	742	73	373

Slika 7. Rezultati pivotinga po atributu ocena

Nakon analize modela sa pet klastera izvršena je analiza sa osam klastera kojom kao u slučaju sa dva klastera nije dala "skrivena" informacije.

### 3.2. Diskusija rezultata

Iz tabele sa slike 7. vidi se sledeće:

- Za cluster\_2 ≈77% ispitanika je davalo ocenu 5
- Za cluster\_4 ≈71% ispitanika je davalo ocenu 5
- Za cluster\_1 ≈4% ispitanika je davalo ocenu 2

Za cluster\_2 i cluster\_4 najveći broj ispitanika je dao ocenu 5, a cluster\_1 ima procentualno najveći broj ispitanika koji su dali ocenu 2 koja je najniža data ocena dok cluster\_4 nema ni jednu datu najnižu ocenu.

Sa slike 5. izvršena analiza pojedinačnih klastera.

Pripadnici prvog klastera (cluster\_0) imaju sledeće osobine:

- Daju ukupnu ocenu kvaliteta aranžmana blisku prosečnoj
- Daju vrlo niske ocene za usluge hotela
- Daju prosečnu ocenu za noćni život
- Ostale ocene su približne ocenama ispitanika iz klastera sa najvišom ocenom kvaliteta aranžmana

Pripadnici drugog klastera (cluster\_1) imaju sledeće osobine:

- Daju najnižu ocenu za ukupan kvalitet aranžmana
- Veoma su nezadovoljni organizacijom i prezentacijom vodiča
- Manje su zadovoljni hotelom i izletima

Pripadnici trećeg klastera (cluster\_2) i petog klastera (cluster\_4) imaju sledeće osobine:

- Daju najvišu ukupnu ocenu za kvalitet aranžmana
- Podjednako su zadovoljni svim aspektima aranžmana
- Razlikuju se samo po polu – pripadnici ova dva klastera su različitog pola

Pripadnici četvrtog klastera (cluster\_3) imaju sledeće osobine:

- Daju niske ocene za ukupan kvalitet aranžmana
- Daju veoma niske ocene za izlete
- Nisu nezadovoljni uslugama hotela koliko je to slučaj kod pripadnika prvog i drugog klastera.

Na osnovu ove analize mogu se izvesti sledeći zaključci koji će pomoći da se ponuda prilagodi očekivanjima klijenata.

1. Niska ocena organizacije i prezentacije vodiča najviše je zastupljena u klasteru koji karakteriše niska ocena celokupnog aranžmana.
2. Čistoća smeštaja i kvalitet autobusnog prevoza takođe utiču značajno da se aranžman oceni kao loš.

### 4. ZAKLJUČAK

U radu je primenjena tehnika klasterovanja za dobijanje informacija o ocenjivanju kvaliteta turističke usluge od strane klijenata i karakteristikama klijenata koji različito ocenjuju kvalitet turističke usluge.

Za klasterovanje je korišćena metoda K-means i, na osnovu eksperimenata izvršenih za 2, 5 i 8 klastera, zaključeno je da se najkorisniji rezultati dobijaju kada se podaci podele u 5 klastera.

Daljom analizom podataka u klasterima zaključeno je da turistička agencija treba da obrati najviše pažnje na svoje vodiče jer je niska ocena organizacije i prezentacije vodiča najviše zastupljena u klasteru koji karakteriše niska ocena celokupnog aranžmana.

Takođe je utvrđeno da ispitanici koji nisu bili zadovoljni čistoćom smeštaja i autobusnim prevozom ocenjuju aranžman kao loš. Na osnovu ovih podataka može se zaključiti da turistička agencija treba mnogo više pažnje da posveti pristupu putnicima a da se manje fokusira na fakultativne izlete, što se pre analize smatralo vrlo važnim aspektom.

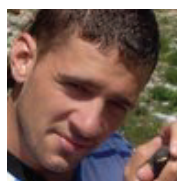
Dalji pravci rada mogu se klasifikovati u dve grupe. Prva grupa je unapređenje sistema za prikupljanje podataka koji bi, pored podataka prikupljenih od klijenata agencije, trebali da obuhvate i podatke kojima se može istraživati i tržište i konkurencija, razvoj servisa kojima bi se podržala interakcija sa klijentima i unapredilo informisanje klijenata o ponudi turističke agencije („push“ pristup).

Druga grupa obuhvata razvoj modela analize i istraživanja podataka koji bi se primenjivali ne samo u retroaktivnoj fazi, već i u drugim fazama kontakata sa klijentom, kao i modela kojima bi se vršila analiza podataka koji ne opisuju ponašanje klijenta već i druge aspekte relevantne za poslovanje (ponuda turoperatera, transportnih kompanije i sl.)

### 5. LITERATURA

- [ 1 ] M. Tomašević, „Primena metoda za istraživanje i analizu podataka u poslovanju turističke agencije“, Diplomski-master rad, Univerzitet u Novom Sadu Fakultet tehničkih nauka, 2011.
- [ 2 ] P-N. Tan, M. Steinbach, V.Kumar, „Introduction to Data Mining“, Addison-Wesley, 2005.
- [ 3 ] “A Tutorial on Clustering Algorithms”, Internet, [http://home.dei.polimi.it/matteucc/Clustering/tutorial\\_html/](http://home.dei.polimi.it/matteucc/Clustering/tutorial_html/), pristupljeno oktobar 2011.
- [ 4 ] RapidMiner, <http://rapid-i.com/>, Internet, pristupljeno oktobar 2011.

### Кратка биографија:



**Milovan Tomašević** je rođen 1987. godine u Somboru. Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu je upisao 2006. godine. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz uže naučne oblasti Primenjene računarske nauke i informatika, disciplina analiza i istraživanje podataka odbranio je 2011. god.

**ENERGETSKI EFIKASNI SVETLOSNI IZVORI ZA ULIČNO OSVETLJENJE**  
**ENERGY EFFICIENT LIGHT SOURCES FOR STREET LIGHTING**Silvia Bajić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U ovom radu izvršena je analiza električnih izvora svetlosti za ulično osvetljenje. Opisane su različite vrste električnih izvora svetlosti kako bi se sagledale prednosti nekih izvora. Obradeni su energetski efikasni izvori svetlosti za ulično osvetljenje.

**Abstract** – This work is an analysis of electric light sources for street lighting. Describes the various types of electric light sources in order to realize the benefits of some sources. The study included energy efficient light sources for street lighting.

**Ključne reči:** Energetska efikasnost, izvori svetlosti

**1. UVOD**

Energetska efikasnost se može definisati kao skup mera čiji je cilj korištenje minimalne količine energije bez narušavanja uslova rada i življenja. Moderno društvo osvetljava svoju okolinu kako bi ispunilo svoje svakodnevne životne aktivnosti uz obezbeđenje potrebne sigurnosti u noćnom kretanju po ulicama i putevima, a takođe i radi osvetljavanja istorijskih spomenika i znamenitosti. Noćna rasveta je postala neizostavna kategorija aktivnosti našeg društva, međutim ova situacija ima i svoje neželjene efekte. Prema podacima Ministarstva rudarstva i energetike Republike Srbije ukupna godišnja potrošnja električne energije javnog osvetljenja u Srbiji iznosi oko 350GWh što predstavlja 2,3% industrijske potrošnje električne energije ili 1,1% ukupne potrošnje električne energije. Ova potrošnja je vrlo visoka i daleko iznad proseka evropskih zemalja [1]. Uvažavajući ove činjenice, ušteda električne energije je postala značajna stavka s obzirom na rastuću potrošnju električne energije i troškova za nju i zbog uticaja na životnu sredinu.

Energetski efikasno osvetljavanje ulica i puteva podrazumeva primenu savremenih principa osvetljavanja pomoću kojih se ostvaruje optimalno korišćenje električnog osvetljenja. Uštede se mogu ostvariti i upotrebom energetski efikasnih izvora svetlosti.

**2. ELEKTRIČNI IZVORI SVETLOSTI**

Električni izvori svetlosti su veštački izvori svetlosti koji električnu energiju transformišu u svetlosnu energiju. Prema vrsti procesa u kome se vrši ova transformacija, električni izvori svetlosti se mogu podeliti na:

**NAPOMENA:**

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

- Izvore svetlosti sa užarenom niti (inkandescentni izvori)
- Izvore svetlosti na električno pražnjenje (luminiscentni izvori)

Izvori svetlosti sa užarenom niti koriste princip termičkog zračenja. Struja protiče kroz metalnu nit koja se zagreva i pri tome emituje zračenje. Termičko zračenje ima kontinualan spektar zračenja koji je definisan kao funkcija temperature i faktora emisije materijala. Količina infracrvenog zračenja smanjuje se s povećanjem temperature niti, i ako je temperatura dovoljno visoka generiše se i vidljivo zračenje. Naime, maksimumi zračenja pomiču se prema kraćim talasnim dužinama kada temperatura raste. U ovu grupu spadaju:

- sijalice sa užarenom niti (inkandescentni izvori),
- halogeni izvori.

Sijalice sa užarenom niti se danas sve ređe koriste zbog svoje izuzetno male svetlosne iskoristivosti. U Evropskoj uniji je u toku njihovo povlačenje sa tržišta.

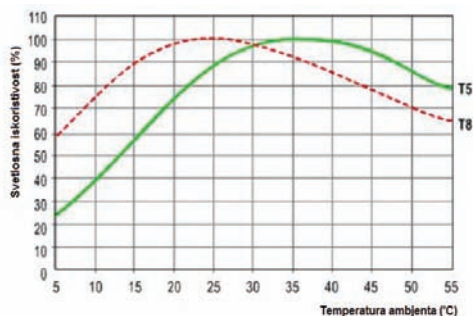
Kod izvora svetlosti sa električnim pražnjenjem, svetlost nastaje kao rezultat električnog pražnjenja u gasu, metalnoj pari ili smeši gasova i metalnih para u sijalici. Prema veličini unutrašnjeg pritiska gasa u sijalici ovi izvori se dele na:

- Izvore niskog pritiska
- Izvore visokog pritiska

Izvori niskog pritiska imaju pogonski pritisak gasa reda veličine 0,1 do 1,3 Pa. Imaju karakterističan duguljast oblik, relativno veliku zapreminu i površinu zračenja, relativno malu snagu svetlosnog fluksa. Zbog toga ovi izvori imaju malu sjajnost. U ovu grupu spadaju:

- fluorescentne cevi,
- natrijumove sijalice niskog pritiska.

Fluorescentne cevi imaju znatno veću svetlosnu iskoristivost od inkandescentnih izvora svetlosti, od oko 58lm/W. Njihova svetlosna iskoristivost se može povećati upotrebom sistema sa dve lampe i tada ona iznosi oko 68lm/W. Radni vek im je veoma dug, do 20000h. Fluorescentne sijalice nisu šire prihvaćene za spoljnu rasvetu zbog toga što na njih u velikoj meri utiče temperatura ambijenta odnosno temperatura površine cevi. Fluorescentne cevi su najefikasnije pri temperaturi ambijenta od 20 - 25°C pri čemu je površina cevi ima temperaturu od 35-40°C. Sa padom temperature ambijenta njihova svetlosna iskoristivost drastično pada (slika 1). Upotrebom većeg startnog napona može se poboljšati startovanje cevi na nižim temperaturama, i do -25°C ali to ne utiče na drastičan pad efikasnosti isijavanja.



Slika 1. Svetlosno iskorišćenje fluorescentnih sijalica

Izvori visokog pritiska imaju pogonski pritisak gasa reda veličine  $3 \cdot 10^4$  do  $15 \cdot 10^5$  Pa. Ovi izvori su relativno male zapremine i malih dimenzija a ipak velikih snaga i velikog svetlosnog fluksa, zbog čega se odlikuju velikom sjajnošću. U ovu grupu spadaju:

- živine sijalice visokog pritiska,
- natrijumove sijalice visokog pritiska,
- metal - halogene sijalice.

Živine sijalice su izvori svetlosti koji rade na principu električnog pražnjenja u živinoj pari usled čega nastaje emisija vidljivog zračenja. Spektar ove svetlosti karakteriše nedostatak crvene boje i loša reprodukcija boje. Radi poboljšanja spektra unutrašnja strana balona se presvlači fluorescentnim slojem koji pod uticajem ultraljubičastog zračenja svetli crveno. Na ovaj način se dobija svetlost bele boje, temperature boje oko 4000K sa povećanim indeksom reprodukcije boje  $R_a=45$ . Svetlosna iskoristivost iznosi do 60lm/W a vek trajanja oko 6000h [2]. Živine sijalice visokog pritiska su još uvek dosta zastupljene u starim instalacijama javnog osvetljenja. Izbacuju se iz upotrebe zbog male efikasnosti i visokog sadržaja žive a zamenjuju ih natrijumove sijalice visokog pritiska i metal-halogene sijalice, zbog svojih tehničkih i fotometrijskih karakteristika. Zbog što jednostavnije zamene živinih sijalica konstruisani su specijalni natrijumovi izvori visokog pritiska (Na VP) koji bez dodatnih intervencija mogu da zamene živine izvore (Hg) u postojećim svetiljkama (tabela 1). Izuzetak su živini izvori kod kojih je izvršena kompenzacija reaktivne energije (prisustvo kondenzatora bi izazvalo nedozvoljeno povećanje napona na krajevima izvora i dovelo do pregorevanja sijalice). U odnosu na živine izvore natrijumovi izvori visokog pritiska uzimaju iz mreže oko 15% manje energije od odgovarajućih živinih dok im je svetlosni fluks veći za oko 25% [3].

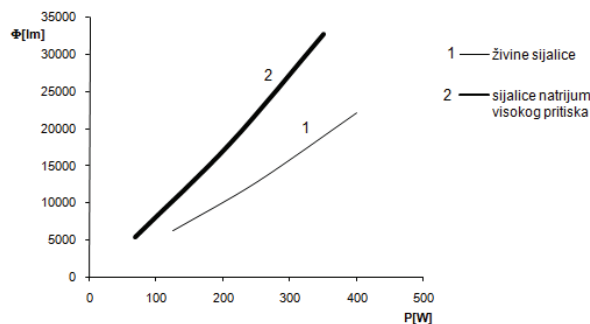
Tabela 1.: Zamena živinih izvora svetlosti

Tip i snaga izvora trenutno stanje	Hg 125W	Hg 250W	Hg 400W
Preporučeni tip i snaga izvora	Na VP 68W	Na VP 210W	Na VP 350W

Izvori svetlosti na električno pražnjenje imaju sledeće prednosti u odnosu na svetlosne izvore sa užarenom niti:

- veću svetlosnu iskoristivost
- veći svetlosni fluks
- duži životni vek

Na slici 2 data je svetlosna iskoristivost izvora svetlosti na električno pražnjenje.



Slika 2. Svetlosna iskoristivost izvora svetlosti

Potrebno je posmatrati i sledeće osobine svetlosnih izvora:

- Kompaktnost: - zahtev za prostorom  
- raspodela svetlosnog fluksa
- Upotreba: - temperatura boje  
- reprodukcija boje  
- regulabilnost
- Ekonomičnost: - svetlosna iskoristivost  
- vek trajanja  
- cena
- Uticaj na okolinu: - potrošnja energije  
- potrošnja prirodnih resursa  
- odlaganje

### 3. ENERGETSKI EFIKASNI IZVORI SVETLOSTI U ULIČNOM OSVETLJENJU

Energetski efikasni izvori svetlosti su izvori svetlosti na električno pražnjenje (natrijumovi izvori niskog i visokog pritiska i metal - halogeni izvori) i LED izvori svetlosti. **LED (Light Emitting Diode)** osvetljenje je nova tehnologija koja je poslednjih par godina sve prisutnija i u javnom osvetljenju.

Izvori svetlosti na električno pražnjenje rade na principu luminescencije, odnosno ovi izvori zrače svetlost usled električnog pražnjenja kroz gas, metalne pare ili smešu gasova i metalnih para. Fizički proces koji uslovljava da atomi metalnih para emituju svetlost jeste promena njihovih energetskih stanja. Prelaženje iz pobuđenog stanja u osnovno stanje uslovljava emisiju svetlosti.

#### 3.1. Natrijumove sijalice niskog pritiska

Osnovno punjenje natrijumove sijalice niskog pritiska čini mala količina natrijuma u vidu kapljica nataloženih na unutrašnjoj strani cevi, dok je pomoćno punjenje mešavina gasova neona i argona. Po uključivanju sijalice prvo dolazi do električnog pražnjenja u pomoćnom punjenju pri čemu sijalica svetli crvenkasto. Cev se zagreva i pri temperaturi od oko 200°C natrijum počinje da isparava. Nakon toga dolazi do pražnjenja u natrijumovoj pari i sijalica počinje intenzivnu emisiju žute svetlosti. Svetlosna iskoristivost veoma zavisi od temperature zidova U - cevi, te se ona smešta u balon sa vakuumom čiji je unutrašnji zid prevučen tankim slojem indijum-oksida. Ovaj sloj propušta vidljivo svetlo a reflektuje infracrveno zračenje i na taj način smanjuje gubitke usled termičkog zračenja.

Spektar dobijene svetlosti je monohromatski i sastoji se od nekoliko spektralnih linija koje odgovaraju zračenjima veoma niskog intenziteta i dve veoma bliske spektralne

linije talasnih dužina 589nm i 589.6nm. Boja svetlosti ovih sijalica je žuta. Karakteriše ih veoma loša reprodukcija boja, odnosno praktično je onemogućeno raspoznavanje boja što je i najveći nedostatak sijalica ovog tipa. Natrijumovi izvori svetlosti imaju veoma veliku svetlosnu iskoristivost, do 180lm/W što je značajno veće nego kod drugih tipova svetlosnih izvora. Vreme trajanja ovih izvora je oko 10000h. Ne zavise od temperature okoline sve do veoma niskih temperatura od -30°C. Nisu osetljive na promene napona. Radni položaj sijalice mora biti horizontalan zbog ravnomerne raspodele kondenzovanih kapljica natrijuma duž U-cevi.

I pored visoke svetlosne iskoristivosti natrijumovih izvora niskog pritiska svetlosna iskoristivost svetiljke sa ovim izvorom je dosta niska zbog dimenzija samog izvora. Zbog velike dužine natrijumovih izvora niskog pritiska teško je postići povoljnu raspodelu svetlosnog fluksa u uzdužnoj ravni svetiljke odnosno u ravni normalnoj na osu puta.

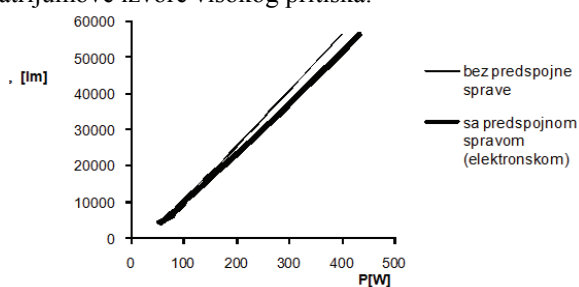
### 3.2. Natrijumove sijalice visokog pritiska

Dimenzije natrijumovih izvora visokog pritiska su znatno manje od dimenzija natrijumovih izvora niskog pritiska. Izrađuju se u obliku cevi (providne) ili u obliku elipsoida sa fluorescentnim slojem. Elipsoidne sijalice su po dimenzijama jednake živinim sijalicama visokog pritiska.

Povećanje pritiska u cevi dovodi do poboljšanja odnosno širenja spektra zračenja. Poboljšanje spektralne karakteristike postignuto je "razvlačenjem" karakterističnih linija spektra natrijuma, ali i pojačavanjem zračenja u ostalim delovima spektra, pa se može uzeti da je spektar ovih sijalica kontinualan, sa maksimumom od oko 600 nm.

Ovi izvori zrače svetlost zlatno-bele boje sa temperaturom boje od 2100K do 2700K kod sijalica sa fluorescentnim prahom. Svetlosna iskoristivost iznosi do 130lm/W, a indeks reprodukcije boje je  $R_a=23$ . Vreme trajanja ovih izvora je oko 12000h.

Na slici 3 je data promena svetlosnog fluksa u zavisnosti od snage odnosno svetlosna iskoristivost izvora za natrijumove izvore visokog pritiska.



Slika 3. Svetlosna iskoristivost Na VP

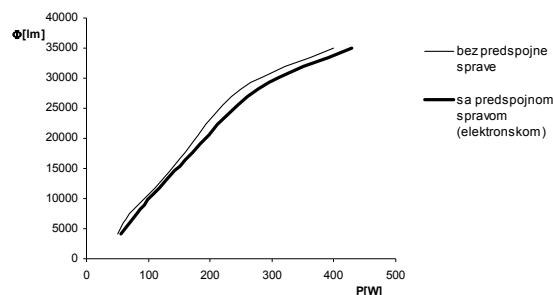
Za rad ovih izvora je neophodna predspojna sprava a pale se pomoću spoljnog elektronskog startera - ignitora, koji proizvodi kratkotrajne visokonaponske impulse reda veličine od 1,8 – 3 kV. Radni položaj ovih izvora može biti proizvoljan – praktično od 0 do 360°.

### 3.3 Metal - halogene sijalice

Konstrukcija metal-halogenih sijalica je rezultat poboljšanja spektralnih karakteristika zračenja živinih sijalica dodavanjem u osnovno punjenje halogenih elemenata,

najčešće jodida. Na ovaj način se dobijaju izuzetno dobre spektralne karakteristike.

Svetlosna iskoristivost metal-halogenih sijalica je 75 - 95 lm/W a boja svetlosti 3000K, 4000K i 6000K. Na slici 4 je dat dijagram svetlosne iskoristivosti ovih izvora. Indeks reprodukcije boje je  $R_a=60\div85$ . Upotrebljavaju se tamo gde je potrebna dobra reprodukcija boja uz visoke intenzitete osvetljaja. Vreme trajanja ovih izvora je oko 6000h.



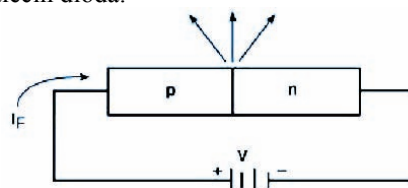
Slika 4. Svetlosna iskoristivost MH izvora

Pale se pomoću spoljnog elektronskog startera (ignitora), koji proizvodi kratkotrajne visokonaponske impulse od 600 do 700V. Vreme paljenja ovih sijalica iznosi do 5 minuta a vreme ponovnog paljenja 5 do 20 minuta što je veliki nedostatak ove vrste sijalica.

### 3.4. LED (Light Emitting Diode)

LED osvetljenje je nova tehnologija i predstavlja veliki korak u razvoju energetski efikasnisnih izvora svetlosti.

Light Emitting Diode ili svetleća dioda je poluprovodnik koji emituje usmerenu svetlost na principu elektroluminiscencije. Svetleća dioda je posebna vrsta poluprovodničke diode koja emituje svetlost kada je propusno polarizovana, tj. kada kroz nju teče električna struja. Prilikom direktne rekombinacije para elektron-šupljina, emituje se foton svetla. Ovu osobinu imaju poluprovodnici galijum-arsenid (GaAs), galijum fosfid (GaP) i silicijum karbid (SiC). Talasna dužina emitovanog zračenja zavisi od hemijskog sastava dopiranog p - n spoja, kao i o primesama u njemu i varira od infracrvenog preko vidljivog do ultraljubičastog dela spektra. Na slici 5 je prikazan princip rada svetlećih dioda.



Slika 5. Princip rada svetlećih dioda [4]

Svetleća dioda emituje fotone u trenutku rekombinacije elektrona i šupljina u zoni p-n spoja, odnosno kada se stavi pod napon. Većina dioda emituje zračenje, ali ono ne napušta poluprovodnik i nalazi se u frekventnom opsegu infracrvenog zračenja. Izborom odgovarajućeg materijala i geometrije svetlost postaje vidljiva. Napon potencijalne barijere diode određuje boju svetlosti. U tu svrhu se koriste različiti poluprovodnički materijali. Svetleća dioda se izrađuje u obliku komponente koja se polaže na neku površinu (Surface Mounted Device). Svetlosna iskoristivost LED izvora je od 75 lm/W za toplo belu boju 3200K do 100lm/W za hladno belu boju

5500K. Indeks reprodukcije boje je  $R_a=60\div 90$ . Vek trajanja ovih izvora iznosi do 50000h u zavisnosti od temperature spoja i njegovog hlađenja. Svetleće diode se napajaju iz stabilizovanog strujnog izvora.

Prednosti upotrebe LED svetlosnih izvora je njihova velika trajnost i njihova velika mehanička robusnost. Osnovni nedostatak LED izvora svetlosti je zavisnost radne karakteristike od temperature okoline. Temperatura p-n spoja (junction temperature) ima direktan uticaj na električne i svetlosne karakteristike svetlećih dioda i na njihov životni vek. Lako može doći do pregrevanja, što izaziva oštećenje dioda. Zbog toga je neophodno obezbediti odgovarajuće hlađenje, kako bi se osigurao dug vek svetlećih dioda, što je naročito važno kod svetiljki za spoljašnje osvetljenje koje treba da rade u velikom rasponu temperatura okoline.

### 3.5. Osnovne karakteristike različitih vrsta sijalica

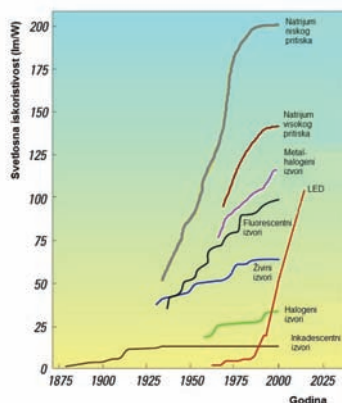
Natrijumove sijalice visokog pritiska imaju 50% veću svetlosnu iskoristivost u odnosu na metal - halogene sijalice a takođe imaju i 50% duži vek trajanja.

Sa obzirom na ove činjenice ovi izvori se mogu preporučiti za ulice kod kojih nije potrebna dobra reprodukcija boja. Međutim, kada su u pitanju gradska jezgra i prostori u kojima siromašna reprodukcija boja natrijumovih izvora visokog pritiska predstavlja prepreku, preporučuje se upotreba metal-halogenih i LED izvora zbog odlične reprodukcije boja i stabilne temperature boja.

LED izvori svetlosti su savremeno rešenje za osvetljavanje, pre svega, gradskog jezgra i gradskih znamenitosti. Tehnološka prednost LED - svetlećih dioda je u njihovoj maloj potrošnji električne energije, veoma dugom životnom veku, malim troškovima održavanja i malim dimenzijama. Male dimenzije i fleksibilni moduli ovih izvora daju mogućnost kreativnog dizajna i omogućavaju kreiranje dekorativnih efekata.

Imajući u vidu brz razvoj LED tehnologije, u budućnosti se očekuju još efikasniji LED izvori. Svetlosna iskoristivost LED izvora svetlosti je u stalnom porastu. Od 0.1 lm/W sa polovine prošlog veka do 72 lm/W za beli LED izvor tople boje i 100 lm/W za beli LED hladne boje 2007. godine, iskoristivost je veća 1000 puta.

Na slici 6 je dat uporedni prikaz svetlosne iskoristivosti različitih vrsta svetlosnih izvora od vremena pronalaska do danas.



Slika 6. Svetlosna efikasnost različitih vrsta izvora [5]

## 4. ZAKLJUČAK

Sa obzirom da natrijumove sijalice visokog pritiska imaju veliku svetlosnu iskoristivost i relativno dug vek trajanja ovi izvori mogu da se preporučite za ulice kod kojih nije potrebna dobra reprodukcija boja. Kada su u pitanju gradska jezgra i prostori u kojima siromašna reprodukcija boja natrijumovih izvora visokog pritiska predstavlja prepreku, preporučuje se upotreba metal - halogenih i LED izvora svetlosti zbog odlične reprodukcije boja i stabilne temperature boja.

Najbolje energetske efikasno rešenje u bliskoj budućnosti predstavlja prilagodljiva regulacija uličnog osvetljenja sa natrijumovim izvorima visokog pritiska i metal halogenim izvorima.

LED osvetljenje je veoma atraktivno ali još uvek neadekvatno kao zamena za energetske efikasno konvencionalno ulično osvetljenje. Osnovni nedostatak LED izvora svetlosti je stroga zavisnost radne karakteristike od temperature okoline. Temperatura ima direktan uticaj na električne i svetlosne karakteristike svetlećih dioda i na njihov životni vek.

Troškovi primene LED svetiljki su veći od troškova upotrebe konvencionalnih izvora svetlosti i svetiljki zbog svoje još uvek visoke cene i, za sada, veće instalisane snage u rešenjima osvetljenja ulica.

LED tehnologija još uvek nije dostigla tehnološki nivo konvencionalnih izvora svetlosti u osvetljenju ulica i puteva. Novom trendu osvetljavanja LED izvorima svetlosti treba pristupati oprezno, ali sa posebnom pažnjom koju ovi moderni i inspirativni izvori zaslužuju. LED osvetljenje kao energetske efikasno osvetljenje za sada nalazi najveću primenu u ambijentalnom osvetljenju.

## 7. LITERATURA

- [1] „Uputstvo za izradu energetskih bilansa u opštinama“, Ministarstvo rudarstva i energetike Republike Srbije, Beograd 2007.
- [2] G.L. Dimić, F. Virag, „Osvetljenje I“, Građevinska knjiga, Beograd, 1972.
- [3] Miomir B. Kostić, „Vodič kroz svet tehnike osvetljenja“, Minel - Schröder, Beograd, 2000.
- [4] Prof. dr Miomir Kostić, „Primena LED tehnologije u urbanom osvetljenju“, Okrugli sto Srpskog društva za osvetljenje, Beograd, 2011.
- [5] „LEDs vs Conventional light sources“, Schröder Group GIE

### Kratka biografija:

**Silvia Bajić** rođena je u Subotici 1972 god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehike i računarstva brani 2011.god.

# **HIL400/800 HARDWARE AND ACCESSORIES**

**Adrien Genić<sup>1,2</sup>, Stevan Grabić<sup>1,2</sup>, Evgenije Adžić<sup>1,2</sup>, Milan Adžić<sup>3</sup>, Nikola Čelanović<sup>1,2</sup>**

Typhoon HIL, Inc. Cambridge, USA, Baden, Switzerland, Novi Sad, Serbia

University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Novi Sad, Serbia

University of Novi Sad, College of Applied Sciences, Subotica, Serbia

**Abstract:** *This paper presents the IO subsystem architecture of the “state-of-the-art” ultra low latency hardware in the loop emulators HIL400 and HIL800, and their accessories comprising a universal expansion for the HIL400 connectors, an interface board for a dSpace ds1104 controller as well as dsPIC and TMS based control evaluation platforms. The presented HIL emulator with its accessories is not only an emulation platform but a powerful new development environment alternative to the state of the art heterogeneous suite of tools from various vendors that are used in the different stage of power electronics product development.*

**Key Words:** *hardware in the loop, fast analog and digital IO.*

## **1. INTRODUCTION**

Rising demand for energy production and the call for its more efficient generation, distribution and utilization are the mark of our times.

On the energy generation side there is a shift from centralized conventional power plants towards a distributed renewable energy generating plants such as wind turbines, photovoltaic generators and fuel cells.

On the energy consumption side electric cars have been recognized as technology for significant reduction of greenhouse gases emissions and urban air pollution. In industrial sector there is an increasing demand for improvement in energy efficiency which can be obtained only by wider use of variable speed drives.

In short, on both energy generation and consumption sides power electronics (PE) is one of the key enabling technologies.

In order for power electronics to reach its full potential, cost, reliability, and performance of PE systems, must be significantly improved, and prices reduced. Improvements need to address long design cycles, lack of standardization, reliability issues due to labor-intensive manufacturing, testing, and verification. In addition, performance and flexibility need to be enhanced by means of better electronic design automation (EDA) tools with automatic code verification features which is the key application of HIL technology.

Clearly, in order to successfully improve the field of power electronics it is necessary to develop a platform that can emulate a great number of various power electronics circuit configurations, and which is compatible with a number of processor platforms in use in the PE industry today.

Typhoon HIL offers a novel digital platform for rapid design and testing of high-power electronics. Focus of this paper is Typhoon HIL400 and HIL800 real-time digital emulator of power electronics hardware and its features from the end user point of view

Main difficulty with conventional PC based emulators is their latency which is the consequence of their architecture optimized for throughput and the lack of support for real time application.

Typhoon's solution for this problem is a custom made processor architecture with a standardized low latency IO interface. Typhoon HIL offers interfaces for industry standard control modules based on dsPIC uC and TMS DSPs. The control board modules are equipped with all the necessary components for connecting to HIL400 and HIL800 systems, and together they represent a powerful tool for testing and verification of both hardware and software solutions for emerging applications of power electronics. For some user's control modules there are some interface boards like analog break out board and dSpace1104 interface board, TI interface board, that makes easier to connect the control unit to the simulator.

---

### **NAPOMENA:**

**a) Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada Adriena Genića. Mentor je bio dr Nikola Čelanović.**

**b) Rad je prethodno publikovan na konferenciji Ee 2011, Novi Sad, oktobar 2011.**

## 2. HIL400/800 PACKAGING

### 2.1. HIL400 packaging

HIL400 is a compact system with dual core processor and a built in IO system. Custom made processor is implemented on Virtex 5 FPGA chip which is directly connected to the IO board through expansion headers. ATX power supply included in the HIL400 package powers the whole package. AC power connector, ON/OFF switch, Ethernet and USB connector are located on the backplate of the package.



Fig. 1. HIL400 emulator

### 2.2. HIL800 scalable packaging

HIL800 is a scalable system with dual, quad and hex core processors and an IO system with up to seven analog and digital IO cards. Processors are implemented on Virtex 6 FPGA from Xilinx. The IO cards are connected to the processor through VME64x bus hardware, and a proprietary protocol. ATX power supply included in the package powers the system. Power up switch and indication leds are on the front plate of the box.



Fig. 2. HIL800 emulator

### 2.3. Interfacing

DIN41612, male, type C connectors are selected for both analog and digital IO. 64 pin version is used for analog IO, 96 pin version is used for digital IO. The external break out board is typically connected by means of the flat cable. For analog signals it is recommended to use 64-pin twisted pair flat cable such as 1.27mm (0.05") 28AWG stranded, mass terminatable pair from 3M. For digital signals it is recommended to use 96-pin flat cable such as 0.835mm (0.0328") 30AWG also from 3M. HIL400/800 flexible IO system provide the pin arrangement illustrated in Fig. 3. where AIO and DIO

pins are all user defined. One can notice that special care is taken for full compatibility between HIL400/800 products.

HIL 400 and HIL 800 Built in IO system											
64 PIN AIO Connector				HIL 400 and HIL 800 Built in IO system				96PIN DIO Connector			
A1	AQ1	C1	AGND	A1	D11	B1	DO1	C1	D1	SV	
A2	AQ2	C2	AGND	A2	D12	B2	DO2	C2	D2	SV	
A3	AQ3	C3	AGND	A3	D13	B3	DO3	C3	D3	SV	
A4	AQ4	C4	AGND	A4	D14	B4	DO4	C4	D4	SV	
A5	AQ5	C5	AGND	A5	D15	B5	DO5	C5	D5	SV	
A6	AQ6	C6	AGND	A6	D16	B6	DO6	C6	D6	SV	
A7	AQ7	C7	AGND	A7	D17	B7	DO7	C7	D7	SV	
A8	AQ8	C8	AGND	A8	D18	B8	DO8	C8	D8	SV	
A9	AQ9	C9	AGND	A9	D19	B9	DO9	C9	D9	SV	
A10	AQ10	C10	AGND	A10	D110	B10	DO10	C10	D10	SV	
A11	AQ11	C11	AGND	A11	D111	B11	DO11	C11	D11	SV	
A12	AQ12	C12	AGND	A12	D112	B12	DO12	C12	D12	SV	
A13	AQ13	C13	AGND	A13	D113	B13	DO13	C13	D13	SV	
A14	AQ14	C14	AGND	A14	D114	B14	DO14	C14	D14	SV	
A15	AQ15	C15	AGND	A15	D115	B15	DO15	C15	D15	SV	
A16	AQ16	C16	AGND	A16	D116	B16	DO16	C16	D16	SV	
A17	AQ17	C17	AGND	A17	D117	B17	DO17	C17	D17	SV	
A18	AQ18	C18	AGND	A18	D118	B18	DO18	C18	D18	SV	
A19	AQ19	C19	AGND	A19	D119	B19	DO19	C19	D19	SV	
A20	AQ20	C20	AGND	A20	D120	B20	DO20	C20	D20	SV	
A21	AQ21	C21	AGND	A21	D121	B21	DO21	C21	D21	SV	
A22	AQ22	C22	AGND	A22	D122	B22	DO22	C22	D22	SV	
A23	AQ23	C23	AGND	A23	D123	B23	DO23	C23	D23	SV	
A24	AQ24	C24	AGND	A24	D124	B24	DO24	C24	D24	SV	
A25	AQ25	C25	AGND	A25	D125	B25	DO25	C25	D25	SV	
A26	AQ26	C26	AGND	A26	D126	B26	DO26	C26	D26	SV	
A27	AQ27	C27	AGND	A27	D127	B27	DO27	C27	D27	SV	
A28	AQ28	C28	AGND	A28	D128	B28	DO28	C28	D28	SV	
A29	AQ29	C29	AGND	A29	D129	B29	DO29	C29	D29	SV	
A30	AQ30	C30	AGND	A30	D130	B30	DO30	C30	D30	SV	
A31	AQ31	C31	AGND	A31	D131	B31	DO31	C31	D31	SV	
A32	AQ32	C32	AGND	A32	D132	B32	DO32	C32	D32	SV	

Fig. 3. IO pin arrangement

## 3. IO SUBSYSTEMS ARCHITECTURE

HIL400 input/output subsystem is built as one IO board comprising analog and digital portion. HIL800 analog and digital IO functionality is for scalability reasons implemented on two independent boards, named Analog IO board and Digital IO board.

One of the main design requirement for the design of the HIL400/800 IO stage was to minimize the possibility of accidental damage, and for that reason all inputs and outputs are high impedance. Additionally, by means of current limiting resistors and Schottky diodes all the HIL400/800 inputs and outputs can withstand +/- 15V on its terminals. 3.1. HIL400 IO subsystem

HIL400 IO subsystem comprises three, logically, separate portions: digital IO part, analog IO part and power supply stage. There are 32 digital inputs, 32 digital outputs, 16 analog outputs and 8 analog inputs. Analog and digital power supplies are separated. Voltage levels used to power the analog portion of the board are filtered on the board.

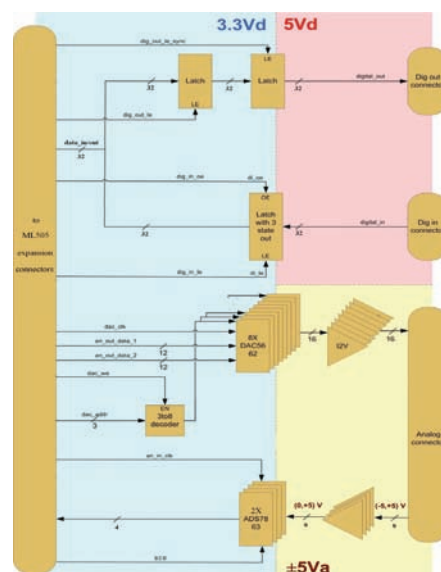


Fig. 4. Architecture of the HIL400 IO board

Termination resistors are placed on all digital lines to slow down the fast edges of the digital signals to reduce electromagnetic radiation.

Processor board has a limited number of available digital pins. For that reason digital inputs and outputs shares a common 32-bit bus as a interface to the processor. This solution slows the digital IO portion, but it is still fast enough for the needs of power electronics emulation. Output logic levels are TTL compatible. The input voltage range for logic "0" is -15V to 1.2V. The input "1" logic level should be between 3.3 and 15 volts. Fig. 5 illustrates the digital outputs. Because of the high impedance outputs the rounded edges of the first order response are visible.

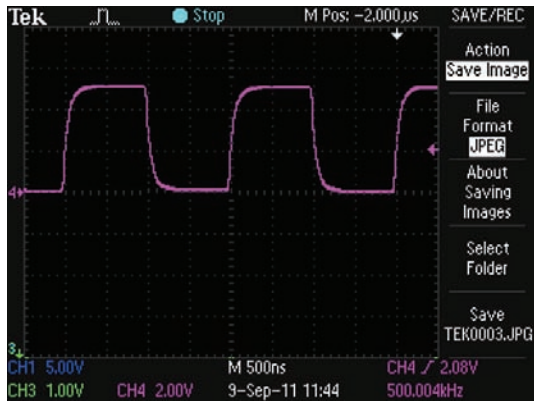


Fig. 5. 500kHz signal at the digital output. The sampling time of the HIL400/800 is 1 $\mu$ s.

Analog outputs and inputs are tested in a closed loop fashion. Signals from the lower eight analog outputs are connected to the the eight analog inputs. Then the processor sends the received data from analog inputs to the highest eight analog outputs which is the convenient way to test all 24 IO signals at once. Fig. 6. Shows the measurements results.

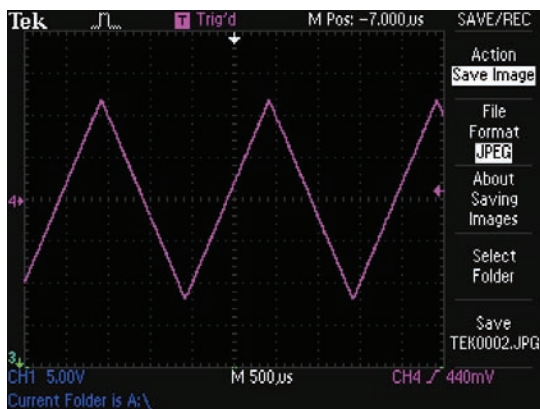


Fig. 6. 500Hz signal measured at the analog output

### 3.2. HIL800 IO subsystem

HIL800 Digital IO board has 32 inputs and 32 outputs. Analog IO board has 16 outputs and 8 inputs.

Each IO board has it's own 5 bit wide board code. Address is set using 5 pin dip switch on each board. This allows to put together a system that consist of 32 IO boards. Architectures of digital and analog IO boards are shown in Fig. 5. and Fig. 6. respectively. IO boards are connected with the processor through a standard VME bus hardware.

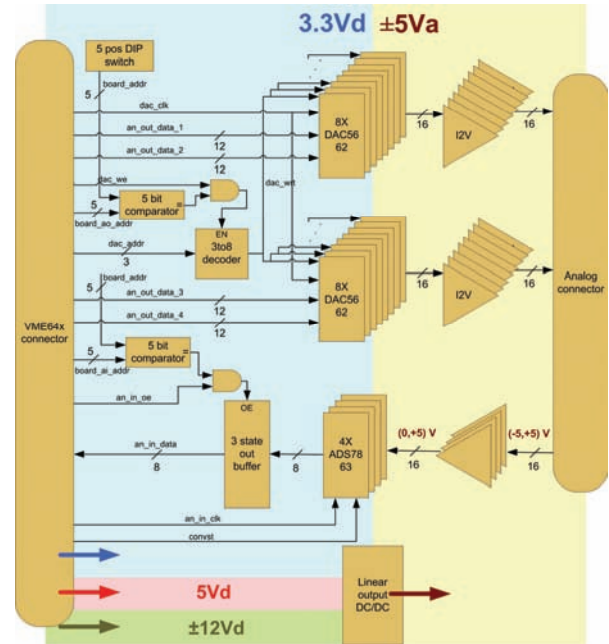


Fig. 7. Architecture of the HIL800 digital IO

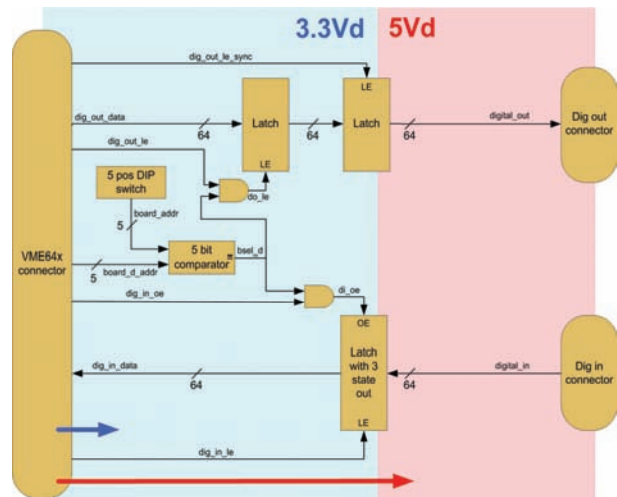


Fig. 8. Architecture of the HIL800 analog IO

## 4. ACCESSORIES

### 4.1. dsPIC evaluation board

This simple evaluation platform from Fig. 7. has two main features: it mates directly with HIL400/800 and enables an out-of-the-box emulation kit user experience, and it is an excellent introductory level PE controller for the application in PE training.

There are 19 digital output pins available on the board. 6 PWM signals and 3 encoder signals are connected directly to the IO connector, while the remaining 10 pins are general purpose user configurable as: digital input, output, push buttons or LE diodes on board.

Four analog inputs are in the range of  $\pm 5V$ , can be connected to the board using a 0.1", 10 way IDC connector. Programming interface mates directly with PICkit2 programmer from Microchip. Using a serial RS232 interface, board is connected to a PC graphical user interface from Fig. 10.

On board, there is a simple U/f open loop motor control software. Dead time and ramp time adjustment are also available.

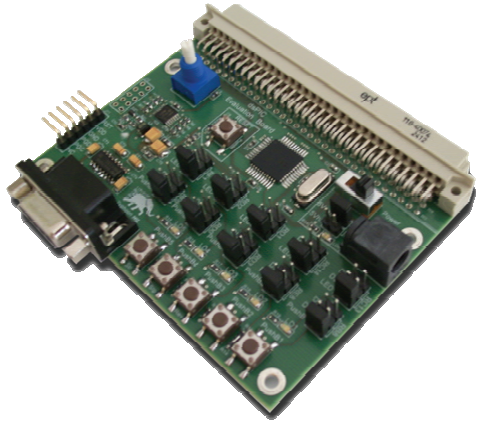


Fig. 9. dsPIC evaluation board



Fig. 10. dsPIC evaluation board PC interface

### 4.2. ezDSP F2812 interface board

This interface board supports direct cable connection of HIL400 emulator and controller board ezDSP F2812 widely used by researchers and developers in power electronics community. Board is equipped with all necessary components for adjusting the voltage levels between DSP TMS320F2812 and HIL400 and comprises:

- 12 analog inputs,
- 2 differential encoder inputs.
- 12 PWM outputs; 2 PWM units with 6 signals each,
- 6 digital inputs,
- 6 digital outputs,
- 7 BNC connectors,
- 2 analog inputs,
- RS232 communication port ,
- JTAG communication port.

Together with HIL400 system, this interface board is a completely integrated environment for PE systems design, debugging, fault response analysis, optimization, and software end of line testing. In other words a new way to develop power electronics applications.

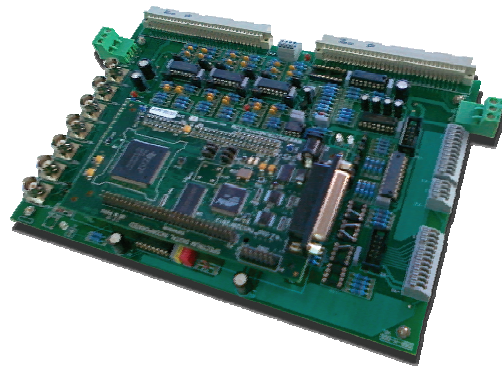


Fig. 11. ezDSP F2812 with evaluation board user interface towards HIL400.

### 4.3. TI's TMS320 interface board

This interface board supports various types of newest Texas Instrument's TMS320 DSPs DIMM100 evaluation boards (e.g. fixed-point F2808, but also floating-point DSPs as F28335 and F28343). Concept is shown in Figure 12. The interface board mates with the HIL400 emulator the whole family of the TMS evaluation boards.

Power supply for the DSP is supplied by the HIL400 internal power supply. It provides even better connectivity between HIL400 emulator and controller compared to ezDSP F2812 evaluation board (more analog inputs, more digital inputs/outputs)

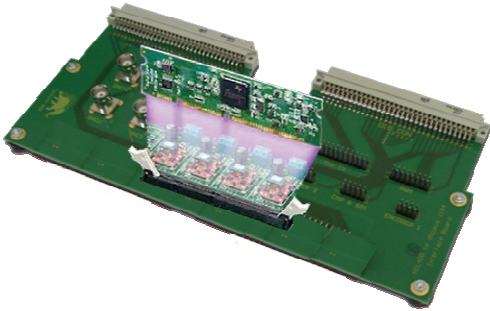


Fig. 12. *TI's TMS320 DIMM100 interface board*

### 4.4. dSpace1104 interface board

A large number of users around the world rely on dSpace systems for their rapid control prototyping needs. To make the interconnection between Typhoon HIL and dSpace easy, there is a dSpace1104 interface board. It mates with the HIL400 directly and with HIL800 by means of cables.

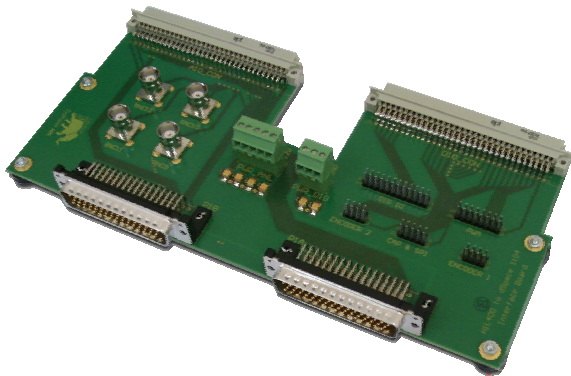


Fig. 12. *dSpace1104 interface board*

### 4.5. Analog break out board

Analog break out board's main purpose is to make scope measurements easier. There are four BNCs on board, connected directly to analog outputs of the emulator. There are also terminal blocks connected to all analog outputs, to power supplies available and to four analog inputs.

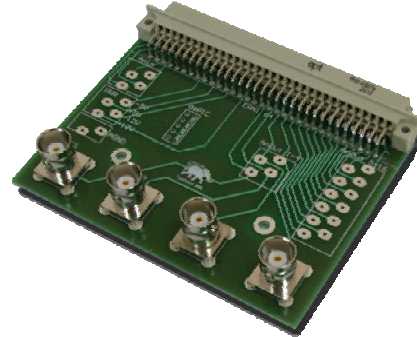


Fig. 14. *Analog break out board*

## 5. CONCLUSION

This paper has described the Typhoon HIL400 and HIL800 emulators packaging and IO subsystems. The testing results of IO HIL400 IO subsystem are also presented. Some additional accessory boards are presented like TMS based control unit, dsPIC based control unit, TI's DSPs interface board, dSpace interface boards and analog break out board.

HIL400/800 system, together with these interface boards, and controllers is a completely integrated environment for PE systems design, debugging, fault response analysis, optimization, and software end of line testing. It is a very fast, powerful and easy to use tool for PE systems development. In other words, a completely new way to develop power electronics applications.

## 6. REFERENCES

- [1] D. Majstorovic, I. Celanovic, N. Teslic, N. Celanovic, V.Katic, "Ultra-Low Latency Hardware-in-the-Loop Platform for Rapid Validation of Power Electronics Designs", IEEE Trans. Ind. Applications, Vol: PP, Issue 99, Digital Object Identifier: 10.1109/TIE.2011.2112318, 2011.
- [2] Mark I. Montrose "Printed Circuit Board Design Techniques for EMC Compliance", IEEE Press Series on Electronics Technology.
- [3] Henry W. Ott, "Noise Reduction Techniques in Electronic Systems".
- [4] [www.typhoon-hil.ch](http://www.typhoon-hil.ch)

**ISTRAŽIVANJE MOGUĆNOSTI UŠTEDE NA TROŠKOVIMA ELEKTRIČNE ENERGIJE U „ELEKTROPORCELANU“, ARANĐELOVAC****RESEARCH INTO COST SAVINGS OF ELECTRICITY IN "ELEKTROPORCELAN" ARANĐELOVAC**Nenad Zlatković, Vladimir Vujičić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast –ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – Rad prikazuje snimanje profila potrošnje u fabrici Elektroporcelan iz Aranđelovca radi procene mogućnosti uštede na troškovima električne energije. Akcenat je stavljen na reaktivnu i vršnu snagu. Meri se i kvalitet električne energije u skladu s normom EN 50160. Merenje je vršeno instrumentom VMP 20 uz podršku računara. Učestanost merenja je jednom u sekundi. Rezultati su predstavljani tabelarno i graficima. Potom je obavljena analiza rezultata i dati su predlozi o mogućnosti uštede.

**Abstract** – This work presents the recording the profile of power consumption in Elektroporcelan factory from Aranđelovac to assess the possibility of savings on electricity costs. Emphasis is placed on the reactive and peak power. Power quality was measured in accordance with the standard EN 50160. Measuring was performed by VMP 20, with the computer support. Frequency of the measurements was once per second. Results were presented by tables and charts. Then the analysis of the results was made and suggestions are given about the possibility of savings.

**Ključne reči:** *Profil potrošnje, reaktivna snaga, vršna snaga, Norma EN 50160.*

**1. UVOD**

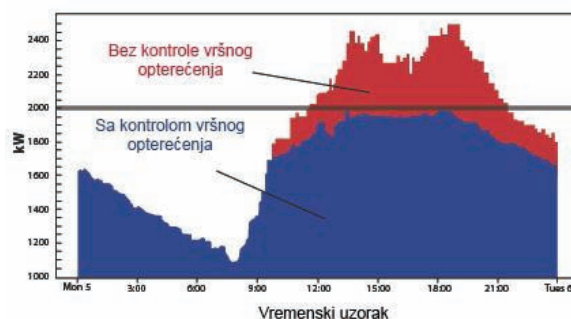
Energetska efikasnost, odnos cena / performanse, konkurentnost su samo neki od problema sa kojima se sreću kompanije koje žele da svoj proizvod plasiraju na tržištu. U fabrici „Elektroporcelan“ iz Aranđelovca stavka za utrošak električne energije ima visok udeo u ceni gotovog proizvoda.

Iz ovog razloga menadžment ove firme se obratio stručnjacima sa Fakulteta tehničkih nauka iz Novog Sada, da izvrše analizu profila potrošnje i da daju svoj predlog za racionalniju potrošnju. Najbitniji parametri za distribuciju električne energije prilikom prodaje iste su: obračunska snaga, aktivna energija i reaktivna energija. Obračunska snaga (vršna snaga) je maksimalna izmerena srednja vrednost aktivne snage u vremenu od 15 minuta u toku meseca. Meri se maksigrafom. U praksi troškovi vršne snage su u proseku 30% - 50% ukupnog računa za utrošenu električnu energiju, a može se desiti da cena koju plaćamo za obračunsku snagu premašuje iznos za utrošenu aktivnu energiju.

**NAPOMENA:**

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

Iz prethodno navedenog jasno je da se mora analizirati mogućnost smanjenja troškova koje dobijamo na osnovu obračunske snage. Upravljanje vršnim opterećenjem se ostvaruje kontrolisanjem radnih režima najvećih potrošača. Cilj je izbeći njihov istovremeni rad, tj. rasporediti periode punog opterećenja različitih potrošača tako da se ne poklapaju.



Slika 1. Prikaz vršne snage sa i bez kontrole vršnog opterećenja

Još jedan od bitnih parametara koji se ovde analiziraju je i reaktivna snaga koja se koristi za stvaranje magnetnog polja. U ovom radu akcenat će biti stavljen na merenje parametara koji su važni za analizu za procenu uštede u potrošnji električne energije. Merenje je vršeno u glavnoj trafostanici na 10 kV strani instrumentom VMP 20.

**2. EVROPSKA NORMA EN 50160**

Ljudi u svetu su odavno shvatili da kvalitet električne energije utiče na kvalitet rada, proizvodnju, zapravo na kvalitet života. 1994. godine od strane evropske komisije za standardizaciju u elektrotehnici (CENELEC) doneta je norma EN 50160, za merenje napona na mestu prodaje potrošaču u javnim distribucijskim niskonaponskim i sredjenaponskim mrežama pri normalnim pogonskim uslovima. Zemljama evropske unije data je obaveza da je prihvate do 2003. godine. Kada se govori o kvalitetu električne energije, najčešće se misli na tehnički kvalitet. Tehnički kvalitet možemo posmatrati sa dva aspekta:

- Kvalitet isporuke
- Kvalitet isporučene električne energije.

Kvalitet isporuke vezuje se za probleme pouzdanosti i sigurnosti napajanja, i kao takav predstavlja osnovni cilj rada elektroenergetskog sistema.

Kvalitet isporučene električne energije podrazumeva da se osnovne karakteristike napona: efektivna vrednost, frekvencija, simetričnost, talasni oblik drže u propisanim okvirima, u normalnim uslovima rada elektroenergetskog sistema.

Na kvalitet napona utiču smetnje koje bivaju generisane korišćenjem električne energije, elektroenergetskog sistema, instalacija i električnih uređaja. Problem kvaliteta električne energije, nije samo problem korisnika, ili distributera, već zajednički problem, na čijem rešavanju trebaju da učestvuju i jedni i drugi.

### 3. INSTRUMENT VMP 20

Instrument VMP 20 predstavlja višefunkcijsko merilo razvijeno na katedri za električna merenja, Fakulteta tehničkih nauka 1996. godine. Princip rada instrumenta zasnovan je na stohastičkoj digitalnoj mernoj metodi. Merilo meri i prikazuje na svom ekranu četiri veličine: efektivnu vrednost napona, efektivnu vrednost struje, aktivnu snagu i faktor snage. Kada se priključi na računar uz pomoć softvera VMP CALC 4.0 instrument meri i prikazuje: frekvenciju, moduo impedanse, reaktivnu snagu, prividnu snagu, aktivnu energiju, reaktivnu energiju, vršnu snagu. Instrument dozvoljava merenje veličina više od 10 puta u sekundi, a tačnost mu je 0.1% od opsega + 0.1% od očitane vrednosti. I tačnost i brzina dozvoljavaju efikasno merenje veličina u elektrodistributivnoj mreži. Napajanje instrumenta je 220V, 50Hz. Uređaj ima dva ulaza: strujni i naponski (oba su „plivajuća“). Opsege napona i struje instrument bira automatski.

Tabela 1. Merni opseg instrumenta VMP 20

Tip instrumenta	Merena veličina	Opseg
VMP 20	Napon	400 V
	Struja	5 A
	Snaga	2000 W
	Faktor snage	-1 ... +1

#### 3.1. Karakteristike instrumenta VMP 20

Glavna prednost ovog instrumenta je jednostavan hardver i jednostavna implementacija paralelnih merenja. Ova ideja je veoma pogodna za primenu u višekanalnim merenjima efektivne vrednosti, snage i energije. Zbog svoje jednostavnosti, integracija višekanalnog instrumenta u jedno integrisano kolo je vrlo jednostavna. Neke od primena ovog instrumenta su:

- Ekspertiza potrošnje monofaznih potrošača,
- Kontrola kvaliteta remontovanih ili novih transformatora, indukcionih motora, prigušnica,
- Kontrola brojila u elektrodistributivnoj mreži,
- On-line monitoring svih gore navedenih veličina u svrhu upravljanja potrošnjom snage ili energije, odnosno ograničenja ili samo konstatovanja nekih iz skupa gore navedenih veličina,
- Merenje nekih parametara po normi 50160,
- Merenje otpornosti petlje.

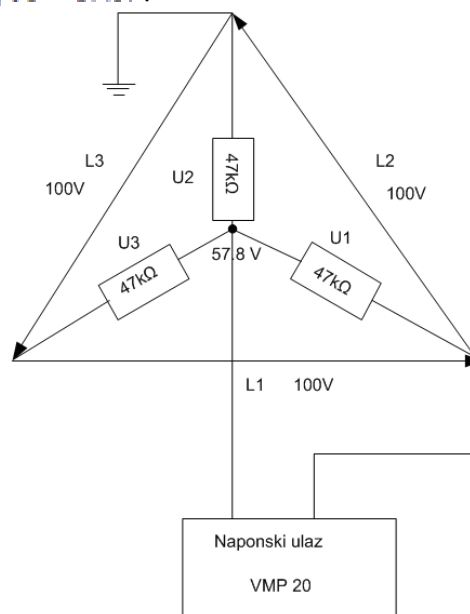
### 4. TIPIČNI INDUSTRIJSKI POTROŠAČI

Fabrika „Elektroporcelan“ se bavi proizvodnjom niskonaponskih i visokonaponskih izolatora i osigurača. Najveći potrošači u fabrici su pretežno trofazni simetrični potrošači: kompresor snage 160 kW, komorne peći za pečenje keramike snage 50 kW, masa mlinovi snage 20 kW, potisne peći snage 20 kW... Kao i u većini fabrika ovde su potrošači pretežno trofazni asinhroni motori. Faktor nesimetrije ovih potrošača je svega par % pa se ne

čini velika greška merenja potrebnih parametara monofaznim instrumentom.

### 5. IDEJA PRIMENE INSTRUMENTA VMP 20

Ideja je da se merenje vrši u glavnoj trafostanici fabrike na 10 kV strani. Merenje je dvosistemsko sa strujnim reduktorima 2\*75A/5A i naponskim mernim transformatorima 10000V/100V. Pošto je instrument VMP 20 monofazan povezivanjem njegovog naponskog kraja na sekundar naponskog mernog trafoa merili bi linijski napon od 100V. Vezom strujnog kraja VMP-a sa strujnim reduktorima merili bi fazne struje. Tu nastaje problem sa proračunom snage jer ugao  $\phi$  nije ugao između faznog napona i struje već između linijskog napona i struje. Da bi se ovaj problem rešio pribeglo se jednom poznatom rešenju: treba napraviti virtuelnu nulu i nju iskoristiti za vezivanje instrumenta. Za virtuelnu nulu nam je bilo potrebno tri metalslojna otpornika 47k $\Omega$  sa tolerancijom 1%. Šema veze prikazana je na slici 3. Naponi  $L_1$ ,  $L_2$  i  $L_3$  predstavljaju linijske napone sa sekundara naponskog mernog trafoa a  $U_1$ ,  $U_2$ ,  $U_3$  su fazni naponi. Pošto je jedan kraj sekundara naponskog mernog trafoa uzemljen u samom zvezdištu (virtuelna nula) nemamo 0V već približno 57.8V. Naponi koje mi merimo su približno  $100V/\sqrt{3} = 57.8V$ .



Slika 2. Šema veze instrumenta VMP 20

### 6. MERENJE I OCENA UŠTEDE REAKTIVNE SNAGE

Naš zadatak je bio da izvršimo merenje reaktivne snage i procenimo koliku reaktivnu energiju treba kompenzovati. Merenje je vršeno u mesecu julu. Instrument je bio priključen na PC računar za podršku i programom VMPLog zapisivani su podaci na disku. VMP 20 je merio efektivnu vrednost napona, efektivnu vrednost struje, aktivnu snagu i frekvenciju u fazi u kojoj je bio priključen. Učestanost beleženja podataka je jedanput u sekundi, a podaci su smeštani u bazu VMPLog.fdb. Iz baze podaci se izvoze u Excel gde se vrši dalja obrada podataka. Snimanje je vršeno približno po 168 sati u fazi 1 i 168 sati u fazi 3. Ideja je bila da se snimi jedna tipična radna nedelja.

### 6.1. Analiza u fazi 1

Izabrani vremenski period je od 12.7.2011. u 8:42:54 do 19.7.2011. u 12:26:26. Podaci koji su uvezeni iz baze podataka VMPLog.fdb u Excel, smešteni su u tabelu koja sadrži devet kolona: datum, vreme, efektivnu vrednost napona, efektivnu vrednost struje, aktivnu snagu, frekvenciju, reaktivnu snagu, prividnu snagu, faktor snage. Primer prikaza bitnih rezultata za ovu analizu u Excel-u prikazan je u tabeli 2.

Tabela 2. Prikaz rezultata u Excel-u

DATUM	VREME	U1	II	Q
7/14/2011	11:16:23	58.3	0.8920	45.07
7/14/2011	11:16:24	58.3	0.8920	45.07
7/14/2011	11:16:25	58.3	0.8870	44.56
7/14/2011	11:16:26	58.3	0.8870	44.56
7/14/2011	11:16:27	58.2	0.8840	44.28
7/14/2011	11:16:28	58.2	0.8840	44.28
7/14/2011	11:16:29	58.2	0.8790	43.94

Formula pomoću koje instrument VMP 20 računa reaktivnu snagu je:

$$Q = \sqrt{U^2 \cdot I^2 - P^2} \quad (1)$$

Vrednosti najbitnijih parametara su:

$$Q_{1sr} = 34.772 \cdot 3000 = 104316 \text{ VAr},$$

$$Q_{1min} = 9.73 \cdot 3000 = 29190 \text{ VAr},$$

$$Q_{1max} = 96.69 \cdot 3000 = 290070 \text{ VAr},$$

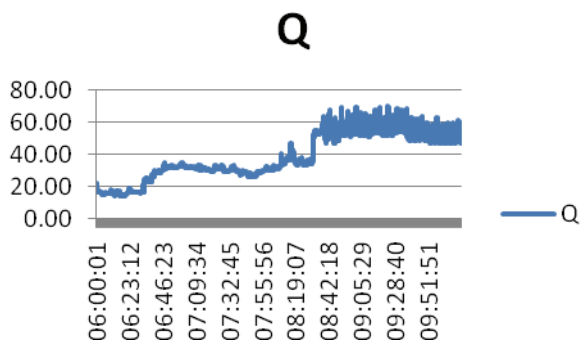
$$Q_{1sdv} = 15.28 \cdot 3000 = 45840 \text{ VAr},$$

$$Q_{1vrs} = 77.02 \cdot 3000 = 231060 \text{ VAr},$$

gde je  $Q_{1sr}$ - srednja vrednost reaktivne snage,  $Q_{1min}$ - minimalna vrednost reaktivne snage,  $Q_{1max}$ - maksimalna vrednost reaktivne snage,  $Q_{1sdv}$ - standardna devijacija reaktivne snage,  $Q_{1vrs}$ - vršna vrednost reaktivne snage.

Sve vrednosti se odnose na fazu 1. Vrednost 3000 predstavlja konstantu (proizvod prenosnog odnosa strujnog reduktora i naponskog mernog trafoa) sa kojom se množe dobijene merne vrednosti.

Grafik reaktivne snage jednog intervala monitoringa prikazan je na slici 3.



Slika 3. Monitoring reaktivne snage u fazi

### 6.2. Analiza u fazi 2

Izabrani vremenski period je od 19.7.2011. u 8:13:26 do 27.7.2011. u 9:37:39. Radi pronalazjenja potrebnih parametara primenjen je isti postupak analize podataka u Excel-u kao i u fazi 1.

Vrednosti najbitnijih parametara su:

$$Q_{3sr} = 29.53 \cdot 3000 = 88590 \text{ VAr},$$

$$Q_{3min} = 17.65 \cdot 3000 = 52950 \text{ VAr},$$

$$Q_{3max} = 72.03 \cdot 3000 = 216090 \text{ VAr},$$

$$Q_{3sdv} = 9.87 \cdot 3000 = 29610 \text{ VAr},$$

$$Q_{3vrs} = 62.25 \cdot 3000 = 186750 \text{ VAr},$$

gde je  $Q_{3sr}$ - srednja vrednost reaktivne snage,  $Q_{3min}$ - minimalna vrednost reaktivne snage,  $Q_{3max}$ - maksimalna vrednost reaktivne snage,  $Q_{3sdv}$ - standardna devijacija reaktivne snage,  $Q_{3vrs}$ - vršna vrednost reaktivne snage. Sve vrednosti se odnose na fazu 3.

### 6.3. Zaključak o uštedi reaktivne energije

Rezultati za fazu 2 se dobijaju kao aritmetička sredina faze 1 i 3. Ukupne reaktivne snage su:

$$Q_{uksr} = 96453 \cdot 3 = 289359 \text{ VAr},$$

$$Q_{uksdv} = 37710 \cdot 3 = 113130 \text{ VAr},$$

$$Q_{ukvrs} = 208890 \cdot 3000 = 626670 \text{ VAr},$$

$\cos\phi_{sr} = 0.49$ , gde su

$Q_{uksr}$ - ukupna srednja trofazna reaktivna snaga koju treba kompenzovati,  $Q_{uksdv}$ - standardna devijacija ukupne trofazne reaktivne snage,  $Q_{ukvrs}$ - vršna vrednost ukupne trofazne reaktivne snage,  $\cos\phi_{sr}$ - srednja vrednost faktora snage sistema.

Analizom je primećeno da u trenucima kada fabrika ne radi imamo konstantno pojavljivanje reaktivne snage oko 150 kVAr, što ukazuje da tolika snaga ide na magnećenje transformatora fabrike.

### 7. MERE I OCENA UŠTEDE NA VRŠNOJ SNAZI

Merenjem su dobijeni sledeći rezultati:

u fazi 1:

$$P_{1sr} = 19.39 \cdot 3000 = 58170 \text{ W},$$

$$P_{1sdv} = 5.01 \cdot 3000 = 15030 \text{ W},$$

$$P_{1vrs} = 35.31 \cdot 3000 = 105930 \text{ W},$$

u fazi 3

$$P_{3sr} = 16.74 \cdot 3000 = 50220 \text{ W},$$

$$P_{3sdv} = 10.05 \cdot 3000 = 30150 \text{ W},$$

$$P_{3vrs} = 50.57 \cdot 3000 = 151710 \text{ W}.$$

I na kraju ukupne trofazne snage:

$$P_{uksr} = P_{2sr} \cdot 3000 \cdot 3 = 18.065 \cdot 9000 = 162585 \text{ W},$$

$$P_{uksdv} = P_{2sdv} \cdot 3000 \cdot 3 = 7.53 \cdot 9000 = 67770 \text{ W},$$

$$P_{ukvrs} = P_{2vrs} \cdot 3000 \cdot 3 = 42.94 \cdot 9000 = 386460 \text{ W},$$

$$P_{ukmax} = P_{2max} \cdot 3000 \cdot 3 = 52.64 \cdot 9000 = 473760 \text{ W},$$

gde su  $P_{uksr}$ - ukupna trofazna srednja aktivna snaga,  $P_{uksdv}$ - standardna devijacija ukupne trofazne aktivne snage,  $P_{ukvrs}$ - ukupna trofazna vršna snaga,  $P_{ukmax}$ - ukupna trofazna aktivna snaga. Za drastičnije odstupanje rezultata u fazama 1 i 3 nije kriv nesimetričan sistem u fabrici već nepostojanje tipične radne nedelje. Tačnije podatke bi imali da smo analizu pravili trofaznim instrumentom.

Na osnovu merenja uštede koje možemo ostvariti su  $2 \cdot \sigma$ , gde je  $\sigma$ - standardna devijacija. Dakle ušteda koja se može ostvariti na vršnoj snazi je  $2 \cdot P_{uksdv} = 135540 \text{ W}$ . Ova ušteda pretvorena u novac iznosi 79029 dinara.

### 8. ANALIZA KVALITETA ELEKTRIČNE

#### ENERGIJE U SKLADU SA NORMOM EN50160

Instrument VMP 20 nije predviđen da meri kvalitet električne energije po normi EN 50160, ali sasvim dobro može poslužiti za monitoring nekih bitnih parametara. Cilj je bio proveriti kvalitet napona, frekvencije i snimiti THD faktor napona u fabrici. Pošto VMP 20 ne meri harmonike, a samim tim ni THD u pomoć su nam pritekale kolege iz preduzeća „Elektrosrbija“, ogranak u Arandjelovcu i pozajmile njihov instrument Kyoritsu KEW 6310.

Merenje ovih parametara je takođe vršeno u isto vreme kao i prethodna merenja. Što se napona napajanja tiče norma EN 50160 je vrlo jasna i kaže da pri normalnim uslovima u radu u toku svake nedelje 95% 10-minutnih efektivnih vrednosti napona napajanja mora biti u opsegu  $U_n \pm 10\%$ .

Nazivna učestanost mrežnog napona mora biti 50 Hz. U toku nadzora, posmatra se srednja vrednost učestanosti osnovnog harmonika izmerena u toku 10 s. Sistemi sa sinhronom vezom sa interkonektovanim sistemom moraju da imaju učestanost 50 Hz  $\pm 1\%$  u toku 99.5% godine.

Učestanost sistema u ostrvskom sistemu rada mora biti 50 Hz  $\pm 2\%$  u toku 95% nedelje.

Pri normalnim uslovima rada u toku svakog dela jedne nedelje 95% 10-minutnih THD faktora napona mora biti niži ili jednak od 8%.

### 8.1. Analiza kvaliteta napona napajanja i frekvencije

Analizom kvaliteta napona napajanja i frekvencije u trafostanici na 10 kV strani u fazama 1 i 3 dobijeni su rezultati prikazani u tabeli 3.

Tabela 3. Vrednosti napona i frekvencija

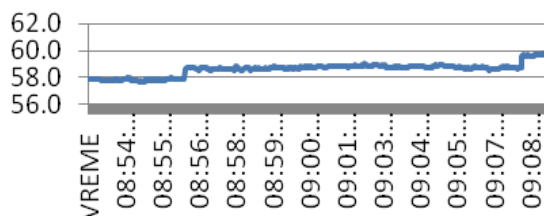
	U (V)	f (Hz)
Maksimalna vrednost	61.95	50.09
Srednja vrednost	60.08	50.00
Minimalna vrednost	55.65	49.92
Standardna devijacija	0.70	0.02
Interval u kojem se nalaze veličine sa sigurnošću od 95%		
Donja granica	58.68	49.96
Gornja granica	61.47	50.03
Relativne nestabilnosti napona i frekvencije		
	2.32%	0.07%

Relativna nestabilnost je veličina koja se računa po formuli:

$$RV = \frac{\sigma}{X_{sr}} * 100\%, \quad (2)$$

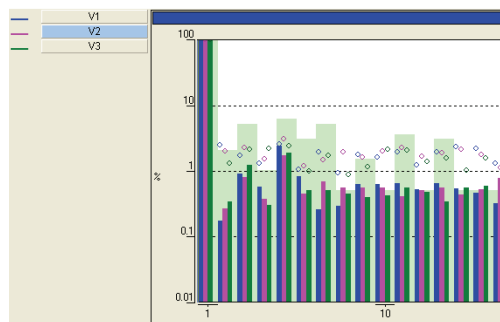
gde je  $\sigma$ - standardna devijacija, a  $X_{sr}$ - srednja vrednost merene veličine. Vidimo da je relativna nestabilnost napona 2.32% u granicama od  $\pm 10\%$ , tako da je napon u potpunosti u skladu sa normom EN 50160. Frekvencija sa relativnom nestabilnošću od 0.07% je izuzetno stabilna i ona je takođe u skladu sa normom EN 50160.

### U1



Slika 4. Monitoring napona

Faktor totalnog izobličenja napona je kao što je i napomenuto sniman trofaznim analizatorom KEW6310, i dobijena vrednost od  $THD_u = 4.5\%$  je u potpunosti u skladu sa normom 50160. Instrument za obradu podataka koristi program KEW PQA MASTER. Prikaz  $THD_u$  faktora je na slici 5.



Slika 5. Monitoring faktora  $THD_u$

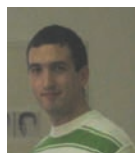
## 9. DISKUSIJA, PREDLOG REŠENJA I ZAKLJUČAK

Merenjem smo zaključili da reaktivna snaga koja treba da se kompenzuje iznosi 289.36 kVAR-a, a treba i obratiti pažnju na snagu koja je redovno prisutna i van radnog vremena u iznosu od oko 150 kVAR-a. Najbolje rešenje za kompenzaciju je centralna kompenzacija na niskom naponu. Kompenzacija se može izvršiti i na srednjem naponu, ali je to rešenje manje pouzdano i dosta skuplje. Što se uštede vršne snage tiče, na osnovu iskustva i činjenice da je dobar deo potrošnje stohastički teorijska granica uštede je  $3\sigma$ , ali je razlika u potrebnoj opremi između  $2\sigma$  i  $3\sigma$  10 puta (kao i između  $\sigma$  i  $2\sigma$ ). Praksa je pokazala da je optimalan odnos cena/performance ušteda  $2\sigma$ . Rešenje za racionalno raspoređenu potrošnju vršne snage leži u podeli rada u fabrici u dve smene. Treba pravilno rasporediti rad najvećih potrošača i izbeći njihov istovremen rad. Što se kvaliteta napona tiče videli smo da su u potpunosti u skladu sa normom EN 50160, s tim da je srednja vrednost napona nešto viša (predpostavljamo da je razlog zato što su kapaciteti trafostanica predimenzionisani za trenutno poslovanje firme). Izmereni  $THD_u$  faktor nije dovoljan da bi se zaključilo da harmonici nisu problem u fabrici, već treba uraditi potpunu harmonijsku analizu.

## 10. LITERATURA

- [1] Vladimir Vujičić, „Stohastička adiciona A/D konverzija“, FTN, Novi Sad, 2001, skripta.
- [2] Željko Novinc, „Kakvoća električne energije“, GRAPHIS, Zagreb, 2003.
- [3] Vladimir Vujičić, Ivan Župunski, Bojan Vujičić, Zoran Mitrović „Analiza primene stohastičke digitalne merne metode“, INDEL 2010, Banjaluka, 2010.

### Kratka biografija:



**Nenad Zlatković** rođen je u Arandelovcu 1985. godine. Diplomirao je na FTN-u u Novom Sadu. Zaposlen je u firmi Elektroprocnen iz Arandelovca kao inženjer razvoja.



**Vladimir Vujičić** rođen je u Novom Sadu 1947. god. Doktorsku disertaciju odbranio je 1992. god. na Univerzitetu u Novom Sadu. Zaposlen je na FTN-u u Novom Sadu kao redovan profesor. Osnovne oblasti istraživanja su različite A/D konverzije i odgovarajuće tehnike brze obrade u oblasti električnih merenja.

**UŠTEDA ENERGIJE OPTIMIZACIJOM RADA SISTEMA KLIMATIZACIJE SA PROMENLJIVIM PROTOKOM VAZDUHA****ENERGY SAVINGS USING OPTIMIZATION OF AN AIR CONDITIONING SYSTEM WITH VARIABLE AIR FLOW**

Srđan Ćirković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Област – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U ovom radu urađena je optimizacija sistema klimatizacije sa promenljivim protokom vazduha. U radu je prikazan dinamički model klima komore, kao i način na koji se menja koncentracija CO<sub>2</sub> u prostoru neophodna za određivanje kvaliteta vazduha u prostoriji. Nivo koncentracije CO<sub>2</sub> u prostoriji se koristi kao presudan parametar za kontrolu protoka vazduha u prostoriju. Vazduh se dovodi u prostorije preko VAV (engl. Variable air volume) kutija. Odaabrana je jednokanalna VAV kutija. Promenom položaja klapni na VAV kutijama dolazi do promene statičkog pritiska u kanalu. Upravljačke metode za regulaciju protoka vazduha zasnivaju se na menjanju brzine ventilatora. Jedna metoda bila je da se održava statički pritisak u kanalu pomoću PID regulatora. Druga metoda bila je da se pomoću fuzzy regulatora reguliše brzina ventilatora. Urađena je i optimizacija žaluzina povratnog vazduha.

**Abstract** – This work has performed optimization of air conditioning systems with variable air flow. The paper presents a dynamic model of the air chamber, and the way how to modify the concentration of CO<sub>2</sub> in the space needed to determine the indoor air quality. Level of CO<sub>2</sub> concentration in the room is used as a critical parameter for controlling the flow of air into the room. The air is brought into the room through the VAV box. Single channel VAV box is selected. Changing the position of the VAV box flap leads to changes in static pressure in the channel. Control methods used for controlling air flow are based on changing the fan speed. One method was to maintain static pressure in the channel using the PID controller. The second method was to use fuzzy controller to regulate fan speed. There was also performed an optimization of return air dampers.

**Ključne reči:** VAV, HVAC, optimization, fuzzy logic

**1. UVOD**

Sistemi KGH igraju centralnu ulogu u regulisanju unutrašnjih uslova komfora i zdrave sredine za ljude u zgradi. Potrošnja energije u zgradi raste širom sveta na različitim nivoima – stambenom, komercijalnom kao i industrijskom. Porast potrošnje energije je postepen i varira između 20% i 40% u razvijenim zemljama [1].

**NAPOMENA:**

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

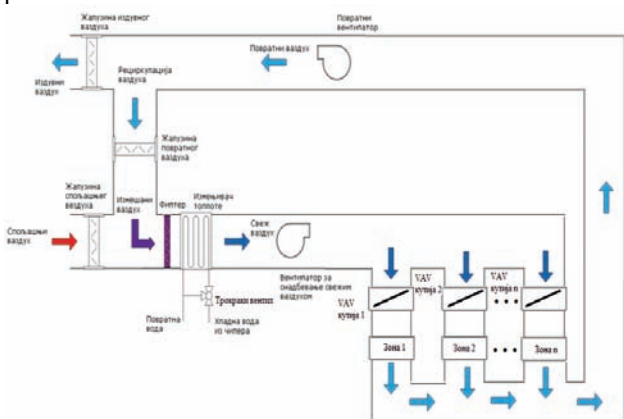
U budućnosti je projektovani srednji rast potrošnje energije zgrada 1,5% godišnje, do približno 3 milijarde tona ekvivalenta nafte u 2030. godini. Mada zgrade u industrijalizovanim zemljama trenutno troše proporcionalno više energije na nacionalnom nivou u poređenju sa ostatkom sveta, očekuje se da se ta razlika smanjuje, imajući u vidu rapidan porast potrošnje energije u zgradama u zemljama u razvoju. Tako će komercijalne zgrade u zemljama u razvoju imati najveći relativni porast potrošnje energije sa srednjom godišnjom stopom rasta od 2,8%, što će rezultovati u dupliranim zahtevima za energijom do 2028, u poređenju sa nivoom potrošnje u 2003 [2]. Sistemi KGH su ključni elementi koji utiču na karakteristike potrošnje i doprinose sa oko 48% u ukupnoj potrošnji energije u zgradi [1].

Iz tog razloga, efikasno korišćenje energije u zgradama može se postići pravljenjem sistema KGH efikasnijim u pogledu konfiguracije i strategije upravljanja.

**2. OPIS RADA SISTEMA KLIMATIZACIJE SA PROMENLJIVIM PROTOKOM VAZDUHA**

Klima komora relativno je jednostavna. Obuhvata filtre, hladnjak vazduha, žaluzine i ventilator. Opis njihovog pojedinačnog i međusobnog delovanja sledi u nastavku. U komercijalnim klima komorama centralna jedinica za snabdevanje vazduhom (engl. central air supply) obezbeđuje vazduh sa kontrolisanom temperaturom i protokom, koji se koristi za provetravanje zatvorenog prostora. Spoljni vazduh je vazduh koji se u objekat ubacuje iz spoljašnjosti, dok je povratni vazduh onaj vazduh koji je već bio u unutrašnjosti objekta. Žaluzine omogućavaju da povratni i spoljni vazduh budu pomešani. Filteri u centralnoj jedinici mogu biti konstruisani da uklanjaju svaku neželjenu česticu sadržanu u spoljnjem vazduhu, uključujući neželjene supstance kao što su spore i poleni. Ako u spoljašnjem vazduhu postoje neželjene hemikalije ili mirisi, mogu se dodati hemijski i/ili filter od aktivnog uglja. Treba znati da su troškovi posebnog filtriranja vazduha umanjeni, jer se filtrira samo količina vazduha za ventilaciju. Svakako, jedan od najbitnijih delova ove jedinice je sam izmenjivač toplote. Izmenjivač toplote u centralnoj jedinici, služi za hlađenje vazduha koji prelazi preko izmenjivača. Kroz njega protiče odgovarajuća količina hladne vode iz čilera, čija je uloga da hladi vazduh koji prolazi preko izmenjivača. To se dešava zbog toga što vazduh ima veću temperaturu od vode koja prolazi kroz izmenjivač, tako da se vazduh oslobađa svoje toplotne energije, koju preuzima voda, i na taj način se temperatura vazduha smanjuje. Pri tom se

povećala temperatura vode koja je izašla iz izmenjivača, i ona dalje nastavlja da protiče ka čileru, gde će se ponovo hladiti. Regulacijom brzine kojom hladna voda prolazi kroz izmenjivač, kontroliše se temperatura vazduha koji prelazi preko izmenjivača. Iza samog izmenjivača, naravno, postoji senzor temperature koji daje informaciju o temperaturi ohlađenog vazduha koji je izašao iz izmenjivača. Tako ohlađen vazduh sada ulazi u ventilator, koji ga direktno ubacuje kroz cevovod u objekat [3]. Na slici 1 prikazan je sistem klimatizacije sa promenljivim protokom vazduha.



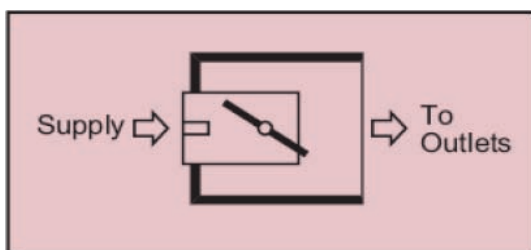
Slika 1.- Sistem klimatizacije sa promenljivim protokom vazduha

### 3. VAV SISTEMI

VAV sistem obezbeđuje distribuciju vazduha u objekat promenljivog kapaciteta ali konstantne temperature. Regulacija količine ubačenog vazduha se reguliše raznim tipovima žaluzina. Osnovni benefit upotrebe VAV sistema je ušteda energije. VAV sistemi mogu se lako dopuniti uređajima za regulaciju kvaliteta vazduha, kao što su CO<sub>2</sub> senzori. VAV sistemi takođe pružaju mogućnost povećanja komfora u zonama.

#### 3.1. Jednokanalni VAV sistemi

Najjednostavniji tip VAV sistema, je kutija sa klapnom koja menja količinu primarnog vazduha koji se ubacuje u zonu. VAV sistem prikazan na slici 2, sastoji se od kućišta, klapne, pokretača klapne i kontrolera.

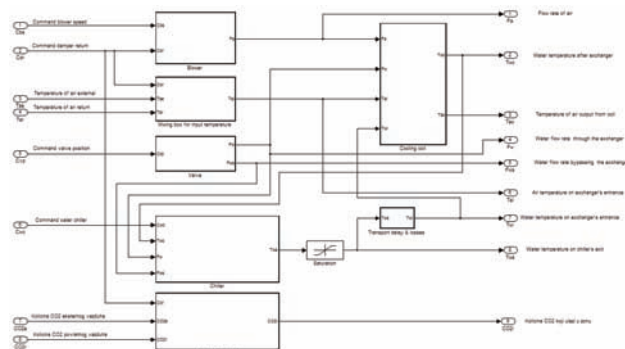


Slika 2.- Jednokanalni VAV sistem

Ovo je jedna obična regulaciona klapna sa ponekad akustično izolovanom komorom sa kojom je povezan zonski kanal. Kada su kutije većeg kapaciteta, često je potrebno ugraditi i dodatni prigušivač buke. Regulaciona klapna reguliše količinu vazduha neophodnog kako bi se dostigla željena vrednost CO<sub>2</sub> u prostoriji. Dobra karakteristika ovog VAV sistema jeste da štedi energiju [4].

## 4. MATEMATIČKI MODEL KLIMA KOMORE

Simulacioni model klima komore u potpunosti je realizovan u Matlab-ovom alatu Simulink i prikazan je na slici 3.



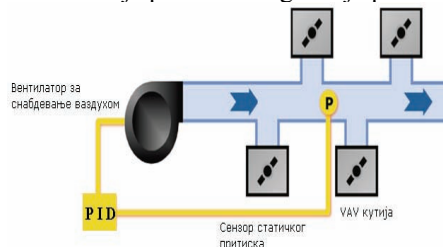
Slika 3.- Matematički model klima komore realizovan u Simulinku

Razvoj simulacionog modela sistema, koji poseduje zadovoljavajuću tačnost i detaljnost, je od izuzetno velikog značaja. Praktično je ne moguće realizovati model koji će 100% predstavljati vernu sliku realnog fizičkog sistema, ali je postignuto ponašanje razvijenog modela blisko ponašanju realnog fizičkog sistema. Pokazalo se da su ponašanje i odziv ovoga modela, na eksperimentalne ulazne signale, veoma slični odzivima realnog fizičkog sistema. Simulink model klima komore je podeljen u pet funkcionalnih podsistema: ventilator, čiler, ventil, blok za mešanje vazduha i izmenjivač toplote [5].

## 5. OPTIMIZACIJA RADA SISTEMA KLIMATIZACIJE SA PROMENLJIVIM PROTOKOM VAZDUHA

### 5.1 Optimizacija ventilatora

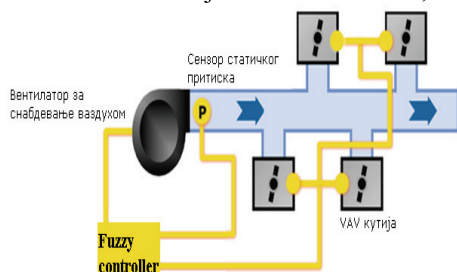
Danas se koriste različite metode upravljanja brzinom ventilatora. Da bi se održavao statički pritisak u kanalu pri promenama položaja klapni na VAV kutijama, neka vrsta regulacije protoka vazduha mora se koristiti za ventilator dovodnog vazduha. Standardna metoda regulacije protoka vazduha je upravljanje brzinom ventilatora za održavanje statičkog pritiska u kanalu. U VAV sistemu, senzor pritiska je najčešće postavljen na dve trećine dužine kanala dovodnog vazduha, i on meri statički pritisak u kanalu. Na slici 4 je prikazana regulacija pritiska.



Slika 4.- Regulacija pritiska

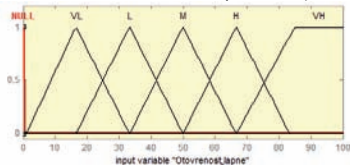
Sa promenom CO<sub>2</sub> u zonama, VAV kutije menjaju protok dovedenog vazduha, kako bi zadovoljile zahtevane uslove u zoni koju snabdevaju. Ovo prouzrokuje promenu pritiska unutar kanala za dovod vazduha. PID regulator statičkog pritiska upravlja brzinom motora ventilatora za isporuku obrađenog vazduha da bi obezbedio postavljenu vrednost statičkog pritiska u skladu sa razlikom između

željenog i izmerenog pritiska. Željena i stvarna vrednost se oduzimaju i dovode kao greška na ulaz PID regulatora, koji sada na osnovu greške  $e(t)$  sa svog ulaza, generiše komandni signal za upravljanje brzinom ventilatora, za isporuku obrađenog vazduha da bi obezbedio željenu vrednost statičkog pritiska. Drugi način upravljanja brzinom ventilatora jeste da se koristi *fuzzy* regulator. Na njegov ulaz dovodi se klapna koja je najviše otvorena na VAV kutijama i vrednost statičkog pritiska sa senzora u kanalu, a na svom izlazu daje brzinu ventilatora, slika 5.

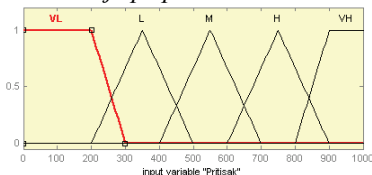


Slika 5.- Upravljanje brzinom ventilatora pomoću fuzzy regulatora

Funkcije pripadnosti koje su korišćene za *fuzzy* regulator prikazane su na sledećim slikama (Slika 6, Slika 7).



Slika 6. - Funkcije pripadnosti otvorenost klapne



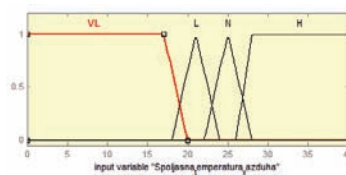
Slika 7.- Funkcije pripadnosti pritiskak

Rasplinuti skupovi izlazne promenljive brzine ventilatora ima sledeće značenje: NULL- nula, VL-veoma mala, L – mala, M- srednja, H – velika, VH – veoma velika, MAX- maksimalna. Prostor razmatranja promenljive brzine ventilatora je od 0 do 100 %, a funkcije pripadnosti navedenih skupova su konstante vrednosti. Za NULL- 0, VL – 20, L – 35, M – 50, H – 65, VH – 80, MAX – 100

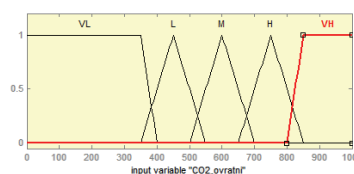
### 5.2 Optimizacija žaluzina povratnog vazduha

Spoljni vazduh je vazduh koji se u objekat ubacuje iz spoljašnjosti, dok je povratni vazduh onaj vazduh koji je već bio u unutrašnjosti objekta. U zavisnosti od kvaliteta povratnog vazduha i temperature spoljašnjeg vazduha, određuje se u kom će procentu povratni vazduh biti vraćen u objekat. U ovim cevima nalaze se senzori temperature i CO<sub>2</sub> koji nam daju informaciju o trenutnim vrednostima temperatura i CO<sub>2</sub> pomenutih vazduha. Žaluzine omogućavaju da povratni i spoljni vazduh budu pomešani i da se na taj način reguliše temperatura i nivo CO<sub>2</sub> vazduha koji prolazi kroz izmenjivač toplote. Za optimizaciju žaluzina povratnog vazduha korišćen je *fuzzy* regulator. Na ulaz *fuzzy* regulatora dovode se temperatura spoljašnjeg vazduha i koncentracija CO<sub>2</sub> u povratnom kanalu, na svom izlazu *fuzzy* regulator daje otvorenost žaluzine povratnog vazduha. Funkcije

pripadnosti koje su korišćene za *fuzzy* regulator prikazane su na sledećim slikama (Slika 8. ,Slika 9).



Slika 8. Funkcije pripadnosti temperatura spoljašnjeg vazduha



Slika 9. Funkcije pripadnosti CO<sub>2</sub> povratni

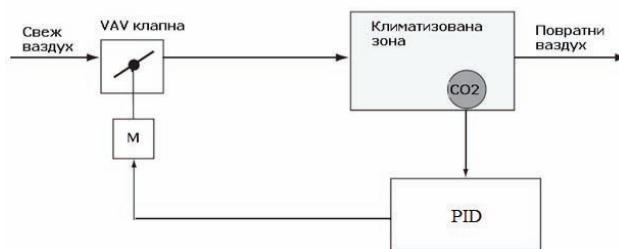
Rasplinuti skupovi izlazne promenljive otvorenost žaluzine povratnog vazduha ima sledeće značenje: FC- zatvori skroz, LO- malo otvori, NO – srednje otvori, HO- puno otvori, FO – skroz otvori. Prostor razmatranja promenljive otvorenost žaluzine je od -1 do 0, a funkcije pripadnosti navedenih skupova su konstante vrednosti. Za FC– 0, LO – -0.25, NO – -0.5, HO– -0.75, FO- -1.

### 5.3 Optimizacija jednokanalne VAV kutije

U ovom sistemu, senzori CO<sub>2</sub> su povezani sa regulacionom jedinicom, koju obično snabdeva jedan VAV sistem. Promena protoka vazduha u sistemu nastaje zbog prigušavanja u terminalima, u cilju postizanja željene vrednosti CO<sub>2</sub> u pojedinim prostorima odnosno zonama. Otuda dolazi do varijacija pritiska u svim tačkama sistema za distribuciju vazduha bez obzira na karakteristiku odabranog ventilatora. Koncentracija CO<sub>2</sub> u zoni reguliše se pomoću PID regulatora.

Željena i stvarna vrednost CO<sub>2</sub> se oduzimaju i dovode se kao greška na ulaz PID regulatora, koji sada na osnovu greške  $e(t)$  sa svog ulaza, generiše komandni signal za upravljanje klapnom VAV kutije, za isporuku svežeg vazduha da bi obezbedio željenu vrednost CO<sub>2</sub> u skladu sa razlikom između izmerene koncentracije i željene vrednosti CO<sub>2</sub>.

Slika 10 pokazuje princip rada jednokanalnog VAV sistema, u kome se kvalitet vazduha nadgleda pomoću CO<sub>2</sub> senzora. Ova vrsta kutija u potpunosti zavisi od sposobnosti centralnog ventilatora da prilagodi tok vazduha u zavisnosti od zatvaranja i otvaranja kutija. Posledica toga je da će VAV kutije koje se nalaze blizu ventilatora dobiti najveći deo ukupnog protoka vazduha [6].



Slika 10. Jednokanalni VAV sistem

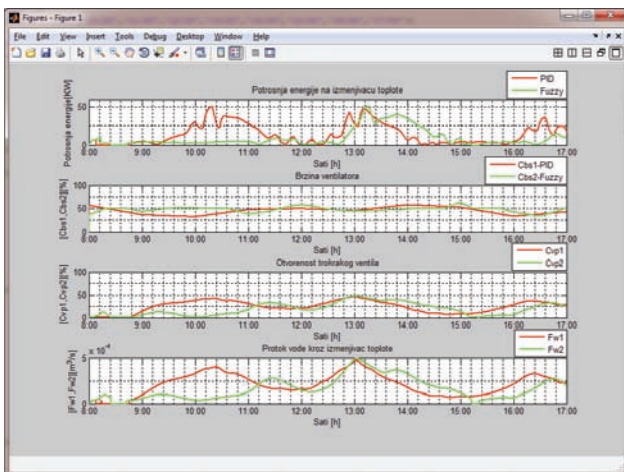
## 6. REZULTATI

Za predloženi sistem urađeno je nekoliko simulacija. Urađene su simulacije za najtopliji dan u godini.

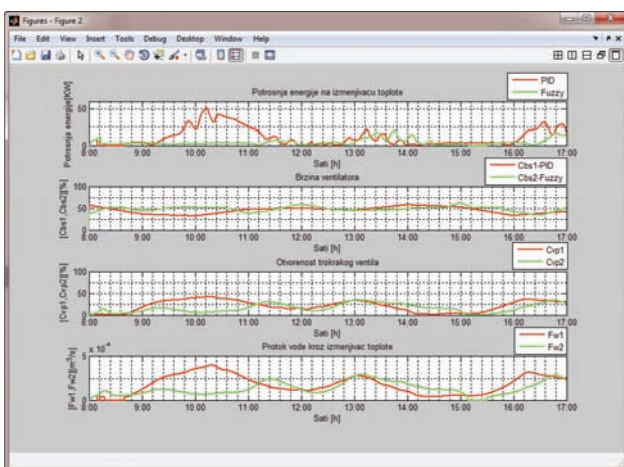
Simulacija je urađena za sledeće slučajeve:

1. Sa 100% svežim vazduhom
  - a) Regulacija brzine ventilatora pomoću PID regulatora
  - b) Regulacija brzine ventilatora pomoću *fuzzy* regulatora
2. Regulacija žaluzina povratnog vazduha pomoću *fuzzy* regulatora:
  - a) Regulacija brzine ventilatora pomoću PID regulatora
  - b) Regulacija brzine ventilatora pomoću *fuzzy* regulatora

U toku jednog letnjeg dana (u periodu od 8 do 17h) za prvi slučaj pod a) ostvareni protok vode kroz izmenjenjivač je  $5,6716 \text{ m}^3$ , a pod b) ostvareni protok je  $4,4336 \text{ m}^3$ . Ostvareni protok vode kroz izmenjenjivač toplote za drugi slučaj pod a) je  $4,7731 \text{ m}^3$ , a pod b) protok vode je  $3,5794 \text{ m}^3$ . Stoga se može zaključiti, da regulacijom žaluzina povratnog vazduha i regulacijom brzine ventilatora ima smisla upravljati primenom *fuzzy* regulatora, jer dovodi do uštede energije. Na slikama 11 i 12 prikazani su odzivi simulacije za prvi i drugi slučaj.



Slika 11- Odziv simulacije za prvi slučaj



Slika 12- Odziv simulacije za drugi slučaj

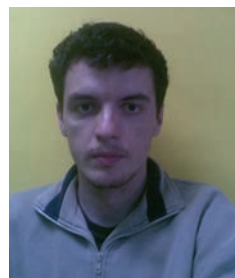
## 7. ZAKLJUCAK

Za optimizaciju konfiguracije sistema KGH ključan je model klima komore. Da bi se došlo do postavke problema, krenulo se od principske šeme jedne komercijalne klima komore često viđene u poslovnim zgradama. U ovom radu ispitane su mogućnosti *fuzzy* i PID regulatora kao mehanizama rešavanja problema optimizacije rada sistema klimatizacije sa promenljivim protokom vazduha. Prikazani rezultati formirani su na osnovu simulacija u programskom paketu MATLAB. Testirano je nekoliko simulacija i analiziran je uticaj pojedinih parametara na konačnu performansu modela. Pored održavanja CO<sub>2</sub> u prostoriji, dalji pravac razvoja modela otvara pitanja istraživanja i analize regulacije temperature u prostorijama [7].

## 8. LITERATURA

- [1.] Perez-Lombard, L., Ortiz, J., Pout, C. *A Review on Buildings Energy Consumption Information, Energy and Buildings*, 40(2008), pages 394–398.
- [2.] EIA, *Energy Information Administration, International Energy Outlook 2006, U.S. Department of Energy, June 2006.*
- [3.] Michael Anderson, Michael Buehner, Peter Young, Douglas Hittle, C. Anderson, Jilin Tu, and David Hodgson, *An experimental system for advanced heating, ventilating and air conditioning (HVAC) control, Energy and Buildings* 39, 2007, pages 136-147.
- [4.] Schengwei Wang, *Intelligent Buildings and Building Automation. Taylor & Francis, Inc; November 2009, ISBN-13: 978-0415475716.*
- [5.] Michael Anderson, Michael Buehner, Peter Young, Member, IEEE, Douglas Hittle, Charles Anderson, Jilin Tu, and David Hodgson, *MIMO Robust Control for Heating, Ventilating and Air Conditioning (HVAC) Systems*, Energy and buildings, 2005.
- [6.] Steven R. Calabrese, *Practical Controls: A Guide To Mechanical Systems. 1 edition. Fairmont Press; June 17, 2003, ISBN-13: 978-082474618.*
- [7.] Shui Yuan, Ronald Perez, *Multiple-zone ventilation and temperature control of a single duct VAV system using model predictive strategy Original Research Article Energy and Buildings, Volume 38 (October 2006), Pages 248-1261.*

### Kratka biografija:



**Srđan Ćirković** rođen je u Vlasnici 06.12.1986. god. Diplomski-bachelor rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Računarstvo i automatika odbranio je 2010. god.



### PRILAGODAVANJE ALATA ZA DINAMIČKU ANALIZU PROGRAMSKOG KODA VELGRIND ZA ARHITEKTURU MIPS

Dejan Jevtić, *Katedra za računarsku tehniku, Fakultet Tehničkih nauka, Novi Sad*, Dejan.Jevtic@rt-rk.com

Petar Jovanović, *RT-RK, Sistemi zasnovani na računarima, Novi Sad*, Petar.Jovanovic@rt-rk.com

Aleksandar Simeonov, *RT-RK, Sistemi zasnovani na računarima, Novi Sad*, Aleksandar.Simeonov@rt-rk.com

Teodora Petrović, *RT-RK, Sistemi zasnovani na računarima, Novi Sad*, Teodora.Petrovic@rt-rk.com

**Sadržaj** – Cilj ovog rada je da opiše proces prilagođavanja alata za dinamičku analizu programskog koda Velgrind arhitekturi MIPS, kao i da na tom primeru prikaže one delove ovog alata koji su zavisni od arhitekture na kojoj se izvršavaju. Kao referentna platforma odabran je operativni sistem Linux koji je baziran na procesorima MIPS. U radu se nalazi opis rada Velgrinda, kao i prikaz koncepta upotrebe drugih alata oslonjenih na Velgrind.

#### 1. UVOD

Pronalaženje grešaka u programima pisanim u bilo kom programskom jeziku predstavlja izazov sa kojim se svakodnevno suočavaju programeri. Sistemi programske podrške i fizičke arhitekture ovih dana rastu neverovatnom brzinom, pa je zato potrebno programerima obezbediti alat koji će im pomoći prilikom analize i verifikacije samog koda.

Alati koji se mogu koristiti za poboljšanje kvaliteta programa, posebno ispravnosti i brzine, su od neprocenjive vrednosti. Mnogi od takvih alata koriste neku vrstu programske analize da otkriju interesantne informacije o samom programu.

Dinamička analiza, kao vrsta analize programa, obuhvata analizu korisničkog programa dok se on izvršava.

Binarna analiza, kao vrsta programske analize, obuhvata analizu koda na nivou mašinskog koda koji je snimljen ili kao objektni kod (nepovezan) ili kao izvršni kod (povezan).

Velgrind predstavlja okvir za dinamičku binarnu analizu programa posredstvom alata koji vrše dinamičku binarnu analizu kao posebnu vrstu dinamičke binarne instrumentacije.

U [3] je pokazan, na primeru Velgrinda, princip rada dinamičke binarne analize kao posebne vrste dinamičke binarne instrumentacije.

Velgrind paket obuhvata sledeće alate za otkrivanje grešaka i alate za optimizaciju samog koda:

- *Memcheck* je alat koji detektuje probleme vezane za memorijske pristupe. On prati sve akcije koje su vezane za pristup memoriji. Kao rezultat on može da otkrije sledeće greške:
  - Pristup nealociranoj ili neinicijalizovanoj memoriji
  - Probleme vezane za curenje memorije
  - Loše oslobađanje zauzete memorije
  - Preklapanje određivanja i izvornog memorijskog bloka prilikom kopiranja sadržaja memorije.
- *Cachegrind* predstavlja alat koji broji pristupe skrivenoj memoriji, broj memorijskih pokazivača i broj instrukcija koje se izvršavaju za svaku liniju originalnog koda.
- *Callgrind* predstavlja proširenje alata cachegrind. On prikazuje informacije koje cachegrind prikupi i omogućava njihov grafički prikaz.
- *Massif* je alat koji vrši analizu dinamičke memorije.
- *Helgrind* predstavlja alat koji otkriva greške u programima koji koriste više od jedne niti.
- *Lackey*, *Nulgrind* predstavljaju alate koji takođe dolaze u sklopu Velgrind paketa. Njihova svrha nije da otkriju greške u originalnom programu, već da pomognu prilikom testiranja samog Velgrinda.

U [1] je pokazano da Velgrind može da detektuje korišćenje nedefinisanih vrednosti u programima na nivou bita.

#### 2. VELGRIND

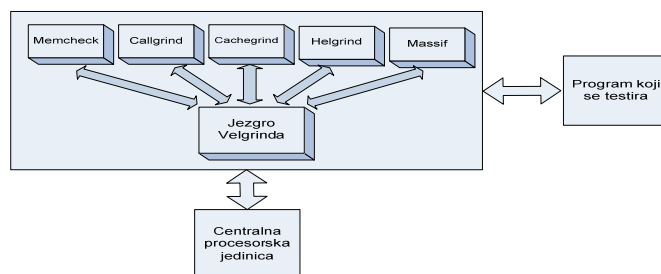
Velgrind predstavlja okvir za dinamičku binarnu analizu programa. Dolazi sa skupom alata koji mogu da detektuju širok spektar programskih grešaka, a omogućava i korišćenje alata pisanih od strane korisnika. Alat za dinamičku analizu koda se kreira kao dodatak, pisan u C programskom jeziku, na jezgro Velgrinda. Velgrind omogućava izvršavanje klijentskog programa, kao i snimanje izveštaja koji su nastali prilikom analize samog programa.

#### NAPOMENA:

a) Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada Sanje Bulić. Mentor je bio prof. dr Nikola Teslić.

b) Rad je prethodno publikovan na konferenciji TELFOR, Beograd, 2011.

Velgrind dodaje instrukcije u originalni kod, koje prilikom izvršavanja sa originalnim kodom omogućavaju analizu originalnog koda. Proces prevođenja se sastoji iz razgradnje originalnog mašinskog koda u međukod IR (*intermediate representation*), koji se analizira nekim od alata.



Slika 1. Blok dijagram paketa Velgrind

Na slici 1 se može videti blok dijagram paketa Velgrind. Sa slike se može videti da se Velgrind umeće između programa koga analizira i centralne procesorske jedinice na kojoj vrši samu analizu programa.

Analiza originalnog koda se vrši na taj način što se u međukod, koji predstavlja originalni kod, ubacuju dodatne instrukcije na osnovu kojih se analizira njegovo ponašanje prilikom izvršavanja.

Velgrind troši najviše vremena na proces prevođenja originalnog mašinskog koda u međukod, dodavanje instrukcija za analizu međukoda (samim tim i originalnog koda), kao i na proces pretvaranja novog međukoda u mašinske instrukcije ciljne platforme, koje će izvršavati po potrebi. Originalni kod se nikada ne izvršava. Problem koji se može dogoditi je ako se vrši analiza koda koji se menja tokom izvršavanja programa.

Velgrind deli originalni kod u sekvence koje se nazivaju osnovni blokovi. Osnovni blok je pravolinijska sekvenca mašinskog koda, na čiji se početak skače, a koja se završava sa skokom, pozivom funkcije ili povratkom. Svaki kod programa koji se analizira ponovo se prevodi na zahtev, pojedinačno po osnovnim blokovima, neposredno pre samog izvršavanja osnovnog bloka. Ako uzmemo da su osnovni blokovi klijentskog koda BB1, BB2, ... onda prevedene osnovne blokove obeležavamo sa  $t(BB1)$ ,  $t(BB2)$ ,... Veličina osnovnog bloka je ograničena na maksimalno 60 mašinskih instrukcija. Na procesorima MIPS, instrukcije skoka i grananja imaju takozvano „odloženo izvršavanje“. To znači da se prilikom izvršavanja tih instrukcija izvršava i instrukcija koja se nalazi neposredno iza instrukcije grananja ili skoka. U slučaju da je poslednja (60) instrukcija osnovnog bloka instrukcija grananja, Velgrind učitava i instrukciju koja se nalazi neposredno iza nje. Time se omogućava konzistentno izvršavanje programa koji se analizira, kao i u slučaju da se program izvršava bez posredstva Velgrinda.

U nastavku su dati koraci koje Velgrind izvršava prilikom analize programa.

*Disasembliranje (razgradnja)* - proces prevođenja mašinskog koda u ekvivalentni asemblerski kod. Velgrind

vrši prevođenje mašinskog koda u interni skup instrukcija koje se nazivaju međukod instrukcije. Međukod predstavlja redukovani skup instrukcija (RISC).

*Optimizacija* predstavlja proces koji Velgrind izvršava nakon disasembliranja. Tom prilikom se uklanja višak instrukcija koje su dodate prilikom razgradnje pojedinačnih instrukcija na jednu ili više međukod instrukcija. Praktično, mnoge instrukcije za učitavanje vrednosti iz memorije u registre i obrnuto, koje su dodate prilikom razgradnje, se otklanjaju.

*Instrumentacija* ubacuje nove međukod instrukcije u kod dobijen optimizacijom međukod instrukcija. Dodate instrukcije se ubacuju da bi se izvršila analiza samog izvornog koda. Dodate instrukcije ne narušavaju konzistentno izvršavanje originalnog koda. Analizu međukod instrukcija vrši alat koji dodaje međukod instrukcije u originalni optimizovani međukod da bi izvršio analizu originalnog programa, u zavisnosti od alata koji je izabran.

*Dodela registara* vrši zamenu virtuelnih registara koji su određeni u svakoj međukod instrukciji sa jednim od pravih registara koji su za to određeni.

*Izvršavanje (emisija) koda* je deo kada se sve međukod instrukcije, originalne i dodate, prevode u mašinske reči ciljne platforme i snimaju u prevedeni osnovni blok.

Proces disasembliranja izvornog mašinskog koda, instrumentacija, dodela registara i izvršavanje novog koda naziva se translacija.

U [2] je pokazan princip rada Velgrind jezgra koji se sastoji iz: disasembliranja originalnog koda, optimizacije, instrumentacije tako dobijenog alata, kao i same dodele registara procesora i izvršavanje tako dobijenog koda.

Svaka translacija počinje sa umanjnjem vrednosti globalnog brojača. Nakon prevedenih nekoliko hiljada instrukcija ovaj brojač dostiže vrednost nula i Velgrind tada proverava da li su se desili neki neuobičajeni događaji, kao što su signali.

U telu translacije, svaka međukod instrukcija je prevedena nezavisno u mali broj mašinskih instrukcija ciljne platforme (asemblerske kodne rutine). Često je instrukcija koja je generisana iz međukod instrukcije ista onoj u originalnom kodu, ali sa različitim registrima.

### 3. PRILAGODAVANJE VELGRINDA MIPS ARHITEKTURI

Prilikom prilagodavanja Velgrinda za arhitekturu MIPS definisani su svi registri koji se nalaze na arhitekturi MIPS (klijentski registri), izabrani su fizički registri koje će Velgrind koristiti prilikom izvršavanja prevedenog koda, kao i registri u kojima će se uvek nalaziti pokazivač na stanje klijentskih registara, pokazivač na originalan kod, pokazivač na prevedeni kod i pokazivač na sledeći blok koji treba izvršiti.

Napisan je disasemler koji svaku instrukciju procesora MIPS pretvara u jednu ili više međukod

instrukcija. Međukod instrukcije za svaku originalnu MIPS instrukciju u potpunosti ažuriraju stanje klijentskog programa u memoriji: klijentsko stanje se dobavlja u virtuelne registre, vrše se operacije nad njima, a zatim se snima u klijentsku memoriju.

Predstavljanje koda sa redukovanim setom instrukcija ima dve velike prednosti. Prvo, mnogo je jednostavniji od MIPS instrukcijskog skupa, tako da alat ima mnogo manje slučajeva kada vrši samu instrumentaciju; takođe, instrukcije za upis i čitanje iz memorije su rastavljene na niz prostih instrukcija, tako da alat može veoma lako da detektuje svako pisanje ili čitanje sa određene memorijske lokacije. Drugo, on rastavlja veoma složene MIPS instrukcije na više jednostavnih instrukcija, omogućavajući analizu međurezultata. Iako se izvorni kod predstavlja redukovanim skupom instrukcija, redukovani skup instrukcija poseduje i neke instrukcije koje su karakteristične za MIPS arhitekturu. Neke instrukcije kao što su RDHWR (*Read Hardware Register*) je nemoguće predstaviti preko jedne ili više međukod instrukcija. U tom slučaju se definišu blokovi asemblerskih instrukcija koji direktno izvršavaju instrukcije koje je nemoguće predstaviti preko međukod instrukcija. U slučaju da neka od ovih instrukcija snima rezultat u registre ili memoriju procesora MIPS, potrebno je to isto uraditi sa klijentskim registrima ili memorijom procesora MIPS u samom Velgrindu.

Napisan je assembler procesora MIPS koji sve međukod instrukcije koje su generisane iz originalnog klijentskog koda i međukod instrukcije koje su dodate prilikom instrumentacije samog koda, prevodi u asemblerske instrukcije procesora MIPS.

Sistemske pozivi se izvršavaju bez posredstva Velgrinda, zato što jezgro Velgrinda ne može da prati njihovo izvršavanje u samom jezgru operativnog sistema. Da bi se sistemski pozivi izvršavali korektno na procesorima baziranim na arhitekturi MIPS, prilikom analize koda u Velgrindu je potrebno dodati asemblerski blok koji izvršava raspoređivanje parametara sistemskog poziva u registre ili na stek memoriju. Takođe, taj asemblerski blok smešta i broj sistemskog poziva u registar koji je za to predviđen (registar v0), kao i da prilikom uspešnog izvršenja sistemskog poziva, povratne vrednosti snimi u odgovarajuće klijentske registre. Kada se desi sistemski poziv, kontrola se predaje raspoređivaču, koji preduzima sledeće korake:

1. snima alatov pokazivač na stek memoriju;
2. kopira stanje klijentskih registara u fizičke registre procesora, osim programskog brojača;
3. izvršava sistemski poziv;
4. kopira novo stanje klijentskog programa nazad u memoriju, osim programskog brojača;
5. vraća staro stanje alatovog pokazivača na stek memoriju.

Velgrind kopira klijentski pokazivač na stek memoriju, tako da se sam sistemski poziv izvršava na

klijentskom pokazivaču steka, kako bi se izvršavao i bez posredstva Velgrinda.

Sistemske pozivi koji obuhvataju podelu resursa kao što je memorija (npr. `mmap()`, `mprotect()`, `brk()`) se posebno proveravaju, da se ne bi desio konflikt sa Velgrindom. Velgrind obezbeđuje mehanizam za zaustavljanje sistemskih poziva, kao i za njihovo ponovno pokretanje.

Prilikom analize programa koji kreiraju više od jedne izvršne niti, potrebno je napisati asemblerski blok koji će u potpunosti zameniti sistemski poziv `clone` uz pomoć kojeg se na procesorima MIPS kreira još jedna nit koja je identična niti roditelja.

Prilikom analize nekih programa koji pozivaju neke od funkcija kao što su `malloc()`, `new()` ili `pthread_create()`, Velgrind pronalazi veliki broj grešaka. Razlog tome je što su te funkcije veoma optimizovane i specijalno prilagođene da se izvrše najbrže moguće na određenoj platformi. U tom slučaju Velgrind ove funkcije menja sa svojim funkcijama koje u suštini rade istu stvar, kao i originalne funkcije. Na taj način je omogućeno lakše praćenje i analiza izvršavanja gore pomenutih funkcija.

Velgrind poseduje mehanizam koji omogućava klijentskom programu da prosledi poruke ili upite jezgru ili alatu. Ovo je omogućeno ubacivanjem u klijentski kod kratke sekvence instrukcija koje efektivno ne rade ništa.

```
addiu $t7, $t7, 13
addiu $t7, $t7, 29
addiu $t7, $t7, 3
addiu $t7, $t7, -45
```

Slika 2. Sekvencija instrukcija za prepoznavanje klijentskog zahteva - MIPS arhitektura

Kao što se na slici 2 može videti, na kraju sekvence instrukcija (tzv. magične sekvence) vrednost u registru t7 će biti ista kao i vrednost pre sekvence instrukcija. Kada Velgrind otkrije gore prikazanu sekvencu instrukcija tokom disasembliranja programa, on predaje kontrolu preko raspoređivača rukovaocu klijentskim zahtevima. Argumenti mogu biti prosleđeni klijentskom zahtevu, a povratna vrednost može biti preuzeta. Takođe je potrebno snimiti vrednost globalnog pokazivača (registar \$gp), kao i vrednost povratne adrese (registar \$ra) na stek memoriju neposredno pre magične sekvence. Neposredno posle magične sekvence je potrebno vratiti stare vrednosti globalnog pokazivača i povratne adrese. Razlog tome je što se ove vrednosti mogu promeniti u Velgrindovim verzijama funkcija sa kojim zamenjujemo originalne. Svaki klijentski zahtev poseduje kod koji odlučuje da li klijentski zahtev treba proslediti Velgrind jezgru ili alatu. Ovo omogućava da klijentski zahtevi koji su namenjeni različitim alatima budu ubačeni u jedan program. Klijentski zahtevi koji se odnose na alate koji nisu trenutno u upotrebi se ignorišu.

*Magična sekvenca* ne vrši nikakvu promenu vrednosti u registrima, novi program koji se dobije može se izvršiti normalno. Jedina razlika je ta što se novi program izvršava sporije zbog dodatih instrukcija.

Na osnovu instrukcije koja se nalazi odmah iza magične sekvence, Velgrind određuje koji klijentski zahtev treba da izvrši.

Na ovaj način je omogućeno da se izvrši preusmeravanje poziva nekih funkcija kao što su `malloc()`, `new()` ili `pthread_create()` sa Velgrindovim verzijama istih funkcija, radi lakše analize samog programa.

Velgrind upravlja svojom memorijom izbegavajući upotrebu funkcije `malloc`. Jezgro, takođe, mora da vodi računa da memorija koja je alocirana za alat, stane u adresni prostor koji je predviđen za alat. Jezgro obezbeđuje alokator koji koristi `mmap()` funkciju, da alocira blok memorije.

Jedna od karakteristika Velgrinda jeste da je zavistan od veličine memorijske stranice za ciljanu platformu. Prilikom mapiranja memorije uz pomoć sistemskog poziva `mmap()` ili `mmap2()`, Velgrind kao parametre sistemskog poziva prosleđuje početnu adresu u memoriji koju želi da zauzme i veličinu memorije koja predstavlja umnožak broja koji predstavlja veličinu stranice. U slučaju da veličina memorije, koju je potrebno mapirati, nije umnožak broja koji predstavlja veličinu stranice, nije moguće izvršiti mapiranje memorije i sistemski poziv će vratiti podatak o nastaloj grešci. Zato je prilikom procesa prevođenja Velgrinda dodata opcija konfigurisanja sa kojom se definiše veličina memorijske stranice za arhitekturu MIPS (veličine koje se mogu koristiti su 4k, 16k ili 64k).

#### 4. PROVERA ISPRAVNOSTI

Za proveru ispravnosti programskog paketa Velgrind koji je prilagođen arhitekturi MIPS, iskorišćeno je 1500 testova iz programskog skupa testova DeJaGnu koji se inače koriste za ispitivanje rada programskih prevodioca. Svi testovi iz tog skupa se uspešno izvršavaju pod Velgrindom.

Velgrind predstavlja programski paket koji može da otkrije širok spektar grešaka. U sklopu Velgrinda se nalaze i preko 400 testova za ispitivanje pojedinačnih alata koji otkrivaju određenu grupu grešaka. Ovim testovima je omogućena lakša realizacija prilagođavanja Velgrinda arhitekturi MIPS. Uz pomoć ovih testova moguće je lokalizovati grešku koja je nastala prilikom analize originalnog koda. Takođe su dodati testovi koji ispituju translaciju pojedinačnih MIPS instrukcija. Provera ispravnosti je izvršena na sledećim alatima: Nulgrind, Lackey, Memcheck, Cachegrind, Callgrind i Massif. Takođe je dokazana delimična funkcionalnost eksperimentalnih alata: DHAT, Ptrcheck i BBV. U [4] je prikazan način korišćenja pojedinačnih alata koji su ispitivani, kao i primeri programa sa greškama koje alati za Velgrind otkrivaju.

#### 5. ZAKLJUČAK

Opisan je proces prilagođavanja Velgrinda za novu arhitekturu (MIPS). Opisane su stavke koje treba dodati da bi se Velgrind izvršavao na novoj platformi.

Programi koji se izvršavaju posredstvom Velgrinda se izvršavaju od 20 do 100 puta sporije nego kada se izvršavaju samostalno. Analizom koda posredstvom Velgrinda se može uštedeti dragoceno vreme koje se može izgubiti ako pretražujemo greške u kodu bez korišćenja alata. Takođe, neke greške je izuzetno teško naći, što znatno utiče na kvalitet programa ukoliko se one ne otkriju.

#### NAPOMENA

Ovaj rad je delom finansiran od Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije, projekat 32041 od 2011. godine.

#### LITERATURA

- [1] Julian Seward, Nicholas Nethercote: *Using Valgrind to detect undefined value errors with bit-precision*, Proceedings of the USENIX'05 Annual Technical Conference, Anaheim, California, USA, April 2005.
- [2] Julian Seward, Nicholas Nethercote: *A Framework for Heavyweight Dynamic Binary Instrumentation*, Proceedings of ACM SIGPLAN 2007 Conference on Programming Language Design and Implementation (PLDI 2007), San Diego, California, USA, June 2007.
- [3] Nicholas Nethercote, *Dynamic Binary Analysis and Instrumentation*, PhD Dissertation, University of Cambridge, November 2004.
- [4] Valgrind User Manual - <http://valgrind.org/docs/manual/manual.html>

**Abstract** – The goal of this paper is to describe process of porting tool for dynamic binary analysis to a new architecture. MIPS based Linux OS has been used as a referent platform. The porting effort has indicated major architecture dependencies within the tool. Also, here is presented how Valgrind works and concept of using additional tools based on it.

#### PORTING VALGRIND FRAMEWORK FOR BUILDING DYNAMIC ANALYSIS TOOLS TO MIPS ARCHITECTURE

Dejan Jevtic, Petar Jovanović, Aleksandar Simeonov, Teodora Petrović

**GENERIČKI DSL EDITOR****GENERIC DSL EDITOR**Aleksandar Lakić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U ovom radu je prikazan dizajn i implementacija generičkog DSL editora.

**Abstract** – This paper presents design and implementation of a generic DSL editor.

**Ključne reči:** modelovanje specifično za domen, generički grafički editor, ECore, Java

**1. UVOD**

Modelovanje specifično za domen je pristup razvoju softvera koji omogućava direktno mapiranje koncepata iz domena primene na model sistema i odatle na programski kod, čime se podiže nivo apstrakcije iznad sadašnjih programskih jezika opšte namene i ubrzava razvoj za red veličine [1]. Međutim, ovakav pristup daje dobre rezultate samo ako se primenjuje na usko definisan domen problema, kao što je npr. primena u okviru jedne kompanije ili čak češće u okviru jednog proizvoda, grupe proizvoda, ili izvršne platforme.

Radi mogućnosti primene modelovanja specifičnog za domen potrebno je kreirati jezik specifičan domen (DSL – *Domain Specific Language*) i prateće alate: editor i generator koda ili interpreter. Osnovni zadatak editora je da omogući kreiranje modela i njihovu manipulaciju. Pošto postoje dve osnovne grupe vizuelnih formi DSL-a (tekstualni i grafički), postoje i tekstualni i grafički editori. Fokus ovog rada je na implementaciji grafičkih editora. Tekstualne editore je lakše implementirati od grafičkih, u nekim slučajevim se ni ne moraju implementirati već se koriste neki od mnogobrojnih postojećih tekstualnih editora.

Prilikom definisanja novih DSL-ova, obično se za svaki jezik posebno implementira editor. Kao posledica toga se obično javlja inkonsistentnost korisničkog interfejsa između različitih editora što otežava obuku korisnika, pogotovo ako se više jezika koristi u okviru jedne organizacije. Takođe, sreću se i različiti formati za čuvanje modela, što otežava interoperabilnost. Kreiranje editora za svaki novi jezik troši vreme i energiju razvojnog tima. Navedeni problemi otežavaju uvođenje novog jezika u upotrebu i komplikuju dalje korišćenje jezika.

Tema ovog rada je dizajn i implementacija generičkog grafičkog editora. Osnovna ideja jeste da se gore navedeni problemi izbegnu tako što će editor podržavati

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bila doc. dr Gordana Milosavljević.**

proizvoljno mnogo jezika za razliku od editora specijalizovanog za samo jedan jezik. Prilikom izbora jezika za modelovanje editor se prilagođava odabranom jeziku i omogućava kreiranje modela na tom jeziku. Jezik se specifikira svojom apstraktnom i konkretnom sintaksom. Apstraktna sintaksa (metamodel) specifikira konceptualnu strukturu jezika, elemente jezika, njihove osobine i legalne vrednosti, moguće veze između koncepata itd. Konkretna sintaksa specifikira vizuelnu formu jezika. Za specifikaciju konkretne sintakse (metamodela) iskorišćen je meta-metamodel ECore, dok je za specifičaciju konkretne sintakse razvijen sopstveni jezik za opis simbola.

**2. PRIKAZ STANJA U OBLASTI**

U ovom delu će biti predstavljene tehnologije koje omogućavaju izgradnju editora. Biće opisan i jedan generički editor koji je komercijalno dostupan.

**2.1 Eclipse EMF, GEF i GMF**

EMF (*Eclipse Modeling Framework*) [5] predstavlja radni okvir za modelovanje i za generisanje koda. EMF je započet kao implementacija MOF-a (*Meta Object Facility*) [4]. Omogućava modelovanje u okviru Eclipse platforme. EMF modeli kao jezik za metamodelovane koriste Ecore, koji predstavlja implementaciju MOF 2.0 sa malim izmenama radi lakšeg korišćenja. Model se može specifikirati pomoću: anotiranih Java interfejsa, XML (XSD) opisa, UML dijagrama (kreiranim nekim od alata na primer Sybase PowerDesigner ili Rational Rose) ili direktno, koristeći EMF editor u sklopu EMF razvojnog okruženja

Iz kreiranog modela se može generisati Java kod, kao i jednostavni editori sa prikazom strukture modela u vidu tabela i stabla. Za izgradnju složenijih editora se može iskoristiti GEF (*Graphical Editor Framework*). GEF omogućava izgradnju grafičkih editora za EMF modele. Grafički editor koji je kreiran uz pomoć EMF i GEF tehnologija nije samostalan već se izvršava kao *plugin* unutar Eclipse razvojnog okruženja.

GMF (*Graphic Modeling Framework*) ima za cilj da pojednostavi kombinovanje EMF i GEF tehnologija, tako što omogućava generisanje GEF editora. Da bi se generisao GEF editor moraju biti definisani sledeći modeli (uključujući EMF model):

- model sa definicijom grafičkih simbola za elemente iz modela
- model sa definicijom alata – sadrži definicije paleta editora, menija itd
- model za mapiranje koncepata iz EMF modela na elemente modela za definiciju simbola i alata.

Nedostatak ovih tehnologija je u tome što je potrebno dosta ručnog kodiranja (u slučaju primene GEF tehnologije) da bi se došlo do grafičkog editora. Iako GMF omogućava generisanje grafičkih editora, oni po kvalitetu još uvek nisu dostigli ručno implementiranje editore.

## 2.2 GEMS (Generic Eclipse Modeling System)

GEMS (*Generic Eclipse Modeling System*) je projekat koji ima za cilj da premosti jaz između tehnologija baziranih na GME (*Generic Modeling Environment*) i tehnologija za modelovanje u okviru Eclipse platforme (EMF i GEF) [6].

Pomoću ovog alata se može kreirati metamodel jezika za modelovanje i editor u vidu Eclipse *plugin*-a koji omogućava editovanje instance jezika koji je definisan metamodelom. Sve ovo se postiže bez ikakvog ručnog pisanja koda ili editovanja XML fajlova.

Kada imamo kreiran metamodel tada se lako može automatski generisati editor za manipulaciju instance jezika koji je definisan metamodelom. Editor se pokreće unutar Eclipse radnog okruženja kao *plugin*. Pomoću GEMS *stylesheet* jezika moguće je izmeniti izgled elemenata modela koji se prikazuju kao i ostale vizuelne elemente. Nedostaci su: integrisanost u Eclipse platformu, kao i to što projekat već nekoliko godina stagnira po pitanju razvoja.

## 2.3 MetaCase MetaEdit+

MetaEdit+ [7] je komercijalni alat za modelovanje specifično za domen koji razvija firma MetaCase i koji ima veliku zastupljenost u industriji. Zasnovan je na principu da su svi CASE (*Computer-Aided Software Engineering*) alati međusobno slični u smislu da se objekti mogu dodavati na dijagram, pomerati, da se mogu kreirati veze povezivanjem objekata, moguće je menjati osobine objekata. Ono što je različito između jezika koje CASE alati podržavaju su način kako su objekti vizuelno predstavljeni, koje osobine imaju i pravila kako se mogu povezivati. MetaEdit+ podržava generičke osobine CASE alata. Osoba koja razvija novi jezik za modelovanje treba samo da definiše novi jezik pomoću koncepata meta-modela.

Izgled simbola je moguće specificirati pomoću editora simbola koji koristi vektorsku grafiku, ili iskoristiti neki od postojećih simbola. Kada se novi jezik definiše, MetaEdit+ omogućava kreiranje modela direktno, ne koristi se nikakav generisani editor tj podržano je i modelovanje i metamodelovanje u okviru alata. Alat podržava izvoz (*export*) i uvoz (*import*) u vidu XML formata koji je kreiran da podrži koncepte GOPRR meta-modela. Za potrebe generisanja koda podržan je mali jezik specifičan za domen kojim se može opisati pristupanje elementima kreiranih modela i tekst koda koji treba generisati.

Prednost alata MetaEdit+ ogleda se u tome što omogućava direktnu specifikaciju jezika u samom alatu i to grafičkim putem, bez ručnog kodiranja. Takođe, nema potrebe za generisanjem ili pisanjem editora od nule jer alat podržava modelovanje na jeziku koji je u njemu kreiran. Veoma lako je dodati mogućnost generisanja

koda pomoću malog jezika specifičnog za domen koji alat nudi. Mana je visoka cena samog alata, što znači da organizacije sa manjim finansijskim sredstvima ne mogu lako da ga uvedu u upotrebu. Editor je čvrsto integrisan u platformu pa se ne može nezavisno koristiti u nekoj drugoj nezavisnoj aplikaciji.

## 3. IMPLEMENTACIJA EDITORA

Editor je implementiran kao GUI (*Graphical User Interface*) aplikacija, uz oslonac na programski jezik Java. Elementi grafičkog korisničkog interfejsa su izgrađeni koristeći *Swing* biblioteku. Kao razvojno okruženje je korišćen *Eclipse IDE (Integrated Development Environment)*. Aplikacija je implementirana koristeći MVC (*Model-View-Controller*) [2] arhitektonski šablon, koji omogućava razdvajanje *View* dela (vizuelna reprezentacija) od modela koji čuva instance koncepata jezika.

Na slici 1 je prikazan editor sa najvažnijim elementima. Pored standardnih elemenata (*menubar, toolbar*) koje poseduje većina editora prisutni su i elementi kao što su paleta sa konceptima iz učitanoj jezika, editor za menjanje vrednosti atributa elemenata modela kao i prozor koji prikazuje sadržaj modela. Dijagram u kojem je prikazan model je moguće snimiti u fajl radi kasnijeg korišćenja. Pored snimanja dijagrama, kreirani model je moguće izvesti (*export*) u XML i XMI[3] format.

### 3.1 Mehanizam za specifikaciju apstraktne sintakse jezika za modelovanje

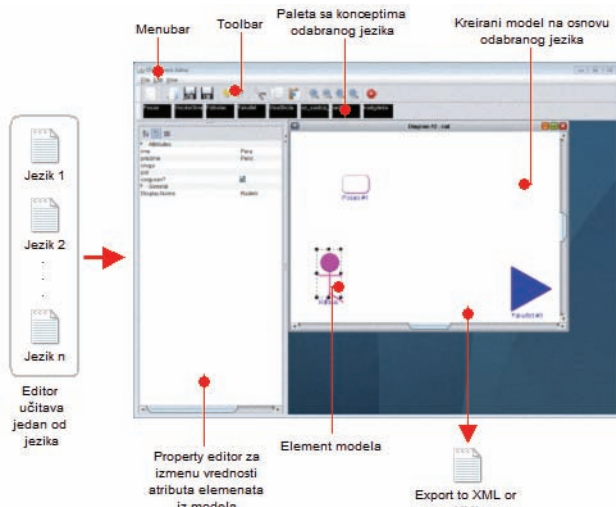
Jezik za modelovanje (koji se još naziva i metamodel) se opisuje meta-metamodelom. Implementirano rešenje koristi opise jezika koji su definisani pomoću *Ecore* meta-modela (slika 2). Na slici 2 je prikazan podskup *Ecore* meta-modela koji se koristi za definisanje jezika.

*EClass* se koristi za definiciju koncepta jezika (definiše metaklasu). Poseduje attribute i veze ka drugim konceptim jezika (metaklasama). *EAttribute* definiše osobine koncepta i poseduje tip. *EReference* definiše jednu stranu veze. Poseduje minimalni i maksimalni kardinalitet. Može da označi i čvršći oblik veze (*containment*). Opciono sadrži referencu na drugi kraj veze. Tip veze je tip metaklase na koju se veza odnosi.

Implementirano rešenje kao opis jezika koristi fajlove koji sadrže mapiranje metamodela kreiranog pomoću *Ecore* meta-modela na XMI format. Metamodel se može kreirati u alatima kao što su EMF *Ecore* editor u okviru Eclipse EMF platforme ili Sybase PowerDesigner. XMI (*XML Metadata Interchange*) je standard za razmenu metapodataka pomoću XML-a. Definisan je od strane OMG (*Object Management Group*).

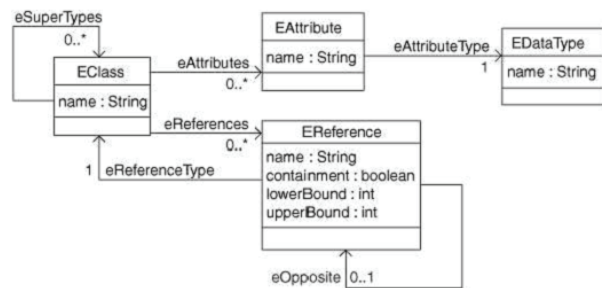
Prilikom učitavanja opisa jezika preuzimaju se sve metaklase iz opisa jezika. Ove metaklase sadrže informacije o vezama ka ostalim metaklasama kao i attribute koji ih opisuju. Konkretno metaklase (koje nisu apstraktne) se vežu za akcije za dodavanje elemenata na model koje se postavljaju u toolbar. Slično tome i veze se vežu za akcije i takođe postavljaju u isti toolbar. Korisnik tada može da doda instancu metaklase na dijagram i da te instance povezuje vezama koje su mu na raspolaganju. Opis jezika

se koristi i za proveru da li se mogu povezati neka dva elementa dijagrama. Ako veza nije legalna editor će onemogućiti kreiranje veze.



Slika 1. Izgled editora i osnovni elementi

Elementi koji su nalaze na dijagramu nisu instance metaklasa, njihova svrha je da vizuelno ukažu na postojanje elementa na dijagramu. Interno oni referenciraju instancu metaklase. Sve instance metaklase su istog tipa (EObject), stoga se za operacije nad instancama metaklasa mora koristiti poseban API (*Application Programming Interface*).



Slika 2. Podskup Ecore meta-metamodela

Za rad sa *Ecore* meta-metamodelom se koriste biblioteke koje dolaze u okviru EMF platforme. Ove biblioteke se u ovom rešenju koriste za učitavanje opisa jezika i za izvoz kreiranog modela u XML i XMI format. Pored toga, koristeći reflektivni API (*Application Programming Interface*) dobija se funkcionalnost pristupa i modifikacije instanci metaklasa. Pomoću ovog API-ija je moguće kreirati veze između instanci metaklasa kao i menjati vrednosti atributa i ostale operacije.

### 3.2 Mehanizam za specifikaciju konkretne sintakse

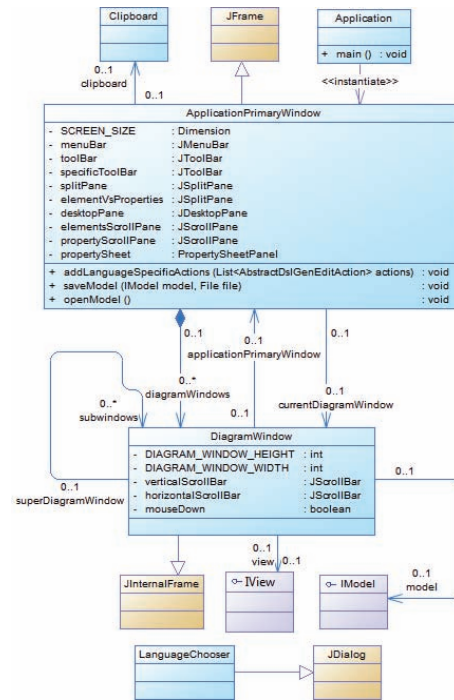
Za potrebe definisanja konkretne sintakse definisan je mali tekstualni jezik koji omogućava kreiranje simbola pomoću malog broja grafičkih elemenata kao što su: linija, elipsa, pravougaonik, kriva linija drugog i trećeg stepena i *general path* (kompozitni grafički element sastavljen od rpvavih i krivih linija). Za pravougaonik, elipsu i *general path* se opciono može definisati boja unutrašnjosti.

Ako za neke koncepte jezika nisu definisani simboli tada se koriste podrazumevajući simboli (pravougaonik). Korisnički definisani simboli za određeni jezik se definišu unutar fajla čije ime je identično fajlu u kome se nalazi

opis jezika sa tom razlikom da je ekstenzija \*.g. Fajl sa opisom jezika i fajl sa definicijom simbola treba da se nalaze zajedno u folderu *languages*, pošto editor u tom folderu traži definicije jezika i opisa simbola. Prepoznavanje samog jezika za opis simbola se radi uz pomoć parsera. Parser je dobijen automatskim generisanjem pomoću alata JavaCC, koji generiše parser na osnovu njegove specifikacije.

### 3.3 Dijagrami klasa

U nastavku će biti prikazani najbitniji dijagrami klasa koji prikazuju detalje rešenja.

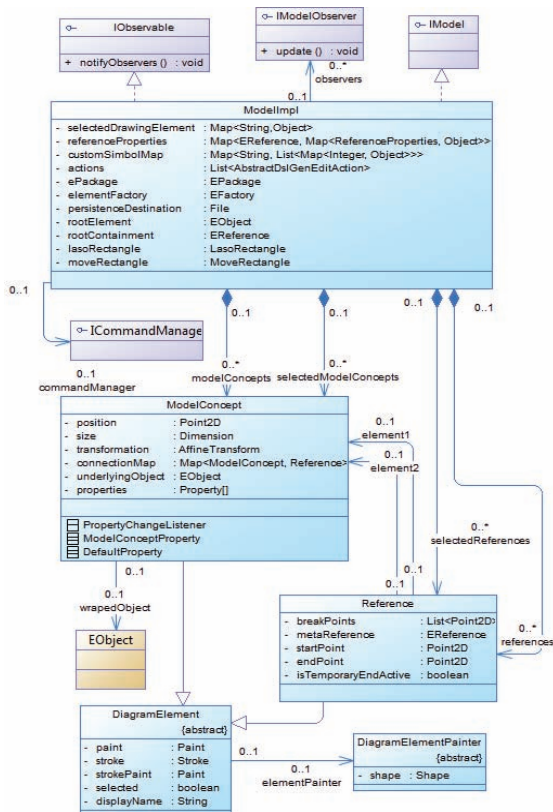


Slika 3. Dijagram klasa grafičkog korisničkog interfejsa

Izvršavanje aplikacije kreće od metode *main()* koja se nalazi u klasi *Application* (slika 3). Primarni prozor aplikacije modeluje klasa *ApplicationPrimaryWindow*. Primarni prozor sadrži ostale elemente aplikacije kao što su glavni meni aplikacije (*menubar*), *toolbar* sa konceptima jezika za modelovanje kao i standardni *toolbar*. Primarni prozor sadrži više unutrašnjih prozora, čija namena je da omoguće kreiranje modela i njegov prikaz. Klasa *DiagramWindow* modeluje unutrašnji prozor koji služi za prikaz sadržaja modela. Prikazivanje se delegira *View* delu. Unutrašnji prozor može da sadrži i podprozore što se može iskoristiti za implementaciju kompozitnih elemenata (na primer, jedan element dijagrama je prikazan kao jedan simbol u prozoru dok je njegova struktura prikazana u podprozoru). Primarni prozor poseduje i *property* editor koji služi za izmenu atributa nekog elementa modela. Dijalog pomoću kojeg korisnik bira jezik za modelovanje pri kreiranju novog modela je modelovan klasom *LanguageChooser*.

Na slici 4 prikazan je deo koji ima ulogu modela u okviru MVC šablona. Implementacija modela *ModelImpl* čuva podatke o instancama jezika: elementima i vezama. Selektovani elementi i veze se posebno čuvaju. Pri svakoj promeni modela (dodavanje na dijagram, pomeranje elementa ili veze i sl) obaveštavaju se oslušivači koji

implementiraju interfejs *IModelObserver*. Za podršku *undo* i *redo* funkcionalnosti model poseduje referencu na *CommandManager* čija uloga je da čuva komande u redosledu u kojem su izvršavane. Klasa *ModelConcept* modeluje element dijagrama dok klasa *Reference* modeluje vezu. Pri dodavanju novog elementa na dijagram kreira se nova instanca klase *ModelConcept* kao i instanca metaklase koja predstavlja koncept jezika za modelovanje koji se dodaje. *ModelConcept* sadrži referencu na instancu koncepta jezika za modelovanje.



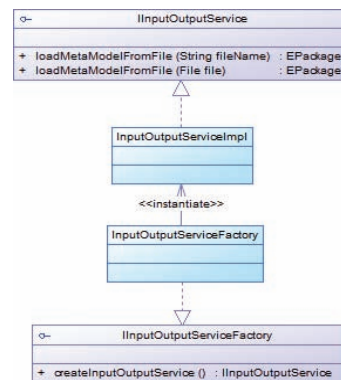
Slika 4 Dijagram klasa modela

Za učitavanje opisa jezika koriste se metode koje su specificirane interfejsom *InputOutputService* na slici 5. U oba slučaja metode vraćaju objekat tipa *EPackage*. Ovaj objekat ima ulogu kontejnera, on u sebi čuva sve koncepte jezika za modelovanje (definisane metaklase, koje dalje u sebi sadrže ostale informacije poput atributa i veza ka drugim metaklasama). Svrha ovog objekta je da se iz njega izdvoje metaklase na osnovu kojih se grade akcije pomoću kojih se vrši dodavanje i instanciranje konkretnih elemenata dijagrama. Pomoću metoda iz klase *ElementExtraction* se iz objekta klase *EPackage* mogu dobiti konkretne metaklase, apstraktne metaklase kao i sve metaklase. Takođe poseduje metodu (*getRelationshipConnectionMap*) za dobijanje mape koja opisuje za svaku vezu njenu početnu i krajnju metaklasu.

#### 4. ZAKLJUČAK

Problem koji je opisan u ovom radu jeste dizajn i implementacija generičkog grafičkog editora koji na osnovu definicije apstraktne i konkretne sintakse DSL-a obezbeđuje mogućnost kreiranja i editovanja modela na datom DSL-u. Apstraktna sintaksa se specificira korišćenjem ECore meta-metamodela, dok je za opis konkretne sintakse uveden mali jezik za opis simbola.

Implementacijom ovog editora je izbegnuta potreba da se za svaki novi jezik za modelovanje kreira zaseban editor, što olakšava i ubrzava proces uvođenja novog jezika za modelovanje. Takođe, editor je samostalna aplikacija i ne



Slika 5. Dijagram klasa za učitavanje opisa jezika zavisi od nekog razvojnog okruženja i/ili metodologije razvoja.

Pravci daljeg razvoja su:

- podrška za razvoj metamodela (ne samo modela) u okviru editora
- razvoj alata za vizuelnu specifikaciju konkretne sintakse, npr. uz oslonac na SVG (*Scalable Vector Graphic*) format koji podržava veliki broj alata
- Uvođenje mehanizma za programsku inspekciju učitanih modela, što bi moglo da posluži kao podloga za integraciju sa generatorom koda ili interpreterom modela koji sada nisu deo generičkog editora.

#### 5. LITERATURA

- [1] Steven Kelly, Juha-Pekka Tolvanen, Domain-Specific Modeling Enabling full code generation, JohnWiley & Sons, Inc. New Jersey, 2008
- [2] E. Gamma, R. Helm, R. Johnson, J. Vlissides, Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software, Addison Wesley, Boston, 1994.
- [3] XML Metadata Interchange, [http://en.wikipedia.org/wiki/XML\\_Metadata\\_Interchange](http://en.wikipedia.org/wiki/XML_Metadata_Interchange), 2011
- [4] Meta Object Facility, [http://en.wikipedia.org/wiki/Meta-Object\\_Facility](http://en.wikipedia.org/wiki/Meta-Object_Facility)
- [5] D. Steinberg, F. Budinsky, M. Paternostro, E. Merks, EMF: Eclipse Modeling Framework, Second Edition, Addison-Wesley, Professional, 2008
- [6] Generic Eclipse Modeling System, <http://www.eclipse.org/gmt/gems/about.php>, 2007
- [7] MetaEdit+, <http://www.metacase.org>, 2011

#### Kratka biografija:

**Aleksandar Lakić** je rođen 25.08.1986. godine u Somboru. Srednju tehničku školu u Somboru, usmerenje elektrotehničar računara, završio je 2005. godine. Iste godine upisao se na Fakultet tehničkih nauka, odsek Računarstvo i automatika. Školske 2007/2008. godine upisao se na smer Računarske nauke i informatika. Položio je sve ispite predviđene planom i programom.

**GENERISANJE PROGRAMSKOG KODA NA OSNOVU OCL OGRANIČENJA****CODE GENERATION BASED ON OCL CONSTRAINTS**Aleksandar Dakić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U ovom radu predstavljeno je programsko rešenje koje obezbeđuje generisanje Java koda na osnovu UML modela i OCL specifikacije poslovnih pravila za potrebe srednjeg sloja poslovnih aplikacija.

**Abstract** – This paper deals with a program solution which enables Java code generating based on the UML model and OCL specifications of the business rules for the middle-tier of three-tiered bussines applications.

**Ključne reči:** generisanje koda, poslovna pravila, ograničenja, OCL, Java

**1. UVOD**

Klasična implementacija poslovnih sistema u većini slučajeva podrazumeva ručnu implementaciju klijentske aplikacije kao i srednjeg sloja, u slučaju troslojnih arhitektura. Ovakav način implementacije može dovesti do problema jer je puno više truda i vremena potrebno uložiti u odnosu na automatizovane načine implementacije. Zbog različitih uticaja iz okruženja koja zahtevaju prilagođavanje u načinu poslovanja preduzeća, softver se mora razvijati dovoljno brzo da bi mogao da obezbedi adekvatnu podršku preduzećima [1]. Da bi se postigao navedeni cilj, osmišljene su različite metodologije i tehnike koje doprinose bržem razvoju kvalitetnih softverskih proizvoda.

Fokus ovog rada je na automatizovanoj implementaciji srednjeg sloja poslovnih aplikacija. Srednji sloj obično sadrži entitete čija struktura odgovara realnim entitetima iz poslovnog domena i implementirane poslovne transakcije i poslovna pravila. Cilj je postići generisanje Java programskog koda za potrebe srednjeg sloja na osnovu UML modela i OCL (Object Constraint Language) specifikacije poslovnih pravila.

OCL je formalni jezik kojim se postiže davanje semantike modelima, koja se ne može iskazati samo UML-om [2]. Na osnovu UML modela se mogu generisati ekranske forme i entiteti srednjeg sloja, transformacijom na fizički model se može dobiti šema baze, a OCL ograničenja se mogu iskoristiti za generisanje koda koji obezbeđuje poštovanje poslovnih pravila. Ovakvim pristupom se potreba za ručnim pisanjem koda svodi na minimum, čime se razvoj aplikacija znatno ubrzava.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bila doc. dr Gordana Milosavljević.

**2. PRIKAZ STANJA U OBLASTI**

U ovom poglavlju se nalazi prikaz stanja u oblasti koja se tiče teme ovog rada. Dat je kratak prikaz alata koji omogućavaju parsiranje i interpretiranje OCL ograničenja, ili generisanje koda na osnovu njih. Opisani su neki od najčešće korišćenih alata: Dresden OCL, Octopus, OCLE i OCL2J.

**2.2 Dresden OCL**

Dresden OCL predstavlja skup alata za pisanje, parsiranje i interpretaciju OCL izraza. Takođe poseduje i alate za generisanje Java/AspectJ i SQL koda. [3]

**2.2.1 Generisanje AspectJ koda**

Prilikom generisanja AspectJ koda postoje brojne mogućnosti parametrizacije generisanog koda. Prva opcija koja se pruža je izbor ograničenja za koje želimo da generišemo kod, što znači da se ne moraju uvek generisati sva ograničenja iz fajla. Zatim možemo da biramo u kojim trenucima tokom izvršavanja programa će se ograničenja proveravati. Korisnik može da specificira i to kako će ograničeni kod reagovati na kršenje ograničenja.

Što se samog generisanog koda tiče, postoje određeni problemi sa generisanjem definicija i upotrebom nekih tipova podataka kao što je na primer java.util.Date.

**2.2.2 Generisanje SQL koda**

Prilikom pokretanja generisanja SQL koda, prvo je potrebno odabrati ograničenja za koja želimo da generišemo kod i izabrati određeni direktorijum. Moguć je i izbor SQL dijalekta za generisani kod. Na kraju je potrebno izabrati prefikse za nazive tabela, pogleda, ključeva i td. Ako je generisanje uspešno, biće kreirana dva fajla, jedan sa tabelama i pogledima šeme modela, a drugi sa pogledima za ograničenja. Glavna zamerka je to što za generisanje SQL koda nisu podržani svi tipovi modela koje Dresden OCL inače podržava, nego samo modeli sa ekstenzijom \*.uml.

**2.3 Octopus**

Octopus (*OCL Tool for Precise UML Specifications*) je *opensource* alat koji omogućava rad sa OCL izrazima. Dostupan je kao *plugin* za Eclipse. Poseduje tekstualni editor za pisanje OCL izraza, kao i za proveru sintakse. Omogućava generisanje Java koda na osnovu učitano modela i ograničenja. [4]

Na osnovu modela i ograničenja, generiše se kompletna Java aplikacija. Za svako ograničenje, generiše se posebna metoda u Javi. Generisani kod predstavlja samostalnu Java aplikaciju i ne zavisi od Eclipse-a. Kao i

Dresden OCL, tako i Octopus poseduje mnogobrojne opcije kojima se generisanje koda može parametrizovati.

## 2.4 OCLE

OCLE (*OCL Environment*) [5] je samostalna aplikacija koja pruža mogućnost kreiranja UML modela, pisanja OCL izraza i generisanja koda. Poseduje sopstveni grafički editor za kreiranje modela, ali omogućava i uvoz modela kreiranih u drugim alatima putem XMI mehanizma. Editor za pisanje ograničenja omogućava formatiranje koda i osvetljavanje sintakse, što njegovo korišćenje čini prijatnijim. Takođe je moguća i provera napisanih ograničenja. Proverava se sintaksa ograničenja i pripadnost ograničenja navedenom modelu.

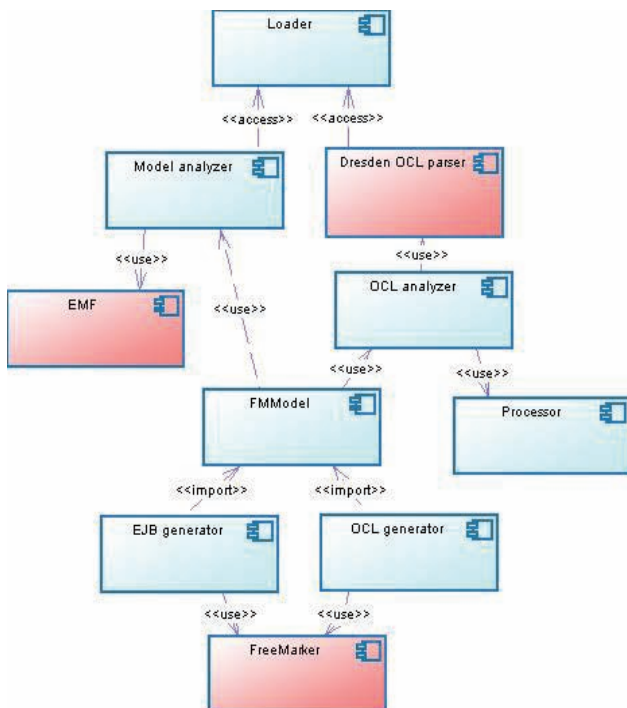
## 2.5 OCL2J

OCL2J [6] predstavlja još jedan alat koji omogućava generisanje AspectJ koda. Ograničenja i aplikacija na koju se ograničenja odnose je moguće generisati nezavisno. Podržani su samo neki tipovi ograničenja, a to su invarijante, preduslovi i post-uslovi. *Let* i *body* izrazi, enumeracije, izvedene vrednosti i definicije nisu podržani. Što se tiče operacija, većina je podržana. Podržane su i neke specijalne operacije kao što su *@pre, allInstances()* i *oclIsNew()*. U generisanom kodu, ograničenja se proveravaju posle konstrukcije objekta, kao i pre i posle poziva neke javne metode. Ako ograničenje nije zadovoljeno, izbacuje se izuzetak sa porukom o grešci.

## 3. IMPLEMENTACIJA SISTEMA

### 3.1 Arhitektura sistema

Na slici 1 je prikazana gruba arhitektura generatora.



Slika 1. Dijagram komponenti koji prikazuje arhitekturu generatora

Izvršavanje počinje sa učitavanjem potrebnih resursa, odnosno UML modela i OCL ograničenja. Za to je zadužena komponenta Loader. Učitani resursi se dalje stavljaju na raspolaganje *Model analyzer*-u, odnosno

komponenti koja analizira učitani dijagram klase i formira model podataka na osnovu kojeg će se kasnije generisati kod. Za potrebe analize UML dijagrama koriste se biblioteke iz EMF-a (*Eclipse Modeling Framework*). Model podataka je na dijagramu predstavljen komponentom *FMModel*. Pre generisanja EJB (*Entity Java Beans*) klasa za potrebe implementacije entiteta srednjeg sloja, potrebno je analizirati i OCL izraze. Dresden OCL parser preuzima listu učitanih izraza i rezultate parsiranja dalje prosleđuje *OCL analyzer*-u. Ovde se analiziraju ograničenja i pomoću komponente *Processor* se priprema model podataka za generisanje koda. Komponenta *Processor* sadrži klase za obradu operacija i formiranje izraza. Nakon što je kompletan model podataka formiran prelazi se na generisanje koda. Prvo EJB generator, a zatim i OCL generator podatke iz modela učitavaju u šablone kreirane upotrebom *FreeMarker*-a [8]. Kao rezultat se dobijaju generisane EJB klase i ograničenja koja se na njih odnose.

Za implementaciju ovog rešenja, od gotovih komponenti su korišćeni Dresden OCL parser, *FreeMarker* i EMF biblioteke za analizu UML dijagrama.

### 3.2 Učitavanje resursa

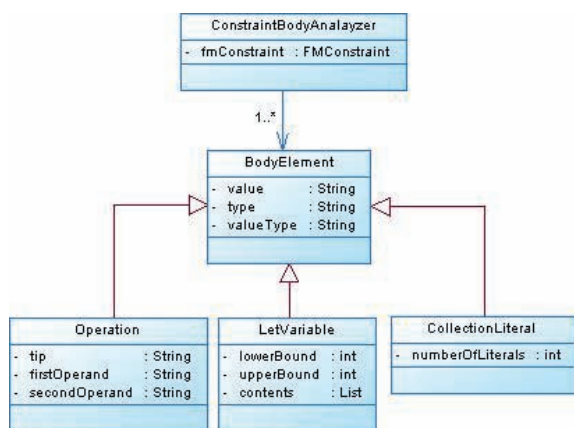
Prvo što je potrebno uraditi nakon pokretanja aplikacije je učitavanje modela. Za modelovanje je moguće koristiti bilo koji alat koji omogućava izvoz modela u XMI (*XML Metadata Interchange*). XMI predstavlja OMG (*Object Management Group*) standard koji omogućava razmenu metapodataka putem XML-a (*Extensible Markup Language*). Zatim se pomoću EMF-a model konvertuje u ECore format i kao takav se učitava u aplikaciju. Posle toga se učitava tekstualni fajl sa OCL ograničenjima. Odmah nakon toga se automatski pokreće i parsiranje ograničenja.

### 3.3 Izdvajanje potrebnih podataka

Prvi korak u analizi ograničenja je analiza rezultata parsiranja, izdvajanje potrebnih podataka i formiranje liste elemenata na osnovu koje će se kasnije formirati izrazi. Telo izraza se analizira od strane klase *ConstraintBodyAnalyzer* (videti sliku 2). Lista isparsiranih izraza sadrži rezultate parsiranja na nivou celog projekta. Svaki izraz iz te liste je predstavljen kao lista svih elemenata koji se u datom izrazu javljaju. Svaki element je objekat neke Dresden-ove klase koja sadrži potrebne podatke o njemu. Ovi objekti sadrže veliku količinu podataka, tako da bi njihovo korišćenje u daljim obradama bilo nepraktično. Zbog toga je napravljena klasa *BodyElement* koja o svakom elementu sadrži samo podatke koji su neophodni za proces generisanja koda. Znači, svaki Dresden-ov objekat iz liste elemenata se obrađuje i potom zamenjuje klasom *BodyElement* koja predstavlja uprošćenu verziju objekata koji se dobiju nakon izvršenog parsiranja. Ovim je rešenje znatno pojednostavljeno, a dobijeni model je optimizovan za dalji postupak.

Nakon obrade svih elemenata, formirana je lista objekata klase *BodyElement*, koja se koristi za potrebe daljih analiza i formiranja izraza. Klasa *BodyElement* može da se iskoristi za većinu elemenata koji se javljaju u ograničenju, ali za neke elemente su potrebne i još neke

dotadne informacije, pa je klasu potrebno proširiti. Dijagram klasa koji prikazuje model elemenata izraza je dat na slici 2.

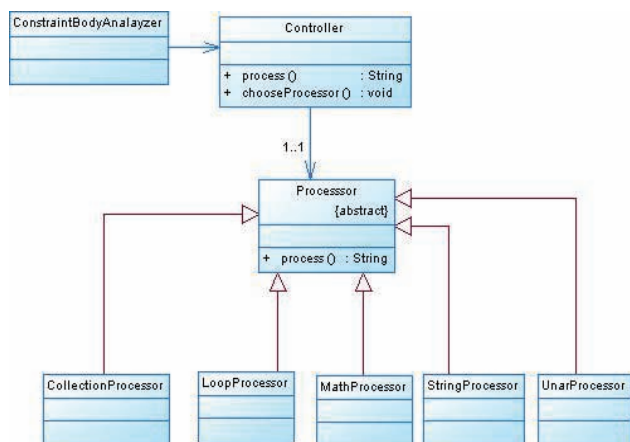


Slika 2. Dijagram klasa elemenata ograničenja

Klasa *CollectionLiteral* se koristi za čuvanje podataka o kolekcijama, jer je za njih potrebno znati još i broj elemenata kolekcije, dok je za operacije bitno znati i vrstu operacije i operande. Klasa *LetVariable* proširuje *BodyElement* tako što uvodi dodatne attribute koji čuvaju sadržaj promenljive i granice koje označavaju poziciju tog sadržaja u listi elemenata.

### 3.4 Rukovanje obradom operacija

Sve operacije koje su podržane su podeljene u nekoliko grupa. To su: binarne operacije, operacije sa stringovima, matematičke operacije, operacije nad kolekcijama, operacije sa iteratorima i unarne operacije. Za svaku grupu operacija postoji posebna klasa *Processor* (videti sliku 3) koja obrađuje operacije iz odgovarajuće grupe. Svi ovi obrađivači nasleđuju apstraktnu klasu *Processor*. Klasa *Controller* kao atribut sadrži objekat klase *Processor* i ima metodu kojom se poziva metoda *process* odgovarajuće klase. Dijagram klasa koji prikazuje odnos između ovih klasa je dat na slici 3. Kada se iteracijom kroz listu elemenata izraza dođe do neke operacije (u klasi *ConstraintBodyAnalyzer*), tada se pomoću klase *Controller* određuje kojoj grupi razmatrana operacija pripada i poziva se metoda *process* odgovarajuće klase.



Slika 3. Dijagram klasa obrade operacija

Na ovaj način je rukovanje obrađivačima znatno pojednostavljeno i postignuta je bolja kontrola nad pozivom metoda za obradu. Izdvajanjem obrade operacija

u posebne klase dobilo se na boljoj preglednosti programskog koda, a samim tim je i dalji rad dosta olakšan. Takođe je znatno olakšano i dodavanje novih operacija.

### 3.5. Sastavljene izraza kod binarnih operacija

U binarne operacije spadaju logičke i aritmetičke operacije. Prilikom obrade binarnih operacija, prvo je bilo potrebno proveriti da li se operatori pišu na isti način u javi i OCL-u. U slučaju da je sintaksa drugačija, trebalo je promeniti operator tako da odgovara sintaksi Java programskog jezika. Na primer, operatore "and" i "or" je trebalo prepraviti na "&&" i "||", "xor" na "^" itd. Proces sastavljanja izraza se sastoji od sledećih koraka. Prilikom parsiranja, u listu elemenata se prvo upisuje operator, a zatim i operandi. U najprostijem slučaju bilo je potrebno samo presložiti elemente tako da se operator nađe između operanada. Međutim, ako je u pitanju neki kompleksniji izraz tada se na mestu operanada javljaju drugi operatori. U tom slučaju se metoda rekurzivno poziva nad tim operatorima dok se ne kompletira ceo izraz. Upotrebom rekurzije je omogućeno da izraz bude praktično neograničeno velik.

### 3.6 Obrada postcondition-a

Ograničenja koja su označena kao postcondition, predstavljaju uslove koji moraju biti zadovoljeni posle poziva neke metode. Ono što se često javlja kod ovog tipa ograničenja je rezervisana reč *result* koja označava vrednost koju metoda vraća. Zbog toga je nakon poziva metode potrebno zapamtiti rezultat njenog izvršavanja kao posebnu promenljivu, a zatim na svakom mestu u izrazu gde se *result* javlja, zameniti je sa kreiranom promenljivom.

Takođe je vrlo česta pojava i operatora "@pre" koji označava vrednost nekog atributa pre izvršenja metode. Potrebno je pronaći sve elemente koji uz sebe imaju "@pre" operator, a zatim kao i u slučaju *result*, definisati pomoćne promenljive koje će čuvati njihovu vrednost. Zatim se sve vrednosti označene "@pre" operatorom zamenjuju odgovarajućim promenljivama. Ono što je bitno je da se promenljive moraju definisati pre poziva metode. Na taj način ćemo posle izvršenja metode imati i prethodne i nove vrednosti odgovarajućih atributa, čime je omogućeno da se proveriti traženi uslov.

### 3.7 Obrada inicijalnih vrednosti

Specifikacija inicijalnih vrednosti atributa (*initial*) omogućava definisanje onih vrednosti koje će navedeni atributi imati nakon kreiranja objekta kojem pripadaju.

Prilikom obrade je potrebno atribut na koji se OCL izraz odnosi i vrednost koja treba da mu se dodeli. Nakon toga se u svim konstruktorima odgovarajuće klase dodaje *set* metoda koja postavlja atribut na potrebnu vrednost. Takođe je potrebno i da se atribut izbaci iz liste parametara konstruktora.

### 3.8 Obrada Let izraza

*Let* izraz u ograničenju omogućava definisanje lokalnih promenljivih koje predstavljaju vrednost nekog izraza. Postoje se ove promenljive dalje koriste u samom telu ograničenja, jasno je da se one moraju obraditi prve.

Celokupna obrada ograničenja počinje sa proverom da li u njemu postoje *let* izrazi. Ako postoje, prelazi se na njihovu obradu. Prilikom obrade, prvo se mora odrediti sadržaj koji se odnosi na promenljivu. Pod sadržajem se podrazumeva naziv promenljive, njen tip i svi elementi koji učestvuju u sastavljanju izraza. Pošto se svi elementi koji se javljaju u nekom ograničenju nalaze u zajedničkoj listi, bitno je da se tačno utvrdi koji deo liste elemenata se odnosi na *let* promenljivu i da se zatim izdvoji kako bi se mogao nezavisno obraditi. Obrada počinje izdvajanjem tipa i naziva promenljive, posle čega sledi formiranje izraza koji predstavlja vrednost promenljive. Nakon sastavljanja izraza, komplementa deklaracija promenljive se pamti u modelu ograničenja na osnovu kojeg će se kasnije generisati Java kod, a elementi koji su iskorišćeni se brišu iz liste. OCL dozvoljava definisanje proizvoljnog broja promenljivih u jednom ograničenju, tako da se isti postupak ponavlja sve dok se ne obrade sve promenljive. Nakon završene njihove obrade, može se nastaviti sa daljom obradom drugih delova ograničenja.

### 3.9. Obrada izvedenih vrednosti

OCL može da se koristi i za definisanje izvedenih vrednosti atributa ili krajeva asocijacije. Ovakve vrednosti se generišu u Javi kao *get* metode za odgovarajući atribut. Sama obrada izvedenih vrednosti se ne razlikuje puno od obrade ostalih tipova ograničenja, osim što se *get* metoda nalazi u samoj EJB klasi. Pri tome je za dati atribut potrebno ukloniti standardnu *get* metodu koju bi trebao da izgeneriše generator EJB klasa.

### 3.10. Nepodržane operacije

Operacije koje nisu podržane su operacije sa porukama koje nisu neophodne za implementaciju srednjeg sloja i operacije za čiju implementaciju je potreban *AspectJ*. Ako se tokom analize ograničenja naiđe na neku od ovih operacija, dalja obrada će se obustaviti i biće izgenerisano samo zaglavlje apstraktne metode uz komentar da je metodu potrebno implementirati ručno. Na taj način se izbegava generisanje koda sa greškom i eventualni nekorektan rad usled pokušaja obrade nepodržanih operacija, a korisniku se stavlja do znanja da ograničenje nije izgenerisano i da ga je potrebno implementirati ručno.

### 3.11. Generisanje koda na osnovu modela

Kada je model podataka formiran, odnosno kada je obrada završena, pozivaju se generatori. Prvo se poziva EJB generator, zatim generator enumeracija i na kraju generator ograničenja.

Za generisanje izlaznog teksta koristi se *FreeMarker* [8]. *FreeMarker* predstavlja alat koji na osnovu šablona generiše tekst, u ovom slučaju je to Java kod. Podaci iz modela se preko generatora učitavaju u šablone i onda se odgovarajuće promenljive u šablonu zamenjuju podacima iz modela.

## 4. ZAKLJUČAK

U ovom radu je predstavljeno programsko rešenje koje obezbeđuje generisanje Java koda na osnovu UML modela i OCL specifikacije poslovnih pravila za potrebe srednjeg sloja poslovnih aplikacija. Razvijeno

programsko rešenje podržava sve tipove ograničenja i većinu operacija definisanih u [5]. Podržane su sve logičke i matematičke operacije, sve operacije za rad sa stringovima, kao i većina operacija za rad sa sva četiti tipa kolekcija. Omogućeno je definisanje promenljivih upotrebom *Let* izraza, podržane su *if-else* strukture, upotreba enumeracija i nadovezivanje više operacija jedne na drugu do proizvoljne dubine. Nisu podržani tipovi podataka *Tuple* i *OclMessage*, kao ni operacije za rad sa ovim tipovima. Takođe, nisu podržane ni operacije za koje bi trebalo koristiti *AspectJ*. Nezavisno od toga, dato rešenje može da zadovolji uobičajene potrebe tipične poslovne aplikacije. Pošto je generisanje koda bazirano na šablonima, promena načina generisanja koda ili generisanje na nekom drugom jeziku se postiže jednosatnom promenom šablona, bez potrebe za intervenisanjem na aplikaciji.

U poređenju sa drugim rešenjima, prezentovano rešenje poseduje sledeće prednosti: 1) Za razliku od OCL2J alata, podržani su svi tipovi ograničenja. 2) Podržano je ispravno generisanje definicija i pravilna upotreba Java biblioteka što kod Dresden OCL-a nije slučaj. 3) Generisani kod je mnogo pregledniji i ima bolju čitljivost u odnosu na OCLE.

Dalji pravci razvoja su: 1) Implementacija operacija koje u ovoj verziji nisu podržane. 2) Uvođenje parametara kojima se upravlja načinom generisanja koda (izbor funkcija koje će se generisati, izbor načina na koji sistem treba da reaguje na kršenje ograničenja, mogućnost specifikacije trenutka u kojem će se ograničenja aktivirati i sl). 3) Podrška za rad sa modelima u različitim formatima (XML, XMI, ECore i sl).

## 5. LITERATURA

- [1] G. Milosavljević, Predavanja sa predmeta Metodologije brzog razvoja softvera, [www.informatika.ftn.uns.ac.rs/MBRS](http://www.informatika.ftn.uns.ac.rs/MBRS).
- [2] J. Warmer, A. Kleppe, Object Constraint Language: The Getting Your Models Ready for MDA, Second Edition. Addison Wesley, 2003.
- [3] C. Wilke, M. Thiele, B. Freitag, Dresden OCL manual for installation, use and development, Technische Universität Dresden, Dresden, Germany (2011)
- [4] Octopus OCL, <http://octopus.sourceforge.net/>
- [5] OCLE, <http://lei.cs.ubbcluj.ro/ocle/>
- [6] W. J. Dzidek, L. C. Briand, Y. Labiche, Lessons Learned from Developing a Dynamic OCL Constraint Enforcement Tool for Java, MoDELS 2005 Workshops, LNCS 3844, pp. 10–19, 2006. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2006
- [7] OCL 2.2 specification, [www.omg.org/spec/OCL/2.2/](http://www.omg.org/spec/OCL/2.2/)
- [8] FreeMarker. <http://freemarker.org/>

### Kratka biografija:



**Aleksandar Dakić** rođen je u Rumi, Republika Srbija 1987. god. Fakultet tehničkih nauka upisao je 2006. godine. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Računarstvo i automatika odbranio je 2011.god.

**RAZVOJ SCADA SIMULATORA ELEKTROENERGETSKOG POSTROJENJA  
KORIŠĆENJEM MODBUS PROTOKOLA****DEVELOPMENT OF POWER PLANT SCADA SIMULATOR USING MODBUS  
PROTOCOL**Miloš Stanković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – Rad obuhvata realizaciju simulatora elektroenergetskog postrojenja korišćenjem Modbus protokola za potrebe testiranja SCADA sistema prilikom njegovog razvoja. Simulator treba da omogući laku integraciju sa DTS sistemom, kao i da pruži mogućnost proizvoljnih, korisničkih simulacija tehnoloških procesa.

**Abstract** – This paper describes development of power plant simulator using Modbus protocol for purpose of testing of SCADA system during its development. Simulator should provide easy integration into DTS system, and to provide possibility of using custom, user defined simulations of technological processes.

**Ključne reči:** SCADA, Modbus, simulator, DTS

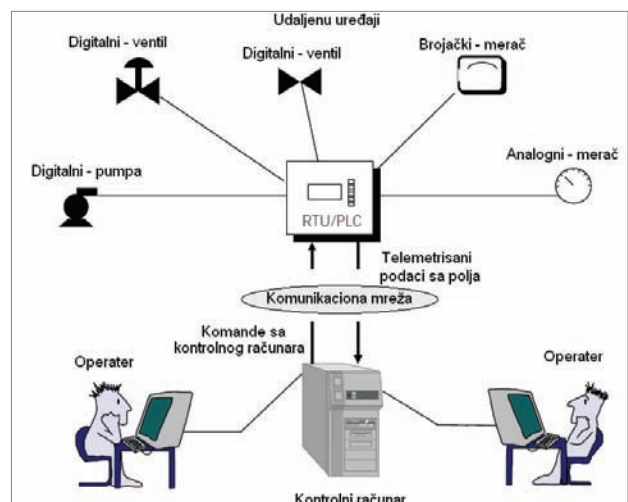
**Key words:** SCADA, Modbus, simulator, DTS

**1. UVOD**

Sa razvojem i unapređivanjem proizvodnih procesa u industriji javili su se zahtevi za što boljim i pouzdanijim nadzorom i upravljanjem tim procesima. Sistemi za transport energenata, bez obzira da li se radi o prirodnom gasu, nafti, električnoj energiji, vodi za grejanje, uvek su složeni i po pravilu prostorno raspodeljeni sistemi. Efikasna isporuka energenta zahteva poznavanje trenutnog tehnološkog stanja ukupnog transportnog sistema, odnosno poznavanje velikog skupa podataka o topologiji sistema, stanju elemenata sistema, stanju mernih i regulacionih elemenata, trenutnoj potrošnji, meteorološkim uslovima, prognozi potrošnje i slično. U tu svrhu razvijeni su sistemi koji predstavljaju skup namenskih, prostorno distribuiranih, međusobno povezanih računarskih modula, čiji je zajednički cilj ostvarenja funkcija nadzora i upravljanja fizičkim procesom u realnom vremenu. Ovakvi sistemi se nazivaju akviziciono-upravljačkim ili SCADA sistemima (*Supervisory Control And Data Acquisition*), i njihova osnovna funkcija je ciklična akvizicija digitalnih odmeraka različitih fizičkih veličina koje određuju stanje proizvoljnog tehnološkog (fizičkog) procesa. SCADA sistem se sastoji od sledećih podsistema:

- Sprega korisnik-računar (*HMI – Human Machine Interface*) - aparat koji predstavlja procesne podatke ljudskom operatoru, i preko koga ljudski operater prati i kontroliše proces.

- Nadzorni (računarski) sistem - prikuplja podatke o procesu (akvizicija) i šalje naredbe (upravljanje) ka datom procesu.
- Udaljene terminalne jedinice (*RTU - Remote Terminal Unit*) - spajaju se na senzore u procesu, pretvaraju signale sa senzora u digitalne podatke, obavljaju prenos i slanje podataka u nadzorni sistem. Automatske upravljačke funkcije, ako uopšte postoje, su vrlo skromne i ograničene.
- Programabilni logički kontroleri (*PLC - Programmable Logic Controller*) – za razliku od RTU stanica realizuju složene upravljačke procedure, preuzimajući značajan deo ukupne aplikativne programske podrške akviziciono upravljačkog sistema. Zbog toga su ekonomičniji, svestrani, fleksibilni i konfigurabilni od udaljenih terminalnih jedinica posebne namene.
- Komunikacijska infrastruktura - predstavlja deo koji povezuje sve distribuirane komponente nadzornog sistema za kontrolu udaljenih uređaja na polju.



Slika 1: SCADA sistem

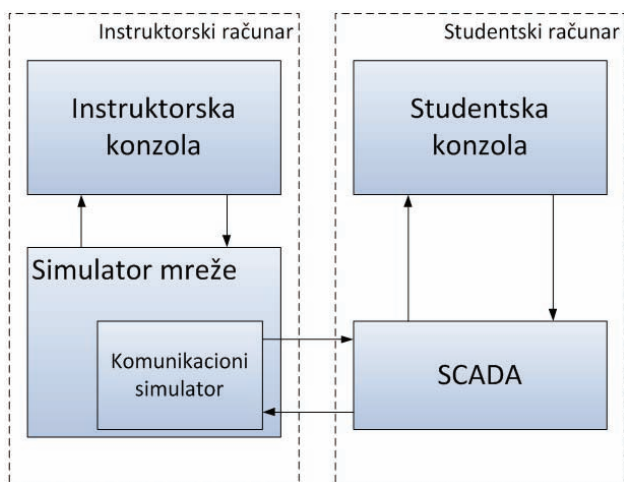
Prilikom razvoja velikih akviziciono upravljačkih sistema isti je neophodno testirati pre njegove instalacije u realnom postrojenju, kao i obučiti operatere za rad. U tu svrhu razvijeni su sistemi za obuku operatera (*DTS – Dispatcher Training Simulator*) koji su realizovani tako da simuliraju ponašanje postrojenja pod različitim uslovima, kao i ponašanje istog postrojenja

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je prof.dr Branislav Atlagić.**

prouzrokovano akcijama operatera. Na taj način operateri mogu da razviju svoje veštine ne samo kroz rutinske operacije već i kroz nepovoljne situacije prouzrokovanih njihovim akcijama bez ugrožavanja sigurnosti stvarnog sistema. DTS sistem se sastoji iz dva dela:

- Instruktorski – njegov zadatak je da verno simulira postrojenje i sve nepovoljne situacije koje mogu da se dogode u toku rada. Simuliranje nepovoljnih situacija se uglavnom vrše putem već prethodno definisanih scenarija ali postoji i mogućnost da instruktor ručno kontroliše simulirano postrojenje.
- Studenski – njegov zadatak je da operaterima pruži uvid u grafičku korisničku spregu SCADA sistema.



Slika 2: Primer DTS sistema

## 2. ANALIZA PROBLEMA

Zadatak diplomskog rada jeste razvoj OASyS DNA SCADA (*Open Architecture System Dynamic Network of Applications SCADA*) simulatora koji treba da bude opšteg karaktera kako bi bilo moguće simulirati bilo koji tehnološki proces. Pored simuliranja tehnoloških procesa neophodno je testirati i samu funkcionalnost sistema. Iako je simulator opšteg karaktera, prvenstveno je namenjen testiranju elektroenergetskog postrojenja. Potrebno je da simulator podržava prijem upita i komandi koje šalje nadzorna SCADA stanica, njihovu obradu i izvršenje, kao i slanje izmenjenog stanja nazad.

Svrha bilo kojeg simulatora je da verno predstavi sistem koji treba da simulira. Iz tog razloga neophodno je koristiti tehnologije koje se koriste u realnim SCADA sistemima. Za komunikaciju sa SCADA sistemom izabran je Modbus, serijski komunikacioni protokol projektovan za komunikaciju sa programabilnim logičkim kontrolerima. Zbog svoje jednostavnosti i robusnosti postao je jedan od najčešće korišćenih protokola u industriji. Modbus omogućava komunikaciju između različitih uređaja u mreži i najčešće se koristi za povezivanje računara sa udaljenim terminalnim jedinicama u SCADA sistemima.

Simulator treba da bude realizovan tako da može da se koristi za testiranje SCADA sistema prilikom njegovog razvoja ali i da je moguće njegovo lako integriranje u DTS sistem.

## 3. KONCEPT REŠENJA

Zbog potrebe realizacije simulatora kao dela DTS sistema, sam simulator je neophodno realizovati kao dinamičku biblioteku. Specifikacija sprege zavisi od specifikacije SCADA sistema i potrebe DTS sistema i definisana je od strane simulatora, a treba da omogući unutrašnju konfiguraciju (inicijalizaciju) i oslobađanje resursa, pokretanje i zaustavljanje simulatora, čitanje i promenu vrednosti merne tačke, kao i mogućnost postavljanja greške na vezi i udaljenoj terminalnoj jedinici.

Pored toga, treba da omogući i povratnu informaciju o specifičnim događajima u toku rada simulatora (uspostavljanje konekcije sa SCADA sistemom, promene vrednosti...). Pošto se za direktan pristup podacima SCADA sistema moraju koristiti posebne biblioteke realizovane od strane proizvođača sistema, i pošto treba da bude omogućeno da simulator radi u okruženju koji nema instaliran SCADA sistem, simulator treba da bude realizovan kao skup više dinamičkih biblioteka. Za konfigurisanje simulatora u okruženju koje nema instaliran SCADA sistem neophodno je koristiti prethodno generisane konfiguracione datoteke. Jedan od uslova koji simulator treba da zadovolji je i mogućnost upotrebe proizvoljnih, korisničkih simulacija koje treba da budu realizovane kao dinamičke biblioteke sa tačno definisanom, generičkom programskom spregom. Pošto simulator treba da bude realizovan kao dinamička biblioteka, neophodno je razviti i grafičku korisničku spregu koja treba da pruži mogućnost jasnog pregleda tačaka u sistemu, prikaz svih povratnih informacija, da sadrži sistem za laku integraciju korisničkih simulacija, kao i mogućnost reprodukcije svih promena u toku trajanja simulacije.

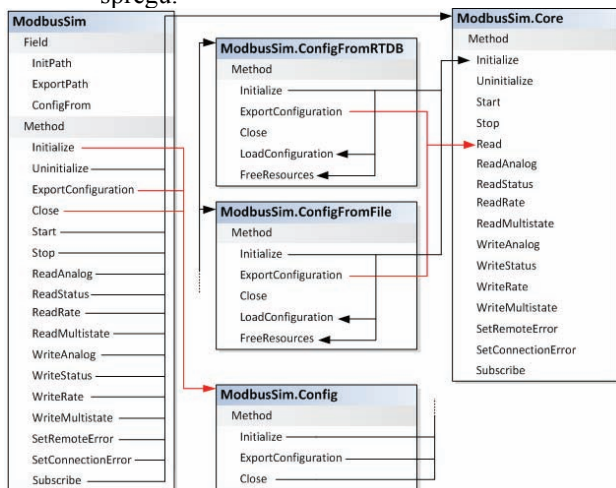
## 4. REALIZACIJA

### 4.1. Simulator

Simulator je realizovan u formi dinamičkih biblioteka u programskim jezicima C++ i C#. Sastoji se iz 5 delova:

- ModbusSim.Core - dinamička biblioteka koja komunicira sa SCADA sistemom. Sadrži sopstvenu internu bazu, pruža spregu za inicijalizaciju, oslobađanje resursa, pokretanje i zastavljanje, čitanje i promenu vrednosti merne tačke, kao i postavljanje greške na vezi i udaljenoj terminalnoj jedinici. Takođe pruža povratne informacije o specifičnim događajima u toku rada. Komunikacija se vrši pomoću Modbus protokola.
- ModbusSim.ConfigFromRTBD - dinamička biblioteka koja vrši inicijalizaciju direktno iz baze SCADA sistema. Pruža spregu za inicijalizaciju i stvaranje konfiguracione datoteke.
- ModbusSim.ConfigFromFile - dinamička biblioteka koja vrši inicijalizaciju simulatora iz prethodno generisane konfiguracione datoteke. Pruža spregu za inicijalizaciju i stvaranje konfiguracione datoteke.

- ModbusSim.ConfigFrom - dinamička biblioteka koja, u zavisnosti od konfiguracije glavne aplikacije, učitava jedno od prethodno navedenih dinamičkih biblioteka. Pruža spregu za inicijalizaciju i stvaranje konfiguracione datoteke.
- ModbusSim - Dinamička biblioteka koja objedinjuje prethodno navedene dinamičke biblioteka i pruža jedinstvenu, ukombinovanu spregu.



Slika 3: Veze između dinamičkih biblioteka

## 4.2. Korisnička simulacija

Jedna od glavnih osobina simulatora je mogućnost razvoja sopstvenih simulacija i njenog jednostavnog korišćenja unutar glavne aplikacije simulatora. Za realizaciju "prikluči i koristi" (*plug and play*) sistema bilo je neophodno razviti dve sprege: jednu koju će implementirati simulacija i jednu koju će implementirati glavna aplikacija simulatora. Sprega za simulaciju sadrži polja o osnovnim informacijama (naziv, opis, autor, verzija), polje pomoću kojeg će biti moguće pristupiti metodama glavne aplikacije simulatora, metode za inicijalizaciju i oslobađanje resursa, za čitanje trenutnih vrednosti tačaka u simulaciji, kao i za kontrolu toka simulacije (pokretanje, pauziranje, zaustavljanje). Sprega za glavnu aplikaciju simulatora sadrži metode koje će biti pozivane iz simulacije radi ažuriranja glavne aplikacije, i to: metode za čitanje trenutnih vrednosti tačaka iz glavne aplikacije simulatora, metoda za postavljanje markera koji označava da li tačku koristi korisnička simulacija, metoda za signaliziranje glavnoj aplikaciji da treba da pročita vrednosti tačaka iz simulacije, kao i metoda za menjanje mogućnosti promene vrednosti tačke u glavnoj aplikaciji u toku rada simulacije.

## 4.3. Poslužilac

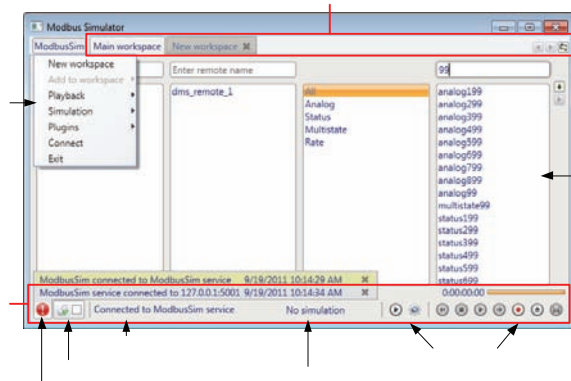
Simulator je realizovan kao servisno orijentisana aplikacija, odnosno, sastoji se iz klijenta (glavna aplikacija simulatora) i poslužioca. Za realizaciju poslužioca iskorišćena je WCF sprega koja pruža mogućnost komunikacije više klijenata sa jednim poslužiocem. Poslužilac koristi dinamičke biblioteka simulatora za komunikaciju sa SCADA sistemom i predstavlja spregu između glavne aplikacije simulatora i SCADA sistema. Nudi istu spregu kao i simulator, s tim

da je dopunjuje metodama za dobavljanje liste tačaka koje se trenutno nalaze u bazi SCADA sistema, kao i metode za čitanje/promenu vrednosti više tačaka odjednom.

## 4.4. Glavna aplikacija simulatora

Grafička korisnička sprega glavne aplikacije simulatora realizovana je upotrebom WPF grafičkog podsistema. Sastoji se od:

- statusne linije koja pruža informacije o trenutnom stanju simulatora, sadrži kontrole za uspostavljanje veze sa poslužiocem, sistem obaveštenja, odabir korisničke simulacije, kao i kontrole za upravljanje tokom simulacije i njenom reprodukcijom.
- menija kojim je moguće upravljati simulatorom i njegovim izgledom.
- tabularne kontrole dela simulatora u kojem su prikazane sve informacije o tačkama u simulatoru.
- glavni prikaz od kojih jedan sadrži listu svih tačaka u simulatoru sa filterima radi lakšeg pronalaženja željene tačke, dok svi ostali sadrže detaljne informacije o tačkama koje korisnik sam izabere, kao i dodatne opcije.



Slika 4: Grafička korisnička sprega

Simulator sadrži predefinisane simulacije koje je moguće menjati pojedinačno u korisničkom prikazu bez specificiranja detalja ili otvaranjem podešavanja za simulacije u kojima je omogućeno postavljanje iste simulacije za sve tačke istog tipa, kao i menjanje detalja (minimalna/maksimalna vrednost, frekvencija odabira...). Kao što je već rečeno, simulator sadrži sistem za reprodukciju toka simulacije čija je svrha analiziranje eventualnih grešaka. Nakon pokretanja opcije za snimanje simulacije, svaka promena se čuva u binarnoj datoteci koju je kasnije moguće učitati radi analiziranja toka simulacije. Prednosti ovakvog rešenja u odnosu na čuvanje promena u radnoj memoriji su:

- promene su uvek dostupne, čak i u slučaju neplaniranog gašenja simulatora
- manje zauzeće radne memorije omogućava normalan rad sistema.

Prilikom startovanja reprodukcije, cela snimljena simulacija se učitava u radnu memoriju računara što omogućava brži pristup informacijama prilikom nasumičnih pomeraja. Svaka promena je smeštena u blok fiksne veličine, što omogućava učitavanje delova datoteke i brzo pozicioniranje u samoj datoteci. Postoji 4 kategorije blokova:

- blok za opis veze između klijenta i poslužioca
- blok za opis veze između poslužioca i SCADA sistema
- blok za opis promene vrednosti merne tačke od strane SCADA sistema
- blok za opis promene vrednosti od strane simulatora

Svaka promena od strane poslužioca prikazana je u delu za obaveštenja. Ukoliko je došlo do promene vrednosti neke tačke, korisniku je ostavljena mogućnost da odobri, odnosno prekine novonastalu promenu. Prednost ovakve realizacije je mogućnost simulacije kvara na uređaju.

Prikaz podataka iz SCADA sistema realizovan je pomoću tabelarne kontrole. Glavna kartica sadrži liste svih veza, udaljenih terminalnih jedinica i mernih tačaka u sistemu sa posebnim filterima, dok ostale kartice sadrže samo merne tačke, i to one koje korisnik sam izabere. Na ovaj način omogućen je jasan i konstantan prikaz tačno određenih mernih tačaka, dok mogućnost promene naziva kartice olakšava pristup željenoj grupi mernih tačaka.

## 5. TESTIRANJE

Testiranje simulatora je sprovedeno na OASys DNA SCADA sistemu koji sadrži 153130 analognih, 75859 digitalnih i 37 brojačkih tačaka konfigurisanih za realni sistem. Sistem je konfigurisan sa 3442 konekcije ka 5573 udaljenih terminalnih jedinica (RTU). Za svaku procesnu veličinu je zadat RTU kome ona pripada kao i koordinate za procesne ulaze i izlaze.

Testiranjem simulatora na već konfigurisanom, realnom SCADA sistemu testiramo zadovoljenje funkcionalnosti sa datom specifikacijom. Pokretanjem simulatora i njegovom inicijalizacijom (bilo direktno iz SCADA sistema, bilo iz datoteke) testiramo uspešnost isčitavanja SCADA tabela, kao i komunikaciju sa WCF poslužiocem. Pokretanjem predefinisane i korisničke simulacije u simulatoru, kao i zadavanjem komandi testiramo uspešnost prenosa podataka između simulatora i SCADA sistema, kao i uspešnost realizacije korisničke simulacije, dok snimanjem promena u toku rada simulacije testiramo uspešnost realizacije sistema za reprodukciju.

Prilikom testiranja uočeno je nekoliko nedostataka koje nisu bile primetne na testnom sistemu:

- Za svaku vezu definisanu u sistemu pokreće se jedna komunikaciona programska nit. Na ovom test sistemu to je ukupno 3442 niti, što nije dobro rešenje. Pored toga, tačke nisu ravnomerno raspoređene po vezama već mali broj veza sadrže većinu tačaka dok ostatak ima ili par tačaka ili nijednu.
- Prilikom simuliranja i snimanja velikog broja tačaka može doći do opterećenja memorije za

masovno skladištenje podataka, što može da dovede so usporavanje sistema.

Obrizom da je testni sistem bio relativno mali, gore navedeni problemi nisu bili toliko primetni. Kod velikih sistema koje mogu da broje i nekoliko miliona tačaka bi svakako došlo do pada performansi.

## 6. ZAKLJUČAK

U ovom radu predstavljen je koncept i realizacija simulatora za OASys DNA sistem korišćenjem Modbus protokola. Takođe je predstavljen koncept i implementacija dinamičke biblioteke za proizvoljnu simulaciju tehnološkog procesa.

Cilj rada je bio realizacija simulatora elektroenergetskog postrojenja tako da bude jednostavan za integraciju u postojeći DTS sistem, da pruži preglednu grafičku korisničku spregu, da podržava proizvoljne, korisničke simulacije, kao i da pruži mogućnost reprodukcije toka simulacije.

Na osnovu koncepta uspešno je realizovano programsko rešenje koje je zadovoljilo zadatu funkcionalnost. Dalji nastavak razvoja simulatora bio bi u pogledu podrške za više različitih protokola, opzimizaciju sistema za reprodukciju promena u vidu bolje realizacija snimanja promena i učitavanja binarne datoteke, opzimizacije broja komunikacionih programskih niti i ravnomerna raspodela mernih tačaka, kao i mogućnost korišćenja povratnih informacija od strane SCADA sistema u korisničkim simulacijama.

## 5. LITERATURA

- [1]. OASys DNA 7.5 internals, Telvent Ltd. 2008
- [2]. High Performance Database API User Manual, Daniel Schidt, Telvent Canada Ltd. 2005
- [3]. OASys DNA architecture, Telvent Automation Ltd. 2004
- [4]. Modbus, [en.wikipedia.org/wiki/Modbus](http://en.wikipedia.org/wiki/Modbus), 2011
- [5]. Modbus Application Protocol Specification 1.1b, [www.Modbus-IDA.org](http://www.Modbus-IDA.org), 2008
- [6]. Windows Presentation Foundation, [msdn.microsoft.com/en-us/library/ms754130.aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms754130.aspx), 2010
- [7]. Model-View-ViewModel, [msdn.microsoft.com/en-us/magazine/dd419663.aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/magazine/dd419663.aspx), 2009
- [8]. Windows Communication Foundation, [msdn.microsoft.com/en-us/library/ms735119.aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms735119.aspx), 2007

### Kratka biografija:



**Miloš Stanković** rođen je u Novom Sadu 1987. godine. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva - Računarske tehnike i računarske komunikacije odbranio je 2011. godine.

**RAZVOJ SCADA SIMULATORA INDUSTRIJSKOG POSTROJENJA KORIŠĆENJEM ICCP PROTOKOLA****DEVELOPMENT OF INDUSTRIAL PLANT SCADA SIMULATOR USING ICCP PROTOCOL**Nemanja Jović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – Rad opisuje realizaciju simulatora industrijskog postrojenja korišćenjem ICCP protokola radi testiranja SCADA sistema prilikom njegovog razvoja. Simulator treba da omogući legalne odzive industrijskog postrojenja na komande, kao i simulaciju dinamičkih promena mernih velicina.

**Abstract** – This paper describes development of industrial plant simulator using ICCP protocol for purpose of testing of SCADA system during its development. Simulator should allow legal industrial plant responses to commands, and simulated dynamic changes of measured values.

**Cljučne reči:** SCADA, ICCP, simulator

**Key words:** SCADA, ICCP, simulator

**1. UVOD**

Sa razvojem i unapređivanjem proizvodnih procesa u industriji javili su se zahtevi za što boljim i pouzdanijim nadzorom i upravljanjem tim procesima. Sistemi za transport energenata, bez obzira da li se radi o prirodnom gasu, nafti ili električnoj energiji, složeni su i prostorno raspodeljeni. Efikasna isporuka energenta zahteva poznavanje trenutnog tehnološkog stanja ukupnog transportnog sistema, odnosno poznavanje velikog skupa podataka o topologiji sistema, stanju elemenata sistema, stanju mernih i regulacionih elemenata, trenutnoj potrošnji, meteorološkim uslovima, prognozi potrošnje i sl. Simulator industrijskog postrojenja, opisan u ovom radu, primarno je namenjen razvoju i ispitivanju akviziciono upravljačkih sistema ove vrste.

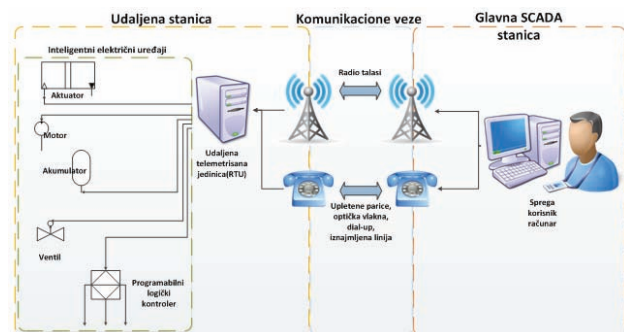
Zahvaljujući tehnološkom napretku u oblasti računarstva i informacionih tehnologija, upravljanje uz pomoć računara je standardna osobina savremenih industrijskih postrojenja.

Automatizacija proizvodnih (tehnoloških) funkcija postrojenja realizuje se programski, posredstvom systemske i aplikativne programske podrške. Ovakvi sistemi se nazivaju akviziciono-upravljačkim ili SCADA sistemima (*Supervisory Control And Data Acquisition*), i njihova osnovna funkcija je ciklična akvizicija analognih i digitalnih odmeraka različitih fizičkih velicina koje određuju stanje proizvoljnog tehnološkog (fizičkog) procesa.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je prof.dr Branislav Atlagić.

Ovi sistemi, postoje u raznim oblicima od 60-tih godina, a od 90-tih godina 20. veka doživljavaju veliku ekspanziju sa pojavom sve bržih i efikasnijih računarskih i mikrokontrolerskih uređaja. Mogu se upotrebiti od npr. jednostavnog praćenja temperature, vlažnosti vazduha, pritiska, do npr. veoma kompleksnog praćenja i kontrole proizvodnih procesa fabrike ili saobraćaja.



Slika 1. SCADA sistem

SCADA mreža se sastoji od jedne ili više nadzornih jedinica MTU (*Master Terminal Unit*) koje su zapravo računarske stanice opremljene odgovarajućim programskom podrškom i operativnim sistemom. Ove stanice operatori koriste za praćenje i kontrolu skupa udaljenih terminalnih jedinica RTU (*Remote Terminal Unit*). RTU je takođe računarski uređaj koji je najčešće namenjen za rad u industrijskim uslovima, čiji je zadatak prikupljanje informacija sa raznih digitalnih i analognih senzora, kao i realizacija komandi nad uređajima na terenu.

Za prenos podataka između MTU i RTU se koristi neki od standardnih ili specijalizovanih protokola kao što su Ethernet, Modbus, ProfiNet, ICCP... Optički kablovi su idealni za realizaciju SCADA mreže jer pored velike propusne moći nude potpunu zaštitu od emisije raznih zračenja koja bi mogla da dovede do prenosa pogrešnih informacija. U idealnom SCADA sistemu svi elementi su redundantni što dostupnost i pouzdanost sistema podiže na visok nivo.

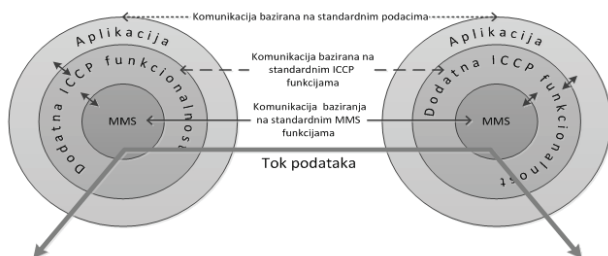
Sprega korisnik-računar HMI (*Human Machine Interface*) ima za ulogu da prikaže informacije korisnicima SCADA, posredstvom odgovarajuće programske podrške koja na jasan način prikazuje sve informacije o sistemu i realizuje njegovu upravljivost.

Simulator industrijskog postrojenja, koji je predmet rada, koristi ICCP protokol i realizovan je kao proširenje

standardne SCADA-e radi razvoja i testiranja sistema za nadzor i upravljanje.

## 2. ICCP

ICCP protokol (*Inter Control Center Communication Protocol*) koristi se za razmenu podataka u realnom vremenu preko regionalnih mreža (WAN - *Wide Area Network*). ICCP je internacionalni standard definisan 1992. godine od radne strane IEC grupe (*International Electrotechnical Commission*). Početni rukovaoc protokola osmišljen je da zadovolji zahteve zajedničkog evropskog tržišta, zvanični naziv protokola je TASE.1 (*Telecontrol Application Service Element-1*). Druga verzija protokola TASE.2 oslanja se na MMS (*Manufacturing Message Specification*). MMS je takođe internacionalni standard za prenos dinamičkih i kontrolnih podataka u realnom vremenu. ICCP uvodi model virtuelnog kontrolnog centra (VCC - *Virtual Control Center*), on predstavlja apstrakciju realnog kontrolnog centra.



Slika 2. Tok podataka u ICCP protokolu

Funkcionalnost ICCP protokola definisana je po blokovima od 1 do 9, koji označavaju skup standardnih usluga koje se nude krajnjem korisniku. ICCP blokovi su:

1. Blok 1, periodično razmena podataka.
2. Blok 2, proširena podešavanja za praćenje skupa podataka.
3. Blok 3, kodiranje podataka u cilju smanjenja podataka koje je potrebno preneti.
4. Blok 4, razmena korisničkih poruka.
5. Blok 5, upravljanje uređajima.
6. Blok 6, kontrola aplikacije.
7. Blok 7, izveštavanje o događajima.
8. Blok 8, dodatni korisnički objekti.
9. Blok 9, vremenski podaci.

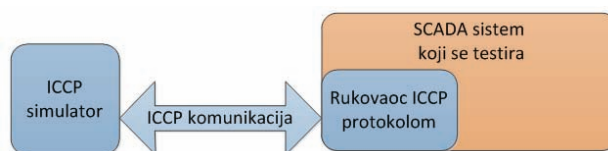
Kako programska biblioteka, korišćena u radu, koja pruža ICCP funkcionalnosti (*ICCP Framework*) podržava blokove 1, 2, 4 i 5, simulator podržava identične blokove.

## 3. ANALIZA PROBLEMA

Potrebno je da simulator bude opštog karaktera kako bi mogao predstaviti bilo koji tehnološki proces. Simulator treba da omogući legalne odzive industrijskog postrojenja na komande, kao i simulaciju dinamičkih promena mernih veličina. Simulator koristi dinamičku .NET biblioteku koja pruža funkcionalnosti ICCP protokola. Celokupno rešenje razvijeno je kao aplikacija sa grafičkom korisničkom spregom.

## 4. KONCEPT REŠENJA

Simulator mora verodostojno da zameni tehnološki proces kako bi omogućio razvoj i testiranje SCADA sistema i pre njegove instalacije u realnom postrojenju.



Slika 3. Izgled testiranog SCADA sistema

Grafička korisnička sprega (GUI - *Graphical User Interface*) treba da pruži korisniku jasan prikaz stanja celokupnog simuliranog sistema kao i intuitivnu kontrolu nad tokom simulacije. Zbog preglednosti i jednostavnosti odabran je tabelarni prikaz ICCP objekata (tačaka, uređaja, asocijacija itd).

Simulator mora da obezbedi sledeće funkcionalnosti:

- Neophodno je obezbediti konfigurisanje simulatora iz dve XML konfiguracione datoteke. U jednoj datoteci nalazi se celokupna ICCP konfiguracija dok je u drugoj konfiguracija OSI sloja.
- Pokretanje i zaustavljanje ICCP usluge.
- Učitavanje početnog stanja vrednosti lokalnih tačaka iz datoteke.
- Ručna promena lokalnih tačaka koje su poslužene, promena podrazumeva menjanje samih vrednosti tačaka (kvaliteta, brojača promene i svih atributa koje sadrži dati tip podatka) od strane korisnika.
- Simulaciju lokalnih tačaka određenim predefinisanim simulacionim funkcijama (nasumičnom funkcijom, sinusnom i funkcijom rampe)
- Prikaz informacija o lokalnim uređajima.
- Promena lokalne vrednosti radi verifikacije uspešnog komandovanja. Ovaj mehanizam često se koristi u SCADA sistema.
- Razmenu korisničkih poruka.
- Prikaz informacija o klijentskim tačkama.
- Upravljanje klijentskim uređajima.
- Filtriranje tačaka i uređaja po imenu i tipu.
- Iscrtavanje grafika na kojima su prikazane promene vrednosti lokalnih i klijentskih tačaka.
- Opcija "PlayBack", omogućava beleženje svih korisničkih akcija a zatim i ponovnog puštanja istog skupa akcija. Skup akcija predstavlja proizvoljnu simulaciju i potrebno je omogućiti njeno čuvanje u masovnu memoriju u obliku datotetke.

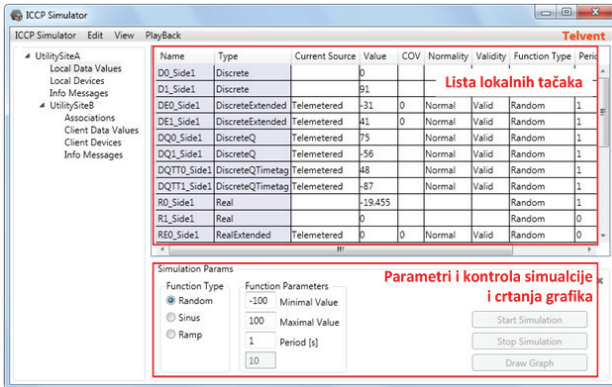
## 5. REALIZACIJA

Programsko rešenje implementirano je korišćenjem C# programskog jezika u Visual Studio 2010 razvojnom okruženju. Korišćen je WPF grafički podsistem po MVVM (*Model View View Model*) šablonu. Na samom početku implementacije definisan je skup atributa koje je potrebno prikazivati korisniku i na osnovu toga definisane su klase modela po uzoru na MVVM šablon.

### 5.1. Izgled simulatora

Sve informacije bitne korisniku prikazane su u tabelama. Tabele je moguće sortirati po različitim kolonama a takođe je moguće menjati redosled i širinu kolona. Tabele koje prikazuju tačke i uređaje imaju filtere za pretragu, oni omogućavaju lakše pronalaženje željene informacije u velikom broju podataka.

Obeležavanjem različitih elemenata unutar pregleda (*TreeView*) sa leve strane glavnog prozora simulatora vrši se promena prikaza, odnosno prikazuje se određeni prozor za svaki element. Pregled se bazira na strukturi drveta, shodno formatu preuzetom iz ICCP konfiguracione datoteke koja ima identičnu strukturu. Lokalni kontrolni centar sadrži lokalne tačke, lokalne uređaje i informacione poruke, od svakog po jedan, pored njih sadrži i jedan ili više udaljenih kontrolnih centara. Udaljeni kontrolni centar sadrži asocijacije, klijentske tačke, klijentske uređaje kao i primljene informacione poruke.

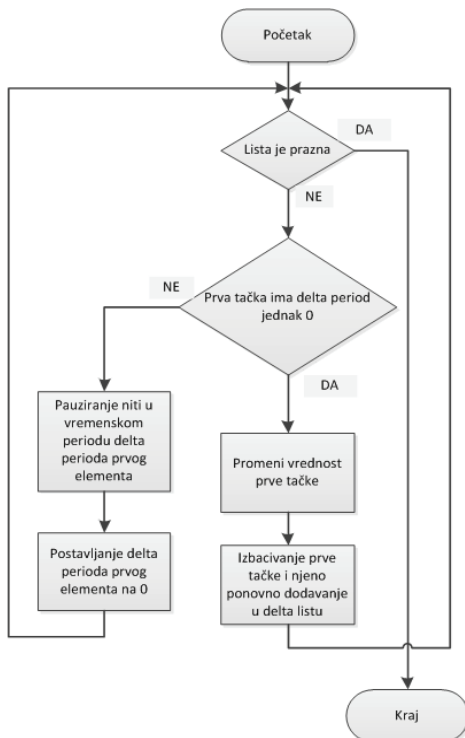


Slika 4. Prikaz lokalnih tačaka uz kontrolu simulacije

## 5.2. Simulacija spontanih promena

Proces simulacije promena pruža automatsko menjanje vrednosti lokalnih tačaka. Postoje 3 definisane simulacione funkcije: nasumična, sinusna i funkcija rampe. Simulacioni parametri su:

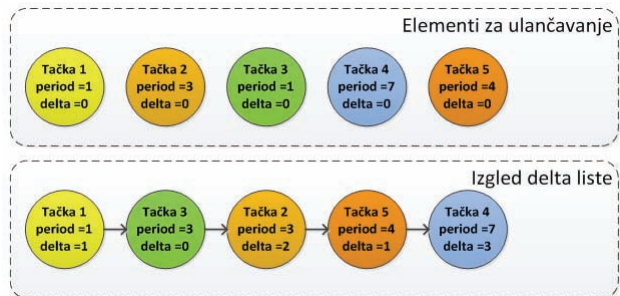
- minimalna i maksimalna vrednost,
- vremenski period po čijem isteku se vrši izmena,
- period funkcije u slučaju sinusne funkcije i
- korak funkcije u slučaju funkcije rampe.



Slika 5. Algoritam simulacione niti

Algoritam simulacije osmišljen je tako da više procesorskih niti vrši izmenu vrednosti lokalnih tačaka. Svaka nit ima skup tačaka za koje vrši simulaciju. Broj niti koje se pokreću direktno zavisi od broja procesorskih jezgara koje poseduje računar na kome se simulator pokreće. Na ovaj način optimizovano je opterećenje procesora u slučaju pokretanja zahtevne simulacije na višezjgarnom procesoru (npr. više od 100.000 tačaka koje treba promeniti u jednoj sekundi).

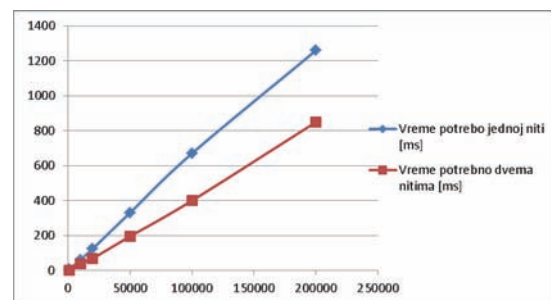
Tačke za koje se pokreće simulacija smeštaju se u dinamičke liste. Liste su uređene kao vremenske delta liste, tako da svaki naredni element sadrži vremensku razliku od prethodnog elementa iz liste. Na ovaj način tačke u simulaciji mogu imati različite vremenske periode na koje se vrši promena vrednosti.



Slika 6. Primer delta liste

Uprošćeni simulacioni algoritam prikazan je na **Error! Reference source not found**. Korisnik dodaje tačke u listu klikom na dugme za pokretanje simulacije nakon podešavanja parametara simulacije i označavanja tačaka iz tabele. Pri dodavanju novih tačaka može biti pokrenuta nova simulaciona nit ili tačke mogu biti dodeljene već postojećoj niti.

Korisnik prekida simulaciju označavanjem tačaka i pritiskom na dugme za zaustavljanje simulacije. Taj postupak izbacuje označene tačke iz simulacionih listi. Nit će se završiti ukoliko lista koju opslužuje postane prazna, to se može desiti kao posledica prekidanja simulacije od strane korisnika.



Slika 7 Potrebno vreme za promenu skupa tačaka

Početna ideja da broj niti direktno zavisi od broja procesorskih jezgara potpuno je opravdana. Nema smisla pokretati veći broj niti od broja procesorskih jezgara jer se neće postići dodatno ubrzanje.

Ubrzanje u slučaju simulacije sa dve niti nije duplo iz razloga zato što obe niti moraju da osveže vrednosti u tabeli.

### 5.3. Učitavanje početnih vrednosti lokalnih tačaka

Ponekad je potrebno da lokalne tačke poseduju određene vrednosti koji oslikavaju stanje realnog procesa na samom početku simulacije (uklopno stanje u električnim SCADA sistemima). Početne vrednosti lokalnih tačaka moguće je u svakom trenutku učitati iz XML datoteke. Svaka lokalna tačka unutar datoteke opisana je sa 3 parametra:

- naziv lokalne tačke,
- tip lokalne tačke i
- vrednost lokalne tačke

Pri učitavanju datoteke sa inicijalnim vrednostima lokalnih tačaka, od svih tačaka iz datoteke biće generisani objekti klase koja predstavlja inicijalnu vrednost a zatim i smešteni u dinamičku listu. Nakon toga izvršiće se provera za svaki element liste da li postoji lokalna tačka sa odgovarajućim imenom i tipom, ukoliko postoji biće joj postavljena vrednost učitana iz datoteke. Ova operacija se pokrece iz pozadinske niti iz razloga što sama operacija može da potraje u slučaju velikog broja počenih vrednosti koje treba postaviti.

Takođe postoji mogućnost čuvanja XML datoteke sa trenutnim vrednostima lokalnih tačaka. Korisnik može izmeniti ručno vrednosti lokalnih tačaka a zatim sačuvati datoteku za naredne simulacije.

### 5.4. Crtanje grafika

Korisnik može izabrati tačke (lokalne ili klijentske) čije vrednosti želi da se iscrtavaju na grafiku. Grafici se iscrtavaju u zasebnim prozorima, lokalne tačke u jednom klijentske u drugom. Grafik je organizovan tako da horizontalna osa predstavlja vremensku osu dok je vertikalna osa vrednost tačke u određenom trenutku.

### 5.5. „PlayBack“ funkcionalnost

Ukoliko se prilikom simulacije desi neki ne predviđeni događaj unutar SCADA sistema, zgodno bi bilo ponoviti simulaciju u cilju nalaženja problema. Ukoliko je aktivirana ova funkcionalnost sve akcije koje može da načini korisnik biće beležene kao i promene nastale simulacijom. Niz akcija smešta se u dinamičku listu. Niz akcija moguće je sačuvati u masovnu memoriju u obliku PBB (*PlayBack Base*) datoteke. Takođe je moguće učitati niz akcija iz datoteke.

### 6. TESTIRANJE

Testiranje funkcionalnosti simulatora obavljeno je povezivanjem sa SISCO testnom aplikacijom. Simulator predstavlja lokalni kontrolni centar a testna aplikacija udaljeni i obrnuto. Testni slučaj pokretan je sa različitim konfiguracijama (menjanje broj i tip ICCP objekata). Testna aplikacija je konzolnog tipa i podržava celokupnu ICCP funkcionalnost, tako da u zavisnosti od konfiguracije može biti poslužilac, klijent ili oba. Konfigurirane se putem XML datoteka kao i simulator, datoteke se moraju nalaziti u istom direktorijumu sa testnom aplikacijom. Testna aplikacija može da generiše promene vrednosti lokalnih tačaka, menja stanja asocijacija, šalje korisničke poruke itd, tako da predstavlja radan model za testiranje.

Komunikacija preko ICCP protokola između simulatora i testne aplikacije uspešno je ostvarena, uspostavljanjem realne asocijacije između dva virtuelna kontrolna centra. Sva ICCP komunikacija između testne aplikacije i simulatora uspešno je ostvarena. Na osnovu toga zaključeno je da simulator potpuno ispunjava zahtevanu funkcionalnost.

Jedan od zahteva simulatora bio je da se obezbedi velik broj promena vrednosti lokalnih tačaka u kratkom vremenskom periodu, takozvani stres test. Računarski sistem Intel e2180 Core2Duo na 2200MHz i 3.2GB DDR2 RAM postigao je 200000 nasumičnih promena u sekundi sa 20 simulacionih niti. Dobijeni su veoma dobri rezultati. Pre uvođenja simulacije koja se izvršava na više niti i optimizacije simulacionog algoritma, moguće je bilo generisati samo 10000 promena unutar jedne sekunde. Što znači da je postignuto ubrzanje od 20 puta.

### 7. ZAKLJUČAK

Cilj ovog rada bilo je implementacija simulatora proizvoljnog industrijskog postrojenja, jednostavne i intuitivne grafičke korisničke sprege.

U radu su predstavljeni koncept i implementacija simulatora ICCP protokola u grafičkoj korisničkoj sprezi. Na osnovu koncepta uspešno je realizovano programsko rešenje koje potpuno ispunjava traženu funkcionalnost.

Dalji razvoj simulatora išao bi u pravcu dalje optimizacije simulacionog procesa, optimizacije rada sa velikim brojem tačaka (više od 100000), dodavanja mogućnosti pregleda posluženih tačaka od strane udaljenog kontrolnog centra (ICCP pruža ovu mogućnost) kao i razvijanje funkcionalnosti iz ostalih ICCP blokova. Korisno bi bilo dodati mogućnost korišćenja proizvoljnih simulacija, definisanih od strane korisnika.

### 8. LITERATURA

- [1]. Utility Communications Specification Working Group: IEC 870-6-503 TASE.2 Services And Protocol Version 1996-08, 1996
- [2]. Utility Communications Specification Working Group: IEC 870-6-702 TASE.2 Services And Protocol Version 1996-08, 1997
- [3]. Utility Communications Specification Working Group: IEC 870-6-802 Object Models Version 1996-08, 1996
- [4]. KEMA-ECC: ICCP User Guide, Minneapolis, 1996, 2011
- [5]. Windows Presentation Foundation, [msdn.microsoft.com/en-us/library/ms754130.aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms754130.aspx), 2010
- [6]. Model-View-ViewModel, [msdn.microsoft.com/en-us/magazine/dd419663.aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/magazine/dd419663.aspx), 2009

#### Kratka biografija:



**Nemanja Jović** rođen je u Novom Sadu 1987. godine. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva - Računarske tehnike i računarske komunikacije odbranio je 2011. godine.

**ADAPTIVNA ARHITEKTURA WEB APLIKACIJE BAZIRANE NA ASPEKTIMA  
ADAPTIVE ARCHITECTURE OF WEB APPLICATION BASED ON ASPECTS**Milorad Filipović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U radu je predstavljen jedan pristup razvoju adaptivne poslovne web aplikacije u kojem je adaptivnost postignuta upotrebom koncepta aspekt-orientisanog programiranja. Razvijena je generička arhitektura koja podržava osnovne funkcije jednog realnog poslovnog sistema nezavisno od vrste delatnosti i mogućih izmena u toku vremena.

**Abstract** – This paper presents an approach to development of adaptive web business application. based on aspect-oriented programming paradigm. Result is generic architecture capable to support basic functions of an arbitrary business system regardless of it's business area or possible future changes.

**Ključne reči:** adaptivna web aplikacija, poslovni informacioni sistem, web, aspekti, AOP, Java

**1. UVOD**

Moderna softverska rešenja namenjena su korištenju od strane širokog spektra korisnika koji imaju različite teme interesovanja, tehničko znanje, socijalnu ili kulturološku pozadinu, ili bilo koji drugi specifičan skup osobina [4]. Ovom trendu posebno su izložene web aplikacije, koje zbog mogućnosti globalnog pristupa postaju sve atraktivnije proizvođačima i korisnicima, i polako zakoračuju na područja na kojima su klasične, desktop aplikacije do sada bile jedini izbor.

Ovakav veliki broj različitih korisnika zahteva od aplikacije određeni oblik svesti o korisniku i njegovim akcijama, kao i određenu inteligenciju kako bi se tim zahtevima prilagodila [1]. Pod adaptivnošću se podrazumeva prilagođavanje aplikacije konkretnom korisniku na osnovu praćenja njegovog ponašanja prilikom rada, određenih sklonosti ili podešavanja koja sam korisnik odabere.

U ovom radu je predstavljen predlog izgradnje arhitekture poslovne web aplikacije koja treba da omogući njeno adaptivno ponašanje. Akcenat je stavljen na adaptivnost sa stanovišta poslovne primene, dok je manji naglasak bio na vizuelnoj adaptivnosti.

Kompleksnost ovakvog sistema raste povećanjem njegove generičnosti, a uvođenje mehanizama adaptivnosti još više povećava napore koje je potrebno uložiti u implementaciju.

Ideja rešenja predstavljenog u nastavku je da se razdvoje nadležnosti, da jezgro aplikacije implementirano klasama obavlja uobičajene aktivnosti (obradu i prezentaciju

**NAPOMENA:**

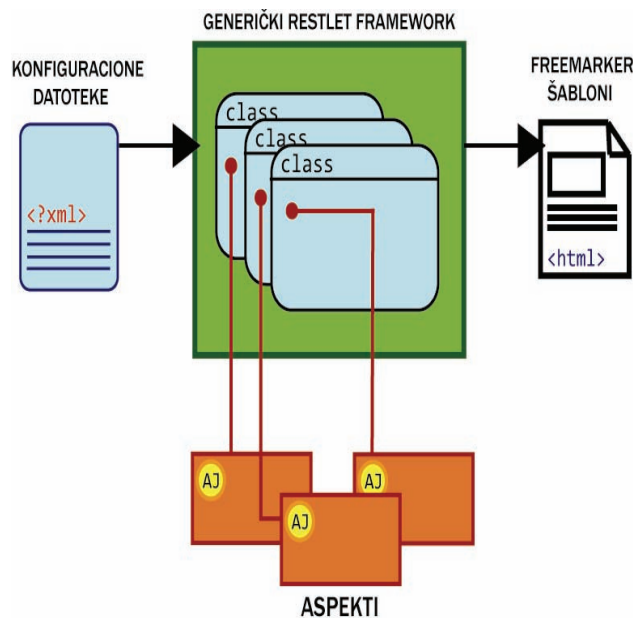
**Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bila doc. dr Gordana Milosavljević.**

podataka), dok je implementacija adaptivnosti i nekih specifičnih pravila poverena aspektima za koje jezgro aplikacije nije svesno da postoji.

**2. OPIS REŠENJA PROBLEMA**

Za potrebe ovog rada razvijena je generička adaptivna arhitektura u kojoj se sprovođenje specifičnih pravila realizuje upotrebom mehanizama aspekt-orientisanog programiranja. Arhitekturu sačinjavaju (slika 1):

- konfiguracione xml datoteke iz kojih se čitaju ulazni podaci na osnovu kojih se dinamički generiše sloj za skladištenje podataka i konfiguriše aplikacija
- generički Restlet resursi koji obavljaju operacije obrade podataka i pripremaju ih za prikaz
- Freemarker html šabloni na osnovu kojih se dinamički formiraju web strane
- aspekti koji intervenišu na definisanim mestima sa ciljem realizacije poslovnih pravila koja su specifična za određene resurse.



Slika 1. Pojednostavljena arhitektura rešenja

**3. KONFIGURACIONE DATOTEKE**

Ulaznu tačku u sistem predstavljaju xml konfiguracione datoteke. U razvijenom rešenju postoje tri tipa konfiguracionih datoteka:



obradu podataka i nema svest o postojanju korisnika i njihovim pravima, jer su za taj deo su zaduženi aspekti.

Kao što je prikazano na Slici 2, nakon uspešne prijave, podaci o trenutno prijavljenom korisniku se smeštaju u aspekt `SessionAspect`. Navigacija u sklopu aplikacije se vrši pomoću linkova koji su smešteni u glavnom meniju. Klikom na željeni link, aktivira se metoda `prepareContent` resursa za prikaz podataka, koji iz baze podataka čita podatke i prosleđuje ih na prikaz. Pre nego što se izvrši prikaz podataka, aktivira se aspekt `ContentAspect` koji na osnovu prava smešta na forme odgovarajuće kontrole.

#### 4.1. Restlet resursi

**ViewResource** - Osnovnu funkciju jedne poslovne aplikacije predstavlja prikaz podataka o resursima nekog poslovnog sistema. U prezentovanoj aplikaciji je razvijena jedna generička klasa koja služi za pripremanje podataka za prikaz svih resursa u sistemu (slika 3).

U skladu sa pravilima Restlet platforme, klasa `ViewResource` nasleđuje Restlet klasu `Resource` i implementira sve njene potrebne metode. Glavni atributi ove klase su `dataModel` koji predstavlja mapu u koji se smeštaju podaci koji se koriste na Freemarker šablonima i `resource` koji predstavlja objektnu predstavu XML resursa i odnosi se na resurs čije je podatke potrebno prikazati. Svi linkovi u glavnom meniju su formata `„/resources/{resName}“`, pri čemu deo `resName` označava naziv na osnovu kojeg se iz XML datoteke pronalazi određeni resurs i smešta u atribut klase `ViewResource`. Priprema podataka za prikaz se svodi na čitanje podataka iz baze i njihovo prosleđivanje Freemarker šablonu. Međutim, kako uz pomoć Hibernate biblioteke iz baze podataka možemo čitati samo objekte, potrebno ih je prevesti ih u neki drugi oblik koji je pogodan za manipulaciju i prikaz u tabeli. Za ove potrebe razvijena je pomoćna klasa `EntityCreator` koja vrši pretvaranje Java objekata u objekte klase `EntityClass`.

**ModifyResource** - Klikom na ikonicu za izmenu pored željenog entiteta korisnik odlazi na stranicu za izmenu podataka o tom entitetu. Na formi se nalaze polja za izmenu podataka koja su popunjena trenutnim vrednostima atributa traženog entiteta. Pripremu ovih podataka vrši klasa `ModifyResource`. Linkovi koji vode do stranice za izmenu su oblika `„/izmena/{aresName}/{mid}“`, pri čemu deo `aresName` predstavlja naziv resursa kojem entitet pripada, dok `mid` predstavlja ID entiteta čije podatke menjamo. Nakon što ovakav zahtev stigne do resursa, potrebno je izdvojiti ta dva atributa i na osnovu njih iz baze dobiti odgovarajući entitet.

Kao i svaki restlet resurs, i klasa `ModifyResource` obradu zahteva vrši u metodi `handleGet`. S obzirom na to da i ovaj resurs mora da bude generički, i on se oslanja na refleksiju i usluge klase `EntityCreator` prilikom dobavljanja podataka za odabrani entitet. Važno je napomenuti da ova klasa ne vrši samu izmenu podataka, već samo njihovu pripremu za prikaz na formi za izmenu. Izmena se vrši u klasi `ViewResource` zbog smanjenja broja klasa i zbog toga što bi nakon izmene podataka bilo poželjno prikazati te podatke na standardnoj formi, tako

da bi se u svakom slučaju pozivao resurs za prikaz podataka.

Za svaki atribut resursa koji menjamo potrebno je kreirati labelu sa nazivom i određenu GUI kontrolu sa sadržajem. Za obične attribute potrebno je kreirati tekstualnu labelu sa nazivom i tekstualno polje sa vrednošću atributa. Međutim, situacija se znatno komplikuje kod atributa koji referenciraju druge resurse. Ovo je rešeno tako što se za te attribute kreira mapa kojoj je ključ tekst labele, a vrednosti su opet mape kojima je ključ ID, a vrednosti naziv pojedinačnog entiteta. Ovakva struktura verno preslikava prostorni raspored kontrola na formi. Na Slici 4. je prikazana forma za izmenu resursa podataka o jednom entitetu iz resursa „Prava“ sa označenim spominjanim mapama.

**Prava, izmena**  
**MAPA**

KLJUČEVI	VREDNOSTI
Dozvoljeno:	MAPA DA
Korisnik:	admin
Akcija:	view
Resurs:	Naslovna strana

Slika 4. Forma za izmenu sa označenim strukturama podataka

**AddResource** – Klasa `AddResource` vrši sličnu funkciju kao klasa `ModifyResource`, tako da ovde neće biti posebno razmatrana. Ona vrši pripremu podataka za dodavanje novog entiteta u bazu podataka. Forma za dodavanje je ista kao i ona za izmenu, a postupak pripreme se razlikuje utoliko što kod dodavanja nije potrebno pripremiti podatke o postojećem entitetu koji se menja, već se prikazuje prazna forma.

#### 4.2. Aspekti

Iako je programski deo rešenja predstavljen u prethodnom poglavlju dovoljan za obavljanje osnovnih poslovnih funkcija, on ipak ne zadovoljava potrebe jednog realnog rešenja. Upotreba aspekata nam omogućava efikasno radovanje nadležnosti i dodavanje novih mogućnosti već gotovom rešenju. Različiti autori [2] u poslednje vreme predlažu upotrebu aspekata u cilju efikasne podrške adaptivnosti aplikacije. U ovoj sekciji biće prezentovani primeri upotrebe aspekata prilikom rešavanja problema koji su običajeni za ovakav tip aplikacije.

**Održavanje korisničke sesije.** Uzevši u obzir nezavisnost aspekata od jezgra aplikacije, kao i to da za svaki aspekt imamo dostupnu tačno jednu instancu nad celom aplikacijom, aspekti se nameću kao logično rešenje za praćenje korisničke sesije. Za ove potrebe realizovan je aspekt pod imenom `SessionAspekt`. On služi za čuvanje podataka o tome ko je trenutno prijavljen na sistem i svim pripadajućim objektima koji su vezani za trenutnog korisnika. S obzirom da je rešenje u ovom radu tek primer mogućih primena prikazanih tehnika, na sistemu se vodi evidencija samo o tome koje entitete korisnik dodaje u bazu, međutim i to je dovoljno da ilustruje načine čuvanja informacija o korisniku.

**Realizacija specifičnih pravila.** Mogućnost upotrebe aspekata za sprovođenje određenih pravila poslovanja prikazana je na primeru resursa Prava koji specificira da li određeni korisnik ima pravo da izvrši neku akciju nad traženim resursom. Kako se aplikacija ponaša na isti način za sve resurse, tako se obrade kojima podležu svi ostali resursi u sistemu primenjuju i na resurs Prava bez izuzetaka. Međutim, prilikom rukovanja pravima, uočavamo da moramo učiniti (barem) dva odstupanja od ovog generičkog rukovanja. Prvo, svako pravo ima polje koje govori da li je korisniku dozvoljena određena akcija ili nije, tako da nema potrebe da se prava brišu iz sistema, već ako želimo da korisnik nema pravo da nešto uradi, samo mu postavimo vrednost odgovarajućeg polja na „zabranjeno“. Za potrebe realizacije ovog pravila, razvijen je aspekt koji će pre prikazivanja forme sa pravima iz kontrola izbaciti dugme za brisanje.

#### 4.2.3. Administracija prava i generisanje kontrola

Uvođenje mehanizma prava komplikuje implementaciju aplikacije jer svaka klasa koja priprema podatke za prikaz mora, pored svog standardnog posla, da vodi računa o tome šta kojem korisniku sme da se prikaže što uključuje mnogo komplikovanih proveru na različitim mestima. Proveru neovlašćenog pristupa potrebno je izvršiti i na samim HTML stranicama, tako da se svi spomenuti problemi proširuju i na njih. Navedeno se kosi sa idejom razdvajanja nadležnosti koja se zastupa ovim radom, tako da je razvijen poseban aspekt koji se bavi administracijom prava.

U sistemu postoje definisane akcije i resursi koje se definišu svojim XML datotekama i automatski se spremaju u bazu podataka prilikom pokretanja aplikacije. Međutim, potrebno je definisati prava samo za one resurse koji će se prikazivati korisniku. Što se akcija tiče, one se takođe generišu i spremaju u bazu na osnovu XML opisa. U trenutnom rešenju postoje četiri akcije, to su pregled (view), dodavanje (add), izmena (modify) i brisanje (remove). Svaka akcija (osim view) ima definisan svoj link i ikonicu. Jedno pravo govori o tome da li je korisniku dozvoljeno da izvrši određenu akciju nad resursom.

#### 4.2.4. Praćenje korisničkih akcija

Kako bi omogućili adaptivnost aplikacije, potrebno je da rešenje poseduje određenu vrstu svesti o korisniku i njegovim akcijama. Da bi se ovo postiglo, dosta autora predlaže upotrebu aspekata. Upotreba aspekata omogućava nam uvođenje novih mehanizama bez opterećivanja postojeće poslovne logike sistema. Kako bi ilustrovali primenu aspekata za podršku adaptivnosti, razmotrićemo jedan jednostavan primer praćenja korisničkih akcija uz pomoć aspekta. Definisani su aspekt koji će se uključivati prilikom svake akcije dodavanja i beležiti resurs koji je dodat, tako da svaki korisnik može u svakom trenutku, u sekciji „Moji resursi“ da pogleda svoju istoriju dodavanja resursa u bazu podataka sistema. Korisnik svoje resurse može pogledati putem posebne forme, međutim, potrebno je na svakoj stranici prikazati spisak od pet poslednje dodatih resursa od strane korisnika, kao i link do forme sa svim resursima. Posao ovog aspekta je da se uključi prilikom poziva metode za dodavanje i da obavi evidenciju resursa koji je dodat i

korisnika koji vrši dodavanje. Zadatak resursa koji se brine o korisničkoj sesiji je da prilikom prijave pokupi iz baze sve resurse koji pripadaju prijavljenom korisniku da radi njihovog prikaza.

Navedeni primer, iako vrlo jednostavan, predstavlja mogućnost upotrebe aspekata za prilagođavanje aplikacije korisniku. Praćenjem različitih korisničkih akcija možemo u svakom trenutku da mu ponudimo najadekvatniji skup informacija umesto da ga opterećujemo nepotrebnim linkovima i sadržajem. Na ovu temu postoji veliki broj radova koji se bave selekcijom i sortiranjem linkova na osnovu praćenja korisničkih akcija, tako da se korisniku uvek ponudi najlakši navigacioni put do onog sadržaja koji mu je stvarno bitan.

## 5. ZAKLJUČAK

Rešenje predstavljeno u ovom radu predstavlja jedan primer upotrebe aspekt-orientisane programske paradigme prilikom projektovanja adaptivnih mrežnih aplikacija. Cilj je bio da se na jednostavnom primeru jedne poslovne web aplikacije pokažu potencijalne prednosti i mane ovakvog pristupa. S obzirom na nedostatak adekvatne literature i postojećih rešenja koji se bave mogućim primenama AOP u okviru veb baziranih poslovnih aplikacija, ideja je bila da se istraže mogućnosti AOP u ovom okruženju kao i da se na jednom mestu okupe i objasne mogući problemi koji se mogu pojaviti prilikom projektovanja realnog poslovnog sistema na navedeni način. Nadam se da će ovaj rad pomoći razvojnim timovima da počnu gledati poslovne sisteme kao ravnopravne članove porodice softverskih proizvoda koji, iako dosta strogi i konzervativni u smislu pravila poslovanja, zahtevaju kretanje u korak sa vremenom i upotrebu savremenih metodologija sa ciljem brže i jednostavnije realizacije i plasmana konačnog proizvoda.

## 6. LITERATURA

- [1] Peter Dolog - Designing adaptive web applications, 2008
- [2] Hubert Baumeister, Alexander Knapp, Nora Koch, Gefei Zhang - Modelling Adaptivity with Aspects, 2005
- [3] Gefei Zhang - Aspect-Oriented Modeling of Adaptive Web Applications with HiLA, 2009
- [4] Matthias Niederhausen, Zoltain Fiala, Norbert Kopcsek, Klaus Meissner - Web Software Evolution by Aspect-oriented Adaptation Engineering, 2007
- [5] Restlet - RESTful web framework for Java, <http://www.restlet.org/>
- [6] The AspectJ project, <http://www.eclipse.org/aspectj/>

### Kratka biografija:

**Milorad Filipović** rođen je u Osijeku, Republika Hrvatska 1988. god. Fakultet tehničkih nauka upisao je 2006. godine. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Računarstvo i automatika odbranio je 2011.god.

**GENERISANJE TAKTNOG SIGNALA U DIGITALNIM KOLIMA****CLOCK GENERATION IN DIGITAL CIRCUITS***Čedo Žlebič, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U ovom radu je prikazana realizacija kola za generisanje taktnog signala, u obliku ring oscilatora sastavljenog od kaskadne veze neparnog broja invertora. Kolo ima konstantnu frekvenciju oscilovanja, koja je određena kašnjenjem kroz invertor. Da bi se kontrolisala frekvencija oscilovanja, realizovan je i naponom kontrolisani oscilator (VCO) kojem se promenom kontrolnog napona  $V_{contr}$  reguliše frekvencija oscilovanja. Snimane su promene frekvencije oscilovanja i vremena propagacije ring oscilatora u zavisnosti od broja invertora, kontrolnog napona i napona napajanja. Dodatno, prikazano je poboljšanje karakteristika ring oscilatora dodavanjem Šmit triger kola.

**Abstract** – This paper presents a circuit for clock generation called ring oscillator, which consists of an odd number of inverters connected in cascade, with stable oscillating frequency determined by inverter delay. To control oscillating frequency, a voltage controlled oscillator (VCO) is realised, where changing a control voltage  $V_{contr}$  adjust oscillating frequency. Changes of oscillating frequency and propagation times, which depend on a number of inverter stages, control voltage and supply voltage, are observed. In addition, a response improvement obtained by addition of a Schmitt trigger circuit is presented.

**Ključne reči:** Frekvencija oscilovanja, ring oscilator, naponom kontrolisan oscilator

**1. UVOD**

Periodični sinhronizacioni signal ili takt se koristi u gotovo svim savremenim digitalnim sistemima. Generisanje i distribucija takta imaju značajan uticaj na brzinu i snagu disipacije sistema, dok nesavršenost takta i taktno odstupanje mogu da izazovu degradaciju performansi i/ili otkaz [1].

Postoje brojne digitalne aplikacije za koje je neophodno generisanje taktnog signala na čipu. Savremeni mikroprocesori i brza digitalna kola zahtevaju taktne frekvencije u gigahercnom opsegu. Kristalni oscilatori generišu tačan signal, sa malim džiterom, u opsegu od desetak MHz do 200 MHz [2]. Za generisanje visokofrekventnog signala za digitalna kola, obično se koristi fazno-sinhronizovana petlja PLL (phase-locked loop). Ulaz PLL kola je referentni signal iz kristalnog oscilatora, čija se frekvencija množi racionalnim brojem.

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bila dr Mirjana Damjanović, vanr. prof.**

Tipična kola kojima se generiše periodična povorka pravougaonih impulsa koji služe kao takt kod sinhronih digitalnih sistema, jesu generatori impulsa astabilnog tipa. Kod astabilnih kola dva kvazistabilna stanja, istog ili različitog trajanja, naizmenično se smenjuju bez pomoći spoljašnjeg okidnog signala [3].

Ring oscilatori se prvenstveno koriste za generisanje taktnog signala u integrisanim kolima. Pored toga, koriste se za testiranje hardverske tehnologije, A/D konvertorima, merenje uticaja napona i temperature u čipovima. Cena, dimenzije i pouzdanost u radu, omogućavaju primenu ring oscilatora u bilo kojoj tehnologiji.

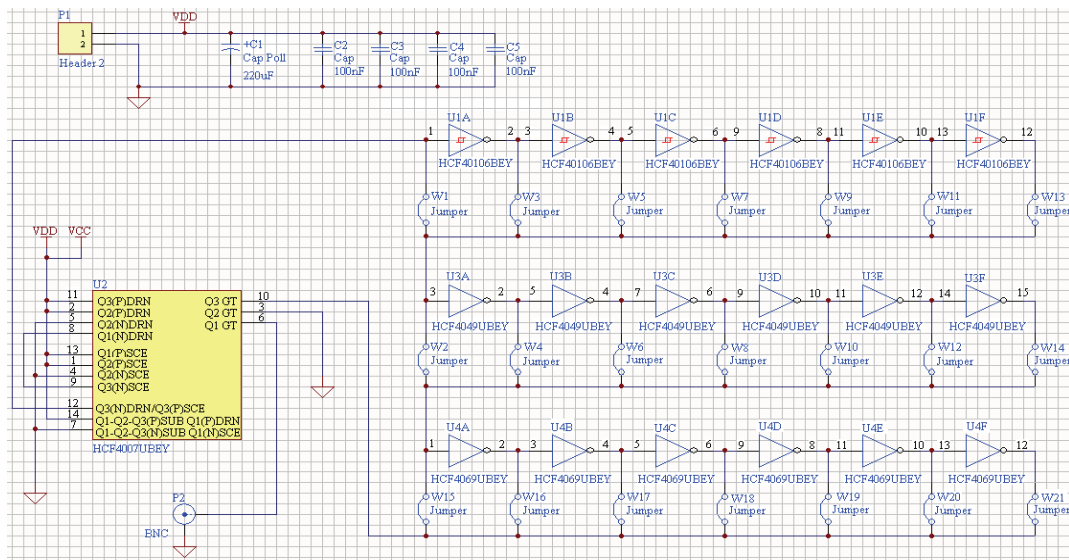
U ovom radu je prikazana realizacija kola za generisanje takta na štampanoj ploči, tzv. ring oscilatora, koji se sastoji od kaskadne veze neparnog broja invertora. Invertori korišćeni za realizaciju ring oscilatora su hex invertori iz integrisanih kola HEF4049BP i HEF4069UBP [4].

Kod standardnog ring oscilatora, menjanjem broja invertora utiče se na promenu frekvencije oscilovanja, pa dobijene vrednosti periode oscilovanja su određene samo umnoškom vremena propagacije kroz invertor i brojem invertora. Zbog toga se standardni ring oscilator modifikuje u naponom kontrolisani oscilator (VCO), kod koga se jedan od invertora zamenjuje naponom kontrolisanim invertorom jer se time obezbeđuje podešljiva perioda takta. Naponom kontrolisani invertor izveden je pomoću kola HCF4007UBE [5].

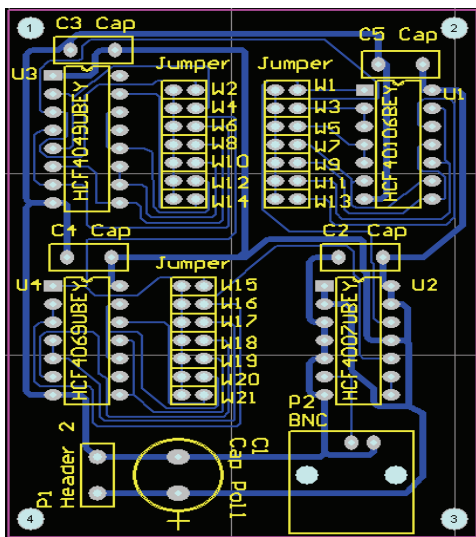
**2. REALIZACIJA GENERATORA TAKTA NA ŠTAMPANOJ PLOČICI**

Ring-oscilator je jednostavan primer astabilnog kola. Zbog neparnog broja invertora  $N$ , ne postoji stabilno stanje i kolo osciluje periodom,  $T=2 \cdot N \cdot t_d$ , gde je  $t_d$  kašnjenje kroz invertor.

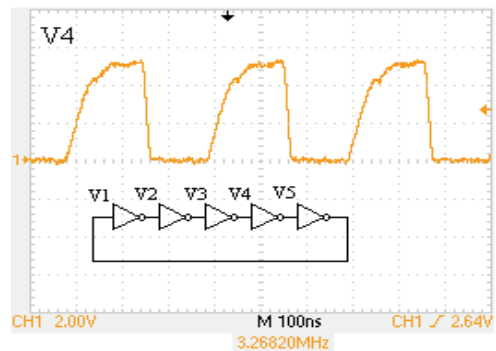
Električna šema i PCB ležaut realizovanog ring oscilatora, prikazani na slikama 1 i 2, respektivno, dobijeni su korišćenjem programskog paketa PROTEL 99SE. Ring oscilator se napaja preko konektora  $P_1$ , dok se kontrolni napon  $V_{contr}$  dovodi preko BNC konektora,  $P_2$ . Kolo HCF4007UBE, označeno sa  $U_2$ , koje se sastoji od po tri NMOS i PMOS tranzistora, korišćeno je za realizaciju naponski kontrolisanog invertora. Naponski kontrolisan invertor, za razliku od običnog, ima redno priključen dodatni NMOS tranzistor, na čiji gejnt se dovodi kontrolni napon. Invertori pomoću kojih je realizovan ring oscilator, uzimani su iz kola HEF4049BP i HEF4069UBP, označeni sa  $U_3$  i  $U_4$ , respektivno. Šmit triger kola uzimana su iz HCF40106BEY, na šemi  $U_1$ . Izbor ukupnog broja invertora u ring oscilatoru se birao pomoću džampera  $W_1$  do  $W_{21}$ .



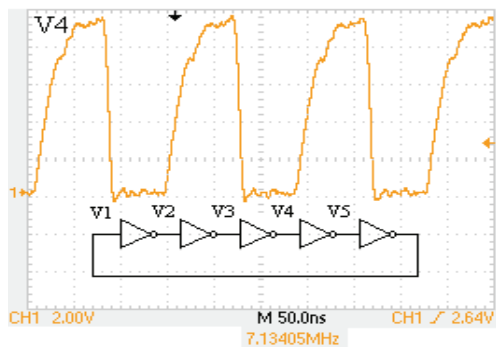
Slika 1. Električna šema kola



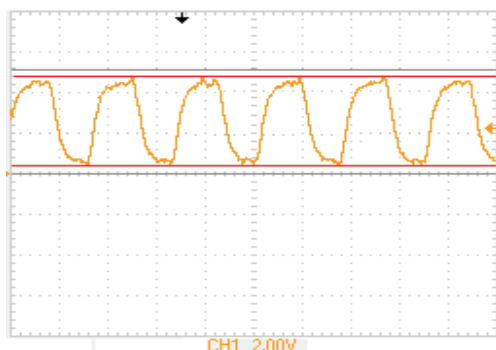
Slika 2. PCB ležaut kola



Slika 3. Ring oscilator sa  $N=5$  invertora pri  $V_{DD}=5\text{ V}$



Slika 4. Ring oscilator sa  $N=5$  invertora pri  $V_{DD}=9\text{ V}$



Slika 5. Primer nedostizanja pravog minimuma i maksimuma u slučaju ring oscilatora sa 3 invertora

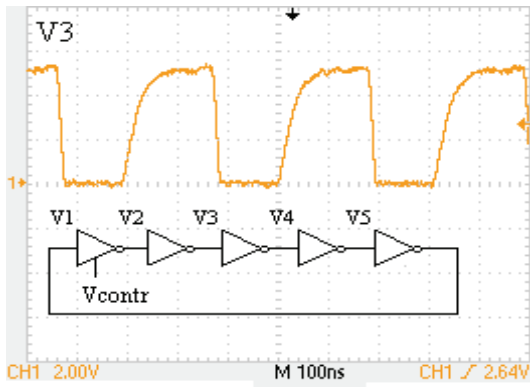
### 3. REZULTATI MERENJA

Ring oscilator sa  $N=5$  invertora se najčešće koristi u praktičnoj primeni. Da bi se utvrdila zavisnost periode oscilovanja  $T$  i frekvencije  $f$  od napona napajanja, realizovan je ring oscilator sa  $N=5$  invertora iz kola HEF4049BP, pri čemu je vrednost  $V_{DD}$  menjana od 5 V do 9 V (slika 3 i slika 4, respektivno). Signali su mereni korišćenjem digitalnog osciloskopa Tektronix TDS 2024B. Zavisnost periode i frekvencije oscilovanja u zavisnosti od napona napajanja je prikazana i u tabeli 1. Ako napon  $V_{DD}$  raste, povećava se i frekvencija oscilovanja ring oscilatora, jer su struje punjenja/praznjenja veće.

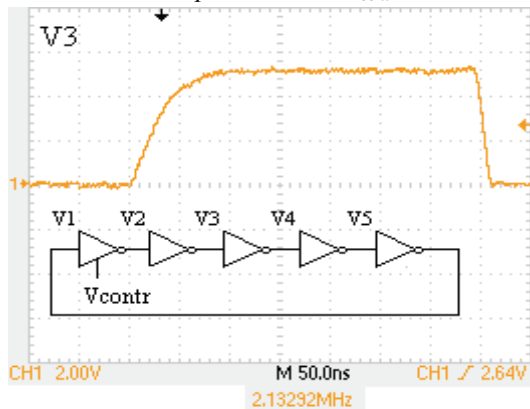
Za razliku od ring oscilatora sa 5 invertora, oscilator sa 3 invertora nema praktičnu primenu, jer signali ne dostižu punu amplitudu, te je oscilovanje prigušeno (slika 5).

Tabela 1. Periode i frekvencije oscilovanja ring oscilatora pri promeni napona napajanja

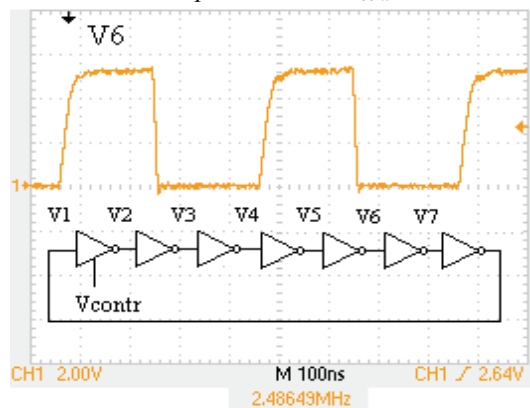
	Napon $V_{DD}$	Perioda $T$	Frekvencija $f$
Broj invertora $N=5$	5 V	305.8 ns	3.27 MHz
	7 V	186.6 ns	5.36 MHz
	9 V	140.2 ns	7.13 MHz



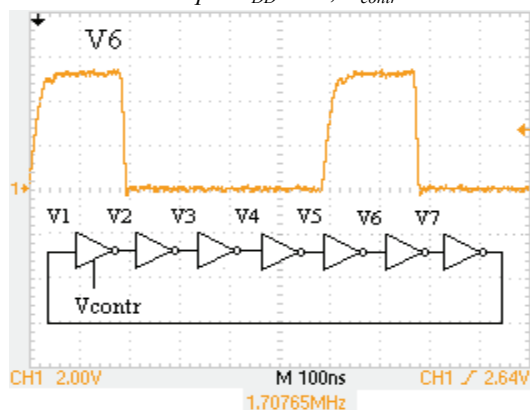
Slika 6. Naponom kontrolisani ring oscilator sa  $N=5$  invertora pri  $V_{DD}=5\text{ V}$ ,  $V_{contr}=5\text{ V}$



Slika 7. Naponom kontrolisani ring oscilator sa  $N=5$  invertora pri  $V_{DD}=5\text{ V}$ ,  $V_{contr}=2\text{ V}$



Slika 8. Naponom kontrolisani ring oscilator sa  $N=7$  invertora pri  $V_{DD}=5\text{ V}$ ,  $V_{contr}=5\text{ V}$

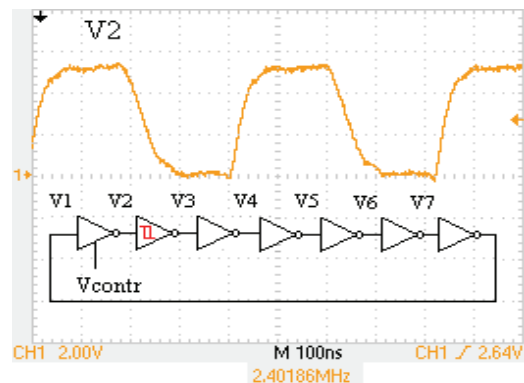


Slika 9. Naponom kontrolisani ring oscilator sa  $N=7$  invertora pri  $V_{DD}=5\text{ V}$ ,  $V_{contr}=2\text{ V}$

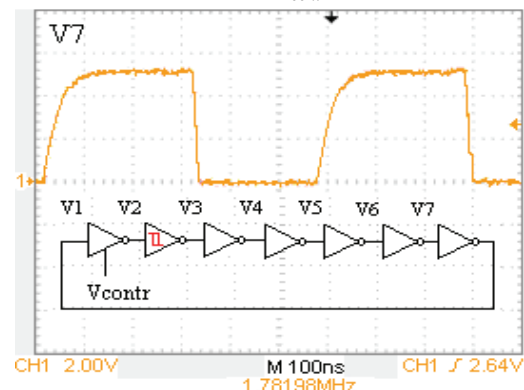
Da bi kontrolisali i menjali frekvenciju oscilovanja, realizuje se naponom kontrolisani ring oscilator. Maksimalna struja pražnjenja NMOS tranzistora se ograničava dodavanjem još jednog NMOS tranzistora na red sa njim, koji je kontrolisan analognim naponom  $V_{contr}$ , a time se reguliše i vreme uspostavljanja niske vrednosti na izlazu tog stepena. Ukoliko je  $V_{contr}$  manji, struja pražnjenja je manja, pa se vreme  $t_{HL}$  produžava. Prikazani su signali za  $V_{contr}=5\text{ V}$  (slika 6), i za  $V_{contr}=2\text{ V}$  (slika 7).

Sličan zaključak važi i za ring oscilator sa većim brojem invertora u lancu,  $N=7$ . Promenom kontrolnog napona, kontroliše se perioda samog ring oscilatora. Što je kontrolni napon manji, veća je perioda oscilovanja ring oscilatora. Na slikama 8 i 9, prikazani su signali za naponom kontrolisani ring oscilator sa  $N=7$  invertora,  $V_{DD}=5\text{ V}$ , pri  $V_{contr}=5\text{ V}$  i  $V_{contr}=2\text{ V}$ . Treba primetiti da naponom kontrolisani ring oscilator sa 7 invertora u odnosu na oscilator sa 5 invertora, pri istom naponu napajanja i kontrolnom naponu, ima manju frekvenciju oscilovanja.

Kako se kontrolni napon smanjuje, brzina opadanja ivice je manja (vreme propagacije  $t_{PHL}$  je veće, dok se  $t_{PLH}$  praktično ne menja), jer je raspoloživa struja pražnjenja manja (slika 10). Šmit triger kolo se koristi da eliminiše šum i uspostavi bržu ivicu sporopromenljivog signala (slika 11), koja može dovesti do povećanja struje kratkog spoja.



Slika 10. Signal na ulazu Šmit triger kola u naponom kontrolisanom ring oscilatoru sa  $N=7$  invertora pri  $V_{DD}=5\text{ V}$  i  $V_{contr}=5\text{ V}$



Slika 11. Uticaj Šmit triger kola na sporoopadajuću ivicu signala u naponom kontrolisanom ring oscilatoru sa  $N=7$  invertora pri  $V_{DD}=5\text{ V}$  i  $V_{contr}=5\text{ V}$

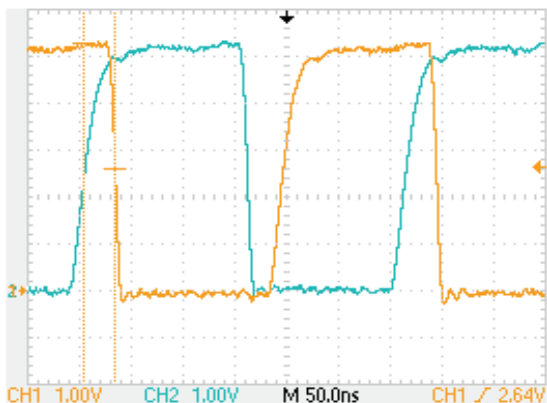
#### 4. DISKUSIJA

Da bi se prikazao uticaj napona napajanja na karakteristična vremena, a samim tim i na periodu oscilovanja ring oscilatora, posmatran je ring oscilator sa  $N=5$  invertora. Vreme potrebno da se uspostavi visoka vrednost na izlazu označava se  $t_{PLH}$ , odnosno niska  $t_{PHL}$ . Meri se u trenucima kada signal pri promeni dostigne 50 % amplitude (slika 12). Vreme propagacije  $t_p$  definiše se kao srednja vrednost  $t_{PLH}$  i  $t_{PHL}$ .

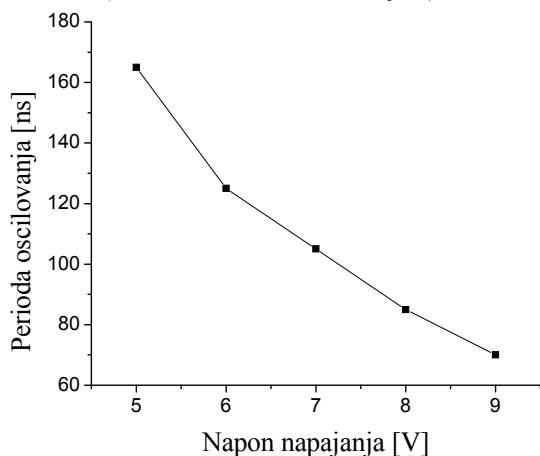
U tabeli 2 prikazana je zavisnost vremena propagacije i periode oscilovanja u odnosu na opseg promene napona napajanja od 5 V do 9 V. Povećanjem napona napajanja, perioda oscilovanja opada, kao i vremena propagacije  $t_{PHL}$  i  $t_{PLH}$ , što je i očekivano jer je struja pražnjenja veća (slika 13).

Tabela 2. Zavisnost karakterističnih vremena i periode oscilovanja ring oscilatora od napona napajanja

$V_{DD}$	$t_{PHL}$	$t_{PLH}$	$t_p$	$T(2 \cdot N \cdot t_p)$
5 V	30 ns	36 ns	33 ns	330 ns
6 V	22 ns	28 ns	25 ns	250 ns
7 V	18 ns	24 ns	21 ns	210 ns
8 V	16 ns	18 ns	17 ns	170 ns
9 V	12 ns	16 ns	14 ns	140 ns



Slika 12. Određivanje  $t_{PHL}$  za ring oscilator sa  $N=5$  invertora, pri  $V_{DD}=5$  V, posmatranjem napona na ulazu  $V4$  (označen plavom bojom) i na izlazu invertora ( $V5$  (označen narandžastom bojom)



Slika 12. Uticaj napona napajanja na periodu oscilovanja za ring oscilator  $N=5$

Uticaj napona napajanja i temperature, kao i potreba za promenljivom periodom oscilovanja, rešeni su realizacijom naponom kontrolisanim oscilatorom. Frekvencija oscilovanja naponom kontrolisanog oscilatora sa 5 invertora, pri naponu napajanja od 5 V i opsegom kontrolnog napona od 2 V do 5 V, nalazi se u opsegu od 2.13 MHz (za  $V_{contr}=2$  V), do 3.23 MHz (za  $V_{contr}=5$  V). Za naponom kontrolisani ring oscilator sa 7 invertora, frekvencija oscilovanja je niža, i nalazi se u opsegu od 1.71 MHz do 2.49 MHz.

Ispitan je uticaj Šmit triger kola na sporoopadajuće ivice signala. Rezultati su veoma dobri, jer je Šmit triger uspostavio brzu ivicu sporopromenljivog signala čime je eliminisano uvećanje struje kratkog spoja.

#### 5. ZAKLJUČAK

Prilikom projektovanja digitalnih kola i sistema izbor pouzdanog taktnog signala je od ključne važnosti. Realizacija kola za generisanje taktnog signala utiče na funkcionalnost, brzinu i potrošnju sistema. Nesavršenost takta i taktno odstupanje mogu dovesti do smanjenja performansi i otkaza sistema.

Kod standardnog ring oscilatora realizovanog sa  $N=5$  invertora, promena napona napajanja dovodi do promene periode i frekvencije oscilovanja, što se slaže sa teorijskim pretpostavkama. Utvrđeno je da je optimalan broj standardnih invertora u ring oscilatoru  $N=5$ , jer dodatni invertori dovode do opadanja frekvencije oscilovanja.

Realizovani naponom kontrolisani ring oscilator ima manju frekvenciju oscilovanja nego standardni ring oscilator. Osnovni nedostatak naponom kontrolisanog ring oscilatora, velika struja kratkog spoja, eliminisana je dovođenjem izlaza ovog kola na Šmit triger. Šmit triger kolo je pokazalo dobre rezultate za problem sporoopadajuće ivice signala tako što je uspostavilo brzu ivicu sporopromenljivog signala, čime je eliminisano uvećanje struje kratkog spoja.

#### 6. LITERATURA

- [1] J.M. Rabaey, A. Chandrakasan, B. Nikolic: "Digital Integrated Circuits, 2nd ed.", Prentice Hall, 2003.
- [2] T. Xanthopoulos: "Clocking in Modern VLSI Systems", Springer, 2009.
- [3] Dr Laslo Nađ: "Impulsna i digitalna elektronska kola", FTN, 2002.
- [4] Semiconductor Components Industries, LLC: „Hex Buffers”, 2004. Dostupno na: <http://onsemi.com>
- [5] ST Microelectronics: "HCF4007UB", 2004. Dostupno na: <http://www.st.com>

#### Kratka biografija:



Čedo Žlebić rođen je u Novom Sadu 1987. godine. Master rad iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Mikroročunarska elektronika je odbranio 2011. godine.

## КВАЛИТЕТ ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ У ЕЛЕКТРИЧНОЈ ВУЧИ

### POWER QUALITY IN ELECTRIC TRACTION SYSTEM

Небојша Војводић, Владимир Катић, *Факултет техничких наука, Нови Сад*

#### Област - ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И РАЧУНАРСТВО

**Кратак садржај** – У овом раду акценат је на утицају електричне вуче на квалитет електричне енергије. Приказани су резултати мерења виших хармоника напона и струје у ЖТП Нови Сад, ЖТП Добој, као и у ТС 110/35/25 kV Оштарије. Рад садржи и основно о вишим хармоницима, изворе виших хармоника као и негативне ефекте појаве виших хармоника у мрежи. Такође су приказани и главни системи напајања жељезнице.

**Abstract** – In this paper focus is on the impact of electric traction system on the power quality. The results of measurements of harmonic voltages and currents in the ŽTP Novi Sad, ŽTP Doboј and the TS 110/35/25 kV Oštarije are shown. The work includes the basics of harmonics, harmonic sources as well as negative effects of the appearance of harmonics in the electric network. Also shown are the main railway power supply systems.

**Кључне речи:** *Квалитет електричне енергије, виши хармоници, хармонијско изобличење.*

#### 1. ОСНОВЕ ХАРМОНИЈСКЕ ТЕОРИЈЕ

Термин "хармоник" је настао у области акустике, где је био повезан са вибрацијама жице или ваздушног стуба на фреквенцији која је умножак од основне фреквенције. Хармонијска компонента у систему наизменичне струје се дефинише као синусна компонента периодичних таласа која има фреквенцију која је једнака целобројном умношку фундаменталне фреквенције система.

За квантификавање изобличења таласних облика струја и напона користе се појмови индивидуална и укупна хармонијска дисторзија. На слици 1 је приказан синусоидални таласни облик деформисан од стране трећег, петог и седмог хармоника.

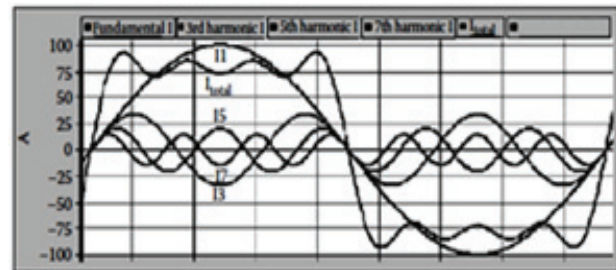
**Индивидуална хармонијска дисторзија или само хармонијска дисторзија ( $HD_n$ )** се дефинише као однос ефективних вредности  $n$ -тог хармоника и фундаменталног (50 Hz или 60 Hz) и изражава се у процентима:

$$HDI_n = (I_n / I_1) 100\% \quad (1)$$

$$HDU_n = (U_n / U_1) 100\%$$

#### НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из дипломског-мастер рада чији ментор је био др Владимир Катић, ред. проф.



Слика 1. Синусоидални таласни облик деформисан од стране трећег, петог и седмог хармоника.

**Укупна хармонијска дисторзија (THD)** се дефинише као квадратни корен односа суме квадрата ефективних вредности појединачних хармонијских компоненти и ефективне вредности фундаменталног хармоника и такође се изражава у процентима:

$$THDI = \sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2 / I_1^2} \cdot 100 = \sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} HDI_n^2} (\%) \quad (2)$$

$$THDU = \sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} U_n^2 / U_1^2} \cdot 100 = \sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} HDU_n^2} (\%) \quad (3)$$

#### 2. ИЗВОРИ ВИШИХ ХАРМОНИКА

У главне изворе виших хармоника спадају:

- Трансформатори
- Ротационе машине
- Енергетски претварачи
- Фреквентни регулатори
- Флуоросцентно осветљење
- Електролучне пећи
- 

#### 3. НЕГАТИВНИ ЕФЕКТИ ПОЈАВЕ ВИШИХ ХАРМОНИКА

У главне негативне ефекте спадају:

- Термички утицаји на трансформаторе
- Негативни утицаји на електромоторе
- Преоптерећење неутралног проводника
- Утицаји на кондензаторске батерије
- Преоптерећење
- Резонантни услови
- Неочекивана прорада осигурача
- Утицаји на телекомуникационе сигнале
- Термички утицаји на ротационе машине
- Утицај на показивање мерних уређаја

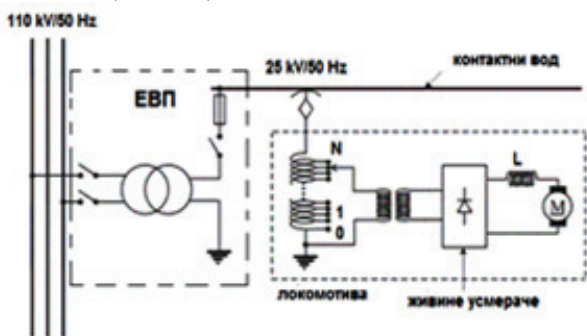
## 4. СИСТЕМИ НАПАЈАЊА ЖЕЉЕЗНИЦЕ

### 4.1 Карактеристике основних система жељезница

Историјски развој електричне вуче дао је неколико система електрификације, али су се задржала и учврстила у свом развоју четири. То су два једносмерна и два наизменична-монофазна система: једносмерни са напоном од 1500 V, једносмерни 3000 V, монофазни са сниженом фреквенцијом 16 2/3 Hz, 15 kV и монофазни систем фреквенције 50 Hz, 25 kV. Потребно је нагласити да се од та четири система најуспешнијим и најсавременијим сматра монофазни фреквенције 50 Hz 25 kV, иако се још и даље изводе једносмерни систем 3000 V и монофазни систем снижене фреквенције 16 2/3 Hz 15 kV, на оним железничким мрежама где су раније били уведени ти системи [5]. Колико год носе у себи своје посебне карактеристике и појединачне карактеристике, ипак имају заједничке основне делове система, као што су извори електричне енергије и далеководи, контактна мрежа (КМ), електровучне подстанице (ЕВП), електрични вучни мотор, тј електровозила. Све се то разликује у појединачним решењима и изведбама.

### 4.2 Напајање једнофазног система индустријске фреквенције 25 kV 50 Hz

Називни напон у КМ је 25 kV. Удаљеност између ЕВП може бити још већа због високог напона у КМ, а практично износи око 40-60 km. Пресек проводника КМ износи просечно 150 mm<sup>2</sup>. Предност је овог система у томе што се ЕВП прикључују директно на електропривредну мрежу 50 Hz. Није потребно ни решавање струје ни претварање фреквенције и фаза у ЕВП-има (Слика 2).



Слика 2. Шема напајања монофазног система 50 Hz.

## 5. УТИЦАЈ ЕЛЕКТРИЧНЕ ВУЧЕ У ЖЕЉЕЗНИЦИ НА КВАЛИТЕТ НАПОНА

### 5.1 Опис мерног места и потрошача

Ради анализе појаве виших хармоника у електричној вучи извршена су мерења у:

1. ЖС-ЖТП, Нови Сад, Бешка, Србија
2. ЖРС-ЖТП, Добој, БИХ-Република Српска
3. ХЖ, Оштарије, Хрватска

Прво мерење је урађено у Жељезници Србије (ЖС) – ЖТП Нови Сад, у подстанци која напаја секцију Нови Сад – Бешка [10].

Дужина ове секције износи приближно 24 km. Номинална снага трансформатора 110/25 kV у ЕВП је 7500 kVA. Мерни инструмент је прикључен на мерне

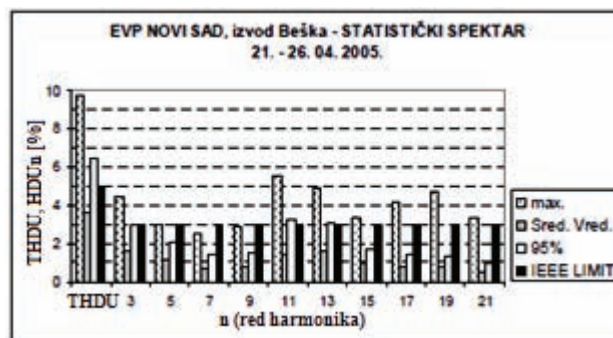
напонске и струјне трансформаторе на секундару трансформатора – 25 kV.

Други сет мерења извршен је у подстанци Жељезнице Републике Српске (ЖРС) из које се напајају секције Добој-Маглај приближне дужине 30 km, Добој-Врањак (правац за Модричу) дужине 33,8 km и Добој-Станари (правац за Бања Луку) дужине 24,9 km [10]. Мерни инструмент је прикључен на напонске и струјне мерне трансформаторе на секундару трансформатора (25kV). Номинална снага трансформатора је 7500 kVA.

Трећи сет мерења обављен је у ТС 110/35/25 kV Оштарије где долазе два 110 kV вода из ХЕ Гојак, која напајају два трансформаторска поља и два поља за ХЖ. Водна поља за ХЖ напајају два трансформатора за жељезницу појединачне снаге 7500 kVA.

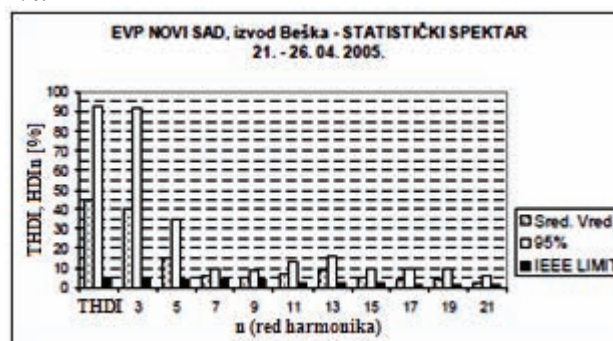
### 5.2.1 Мерење у ЖТП Нови Сад [10]

Слика 3 приказује хармонијски спектар напона на контактном воду. Средња вредност THDU не прелази граничну вредност од 5%, односно 8%, али 95% прелази. Слично је и са средњом, односно 95% вредношћу за појединачну хармонијску дисторзију.



Слика 3. Хармонијски спектар напона.

Слика 4 приказује хармонијски спектар струје, где су доминантни трећи хармоник (средња вредност 41%) и пети хармоник (ср.вредност 15%). И у овом случају су изобличења далеко изнад дозвољених, који износе 4%.



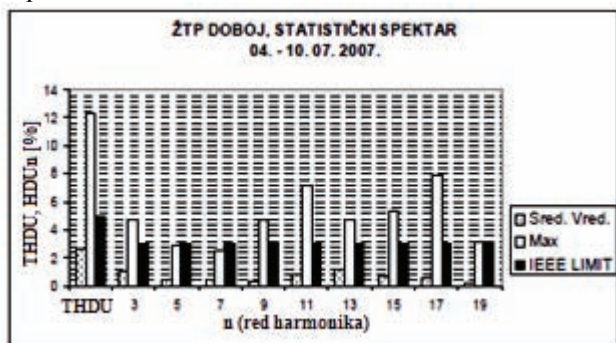
Слика 4. Хармонијски спектар струје.

### 5.2.2 Мерење у ЖТП Добој [10]

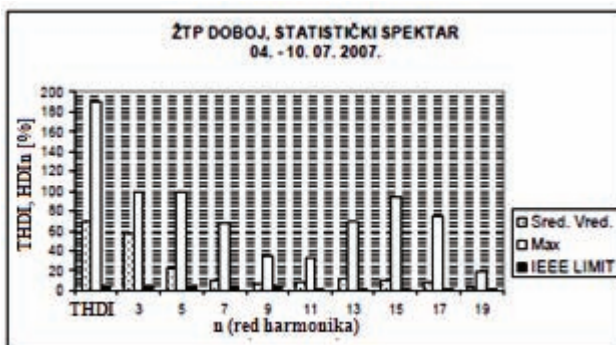
Слика 5 приказује хармонијски спектар напона на контактном воду. Средња вредност THDU не прелази дозвољену вредности од 5 % односно 8 %. Такође ни средња вредност појединачне хармонијске дисторзије напона не прелази лимите.

Слика 6 приказује хармонијске спектар струје. Појединачна хармонијска изобличења струје у току времена су далеко изнад дозвољених вредности од 4%

у току целог времена мерења. У хармонијском спектру струје доминантни су 3., 5., 7., 13., 15. и 17. хармоник.



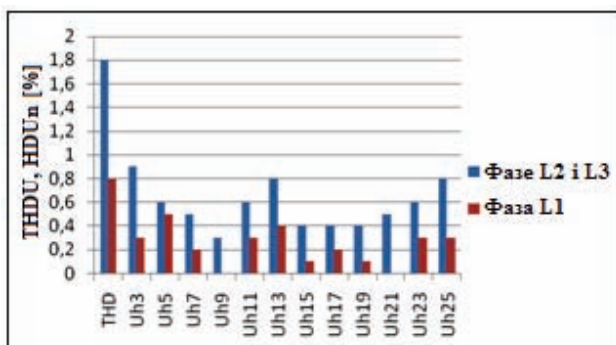
Слика 5. Хармонијски спектар напона.



Слика 6. Хармонијски спектар струје.

### 5.3. Мерења у ТС 110/35/25 kV Оштарије [9]

На слици 7 приказан је хармонијски спектар напона ТС Оштарије. Поређење резултата са стандардима IEEE и IEC су приказани у табели 4.



Слика 7. Хармонијски спектар напона.

### 5.4 Дискусија Резултата

ЖТП Нови Сад, извод Бешка - ЖТП Добој: Посматрањем резултата мерења уочљиве су веома високе вредности, како укупне хармонијске дисторзије ( $THDI_{95\%} = 92\%$ ,  $THDI_{ср.вред.} = 45-70\%$ ), тако и појединачних хармоника. Нарочито су неповољне изражене вредности 3-ћег ( $THDI_{3,95\%} = 90\%$ ,  $THDI_{ср.вред.} = 40-60\%$ ) и 5-тог хармоника ( $THDI_{5,95\%} = 35\%$ ,  $THDI_{ср.вред.} = 15-20\%$ ).  $THDI$  струје и појединачних хармоника је дат на сликама 4 и 6. Са слика се такође види да и сви остали хармоници (њихове средње и вредности у 95% времена) такође далеко премашују лимите дате стандардом IEEE 519-1992 (Граничне релативне вредности хармоника струје према стандарду IEEE 519-1992 приказане у

табели 1 -однос струје кратког споја и максималне струје је мањи од 20).

**Табела 1** Граничне релативне вредности хармоника струје за системе 120V-69kV према стандарду IEEE 519-1992.

SCR=Isc/IL	h<11	1<h<17	17<h<23	23<h<35	35<h	THD (%)
<20*	4,0	2,0	1,5	0,6	0,3	5,0
20-50	7,0	3,5	2,5	1,0	0,5	8,0
50-100	10,0	4,5	4,0	1,5	0,7	12,0
100-1000	12,0	5,5	5,0	2,0	1,0	15,0
>1000	15,0	7,0	6,0	2,5	1,4	20,0

**Табела 2** Поређење резултата мерења и планираних нивоа према IEC 61000-2-4 стандарду и IEEE 519-192 стандарду (ЕВП Нови Сад, извод Бешка).

	ЕВП Нови Сад, извод Бешка			
	Измерено на 25 kV		IEC 61000-2-4 стандард	IEEE 519-192 стандард
	Вредности у 95% времена	Мах. вредн.		
THD	6,5 %	9,8 %	8 %	5 %
Uh3	2,9 %	4,5 %	5 %	3 %
Uh5	2,1 %	2,95 %	6 %	3 %
Uh7	1,5 %	2,5 %	5 %	3 %
Uh9	1,6 %	2,95 %	1,5 %	3 %
Uh11	3,2 %	5,6 %	3,5 %	3 %
Uh13	3,1 %	4,95 %	3 %	3 %
Uh15	1,8 %	3,4 %	0,5 %	3 %
Uh17	1,5 %	4,2 %	2 %	3 %
Uh19	1,4 %	4,7 %	1,5 %	3 %
Uh21	1 %	3,4 %	0,5 %	3 %

\* Црвене бројке представљају прекорачење IEEE стандарда, плаве IEC стандарда а маркиране прекорачење оба наведена стандарда (табеле 1-4).

**Табела 3** Поређење резултата мерења и планираних нивоа према IEC 61000-2-4 стандарду и IEEE 519-192 стандарду ( ЖТП Добој).

	ЖТП Добој			
	Измерено на 25 kV		IEC 61000-2-4	IEEE 519-192 стандарду
	Средње вредности	Мах. вредности		
THD	2,8 %	12,4 %	8 %	5 %
Uh3	1,1 %	4,8 %	5 %	3 %
Uh5	0,4 %	2,8 %	6 %	3 %
Uh7	0,4 %	2,7 %	5 %	3 %
Uh9	0,4 %	4,8 %	1,5 %	3 %
Uh11	0,8 %	7,2 %	3,5 %	3 %
Uh13	1,2 %	4,8 %	3 %	3 %
Uh15	0,8 %	5,2 %	0,5 %	3 %
Uh17	0,7 %	7,9 %	2 %	3 %
Uh19	0,3 %	4,7 %	1,5 %	3 %
Uh21	0,3 %	3,1 %	0,5 %	3 %

Интензивно струјно изобличење, изазива одступања таласног облика напона од синусоидалног. Резултати

мерења показују са су та одступања ( $THDU_{95\%} = 6,5\%$ ,  $THDU_{ср.врел.} = 2,5-3,5\%$ ) за средње вредности унутар лимита прописаних признатим међународним стандардима IEC и IEEE, али 95% вредност премашује IEEE. Ако се посматрају максималне вредности ( $THDU_{MAX} = 9,8-12,4\%$ ) долази до прекорачења оба стандарда, што је очигледније ако се посматрају границе дате IEEE стандардом.

Код појединачне хармонијске дисторзије напона, све средње вредности су унутар два прописана стандарда. Међутим код вредности у 95% времена долази до премашења IEC стандарда код 9, 13, 15 и 21 хармоника и IEEE стандарда за 11 и 13 хармоник (приказ на сликама 3 и 4). Код максималних вредности појединачних хармоника готово сви хармоници премашују граничне вредности према оба стандарда (IEEE и IEC), најевидентније на примеру  $THDU_{11MAX} = 7,2\%$  или  $THDU_{17MAX} = 8\%$ . Резултати поређења THDI и појединачних хармоника се могу видети у табелама 2 и 3 за ЕВП Нови Сад и ЖТП Добој.

**Табела 4** Поређење резултата мерења и планираних нивоа према IEC 61000-3-6:2008 и IEEE 519-192 стандарду (TC 110/35/25 kV Оштарије).

110 kV сабирнице у TC 110/35/25 kV Оштарије				
	Измерено на 110 kV		IEC 61000	IEEE 519-192
	L2 i L3:	L1:	std.	std.
THD	L2 i L3: 1,8 %	L1: 0,8 %	3 %	2,5 %
Uh3	L2 i L3: 0,9 %	L1: 0,3 %	2 %	1,5 %
Uh5	L2 i L3: 0,6 %	L1: 0,5 %	2 %	1,5 %
Uh7	L2 i L3: 0,5 %	L1: 0,2 %	2 %	1,5 %
Uh9	L2 i L3: 0,3 %	L1: 0,0 %	1 %	1,5 %
Uh11	L2 i L3: 0,6 %	L1: 0,3 %	1,5 %	1,5 %
Uh13	L2 i L3: 0,8 %	L1: 0,4 %	1,5 %	1,5 %
Uh15	L2 i L3: 0,4 %	L1: 0,1 %	0,3 %	1,5 %
Uh17	L2 i L3: 0,4 %	L1: 0,2 %	1,2 %	1,5 %
Uh19	L2 i L3: 0,4 %	L1: 0,1 %	1,1 %	1,5 %
Uh21	L2 i L3: 0,5 %	L1: 0,0 %	0,2 %	1,5 %
Uh23	L2 i L3: 0,6 %	L1: 0,3 %	0,9 %	1,5 %
Uh25	L2 i L3: 0,8 %	L1: 0,3 %	0,8 %	1,5 %

TC 110/35/25 kV Оштарије:

Према табели 4 је видљиво да петнаести и двадесет и први напонски хармоник прелазе планиране нивое према IEC 61000-2-4 стандарду док је IEEE 519-192 стандард испоштован и у погледу појединачних хармоника и у погледу THD вредности напона.

## 6. ЗАКЉУЧАК

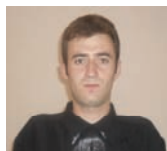
Може се закључити да унутар контактне мреже и енергетског система напајања других потрошача у жељезници са TC 25/0,22 kV (ЖТП Нови Сад и ЖТП Добој) квалитет електричне енергије није задовољавајући и да постоји велика вероватноћа испољавања неких негативних појава услед присуства виших хармоника. Ово значи да перманентно долази до додатних губитака у систему напајања, интензивнијег грејања у електричним машинама, бржег старења изолације каблова и да се стварају услови за појаву резонанције. На напонском нивоу 110 kV (TC 110/35/25 kV Оштарије) квалитет

електричне енергије је доста повољнији, тиме је ризик од испољавања негативних појава значајно мањи. Електровучне подстаннице напјају се са високог напонског нивоа 110 kV, обично са посебних VN водова, па се може закључити да утицај ових система на остале потрошаче у дистрибутивној мрежи нема значајнијих негативних ефеката.

## 7. ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Francisco C. De La Rosa, "Harmonics and Power Systems", Taylor & Francis Group, Boca Raton, 2006.
- [2]. Vladimir Katić, Amir Tokić, Tatjana Konjić, "Kvalitet električne energije", EU TEMPUS PROJECT CD JEP-18126-2003, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2007.
- [3]. Surajit Chattopadhyay, Madhuchhanda Mitra, Samarjit Sengupta, "Electric Power Quality", Springer, Dordrecht-Heidelberg-London-New York, 2011
- [4]. Dejan Stevanović, Borislav Jovanović, "Izračunavanje snage distorzije u integrisanom meraču potrošnje električne energije", Zbornik radova 54. Konferencije za ETRAN, Donji Milanovac, 7-10. juna 2010.
- [5]. Božidar Radojković, "Električna vuča", Naučna knjiga, Beograd, 1974
- [6]. P. Kiss, A. Dán, "Modelling and Calculating the Harmonic Penetration of the High Power Traction Using the Double Domain Simulation Method", Department of Electric Power Engineering, Budapest University of Technology and Economics [Available On-line] [www.mycite.omikk.bme.hu/doc/70770.PDF](http://www.mycite.omikk.bme.hu/doc/70770.PDF), [strana 18], 2011.
- [7]. Prof dr Željko Despotović, ELEKTRIČNA VUČA-uvodno predavanje, Institut "Mihajlo Pupin", Beograd. [Available On-line] [www.viser.edu.rs/download.php?id=9572](http://www.viser.edu.rs/download.php?id=9572), 2011.
- [8]. Slobodan Vukosavić, "ELEKTRIČNA VUČA", Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu, Beograd, 2005.
- [9]. Ana Tomasović, "Kvaliteta električne energije i negativno povratno djelovanje korisnika mreže na kvalitetu napona", KONČAR-Institut za elektrotehniku, d.d., Zagreb [Available On-line] [www.fer.unizg.hr/download/repository](http://www.fer.unizg.hr/download/repository), 2011.
- [10]. Vladimir Katić, Zoltan Čorba, Zoran Škorić, "Uticaj električne vuče u željeznici na kvalitet napona" Zbornik radova 52. Konferencije za ETRAN, Palić, 8-12. 06. 2008.

### Кратка биографија:



**Небојша Војводић** рођен је у Задру 1987. год. Дипломски – мастер рад на Факултету техничких наука из области Електротехнике и рачунарства – Електроенергетски системи одбранио је 2011. год.



**Владимир Катић** докторирао је на Универзитету у Београду 1991. год., а од 2002 је у редовни професор Универзитета у Новом Саду, на Факултету техничких наука. Област интересовања: Енергетска електроника, Обновљиви извори електричне енергије Квалитет електричне енергије.

**UPRAVLJANJE RADNIM TOKOVIMA POMOĆU JOGET WORKFLOW BIBLIOTEKE  
MANAGING WORKFLOWS USING JOGET WORKFLOW LIBRARY**Dušan Mladenović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U ovom radu razmatrane su mogućnosti primena biblioteka za upravljanje radnim tokovima baziranim na Java platformi, dostupnim u otvorenom kodu. Prvi deo rada obuhvata detaljan opis karakteristika Joget Workflow biblioteke i analizu njenih performansi spram performansi korespondentne jBPM biblioteke. U nastavku rada data je jednostavna studija slučaja zasnovana na praktičnoj primeni Joget Workflow biblioteke u okviru jednog informacionog sistema.

**Abstract** – This paper discusses application possibilities of open source workflow management libraries based on Java platform. First part of this paper covers detailed description of Joget Workflow library, including its performance analysis according to performance of its corresponding jBPM library. Practical application of Joget Workflow library is shown through simple case study of one information system.

**Ključne reči:** Upravljanje radnim tokovima, XPDL, JPDL

**1. UVOD**

**Radni tok** (engl. *Workflow*) čini sekvenca povezanih koraka koje je potrebno izvršiti. Sam po sebi, radni tok predstavlja prikaz sekvence operacija koje predstavljaju posao koji obavlja pojedinac, grupa, organizacija ili jedan ili više kompleksnih mehanizama. Radni tok se može smatrati apstrakcijom bilo kog realnog posla/rada.

Koncepti radnih tokova usko su povezani sa ostalim konceptima korišćenim za opisivanje organizacionih struktura, kao što su timovi, projekti, politike poslovanja, hijerarhije itd. Oni se mogu posmatrati kao osnovne gradivne jedinice organizacija.

**Sistem za upravljanje radnim tokovima** (engl. *Workflow management system*) je računarski sistem koji upravlja i definiše seriju zadataka unutar neke organizacije u cilju ispunjenja unapred definisanih ciljeva. Ovi sistemi omogućavaju definisanje različitih vrsta poslova ili procesa poput upravljanja dokumentima, automatizovanja redundantnih zadataka te obezbeđivanja praćenja neodrađenih zadataka.

**Aplikacija radnog toka** (engl. *Workflow application*) je aplikacija koja služi za automatizaciju jednog ili više procesa do određenog stepena. Pod pojmom procesa podrazumeva se bilo koji proces koji se može automatizovati softverskim putem iako je u ovom radu akcenat stavljen na domen u primeni poslovnih aplikacija.

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Branko Milosavljević, vanr.prof.**

Važno je napomenuti da se aplikacije ovog tipa mogu razvijati u bilo kom programskom jeziku opšte namene, ali treba napomenuti i da postoje namenski jezici za opisivanje radnih tokova. U opštem slučaju, ovakve sisteme možemo podeliti na sledeći način:

1. Informacioni sistemi sa fiksnim procesima specifičnim za radni tok i organizaciju.
2. Informacioni sistemi sa generičkom implementacijom radnog toka ugrađenom u specijalizovane aplikacije.
3. Generički softver sa ugrađenim *workflow* funkcijama (*workflow* komponente *enterprise resource planning* sistema).
4. Generički softver koji se fokusira na *workflow* funkcije (Staffware, FLOWer, Oracle BPEL).

**2. JOGET WORKFLOW**

*Joget Workflow* predstavlja sistem za upravljanje radnim tokovima baziran na interakciji sa krajnjim korisnikom putem formi. Celokupan sistem u skladu je sa XPDL[1] standardom i karakteriše ga arhitektura zasnovana na *plugin* konceptu što znatno olakšava proširivanje njegove funkcionalnosti. Najčešće se koristi samostalno za upravljanje tokovima procesa i podacima prihvaćenim iz formi, ili se kao komponenta integrisana u već postojeće sisteme radi kreiranja kompletnih aplikacija. Dizajniranje procesa vrši se korišćenjem grafičkog editora koji dolazi sa paketom, dok je za upravljanje procesima namenjen *web* portal u kome se mogu vršiti različita podešavanja sistema (npr. organizaciona struktura, dodatni moduli itd.).

**2.1. Struktura**

*Joget Workflow* sistem se sačinjavaju sledeće komponente:

1. Dizajner radnih tokova (engl. *workflow designer*) koji predstavlja grafički editor čija je namena kreiranje procesa. U okviru editora definišu se učesnici procesa, aktivnosti i različita poslovna pravila.
2. Mehanizam radnih tokova (engl. *workflow engine*) predstavlja srce kompletnog sistema. Njegov zadatak je izvršavanje procesa raspoređenih iz dizajnera, usklađivanje sa XPDL standardom i omogućavanjem jednostavne integracije sa spoljnim sistemima korišćenjem *Java* i *JavaScript* biblioteka.
3. Konzola za upravljanje radnim tokovima (engl. *workflow management console*) izražena je kao *web* aplikacija koja služi za konfigurisanje procesa mapiranjem aktivnosti na učesnike, forme i alate

unutar konzole. U sklopu ove komponente pruža se mogućnost kreiranja dinamički proširive arhitekture.

## 2.2. Kreiranje procesa

Za kreiranje procesa radnih tokova u okviru Joget Workflow sistema koristi se prethodno pomenuti dizajner radnih tokova, zasnovan na *JPEd* projektu otvorenog koda baziranom na *Enhydra JaWE* editoru.

Dijagram procesa se sastoji iz sledećih osnovnih elemenata:

1. Učesnik u procesu (engl. *Participant*). Pod učesnicima u *Joget WF* sistemu podrazumevaju se osobe, organizacione jedinice, skupovi resursa ili sistemi. Za reprezentaciju učesnika u okviru dijagrama koriste se tzv. plivačke staze, gde se u svaku stazu dodaju aktivnosti za tog učesnika procesa.
2. Aktivnost (engl. *Activity*) predstavlja zadatak u procesu. Pored osnovnih svojstava, poput naziva i id-a, moguće je za aktivnost odrediti specijalnog izvođača, izvođača neke od drugih aktivnosti ili izvođača koji nije radio na nekoj od drugih aktivnosti. Takođe, moguće je dodavanje krajnjih rokova, načina izvršenja i sl. Aktivnosti se kasnije mapiraju na forme ili dodatne module radi konkretnog izvršavanja.
3. Sistemski alat koji reprezentuje izvršavanje zadataka od strane sistema poput raznih vrsta izračunavanja, ažuriranja baze, slanje *e-mail*-ova itd. Radi kasnijeg izvršavanja alati se kasnije mapiraju na dodatne module. Sadrže iste opcije kao i aktivnosti, ali i dodatne opcije za definisanje aplikacija ili procedura za određeni posao.
4. Ruta (engl. *route*) predstavlja grananje u okviru sistema. Poput aktivnosti i alata i ruta se ponaša kao zadatak koji može imati krajnje rokove. U *Joget WF* sistemu uobičajena su grananja tipa XOR (ekskluzivno ili) i AND (logičko i).
5. Podtok (engl. *subflow*) predstavlja vrstu potprograma, tj. jednog ili više procesa koji se može izvršavati unutar jednog glavnog procesa. Omogućeno je definisanje krajnjih rokova i definisanje formalnih i stvarnih parametara, kao i odabir sinhronog ili asinhronog načina izvršavanja potprocesa.
6. Tranzicije (engl. *Transition*) predstavljaju elemente koji povezuju ostale elemente dijagrama. Svaka od tranzicija ima definisan polazni i završni element. Pored toga, tranzicija može definisati uslov prelaska između 2 elementa.
7. Polazne i krajnje tačke dijagrama (engl. *Start/End bubbles*) potrebni su radi validnosti dijagrama a reprezentuju početak i kraj nekog procesa.

U cilju čuvanja dodatnih podataka svaki proces omogućava kreiranje promenljivih radnog toka. Ove promenljive mogu biti osnovnog (*String*, *Boolean*, *Date*, *Float*, *Integer*, *Performer*, *Reference*) ili nizovnog tipa (niz vrednosti osnovnog tipa).

Jedna od najbitnijih stavki u radu sa JOGET sistemom je mapiranje učesnika odnosno formiranje plivačkih staza. Za svaku od staza moguće su sledeće vrste mapiranja:

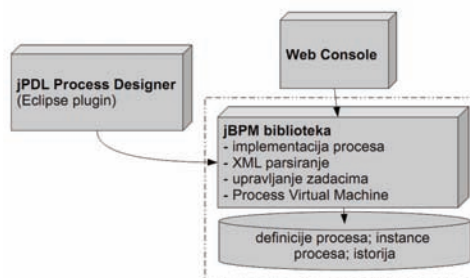
1. Mapiranje na nivou paketa – zadatak iz ove staze dobija se po pravilima navedenim prilikom dizajniranja procesa.
2. Mapiranje na korisnika – zadatak iz ove staze se mapira na tačno jednog korisnika iz sistema. Samo odabrani korisnik će moći da vidi zadatak u svom prijemnom sandučetu i moći da ga izvrši.
3. Mapiranje na grupu korisnika – zadatak iz ove staze se mapira na grupu korisnika koja se definiše zasebno u okviru WEB portala. Svaki od korisnika iz ove grupe dobija poruku u prijemno sanduče i prilikom odabira zadatka korisnik se obaveštava da je zadatak mapiran na više korisnika i pita da li želi da prihvati zadatak ili ne.
4. Mapiranje na osnovu definicije organizacije koje sačinjavaju tri različite podvrste mapiranja:
  - Mapiranje na izvođača, šefa departmana izvođača, podređene izvođaču ili na ceo departman izvođača.
  - Mapiranje na šefa departmana.
  - Mapiranje na ceo departman.
5. Mapiranje na promenljivu radnog toka – zadatak iz ove staze se mapira na korisnike koji su određeni promenljivom koja može biti kôd grupe, korisničko ime, šifra departmana.
6. Mapiranje na dodatni modul – zadatak iz ove staze se mapira na neki od dodatnih modula koji se nalaze u sistemu.

Sledeći ključni deo u radu sa JOGET sistemom je mapiranje aktivnosti. Aktivnosti se mapiraju na forme, dok se alati mapiraju na dodatne module. Za svaki od zadataka moguće je odabrati postojeću ili kreirati novu formu u odgovarajućem alatu za interaktivno kreiranje formi (engl. *Form builder*). Takođe, zadatak je moguće mapirati na eksternu formu, pri čemu je potrebno uneti adresu forme i definiciju izgleda forme unutar JOGET-ovog interfejsa.

## 3. jBPM

### 3.1. Struktura

*jBPM*, programski paket kompanije jBoss, je implementacija sistema za upravljanje radnim tokovima, otvorenog-koda koja može da izvršava poslovne procese opisane u BPMN 2.0.[3] notaciji, ili u svom jeziku jPDL u ranijim verzijama. Za potrebe ovog rada, korišćena je verzija **jbp-3.3.1.GA**. Na slici 1. je prikazana struktura jBPM programskog paketa.



Slika 1. Struktura jBPM programskog paketa

**jPDL Process Designer** predstavlja grafički alat za dizajn procesa. Dizajner se može dobiti sa lokalnog repozitorijuma preko standardnog Eclipse-ovog mehanizma za ažuriranje dodatnih modula.

Jezgro jBPM programskog paketa predstavlja **jBPM biblioteka**. jBPM biblioteka je obična *Java* biblioteka (J2SE) za upravljanje definicijama procesa i okruženje u izvršavanju procesa. Na prvom mestu je implementacija modela procesa, zatim parsiranje XML datoteka koje sadrže definicije procesa, zatim mehanizam za upravljanje zadacima definisanim u procesu i, kao najbitnija stavka, virtuelna mašina procesa.

Analogno odnosu klasa-objekat, proces prilikom izvršavanja ima svoju instancu sa sopstvenim kontekstom izvršavanja.

**Web Console**, predstavlja *web* aplikaciju koja služi kao centralni interfejs za interakciju korisnika sa zadacima generisanim za vreme izvršavanja procesa. Druga funkcionalnost koju omogućava konzola je administracija i monitoring, dozvoljavajući administratoru da manipulise instancama procesa. Treća funkcionalnost je statističke prirode, odnosno praćenje statistika vezanih za izvršavanje procesa, radi eventualnih optimizacija.

### 3.2. Dizajn procesa

Za dizajniranje procesa radnih tokova, koristi se jPDL grafički dizajner koji je implementiran kao dodatni modul za Eclipse radno okruženje. Definicije procesa su predstavljene usmerenim grafovima. Svaka definicija se sastoji iz povezanih čvorova, grana i akcija. Grane grafa su tranzicije-prelazi između čvorova. Svaki čvor predstavlja stanje u kome se nalazi proces dok čeka na učesnika da odradi neki zadatak, dok akcije predstavljaju aktivnosti koje će se izvršiti kada se stekne uslov (npr. odrađen zadatak.).

Najčešće korišćeni tipovi čvorova su:

1. **Task:** zadatak(zadaci) koji treba da odradi čovek.
2. **State:** stanje u kom se čeka na ispunjenje nekog uslova. Prilikom ulaska u ovaj čvor, instanca procesa čeka signal za dalje izvršavanje. Ovo stanje se koristi pri čekanju na nekog spoljašnjeg aktera.
3. **Fork:** omogućava paralelno izvršavanje. Ovaj čvor pokreće 2 ili više paralelnih izvršavanja, odnosno ima 2 ili više izlaznih grana.
4. **Join:** spaja paralelna izvršavanja, čekajući da se sva završe i nastava sekvencijalno.
5. **Decision:** odluka koju donosi proces na osnovu podataka kojima raspolaže.
6. **Node:** korisnička implementacija čvora.
7. **Start state:** početno stanje procesa.
8. **End state:** krajnje stanje procesa.

## 4. IMPLEMENTACIJA STUDIJE SLUČAJA

Studija slučaja analizirana u ovom radu je proces dobijanja Master diplome na Fakultetu tehničkih nauka u

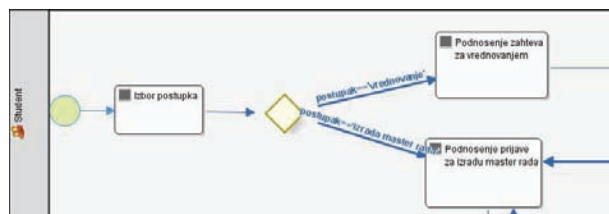
Novom Sadu. Kako je objašnjeno u dokumentu koji opisuje proces odbrane (**Q2.HA.04**), postoje dva načina da se na FTN-u dođe do Master diplome. Prvi način je preko redovnih studija, odnosno ispunjavanjem uslova za prijavu odbrane diplomskog-master rada, dok se drugi način odnosi na one studente koji su završili osnovne studije FTN-a pre donošenja Zakona o visokom obrazovanju i koji žele da im se vrednuje nastavni plan i program.

Definisane korisničke uloge u ovom procesu su:

1. **Student:** sadrži zadatke koje student mora da izvrši (prijava, zahtev itd.)
2. **Referent:** sadrži zadatke koje obavlja studentska služba (provera različitih prijava, provera zahteva, prijem rada itd.)
3. **Rukovodilac studijskog programa:** sadrži zadatke koje obavlja rukovodilac studijskog programa, odnosno šef departmana (predlog komisije, zahtev o vrednovanju itd.)
4. **Mentor:** sadrži zadatke koje obavlja mentor studenta (određivanje zadatka, pregled elaborata itd.)
5. **Dekan:** sadrži zadatke koje obavlja dekan FTN (rešenje o vrednovanju studijskog programa, rešenje o imenovanju komisije itd.)
6. **Član komisije:** sadrži zadatke koje obavljaju odabrani članovi komisije za odbranu rada (elaborat, potpisivanje izveštaja itd.)
7. **Sistem:** sadrži zadatke koje obavlja sistem (*email* notifikacije, programska logika koja se ne može ugraditi direktno u proces itd.)

Svi korisničke uloge u procesu su tipa *Participant*, osim korisničke uloge Sistem koja je tipa *System*, a kojoj se ne dodeljuju aktivnosti već alati ili dodatni moduli.

Zadaci koje obavljaju korisnici sistema u cilju uspešnog završetka procesa definisani su u dokumentu **Q2.HA.04**. Za svaki od zadataka je u okviru procesa definisan po jedan čvor aktivnosti. Svaka od aktivnosti je mapirana na odgovarajuću formu preko koje korisnici unose podatke u sistem. Sistemski zadaci poput povezivanja sa bazom podataka, različitih specifičnih izračunavanja i sl., mapirani su na čvorove tipa *Tool*. Na slici 2 je, kao primer, prikazan deo dijagrama vezan za sam početak procesa.



Slika 2. Početak procesa

Svi korisnici sistema koji bi učestvovali u procesu dobijanja master diplome se nalaze u okviru organizacije Fakultet Tehničkih Nauka. Važno je napomenuti da je zarad jednostavnosti implementacije u ovom radu korišćen samo departman za računarstvo i automatiku, iako treba istaći da je proces lako primenljiv na sve

departmane. Organizaciona struktura je za potrebe ovog rada svedena na sledeće komponente (departmani):

1. **Studentska služba** predstavlja departman u kome se nalaze svi korisnici iz studenstke službe (referenti).
2. **Studenti** predstavlja departman u kome se nalaze svi korisnici koji su studenti.
3. **Profesori** je departman u kome se nalaze svi profesori koji nisu raspoređeni u neki od ostalih departmana.
4. **E2** – departman Računarstva i automatike, koji sadrži sve profesore sa tog departmana, uključujući i rukovodioca studijskog programa.

Mapiranje učesnika u procesu izvršeno je na sledeći način:

1. Korisnici koji imaju prava da započnu proces iz početka su definisani u *Process Start White List*. Pošto samo studenti mogu započeti ovaj proces, na ovu listu je mapiran samo departman Studenti.
2. Korisnička uloga *Student* nije mapirana na ovom nivou, već je mapirana na nivou paketa. Za svaki zadatak u ovoj korisničkoj ulozi postavljen je specijalni izvođač aktivnosti "Izbor postupka", što u ovom slučaju mogu biti samo korisnici departmana Studenti.
3. Korisnička uloga *Referent* je mapirana na departman Studentska služba. Svi korisnici dobijaju notifikaciju o zadatku. Čim jedan od korisnika prihvati zadatak on se automatski briše iz liste zadataka ostalih korisnika, pri čemu korisnik biva upozoren da je aktivnost mapirana na više korisnika.
4. Korisnička uloga *Rukovodilac* studijskog programa je mapirana na šefa departmana E2.
5. Korisnička uloga *Mentor* je mapirana na promenljivu radnog toka *mentor*, koja se postavlja u aktivnosti "Podnošenje prijave za izradu master rada". Vrednost promenljive *mentor* je korisničko ime profesora mentora koje mora biti jedinstveno.
6. Korisnička uloga *Dekan* je mapirana na tačno jednog korisnika, što je u ovom slučaju profesor odabran iz departmana Profesori.
7. Korisnička uloga *Član komisije* je mapirana na korisnike, tj. profesore koji su članovi komisije, preko workflow promenljive *clan\_komisije*, čija se vrednost postavlja u petlji definisanoj u procesu.

## 5. ZAKLJUČAK

*JOGET Workflow* sistem obuhvata gotovo sve aspekte vezane za radne tokove i omogućava korisniku implementaciju i puštanje u rad procesa u vrlo kratkom roku. Uz to, nudi i generator forme sa kojim se mogu implementirati forme koje su potrebne u poslovnom sistemu. U slučaju da to nije moguće, aktivnosti se mogu mapirati na spoljašnje forme, ili se može koristiti JSON ili JavaScript API za pristupanje procesnoj instanci i njenim promenljivama. Ograničenja ovog sistema ogledaju se u smislu proširivanja procesa dodatnim programskim konstrukcijama, ograničen broj predefinisanih dodatnih modula itd..

Sa druge strane može se reći da jBPM programski paket nudi dijametralno suprotne mogućnosti: proširivost procesa dodatnom logikom (akcije, događaji, handle-ovi za zadatke itd.), sloboda u definisanju organizacionih aspekata radnog toka i nedostatak ugrađenog editora za forme. Tokom rada sa ovim programskim paketom, problem koji je oduzeo najviše vremena je bilo kreiranje formi u cilju prikupljanja podataka, te obezbediti adekvatno čuvanje istih. U slučaju da su potrebne kompleksne forme, bez nekog generatora formi, sklanja se fokus sa dizajna samog radnog toka i sistema na implementaciju interfejsa.

Suštinski, *JOGET Workflow* je programsko rešenje koje obezbeđuje pogodnosti za brz razvoj aplikacija vođenih procesom i omogućava puštanje takve aplikacije u rad u razumno kratkom roku. Sa druge strane gorepomenuti jBPM, predstavlja mnogo kompleksnije rešenje koje nudi projektantima širok opseg alata za proširenje logike procesa, odnosno prednost u dizajnu kompleksnih procesa.

## 6. LITERATURA

- [1] Radni tokovi, <http://en.wikipedia.org/wiki/Workflow>
- [2] XML Process Definition Language <http://www.wfmc.org/xpdl>
- [3] Business Process Model Notation <http://www.bpmn.org/1>

### Kratka biografija:



**Dušan Mladenović** rođen je u Smederevu 1986. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Primenjenih računarskih nauka i informatike odbranio je 2011.god.

## RAZVOJ WEB APLIKACIJA POMOĆU PLAY OKRUŽENJA DEVELOPING WEB APPLICATIONS USING PLAY FRAMEWORK

Dalibor Makan, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

### Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

**Kratak sadržaj** – U ovom radu izvršena je analiza koncepata i arhitekture Play web okruženja. Opisani su osnovni koncepti ovog okruženja među kojima su najvažniji: životni ciklus HTTP zahteva, templejt mehanizam, klase kontroleri, HTTP mapiranje i ostali. Na kraju analize koncepata, urađen je i ukratko objašnjen primer webshop aplikacije uz pomoć Play okruženja.

**Abstract** – This paper presents an analysis of concepts and architecture of the Play web development framework. The basic Play concepts are covered: HTTP request life cycle, the template mechanism, the controller classes, HTTP mapping and others. An example of a web shop application illustrating web application development using Play is described.

**Ključne reči:** Play, framework, okruženje, HTTP, MVC, Java, baza podataka

### 1. UVOD

Web framework aplikacija je softversko okruženje koje je dizajnirano da potpomogne razvoj dinamičkih web sajtova, web aplikacija i web servisa.

Cilj okruženja je da olakša povezivanje web aplikacija sa ostalim modulima. Na primer, mnoga web okruženja obezbeđuju biblioteke za pristup bazi podataka, templejt mehanizme a često podstiču i ponovnu upotrebu koda. Rani web sastojao se od ručno kodiranih HTML strana objavljenih na web serverima. Svake izmene objavljenih stranica bilo je potrebno izvesti pomoću originalnih autorskih stranica.

Programeri su želeli čvršću integraciju sa web serverom da bi omogućili visok saobraćaj web aplikacija. Neki web serveri (kao što je *Apache Tomcat*) su posebno dizajnirani da bi rukovali sa dinamičnim sadržajem izvršavajući kod pisan u nekim jezicima, kao što je Java.

Kasnije su se pojavila “full stack” okruženja, koja integrišu mnoštvo biblioteka korisnih za web razvoj u jedan kohezivni skup. Primeri za ovo su JavaEE, Mentawai, WebObjects, web2py, OpenACS, Catalyst, Ruby on Rails, Django, Zend Framework i naravno Play Framework.

### NAPOMENA:

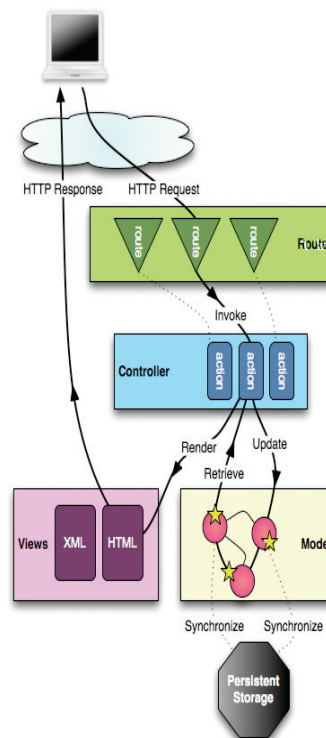
Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio prof. dr Branko Milosavljević.

### 2. PLAY OKRUŽENJE

Play okruženje je open source framework, pisan u Javi, koji prati MVC (*model-view-controller*) dizajn šablon. MVC šablon deli aplikaciju u odvojene slojeve: prezentacijski sloj i sloj modela. Prezentacijski sloj je dalje podeljen na “view” i “controller” sloj. Ceo razvoj aplikacija realizovan je pomoću Python skriptova. Play okruženje je u potpunosti *stateless* i samo request/response orijentisano. Svi HTTP zahtevi idu istim putem:

1. HTTP zahtev je primljen od strane framework-a.
2. Ruter komponenta pokušava da pronađe najspecifičniji put koji je u stanju da prihvati ovaj zahtev. Zatim se poziva odgovarajuća akciona metoda.
3. Izvršava se kod pozvane metode.
4. Generise se “view” stranica za prikaz u browser-u renderovanjem templejt fajlova.
5. Rezultat pozvane akcione metode (HTTP kod odgovora) se zatim zapisuje kao HTTP odgovor.

Dijagram na slici 1. rezimira putanju obrade HTTP zahteva.



Slika 1. – Životni ciklus HTTP zahteva u Play okruženju

Play okruženje ima dva različita režima rada:

- 1) DEV režim za vreme faze razvoja softvera
- 2) PROD režim nakon razvoja softvera

Aplikacija se može pokrenuti ili u DEV ili PROD režimu. Prebacivanje između ovih režima može se izvršiti koristeći `application.mode` konfiguraciju. Kada se radi u DEV režimu, Play okruženje proverava da li je neki fajl izmenjen i ako je potrebno izvršava ponovnu kompilaciju koda. PROD režim je u potpunosti optimizovan za distribuciju aplikacije (Java izvorni kodovi i šabloni su kompajlirani samo jednom).

U radu sa Play web okruženjem postoje dva obavezna konfiguraciona fajla:

1. `application.conf` – glavni konfiguracioni fajl za aplikaciju. Sadrži standardne konfiguracione parametre.
2. `routes` – fajl koji definiše rute.

Konfiguracioni fajl `routes` sadrži listu svih ruta potrebnih od strane aplikacije. Svaka ruta sadrži HTTP metod + URI obrazac povezan sa pozivom metode klase. Primer rute:

```
GET /clients/{id} Clients.show
```

HTTP metod može biti bilo koji metod podržan od strane HTTP protokola: GET, POST, PUT, DELETE, HEAD. URI obrazac definiše izgled (strukturu) zahtevane putanje. Neki delovi zahtevane putanje mogu biti dinamički. Svaki dinamički deo mora biti definisan unutar zagrada `{...}` gde se može naći bilo koji regularni izraz `[^/]+/`.

Poslednji deo definicije rute je poziv Java metode. Ova metoda mora biti definisana kao `public static void` metoda kontroler klase. Kontroler klasa se mora nalaziti u `controllers` paketu i mora nasledivati klasu `play.mvc.Controller`. Više ruta može da odgovara jednom zahtevu. Ako postoje konflikti, uzima se prva ruta (prateći redosled definisanja ruta) iz fajla `routes` koja odgovara zahtevu.

Svaka `public static` metoda u kontroler klasi naziva se akcija. Akcija se završava pozivom rezultujuće funkcije, u ovom slučaju `render` metode koja izvršava i prikazuje odgovarajući templejt.

Svaka metoda-akcija generiše HTTP odgovor. Najlakši način da se ovo uradi jeste da akcija emituje `Result` objekat. Kada je `Result` objekat emitovan, dalje izvršenje metode-akcije se prekida. Metoda `render` emituje `Result` objekat i zaustavlja dalje izvršavanje metode.

Postoji više tipova odgovora kontrolera:

- 1) odgovor tekstualnim sadržajem
- 2) odgovor binarnim sadržajem
- 3) odgovor kompleksnim sadržajem

Ako je generisani odgovor kompleksan, koriste se templejt fajlovi za generisanje odgovora na HTTP zahtev. Naziv templejt fajla koji će biti pozvan je automatski izveden po Play konvenciji i uzima se naziv klase kontrolera i naziv metode. Ako ne želimo da pozovemo podrazumevani templejt, može se specificirati vlastiti templejt koji se želi pozvati. To se postiže korišćenjem metode `renderTemplate`, prosleđivanjem naziva templejta kao prvi parameter metode:

```
renderTemplate("Clients/showClient.html", id, client);
```

HTTP zahtev može da pozove samo jednu akciju. Ako je potrebno pozvati drugu akciju, potrebno je redirektovati web pretraživač na URL adresu koja omogućava poziv željene akcije.

Slanje `Redirect` odgovora bilo kojoj metodi, izvršava se jednostavnim pozivom odgovarajuće akcije na standardni način u Javi. Poziv java metode je opslužen Play framework-om i generisan odgovarajući HTTP `Redirect` odgovor.

U kontroler klasi moguće je definisanje takozvanih "interception" metoda. Ove metode se odnose na sve metode kontroler klase kao i na metode u klasama naslednicama. Na ovaj način se definišu operacije koje su iste za sve akcije: verifikacija korisnika, učitavanje inicijalnih podataka...

Interceptor metode su definisane kao statičke ali ne i javne. Ove metode se moraju označiti (anotirati) odgovarajućim anotacijama: `@Before`, `@After`, `@Catch`, `@Finally`...

Zato što Java programski jezik ne podržava višestruko nasledivanje, primenjivanje interceptor metoda u hijerarhiji kontroler klasa može biti veoma ograničeno. Upotrebom anotacije `@With`, omogućeno je definisanje interceptor metoda u jednoj klasi i njihovo povezivanje sa drugom klasom.

Play okruženje poseduje efikasni templejt mehanizam koji omogućava dinamičko kreiranje i generisanje HTML, XML, JSON ili nekih drugih text-based dokumenata. Templejt mehanizam koristi Groovy kao jezik za pisanje dinamičkih elemenata.

Templejt fajl je tekstualni fajl, koji može sadržati standardne html tagove kao i dinamičke elemente na kojima će se nalaziti dinamički kreirani sadržaj.

Najjednostavniji način da se definiše dinamički element jeste upotrebom sledećeg izraza: `${...}`. Rezultat izvršavanja izraza između zagrada je ubačen umesto samog izraza. Na primer:

```
<h1>Client ${client.name}</h1>
```

Ostali tagovi su sledeći: `#{extends /}`, `#{doLayout /}`, `#{get}`, `#{set}`, `#{tagName}`, `@{...}`, `@@{...}`, `&{...}`, `%{...}%...`

Svaki HTTP zahtev poseduje svoj lični `Validation` objekat koji sakuplja greške. Postoji tri načina za definisanje validacija:

- 1) u akciji kontrolera,
- 2) dodavanjem anotacija deklaracijama parametara u metodama kontrolera,
- 3) dodavanjem validacionih anotacija promenljivama u POJO klasama.

Validacioni objekti čuvaju kolekciju `play.data.validation.Error` objekata. Svaki `Error` objekat ima dva parametra:

- `key`: pomaže pri detektovanju koji element je prouzrokovao grešku.
- `message`: sadrži tekstualni opis greške

Java programski jezik nema stvarni ugrađeni mehanizam definisanja i rukovanja svojstvima (`properties`) klase. Java koristi konvenciju nazvanu JavaBeans po kojoj se osobina klase tretira kao par `getXxx/setXxx` metoda. Ako je

osobina samo read-only tj. dostupna samo za čitanje onda postoji samo *get* metoda.

Iako na ovaj način, sistem radi dobro, pisanje *get* i *set* metoda za svaku osobinu je veoma zamorno. Za svaku osobinu potrebno je definisati privatnu promenljivu i dve metode, čije su implementacije uglavnom u svim slučajevima slične.

Objektni model Play okruženja, automatski generiše ove metode čuvajući pri tom korisnički kod preglednijim. Sve javne promenljive tretiraju se kao osobine klase. Konvencija je da se sve javne, ne statičke i ne finalne promenljive tretiraju kao osobine klase.

U ovom slučaju programer ne može u svom kodu direktno pozivati *get* i *set* metode kako bi pristupio osobinama klase. Ove metode se generišu u trenutku samog pokretanja aplikacije. Ako kompajler u toku prevođenja naiđe na poziv *set* ili *get* metoda prijaviće grešku. Naravno, moguće je generisati sopstvene *get* i *set* metode koje će zameniti automatski generisane od strane Play okruženja.

Play okruženje je dizajnirano tako da radi u *shared-nothing* arhitekturi. Ideja je očuvati aplikaciju u kompletno *stateless* režimu. Na ovaj način, omogućava se da aplikacija u isto vreme radi na onoliko servera na koliko je potrebno. Zbog ovoga je potrebno izbegavati čuvanje objekata u Java *heap* memoriji između više HTTP zahteva.

Kada je potrebno sačuvati određene podatke između više HTTP zahteva, to je moguće uraditi na nekoliko načina:

1. Ako je količina podataka mala, sačuvati ih u flash ili session prostoru. Ovi prostori su ograničeni na oko 4KB svaki i dozvoljavaju čuvanje samo String podataka.
2. Čuvanje podataka trajno u bazi (*persistent storage*):
  - inicijalizovati i sačuvati objekat u bazi pri prvom zahtevu
  - sačuvati ID novokreiranog uobjekta u flash prostoru
  - tokom sledećih HTTP zahteva, učitati iz baze odgovarajući objekat na osnovu ID-a iz flash prostora
3. Čuvanje podataka trenutno u keš memoriji (*transient storage*):
  - inicijalizovati i sačuvati objekat u kešu pri prvom zahtevu
  - sačuvati ključ novokreiranog objekta u flash prostoru
  - tokom sledećih HTTP zahteva, učitati objekat iz keša na osnovu ključa, uraditi potrebnu izmenu na objektu i zatim ga ponovo sačuvati u keš memoriju.
  - nakon poslednjeg HTTP zahteva, sačuvati objekat trajno u bazu.

Play okruženje automatski vrši upravljanje transakcijama. Za svaki HTTP zahtev biće startovana transakcija i završena (*commit*) kada HTTP odgovor bude poslat. Ako programski kod baci neki izuzetak, biće izvršen povratak na početak transakcije (*transaction rollback*).

Najvažnija klasa u radu sa JPA (Java Persistence API) jeste *play.db.jpa.Model* klasa. Klasi koja nasleđuje ovu klasu, Play okruženje automatski dodeljuje ID

promenljivu tipa Long. Automatski generisani ID postaje i primarni ključ za JPA entitete.

Internacionalizacija podrazumeva adaptaciju aplikacije na više jezika i podržavanje regionalnih razlika u datumima, valutama i slično. Internacionalizacija u Play okruženju postiže se eksteralizacijom poruka prikazanih u aplikaciji. Eksteralizacija predstavlja izdvajanje svih poruka iz aplikacije u fajl *messages*. Za svaki podržani jezik od strane aplikacije postoji zaseban fajl *messages*. Fajlovi se razlikuju po ekstenzijama koje predstavljaju jezičke kodove. (*messages.en*, *messages.fr*).

Pri prvom HTTP zahtevu, Play okruženje "pogađa" podrazumevani jezik na kojem treba da prikaže poruke. Pogađanje se odvija na osnovu parsiranja HTTP Accept-language zaglavlja. Zatim se podrazumevani jezik čuva u *PLAY\_LANG* kukiju tako da sledeći zahtevi koriste isti podrazumevani jezik. Iz aplikacije je moguće pristupiti trenutnom jeziku pomoću *play.i18n.Lang* objekta:

```
String lang = Lang.get();
```

Promena jezika na kojem će biti prikazane poruke vrši se sledećom komandom:

```
Lang.change("ja");
```

Prikazivanje poruka iz *messages* fajlova može se vršiti iz koda ili iz templejt fajlova. Iz koda se to postiže pomoću *play.i18n.Messages* objekta na sledeći način:

```
public static void hello() {  
    renderText(Messages.get("hello"));  
}
```

Iz templejt fajlova poruke se prikazuju na sledeći način:

```
<h1>&{'hello'}</h1>
```

U oba slučaja, reč između navodnika predstavlja ključ ili index pod kojim se željena poruka vodi (desna strana znaka jednakosti iz *messages* fajlova).

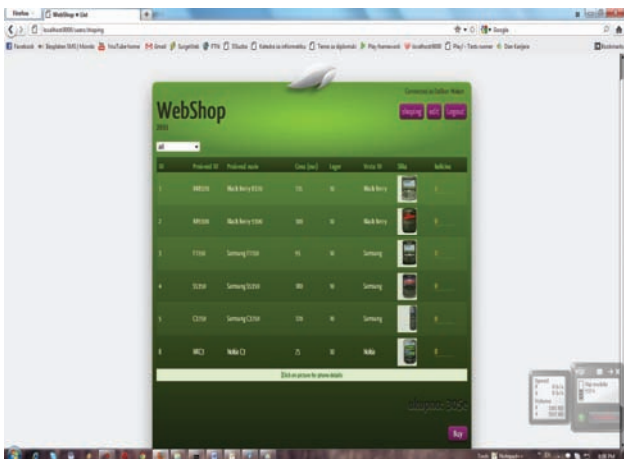
### 3. IZRADA WEBSHOP APLIKACIJE

U cilju testiranja opcija i mogućnosti Play okruženja izvršena je izrada WebShop aplikacije. Aplikacija služi za kupovinu mobilnih telefona putem interneta od strane registrovanih korisnika. Najvažniji podaci aplikacije čuvaju se u sledećim tabelama baze: Korisnici, Proizvođači, Proizvodi i Korpa. U tabeli „Korisnici“, čuvaju se podaci o registrovanim korisnicima sistema (ime, prezime, korisničko ime, lozinka, email, broj tekućeg računa...). Tabela „Proizvođači“ služi za skladištenje proizvođača mobilnih telefona (oznaka i naziv) a podaci o samim mobilnim telefonima čuvaju se u tabeli „Proizvodi“ (oznaka, naziv, cena, količina na lageru, slika...) Tabela „Korpa“ čuva podatke o kupljenim proizvodima i korisnicima koji su izvršili kupovinu. Izgled web aplikacije urađene pomoću Play okruženja dat je na slici 2.

Početna strana (*main.html*) sastoji se od četiri glavne celine:

- <header> Celina u kojoj je definisano zaglavlje strane (naslov WebShop, logo aplikacije...)
- <nav> Celina u kojoj su definisani dugmići kojima se prelazi na druge strane

- <section> Celina u kojoj će se nalaziti sadržaj html stranice koja će nasleđivati ovu main.html stranicu
- <footer> Celina u kojoj se nalazi sadržaj zaglavlja



Slika 2. – Izgled aplikacije napravljene pomoću Play okruženja

Postoje tri ovakve stranice koje služe kao templejt stranice (*main.html*, *main\_admin.html*, *main\_user.html*). Ostale HTML strane webshop aplikacije nasleđuju jednu od ove tri u zavisnosti da li je posetilac već ulogovan kao administrator ili korisnik ili nije ulogovan. Na osnovu toga omogućavaju ili zabranjuju mu se pojedine privilegije i opcije.

Glavni zadatak korisnika i glavna funkcija webshop aplikacije jeste sama kupovina mobilnih telefona. Samo ulogovani korisnik ima omogućenu ovu opciju. Odabirom ove opcije dobija se lista raspoloživih mobilnih telefona gde pored svakog telefona, korisnik može uneti broj telefona koje želi da kupi.

Aplikacija automatski proverava da li postoji dovoljno telefona u magacinu (ako ne postoji, daje poruku o tome) i izračunava ukupan iznos kojim je korisnik zadužen.

## 4. ZAKLJUČAK

S obzirom da je Play okruženje pisano od strane „web programera web programerima“ (written by web developers for web developers), nije pogrešno reći da je Play okruženje pravi alat za brže, jednostavnije i lakše programiranje web aplikacija. Ono što Play okruženje izdvaja od ostalih okruženja za web programiranje jeste njegova *stateless* politika (ne postoji Java EE sesija po konekciji), nema razvijanja aplikacije na serveru (samo se edituje kod u text editoru i refrešuje stranica u web čitaču), integrisano jedinično testiranje, statičke metode (sve metode akcije u kontrolerima su statičke metode). Realizovana aplikacija je, zahvaljujući svojoj arhitekturi koju nameće Play, osposobljena da se izvršava na klasteru serverskih računara.

## 5. LITERATURA

- [1] Play Tutorial. <http://www.playframework.org/>
- [2] B.Milosavljević, *XML i web servisi*. Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2010/2011, <http://informatika.ftn.uns.ac.rs/XWS>
- [3] B.Milosavljević, *Bezbednost u sistemima elektronskog poslovanja*. Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2010/2011, <http://informatika.ftn.uns.ac.rs/BSEP>
- [4] M.Vidaković, *Sistemi elektronskog plaćanja*. Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2009, <http://informatika.ftn.uns.ac.rs/SEP>

### Kratka biografija:



**Dalibor Makan** rođen je u Bačkoj Palanci 1987. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Računarske nauke – WEB i elektronsko poslovanje odbranio je 2011.god.



# Performance Comparison of Standard and Voltage Controlled Ring Oscillator for UWB-IR Pulse Generator in 0.35 $\mu$ m and 0.18 $\mu$ m CMOS technologies

B.S. Vuckovic\*, J.B. Radic\*\*, M.S. Damjanovic\*\* and M.S. Videnovic-Misic\*\*

\* ELSYS Eastern Europe, Omladinskih brigada 88b, Belgrade, Serbia

\*\* Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad, Novi Sad, Serbia

e-mail: [vuckovic87@yahoo.com](mailto:vuckovic87@yahoo.com), [jelena.radicmg@gmail.com](mailto:jelena.radicmg@gmail.com), [mirad@uns.ac.rs](mailto:mirad@uns.ac.rs), [mirjam@uns.ac.rs](mailto:mirjam@uns.ac.rs)

**Abstract**— A CMOS standard ring oscillators with 5 and 7 stages are examined in 0.35 $\mu$ m and 0.18 $\mu$ m technologies. For optimum number of ring oscillator stages ( $N = 5$ ) the operating frequencies of 1.62 GHz and 3.07 GHz are obtained in 0.35 $\mu$ m and 0.18 $\mu$ m technologies, respectively. The 5-stage ring oscillator topology is further investigated while changing power supply and temperature. Their influence on oscillating frequency can be compensated by introducing additional voltage controlled cascade PMOS or/and NMOS transistors in one inverter stage. As ring oscillator is a part of UWB-IR (Ultra Wide Band Impulse Radio) pulse generator, its oscillating frequency determines the central frequency of the pulse spectrum and influence significantly spectrum fitting within UWB FCC mask.

## I. INTRODUCTION

Ultra-Wide-Band Impulse Radio (UWB-IR) technology has emerged as a potential solution for short-range radars, short distance communication systems, and wireless sensor networks. It transmits extremely short pulses on the order of a nanosecond or less, which occupy a bandwidth up to several GHz.

To protect the existing radio services from ultra-wide-band (UWB) interference maximum allowed power spectral density is defined by Federal Communication Commission (FCC) regulation of UWB devices [1]. The FCC allocated 3.1–10.6 GHz bands with a power spectral density (PSD) of less than  $-41.3$  dBm/MHz. In the GPS band (0.96–1.61 GHz), there is even more stringent regulation: less than  $-75.3$  dBm/MHz is needed to avoid interference problems. The PSD in frequency interval from 1.61 GHz to 3.1 GHz depends on the type of application (indoor, outdoor, GPS, wall & medical imaging, through-wall imaging & surveillance system). In spite of these regulations, there have been many reports of interference problems with narrow band radio systems such as WLANs in the 5–6 GHz band. The problems originally stem from spectrum sharing and usage in close proximity to similar applications [2]. To avoid such problems, the bandwidth  $-41.3$  dBm/MHz PSD is subdivided into two bands: 3–5 GHz (low-band) and 6–10 GHz (high-band).

This work was supported in part by the Ministry of Education and Science, Republic of Serbia, on the project no. 32016.

## NAPOMENA:

a) Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada Bojana Vučkovića. Mentor je bila dr Mirjana Damjanović.

b) Rad je prethodno publikovan na konferenciji SISY, Subotica, septembar 2011.

The FCC stringent demands on UWB PSD levels require a high-level pulse shaping network for UWB pulse generator. There are several typical techniques for designing UWB pulse generator which usually follows all digital [3], [4], analogue/digital [5] or all analogue [5], [6] design approach.

Digital solutions offer higher integration, lower consumption and better controllability while all analogue techniques demonstrate circuit simplicity. As an essential part of analogue/digital pulse generator [5], ring oscillator is studied in this work. Performance comparison and potential for UWB application are examined for standard and voltage controlled ring oscillator in 0.35 $\mu$ m and 0.18 $\mu$ m CMOS technology.

## II. STANDARD AND VOLTAGE CONTROLLED RING OSCILLATOR DESIGN

Ring oscillator, which consists of an odd number of inverters connected in a circular chain, represents standard circuit for delay measurement. Due to the odd number of inversions, this circuit does not have a stable operating point and oscillates (Fig. 1). The period  $T$  of the oscillation is determined by the propagation time of a signal transition through the complete chain and is defined as:

$$T = 2 \cdot t_p \cdot N, \quad (1)$$

where  $N$  is the number of inverters in the chain and  $t_p$  is propagation delay of the gate. The parameter  $t_p$  is defined as an average of the gate response time for the *low to high* (positive) output transition  $t_{PLH}$  and the *high to low* (negative)  $t_{PHL}$  transition,

$$t_p = (t_{PLH} + t_{PHL}) / 2, \quad (2)$$

due to different gate response times for rising or falling input waveforms [7]. The equations (1) and (2) are valid only if the period is significantly greater than the sum of the rise time  $t_r$  and fall time  $t_f$  (defined as a transition between 10 % and 90 % of a signal amplitude). If this condition is not met, the ring oscillator will not work properly, as it is presented in [8] for 3 stage ring oscillator.

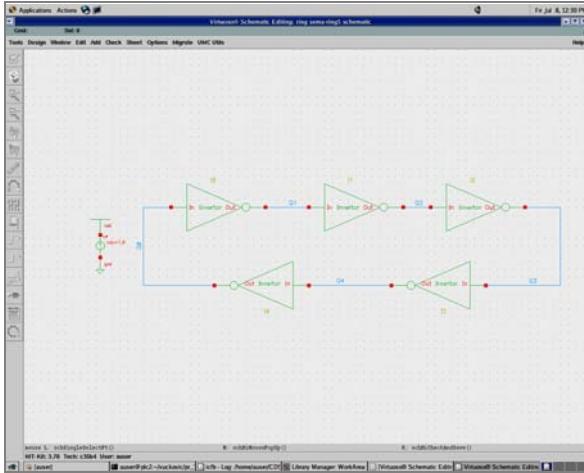


Figure 1. Schematic diagram of the 5-stage ring oscillator.

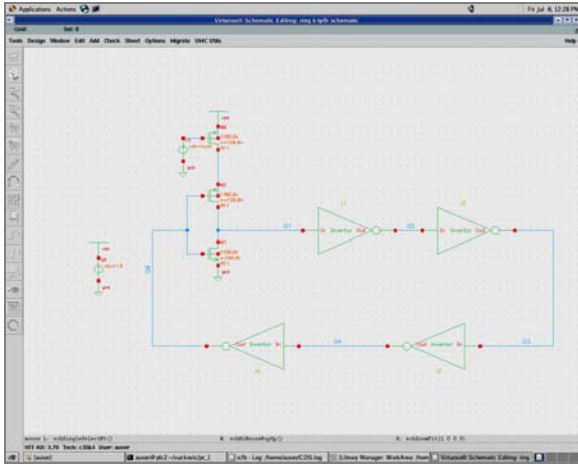


Figure 2. Schematic diagram of the 5-stage voltage-controlled ring oscillator. The low-to-high transition on the inverter can be controlled by adding a PMOS device controlled by analog voltage  $V_{con}$ .

Because of that, at least 5 stages have to be used in ring oscillator in order to be functional.

The ring oscillator will always have the same fixed oscillating frequency  $f$

$$f = 1/T = 1/(2 \cdot N \cdot t_p), \quad (3)$$

determined by the gate delay in the CMOS process. However, in many applications, it is necessary to control the frequency of the oscillator [9]. The standard ring oscillator can be modified into a voltage-controlled oscillator (VCO) by replacing one of the standard inverters with a current-starved inverter as shown in Fig. 2.

The current-starved inverter has an additional PMOS transistor  $M_0$  driven by control voltage  $V_{con}$ , which limits the current available to discharge the load capacitance of the gate.

### III. PERFORMANCE OF STANDARD RING OSCILLATOR

Designed ring oscillator consists of 5 inverters connected in the chain. All gates have identical sizes of NMOS and PMOS transistors (channel width/length of

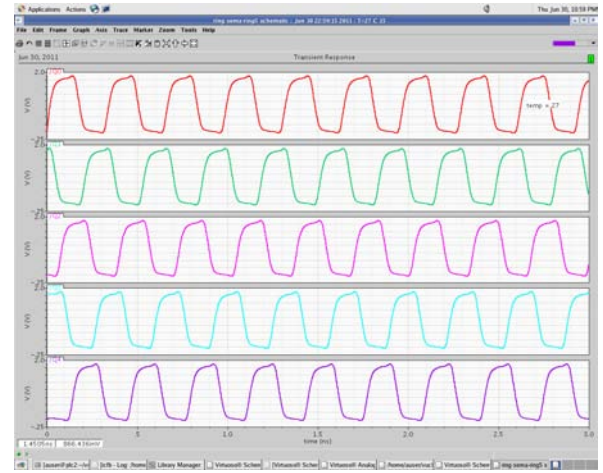


Figure 3. Simulated waveforms of output signal of all inverters for 5-stage ring oscillator in 0.18 $\mu\text{m}$  technology.

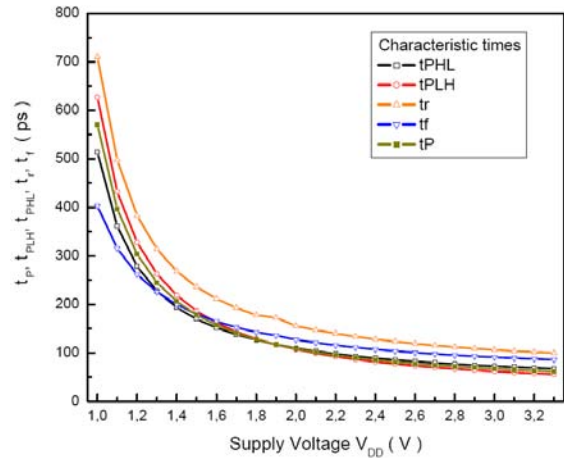


Figure 4. The influence of supply voltage on the propagation delay of inverter in 0.35  $\mu\text{m}$  technology.

NMOS:  $W/L = 0.7\mu\text{m}/0.35\mu\text{m}$  and PMOS:  $W/L = 2.1\mu\text{m}/0.35\mu\text{m}$  in 0.35 $\mu\text{m}$  technology, while sizes of transistors in 0.18 $\mu\text{m}$  technology are NMOS:  $W/L = 0.24\mu\text{m}/0.18\mu\text{m}$  and PMOS:  $W/L = 0.72\mu\text{m}/0.18\mu\text{m}$ ).

Using Calculator tool in Cadence [10]-[11] typical time parameters of the 5-stage ring oscillator in 0.35 $\mu\text{m}$  technology are determined. Each inverter has the same parameters ( $t_{PHL} = 67.14$  ps,  $t_{PLH} = 55.62$  ps,  $t_p = 61.39$  ps,  $t_r = 99.49$  ps,  $t_f = 85.83$  ps) and the output signal oscillation period is  $T = 613.90$  ps at room temperature and supply voltage  $V_{DD} = 3.3$  V. The oscillating frequency is  $f = 1.62$  GHz.

If the number of inverters in the chain is bigger, period of the oscillation  $T$  rises proportionally, while the oscillating frequency decreases. For 7-stage ring oscillator in 0.35 $\mu\text{m}$  technology the period is  $T = 859.46$  ps, while the oscillating frequency is  $f = 1.16$  GHz.

If the gates are implemented in 0.18 $\mu\text{m}$  technologies, their propagation delay is smaller ( $t_{PHL} = 32.06$  ps,  $t_{PLH} = 33.26$  ps,  $t_p = 32.66$  ps,  $t_r = 53.53$  ps,  $t_f = 44.31$  ps). That provides higher oscillating frequencies for both 5-stage and 7-stage ring oscillators ( $T = 326.60$  ps and  $f = 3.07$  GHz for  $N = 5$ , and  $T = 455.84$  ps and  $f = 2.19$  GHz for 7-stage

oscillator). The rise/fall time of a signal is largely determined by the strength of the driving gate, and the load presented by the node itself, which sums the contributions of the connecting gates (fan-out) and the wiring parasitics. The simulated waveforms of output signals of all inverters for 5-stage ring oscillator in 0.18 $\mu\text{m}$  technology are shown in Fig. 3.

#### A. Influence of Supply Voltage for 5-stage ring oscillator

One of the major parameters, which determine the performance of the ring oscillator, is supply voltage  $V_{DD}$ . If the supply voltage is chosen high enough so that channel length modulation effects can be ignored, then the delay becomes virtually independent of the supply [7]. By decreasing the supply voltage, the output impedance of the inverter in transition region decrease, which results in change of charging/discharging currents with  $V_{DD}$ . Decrease of the supply voltage will result in decrease of these currents and increase in the propagation delay of the CMOS inverter.

The influence of supply voltage on the propagation delay of inverter in 0.35 $\mu\text{m}$  technology is presented in Fig.

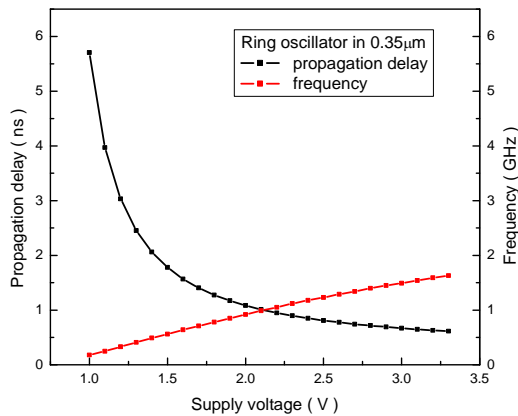


Figure 5. The period and oscillation frequency of ring oscillators in 0.35 $\mu\text{m}$  technology and  $V_{DD}=3.3\text{V}$ .

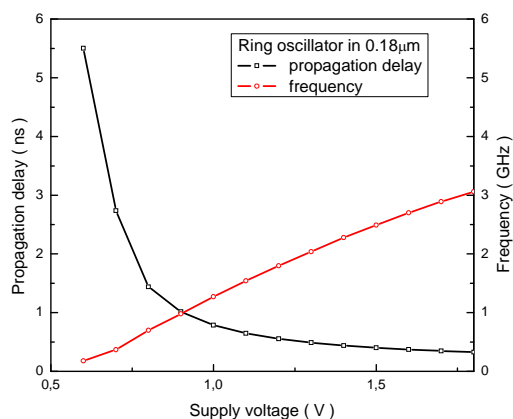


Figure 6. The period and oscillation frequency of ring oscillators in 0.18 $\mu\text{m}$  technology and  $V_{DD}=1.8\text{V}$ .

4. The period and oscillation frequency of 5-stage ring oscillators in 0.18 $\mu\text{m}$  and 0.35 $\mu\text{m}$  technology are presented in Fig. 5 and Fig. 6, respectively.

All conclusions made for single stage can be applied on ring oscillator. Increase of the supply voltage will result in increase of charging/discharging currents and oscillating frequency, while the propagation delay will decrease. The performance improvement is more pronounced in 0.18 $\mu\text{m}$  technology (transistor sizes and parasitic, which lead to performance degradation, are smaller).

However, further supply voltage increase yields only minimal improvement and hence should be avoided due to reliability issues (oxide breakdown, hot-electron effects).

#### B. Influence of Temperature for 5-stage ring oscillator

Another parameter that significantly determines the ring oscillator performance is temperature. Behavior of inverter is simulated in standard range from 0 $^{\circ}\text{C}$  to 70 $^{\circ}\text{C}$ . The simulation results show (Fig. 7 and Fig. 8) that rise in temperature results in inverter characteristic times increase, which are attributed to charging/discharging currents.

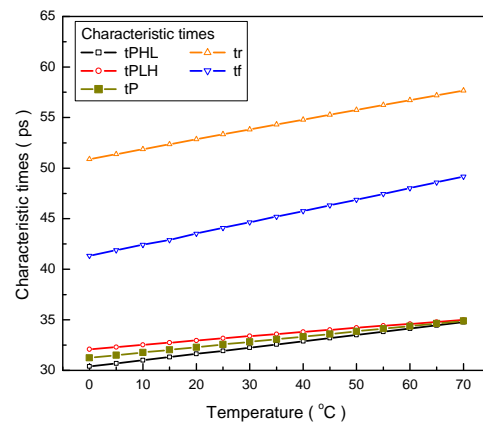


Figure 7. The influence of temperature on the propagation delay of inverter in 0.18  $\mu\text{m}$  technology and  $V_{DD}=1.8\text{V}$ .

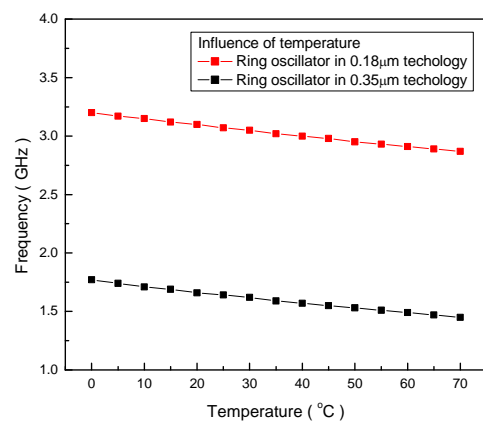


Figure 8. The influence of temperature on the oscillation frequency of ring oscillators in 0.18 $\mu\text{m}$  ( $V_{DD}=1.8\text{V}$ ) and 0.35 $\mu\text{m}$  technology ( $V_{DD}=3.3\text{V}$ ).

All conclusions made for single stage can be applied on ring oscillator. Change in working temperature influences CMOS current parameters: carrier mobility and threshold voltage. The temperature has an effect on the threshold voltage of a CMOS device via surface potential dependence on temperature. On average threshold voltage, variation is between  $-4 \text{ mV}/^\circ\text{C}$  and  $-2 \text{ mV}/^\circ\text{C}$  depending on doping level [12].

As for carrier mobility, with increasing temperature, phonon concentration increases and causes increased scattering. Thus, lattice scattering lowers the carrier mobility more and more at higher temperature. The experimental value of temperature dependence of mobility in silicon is proportional to  $T^{-2.4}$  for electrons and  $T^{-2.2}$  for holes [13]. For chosen transistors dimensions and supply voltage, the latter effect proves to be dominant, resulting in current decrease with temperature increase.

#### IV. PERFORMANCE OF 5 STAGE VOLTAGE CONTROLLED RING OSCILLATOR

The standard ring oscillator can be modified into a voltage-controlled oscillator by replacing one of the standard inverters with a current-starved inverter as shown in Fig. 2 and Fig. 9. In this modified inverter circuits, the maximal charge/discharge current of the inverter is limited by adding an extra device in series.

Low-to-high transition on the inverter can be controlled by adding a PMOS device in series with  $M_0$  (Fig. 2) and changing analog control voltage  $V_{con}$ . Increasing  $V_{con}$  reduces the charge current, increases  $t_{PLH}$  and decreases oscillating frequency, as it can be seen in Fig. 10 for current-starved inverter in  $0.18\mu\text{m}$  technology. This configuration does not influence high-to-low transition  $t_{PHL}$ , which is almost constant  $t_{PHL} \approx 33.2 \text{ ps}$ . For PMOS  $V_{con}$  change from  $0\text{V}$  to  $0.9\text{V}$ , the oscillating frequency is in the range from  $1.45\text{GHz}$  to  $2.47\text{GHz}$ .

The added NMOS transistor  $M_0$  (Fig. 9) is controlled by an analog control voltage  $V_{con}$ , which determines the available discharge current.

Lowering  $V_{con}$  reduces the discharge current and, hence, increases  $t_{PHL}$ , as it can be seen in Fig. 11 for current-starved inverter in  $0.18\mu\text{m}$  technology. At the same time,  $t_{PLH}$  is almost constant,  $t_{PLH} \approx 66.05 \text{ ps}$ . For NMOS  $V_{con}$  change from  $0.7 \text{ V}$  to  $1.8 \text{ V}$  oscillating frequency is in the range from  $1.19 \text{ GHz}$  to  $2.01 \text{ GHz}$ .

Simulated  $t_{PHL}$  and  $t_{PLH}$  of current-starved inverter in  $0.35\mu\text{m}$  technology are presented in Tables I and II. The same dependence of typical inverter times on  $V_{con}$  in  $0.18\mu\text{m}$  and  $0.35\mu\text{m}$  technology can be seen.

TABLE I.  
CHARACTERISTIC TIMES OF CURRENT-STARVED INVERTER IN  $0.35\mu\text{m}$  TECHNOLOGY WITH ADDITIONAL NMOS DEVICE

$V_{con}$ (V)	$t_{PHL}$ (ps)	$t_{PLH}$ (ps)	$t_r$ (ps)	$t_f$ (ps)
1.25	285.3	50.5	107.5	484.2
1.50	183.0	54.6	100.8	330.1
1.75	136.1	55.4	99.9	245.2
2.00	113.3	55.7	99.7	201.4
2.25	102.9	55.8	99.6	178.1
2.50	97.7	55.9	99.5	164.5
2.75	94.5	55.9	99.5	155.5
3.00	92.4	55.9	99.5	149.4
3.25	90.8	55.9	99.5	144.9

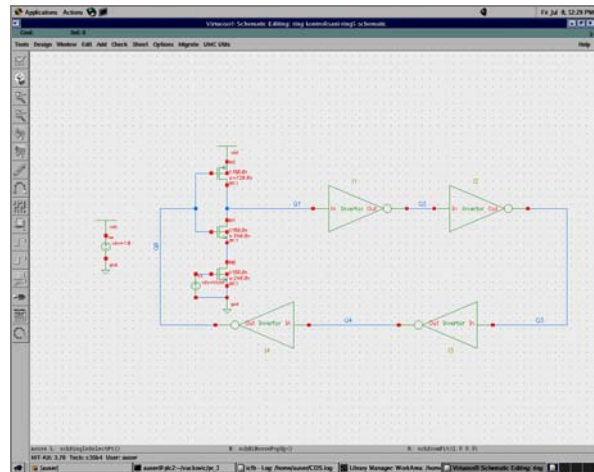


Figure 9. Schematic diagram of the 5-stage voltage-controlled ring oscillator. The high-to-low transition on the inverter can be controlled by adding a NMOS device controlled by analog voltage  $V_{con}$ .

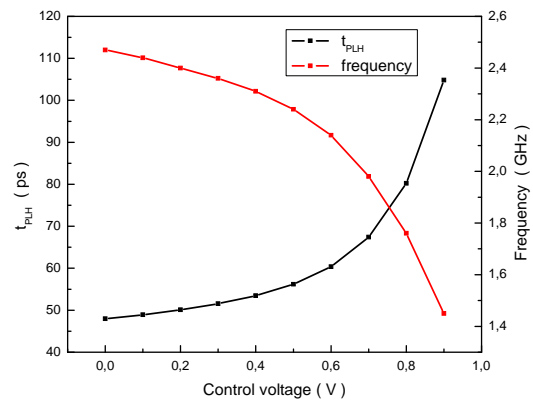


Figure 10. The low-to-high transition  $t_{PLH}$  of current-starved inverter presented in Fig. 2 as a function of the control voltage  $V_{con}$  in  $0.18\mu\text{m}$  technology and  $V_{DD}=1.8\text{V}$ .

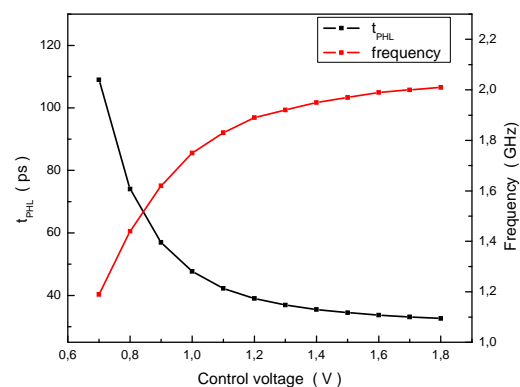


Figure 11. The high-to-low transition  $t_{PHL}$  of current-starved inverter in  $0.18\mu\text{m}$  technology presented in Fig. 9 as a function of the control voltage  $V_{con}$  in  $0.18\mu\text{m}$  technology and  $V_{DD}=1.8\text{V}$ .

TABLE II.  
CHARACTERISTIC TIMES OF CURRENT-STARVED INVERTER  
IN 0.35 $\mu\text{m}$  TECHNOLOGY WITH ADDITIONAL PMOS DEVICE

$V_{con}$ (V)	$t_{PHL}$ (ps)	$t_{PLH}$ (ps)	$t_r$ (ps)	$t_f$ (ps)
0	69.13	81.81	165.6	85.39
0.25	69.18	83.24	170.5	85.30
0.50	69.23	85.17	177.3	85.17
0.75	69.30	87.88	186.7	84.99
1.00	69.39	91.92	200.4	84.77
1.25	69.50	98.77	222.9	84.47
1.50	69.66	113.70	269.5	84.05
1.75	69.87	150.70	352.6	83.44
2.00	70.18	250.00	507.7	82.57

It has to be noted that under low operating current levels, the current-starved inverter suffers from slow fall times at its output. This can result in significant short-circuit current. This is resolved by feeding its output into a CMOS inverter or better yet a Schmitt trigger. An extra inverter is needed at the end to ensure that the structure oscillates.

## V. DISCUSSION

Fig. 12 shows the basic topology of an UWB-IR transmitter based on ring-oscillator as a part of pulse generator. It consists of a glitch generator, a switched ring oscillator and a pulse shaping (band-pass) filter [14]. The glitch generator turns ring oscillator on/off. It defines ring oscillation time and the width of the pulse. Since the time domain pulse width decides its frequency spectrum [15], it is important to design a pulse, which makes optimal usage of the available spectrum, within the limits imposed by FCC. The switched ring oscillator should generate signal in glitch-defined interval. Its oscillating frequency defines position of the transmitted pulse spectrum within FCC mask [15]. Band-pass filter additionally accommodate the pulse in the allowed spectral mask of FCC.

From the results presented in previous section can be seen that oscillating frequency of the ring oscillator is strongly dependent on  $V_{DD}$  and temperature. The change of the oscillating frequency is 99.4 % for 0.18 $\mu\text{m}$  and  $V_{DD}$  in the range from 0.6 V to 1.8 V, and 89.2 % for 0.35 $\mu\text{m}$  technology and  $V_{DD}$  in the range from 1 V to 3.3 V. For the temperature change in the range from 0°C to 70°C, the oscillating frequency has a 10.5 % span for 2.19 GHz in 0.18 $\mu\text{m}$  technology and a 19 % span for 1.62 GHz in 0.35 $\mu\text{m}$  technology. The significant influence of  $V_{DD}$  and temperature on oscillating frequency can be compensated with voltage-controlled ring oscillator topology. Still, additional NMOS or PMOS transistor in ring oscillator topology decreases maximum achievable oscillating frequency. For standard 5-stage ring oscillator in 0.18 $\mu\text{m}$  technology  $f=3.07$  GHz while the oscillating frequency with NMOS or PMOS voltage controlled transistors is 2.01 GHz and 2.47 GHz, respectively. This change can be attributed to increase in propagation delay of the modified inverter. In standard inverter topology the input voltage necessary for start of the high-to-low output transition process is  $V_{in} = V_{GS} \geq V_{TH}$ . In NMOS voltage controlled inverter the same process starts a bit later due to higher  $V_{in}$  voltage ( $V_{in} = V_{GS} + V_{DS}$ ) necessary to turn on two transistors in series. Consequently, this behavior is transferred to ring oscillator propagation delays. Though

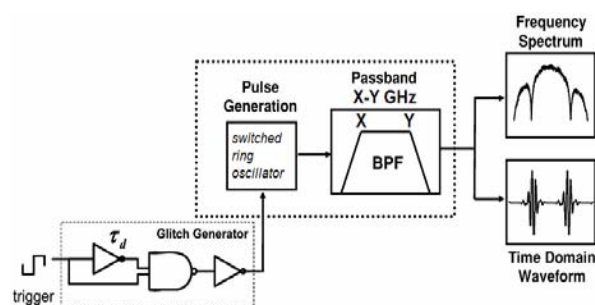


Figure 12. A UWB-IR transmitter based on ring oscillator as a part of pulse generator.

voltage controlled ring oscillator cannot achieve oscillating frequency of the standard ring oscillator this topology can perform controllable shift of the UWB pulse bandwidth and its fitting within FCC mask.

## VI. CONCLUSION

Standard ( $N=5$  and 7) and voltage controlled ( $N=5$ ) ring oscillator topologies have been analyzed in 0.35 $\mu\text{m}$  and in 0.18 $\mu\text{m}$  technologies. Simulations confirmed that the optimum number of standard ring oscillator stages should be  $N=5$  as additional increase in number of stages results in propagation delay increase and oscillating frequency decrease. Strong dependency of 5-stage ring oscillator working frequency on  $V_{DD}$  and temperature is also noticed. Compensation of these changes and oscillating frequency control can be achieved with additional voltage controlled cascade PMOS or/and NMOS transistors in one inverter stage.

Additional propagation delay, compared to standard ring oscillator, is attributed to delay in transition moment in voltage controlled topology. However, this feature proves significant in many ring oscillator applications, e.g. voltage controlled ring oscillator as a part of UWB-IR pulse generator. Though voltage controlled ring oscillator cannot achieve oscillating frequency of the standard ring oscillator this topology can perform controllable shift of the UWB pulse bandwidth and its fitting within FCC mask.

## REFERENCES

- [1] Revision of Part 15 of the Commission's Rules Regarding Ultra-Wideband Transmission Systems, ET Docket 98-153, Federal Communications Commission, 2002.
- [2] J. Bellorado, S. S. Ghassemzadeh, L. J. Greenstein, T. Sveinsson, and V. Tarokh, "Coexistence of ultra-wideband systems with IEEE-802.11a wireless LANs," *IEEE GLOBECOM*, vol. 1, pp. 410-414, Dec. 2003.
- [3] V. V. Kulkarni, M. Muqsith, K. Niitsu, H. Ishikuro, T. Kuroda, "A 750 Mb/s, 12 pJ/b, 6-to-10 GHz CMOS IR-UWB transmitter with embedded on-chip antenna", *IEEE Jour. of Solid. State Circuits*, vol. 44, no. 2, pp. 394-403, Feb. 2009.
- [4] H. Kim, Y. Joo, S. Jung, "A tunable CMOS UWB pulse generator", *The 2006 IEEE International Conference on Ultra-Wideband*, Waltham, MA, 24-27 Sept. 2006, pp. 109-112.
- [5] S. Sim, D.W. Kim, S. Hong "A CMOS UWB pulse generator for 6-10 GHz applications", *IEEE Microwave and wireless components letters*, vol. 19, no. 2, pp. 83-85, Feb. 2009.
- [6] O. Novak, C. Charles, "Low-power UWB pulse generators for biomedical implants", *IEEE International Conference on Ultra-Wideband*, Vancouver, BC, 9-11 Sept. 2009, pp. 778-782.
- [7] J. Rabaey, A. Chandrakasan, and B. Nikolic: "Digital Integrated Circuits, 2nd ed.," Prentice Hall, 2003.

- [8] Zeljko Sukilovic: "Analysis of standard and voltage controlled ring oscillators in standard 0.35  $\mu\text{m}$  CMOS technology", Master Thesis, Faculty of Technical Sciences, Univ. of Novi Sad, 2010.
- [9] M. Grozing, B. Phillip, M. Berroth: "CMOS ring oscillator with quadrature outputs and 100 MHz to 3.5 GHz Tuning Range", *Proc. of the 29th European Solid-State Circuits Conference, 2003, ESSCIRC '03*, Nov. 2003, pp. 679 – 682.
- [10] A. Lopez Martin: "Tutorial Cadence design environment", New Mexico State University, October 2002
- [11] E. Brunvand: "Digital VLSI chip design with cadence and Synopsys CAD Tools", University of Utah, April 2007.
- [12] N. Weste, K. Eshraghian: "Principles of CMOS VLSI Design: a systems perspective, Second Edition", Addison-Wesley Publishing Company, 1993, pp. 48.
- [13] B. Van Zeghbroeck: "Semiconductor Fundamentals". Available online at [http://ecee.colorado.edu/~bart/book/book/chapter2/ch2\\_7.htm#2\\_7\\_2](http://ecee.colorado.edu/~bart/book/book/chapter2/ch2_7.htm#2_7_2)
- [14] S. Sim, D.-W. Kim, S. Hong: "A CMOS UWB pulse generator for 6–10 GHz applications", *IEEE Microwave and Wireless Components Letters*, vol. 19, no. 2, Feb. 2009, pp. 83-85.
- [15] V. V. Kulkarni, M. Muqsith, K. Niitsu, H. Ishikuro, T. Kuroda: "A 750 Mb/s, 12 pJ/b, 6-to-10 GHz CMOS IR-UWB transmitter with embedded on-chip antenna", *IEEE Jour. Solid-State Circuits*, vol. 44, no. 2, Feb. 2009, pp. 394-403.

**TEHNOLOGIJA I ORGANIZACIJA GRAĐENJA STAMBENOG OBJEKTA SA  
IZBOROM OPTIMALNE PODNE OBLOGE****TECHNOLOGY AND CONSTRUCTION ORGANIZATION OF RESIDENTIAL  
BUILDING WITH OPTIMAL FLOORING CHOICE**

Mirjana Milovanović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

**Kratak sadržaj** – *Predmet ovog rada je organizacija građenja stambenog objekta Su+P+2+Pk sa određivanjem optimalne podne obloge.*

**Abstract-** *This paper describes construction organization of residential building with optimal flooring choice.*

**Ključne reči:** *tehnologija građenja, podne obloge, vrste.*

**1. UVOD**

Prvenstveni zahtev, koji se pojavljuje prilikom koncipiranja, projektovanja, proučavanja, donošenja odluka i građenja je stvaranje konačnog proizvoda, koji će biti sagrađen, koristan i prihvatljiv. Građenje je proizvodnja koja se sastoji iz niza proizvodnih procesa, koji imaju svoju zakonitost i organizacijski redosled. Proces projektovanja, građenja i eksploatacije, kao i delovanje niza struka prilikom realizacije, mora se sagledati celovito u svrhu postizanja globalnog optimuma. Osnovno pravilo optimalnog ostvarenja izgradnje je uneti u ostvarenje optimalni odnos između kvaliteta i troškova, tj. izvesti poduhvat na racionalan način.

Za projektovanje organizacije građenja neophodni su sledeći ulazni podaci i podloge:

- tehnička dokumentacija (crteži, statički proračun, predmer, predračun i posebni tehnički uslovi i tehnički opis u delu koji se odnosi na izgradnju);
- raspoloživa sredstva (mehanizacija, materijal, radnici, novčana sredstva);
- terenske prilike;

**1.1. Metode primenjene u radu**

Analiza i sinteza, kao metode primenjene u radu, su vrlo važan vid obrade relevantnih podataka. Procesi analize i sinteze uvek idu u kombinaciji jedna sa drugom, svaka sinteza se zasniva na podacima dobijenim iz prethodne analize, a svaka analiza zahteva sintezu dobijenih podataka radi verifikacije tačnosti rezultata analize. Zavise od količine i verodostojnosti podataka i daju jasnu vezu između mogućih i valjanih rešenja.

Istraživanje operacija podrazumeva pronalaženje optimalnog načina pokrivanja podova za projektovani stambeni objekat. Istraživanje je sprovedeno korišćenjem metode višekriterijumske optimizacije, sa zadatim kriterijumima, koji se odnose na troškove i vreme trajanja procesa pokrivanja podova.

**NAPOMENA:**

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

Tehnika mrežnog planiranja je grafičko - računarska metoda za predstavljanje procesa rada kao i njegovo planiranje. Metode mrežnog planiranja se zasnivaju na grafičkom prikazivanju redosleda aktivnosti u okviru jednog projekta i njihovih međusobnih zavisnosti preko mrežnog dijagrama.

Gantogrami predstavljaju linijske dijagrame koji su najrazumljiviji i najviše korišćeni oblik planiranja radova u građevinarstvu. Prikazuje radove podeljene logički na individualne aktivnosti, a iste su prikazane linijama. Dužina linije je proporcionalna vremenu izvršenja svake aktivnosti. Primenjuje se za relativno manje i jednostavnije zadatke, posebno kada postoji njihova nezavisnost od ostalih objekata u većem kompleksu izgradnje.

**2. OPIS USLOVA GRAĐENJA**

Prema projektnom zadatku predviđena je izgradnja stambenog objekta u ulici Petra Bojovića 9 u Zrenjaninu u skladu sa urbanističko-tehničkim uslovima i važećim propisima iz oblasti građevinarstva. Objekat je deo kompleksa sa stambenim i poslovnim sadržajima koji formiraju tri objekta. Osim ovog, na parceli su predviđeni i stambeno – poslovni objekat Su+P+2+Pk i zajednička garaža. Objekat se gradi na parceli koja je formirana UP parcelacije od parcela broj 6705 i 6706 K.O. Zrenjanin 1. Parcela ima orijentaciju severozapad - jugoistok. Ulaz u objekat je iz dvorišta.

Opis uslova građenja odnosi se na geološko – geomehaničke uslove, seizmičku rejonizaciju, klimatsko – meteorološke uslove, saobraćajnice i transport, uslove snabdevanja vodom i električnom energijom, snabdevanje građevinskim materijalom, stambeno komunalne prilike i uslove obezbeđenja random snagom.

**3. OPIS KONSTRUKCIJE OBJEKTA****3.1. Opis objekta**

Objekat Lamela 2 smešten je na parceli između Lamele 1- stambeno - poslovnog objekta koji je postavljen na regulacionoj liniji ulice Petra Bojovića i Lamele 3 – garaže u dnu parcele. Veza dva dvorišta se ostvaruje suvim prolazom kroz objekat u visini terena.

Objekat sadrži 13 stambenih jedinica različitih struktura i površina raspoređenih na 5 etaža, od kojih su dva stana u dva nivoa – suterenu i prizemlju. Ukupna korisna površina objekta iznosi 1328,47 m<sup>2</sup>. Osnove prvog sprata, drugog sprata i potkrovlja su identične sa po četiri stambene jedinice.

### 3.3. Konstrukcija objekta

Konstruktivni sklop objekta je masivni zidani. Konstruktivni sistem čine poprečni i podužni zidovi od opeke, ukrućeni horizontalnim i vertikalnim AB serklažima, koji zajedno sa polumontažnom međuspratnom tavanicom tipa „FERT“ čine krut prostorni sistem. Temeljna konstrukcija je armirano- betonska kontra ploča. Krovna konstrukcija je drvena sistema krov sa rožnjačama.

### 4. TEHNOLOGIJA GRAĐENJA

Izgradnja objekta je proces koji se odvija u najrazličitijim uslovima i sa korišćenjem širokog spektra resursa. Ozbiljan pristup izgradnji objekta podrazumeva da se obezbedi dovoljno vremena za izradu tehničke dokumentacije i da ulaganje u povećanje kvaliteta dokumentacije donosi opravdane uštede ukupnih troškova izgradnje.

Izgradnja objekta obuhvatiće zemljane radove, betonerske radove, armiračke radove, zidarske radove i završne radove.

Mehanizacija i transportna sredstva neophodna za izgradnju objekta odabrani su na osnovu obima radova, potrebnog kvaliteta, vremenskog roka, ekonomskih faktora i sredstava kojim raspolaže izvođač.

Mehanizaciju delimo u dve grupe: mehanizacija za direktno izvršenje radova (dozer, bager, pervibratori i dr.) i mehanizacija za transport (kamioni, dizalice).

### 5. ANALIZA I IZBOR OPTIMALNE PODNE OBLOGE

#### 5.1. Podopolagački radovi

Površina po kojoj se hoda naziva se podom. Pod je element zgrade koji se u osnovi sastoji iz dva sloja: gazišnog sloja i podloge. Prema mestu ugradnje podovi se mogu podeliti na spoljne podove izvan objekta i unutrašnje postavljene u prostorijama. Izvode se i podovi koji su u okviru zgrade ali su izloženi vremenskim uticajima: podovi na balkonima, terasama, ravnim krovovima itd. Opšte osobine koje podovi treba da ispune su :

-trajnost, što podrazumeva čvrstoću, otpornost na habanje, otpornost prema požaru, udarcima, hemijskim uticajima, itd;

-udobnost, što podrazumeva ravan i elastičan, topao i tih pod, siguran na klizanje;

-izgled i čistoća, što podrazumeva estetičan, lak za čišćenje i higijenski pod;

-lako održavanje i opravka oštećenih delova.

Predmet analize u okviru ovog rada su podne obloge u stambenim prostorijama, dnevnim, spavaćim sobama i predsobljima. Izvršiće se analiza tri najčešće korišćene podne obloge u stanogradnji: masivnog bukovog parketa na bitumenskoj podlozi, lepljenog lameliranog hrastovog parketa i tepisona.

#### 5.2. Polaganje masivnog bukovog parketa

Parket spada u najkvalitetnije podove. Izrađuje se od hrastovih, jasenovih ili bukovih dasaka. Daščice su glatko rendisane po ležišnoj i gazišnoj površini. Na dodirnim površinama, po dužim stranama i čelima izrađuje se sa jedne strane pero, a sa druge žleb. Za razliku od daščica koje se prikucavaju ekserima, u daščice koje se lepe na

podlogu urezuje se na ivici ležišta i dodira zarez u obliku jednostranog lastinog repa. Podloga za postavljanje parketa je rapava cementna košuljica za izravnavanje.

Parket se polaže pritiskom ruke preko sloja bitumena na betonskoj podlozi, odnosno AB tavanici. Bitumen ispunjava zarez u obliku lastinog repa koji formiraju dve daščice i stvrdnjavanjem čvrsto vezuje daščicu za podlogu.

Posle završenog hoblovanja i poliranja parketa, da bi se pristupilo premazivanju parketa osnovnim lakom, pod se detaljno čisti jakim usisavačima i na kraju prebriše navlaženim pamučnim krpama. Između svake ruke lakiranja kada se lak osuši, obavezno je mašinom za poliranje preći preko lakirane površine i nakon toga detaljno očistiti površinu.

Fugovanje parketa se izvodi posle srednjeg ili finog brušenja parketa u zavisnosti koji se proizvod za fugovanje parketa koristi. Sušenje mase za fugovanje traje od 30 do 60 minuta i nakon toga se pristupa završnom lakiranju parketa.

#### 5.3. Polaganje lameliranog hrastovog parketa

Lepljeni lamelni parket je podna obloga koja u velikoj meri štedi drveni materijal. Lamelni parket se isporučuje u pločama 48x48 cm pripremljenim za polaganje. Svaka ploča je sastavljena od daščica dimenzija 12x2x0,6-0,9 cm složenih u kvadratna polja dimenzija 12x12cm, pa 16 ovakvih kvadrata formira jednu ploču. Ploča je radi jednostavnog postavljanja pričvršćena na hartiju koja se nakon montaže uklanja. Ovakav parket proizvodi se od hrastovine, bukovine, i drugog drveta, u različitim slogovima i u kvalitetima koji se razlikuju po klasama.

Gotove ploče lameliranog parketa lepe se lepkom na suhu i rapavu cementnu podlogu. Lepak se na podlogu nanosi zubastim metalnim alatom. Ploča se pritiska da prione na ravan, a zatim se hartija na koju je pričvršćen parket kvasi i odvaja od podloge. Kada je parket postavljen parket se brusi kako bi se pripremio za lakiranje.

Lamelirani parket zadovoljava estetske kriterijume, a ekonomičan je jer malom debljinom daščica smanjuje utrošak drveta.

#### 5.4. Polaganje tepisona

Tepisoni su tepisi tkani od prirodnih i veštačkih vlakana na sintetičkoj potki. Karakterišu ih dobar estetski utisak, dobra termoizolacija, jednostavna ugradnja i trajnost. Proizvodi se u rolnama širine najčešće 400 cm.

Podloga za ugradnju mora biti potpuno suva i izolovana od vlage. Neravnine se popunjavaju masom za poravnavanje.

Kod krojenja tepisona za ugradnju dužina treba da bude oko 10 cm veća od dužine poda. Tepison se iseca na meru i ostavlja 24 sata na sobnoj temperaturi kako bi se aklimatizovao što će sprečiti pojavu nabora. Nožem se tepison utiskuje uz ivice zidova i reže rezačem za tepih.

Lepak se nanosi na podlogu celom površinom nazubljenom lopaticom prvo samo na pola prostorije. Potreban sloj lepka iznosi 600gr/m<sup>2</sup>. Tepison se polaže u mokar lepak, utiskuje se pa se prelazi valjkom u bočnom smeru. Kod nastavljanja površina, komadi tepisona se preklapaju za nekoliko centimetara, pa se jednim rezom presecaju oba komada, kako bi spoj bio što precizniji. Uz zidove tepison se fiksira drvenom lajsnom.

### 5.5. Analiza i određivanje troškova i utroška vremena potrebnog za polaganje podova

Svrha analize je pronalaženje najekonomičnijeg puta izvršenja radova, standardizacija metoda rada, materijala, alata i radne snage kao i utvrđivanje potrebnog vremena izvršenja. Analiza, modeliranje i optimizacija procesa uskladiće njegove tehnološke, organizacione i ekonomske parametre. Predračun je dao rezultate koji su prikazani u tabeli 1, a odnose se na cenu rada, materijala i vreme izrade.

Materijal	Troškovi [din/m <sup>2</sup> ]		Vreme [Nč/ m <sup>2</sup> ]
	rad	materijal	
Tepison			0,65
	64,48	1984,00	
Lamelni parket	144,86	1736,47	1,69
Klasični parket	210,22	2100,12	2,32

Tabela 1. Rekapitulacija troškova materijala, cene rada i vremena po vrstama poda

Ukupni potrebni troškovi za polaganje, hoblovanje i lakiranje 1m<sup>2</sup> bukovog parketa I klase iznose 3151,22din/m<sup>2</sup>. Ukupno potrebno vreme za izradu 1m<sup>2</sup> poda je 2,32 Nč/m<sup>2</sup>.

Ukupni potrebni troškovi za polaganje, hoblovanje i lakiranje 1m<sup>2</sup> hrastovog lameliranog parketa I klase iznose 2460,77 din/m<sup>2</sup>. Ukupno potrebno vreme za izradu 1m<sup>2</sup> poda je 1,69 Nč/m<sup>2</sup>.

Ukupni potrebni troškovi za polaganje 1m<sup>2</sup> tepisona lepljenjem na cementnu košuljicu iznose 2306,40din/m<sup>2</sup>. Ukupno potrebno vreme za oblaganje 1m<sup>2</sup> poda tepisonom je 0,65 Nč/m<sup>2</sup>.

Nakon sprovedene analize cena i normi rada, u tabeli 2., predstavljeni su dobijeni ukupni troškovi i vreme rada za pojedine vrste poda obložene određenim materijalom.

	Klasični parket	Lamelirani parket	Tepison
Ukupni troškovi [din/m <sup>2</sup> ]	3151,22	2460,77	2306,40

Tabela 2. Rekapitulacija ukupnih troškova po vrstama poda

Iz prethodno dobijenih rezultata može se videti da oblaganje poda tepisonom ima najnižu cenu izrade kao i najkraće vreme izrade, dok se lamelni parket ističe po najnižoj ceni utrošenog materijala.

Analiza je zatim izvršena na objektu, čija površina poda iznosi 1100 m<sup>2</sup> I dobijeni su rezultati prikazani u tabeli 2.

Materijal	Učink [m <sup>2</sup> /h]	Ukupno vreme [h]	Troškovi [din/m <sup>2</sup> ]	Cena [din]
Klasični parket	0,43	2552,00	3151,22	3466330,56
Lamelirani parket	0,59	1859,00	2460,77	2706852,72
Tepison	1,54	715,00	2306,40	2537041,65

Tabela 3. Rekapitulacija ukupnih troškova i vremena trajanja pokrivanja poda poelementima.

Iz ove analize potvrdila se činjenica da najkraće vreme za pokrivanje poda može biti postignuto korišćenjem tepisona i da se pri tom dobija najveći učinak po satu rada.

### 5.6. Analiza podnih obloga

Iz prethodne analize može se zaključiti da je po većini kriterijuma tepison najpovoljniji materijal za oblaganje podova i po pitanju cene rada i po vremenu potrebnom za izvođenje radova. Jedino u ceni samog materijala prednjači lamelni parket, ali je za njegovo postavljanje potrebno utrošiti duplo više vremena, što znači veću cenu rada.

Potrebno je sagledati i dugotrajnost i isplativost svakog materijala, te je za to poređenje uzet kriterijum kvaliteta materijala. Kvalitetu klasičnog parketa se može dati ocena 10, dok se lamelni parket može oceniti kvalitetom 7, a tepison je najmanje kvalitetan materijal sa ocenom 2. Klasični parket je čak pet puta kvalitetniji i dugotrajniji od tepisona, te je mnogo isplativije koristiti klasični parket nego tepison ako se posmatra duži period isplativosti materijala.

Iz tog razloga, detaljna analiza isplativosti vrste materijala će biti urađena metodom višekriterijumske optimizacije.

### 5.7. Primena višekriterijumske optimizacije na izbor vrste podova

Na osnovu dosadašnje analize, kao najbolji materijal za oblaganje podova pokazao se tepison, koji ne zadovoljava u potpunosti sve norme koje bi zadovoljile dugotrajnost i kvalitet ovog materijala u odnosu na ostale podne obloge od drveta.

Da bi se sa sigurnošću utvrdilo koji materijal za pokrivanje podova najbolje odgovara postavljenim uslovima vremena, cene i kvaliteta, sprovedena je detaljnija analiza korišćenjem metoda operacionih istraživanja.

Prema sprovedenoj analizi određena su optimalna rešenja po pojedinačnim kriterijumima. Za troškove rada i ukupno potrebno vreme za oblaganje podova, optimalno je koristiti tepison, a nakon njega, po utvrđenom redosledu, povoljni su lamelni parket i najnepovoljniji je klasični parket. Tepison je optimalno rešenje sa stanovišta troškova radne snage, ukupnih troškova kao i vremena potrebnog za izvođenje radova.

Rezultati metode višekriterijumske optimizacije pokazali su da u slučaju istih težinskih koeficijenata najpovoljnije rešenje predstavlja izbor lamelnog parketa, kao materijala za oblaganje podova, koji zadovoljava strategiju odlučivanja koja prednost daje zadovoljavanju većine kriterijuma.

Uvođenjem težinskih koeficijenata i zadavanju prioriteta određenim kriterijumskim funkcijama, postavljen je uslov da kvalitet i ukupna cena imaju isti značaj te oni imaju po 35% od ukupnog značaja za proces oblaganja podova, dok ostala tri kriterijuma troškovi radne snage, troškovi materijala i utrošeno vreme, imaju po 10% od ukupnog značaja. Kao najpovoljnije rešenje je dobijen lamelni parket koji zadovoljava strategiju u kojoj se ne dopušta nezadovoljenje bilo kog kriterijuma.

Na osnovu sprovedene analize utvrđeno je da za potrebe bržeg i efikasnijeg realizovanja objekta, bez obzira na troškove, optimalni način podopolaganja se može postići upotrebom lamelnog parketa. Zbog zahteva za

zadovoljavanjem svih kriterijuma potrebnih za uspešno realizovanje objekta, za ovaj objekat će se usvojiti lamelni parket kao najpovoljnije rešenje.

## 6. ORGANIZACIJA GRADILIŠTA

Organizacija gradilišta je jedan od osnovnih delova Projekta organizacije građenja i podrazumeva osposobljavanje i uređenje gradilišta kako bi se građenje normalno odvijalo.

Proces izgradnje objekta se može prema tehnologiji izvođenja podeliti na faze koje zahtevaju različite načine organizacije gradilišta. Ove faze su za objekte visokogradnje, i za predmetni objekat:

- faza 0 -priprema terena i organizacija gradilišta
- faza I -fundiranje objekta
- faza II -izrada konstrukcije
- faza III -završni zanatski i građevinski radovi

Raspored privremenih objekata i koncept organizacije gradilišta prikazuje su na Šemi organizacije gradilišta.

## 7. DINAMIČKI PLANOVİ GRAĐENJA

Izrada dinamičkog plana izgradnje objekta podrazumeva izradu modela procesa izvođenja radova na izgradnji objekta kao i vremensku analizu postavljenih modela. Prilikom modeliranja procesa na izgradnji objekta koji je predmet ovog rada, korišćene su metode mrežnog planiranja -mrežni plan i gantogram-Gantovih karti (paralelnih dinamičkih planova). Za svaku pojedinačnu aktivnost utvrđeno je vreme izvođenja. U tabeli su prikazani redni broj aktivnosti, šifra aktivnosti, opis aktivnosti, vreme trajanja aktivnosti, i naredna aktivnost. Na bazi ove tabele primenom računarskog programa MS Project proračunava se vreme ukupnog trajanja radova.

### 7. 1. Mrežni plan

Suština ove metode je da uoči i pronađe one aktivnosti od kojih zavisi rok izgradnje objekta. Takve aktivnosti se nazivaju "kritične aktivnosti", a njihov tok "kritičnim putem". Mrežni plan se konstruiše kad je urađen spisak aktivnosti i utvrđena njihova međusobna zavisnost (prethodna aktivnost, naredna aktivnost, uporedna aktivnost).

Prema unapred definisanom početku izgradnje 03. 10. 2011., dobija se datum završetka svih radova na gradilištu, a to je 11.06.2012. a osim toga dobija se da je ukupno potrebno 168 radnih dana za izgradnju stambenog objekta Su + P + 2 + Pk.

## 8. BEZBEDNOST I ZDRAVLJE NA RADU

Pri uređenju gradilišta treba voditi posebnu računa o sigurnosti i zaštiti zdravlja svakog pojedinca.

O uređenju gradilišta i radu na gradilištu, u cilju bezbednijeg rada, izvođač radova sastavlja poseban elaborat. Izvođenje radova na gradilištu može početi tek kad je gradilište uređeno prema uputstvima iz elaborata. Odgovorni rukovodilac radova dužan je da poštuje odredbe elaborata i odgovoran je za njihovo sprovođenje od strane svih prisutnih na gradilištu. Poslovođa, pre početka radova proverava propisane, preduzete mere zaštite na radu na sredstvima rada i vrši nadzor kod izvođenja opasnih poslova. Brigadiri se upoznaju sa elaboratom i obezbeđuju njegovo sprovođenje.

## 9. ZAKLJUČAK

Efikasna realizacija izgradnje objekta podrazumeva izvršavanje niza tehničkih, tehnoloških, ekonomskih i finansijskih predradnji, odnosno organizaciju građenja pre početka samog izvođenja. Tokom analize projekta potrebno je usvojiti tehnologiju građenja koja najviše odgovara vrsti objekta, usvojenom konstruktivnom sistemu, raspoloživim proizvodnim sredstvima i kapacitetima, kao i ugovorenoj ceni.

Predmet ovog rada bila je organizacija građenja objekata spratnost Su+P+2+Pk u Ulici Petra Bojovića 9 u Zrenjaninu. Jedan od zadataka u okviru projekta građenja bilo je i određivanje optimalne podne obloge, kada su razmatrane tri mogućnosti: klasičan bukov parket, lamelni hrastov parket i tepison. Urađena je analiza cene polaganja sve tri vrste podne obloge prema prosečnim normama u građevinarstvu. Uporedni rezultati koji su dobijeni, uz dodatni kriterijum – kvalitet, bili su ulazni podaci za primenu višekriterijumske optimizacije koja je omogućila preciznije sagledavanje svih prednosti i nedostataka mogućih alternativnih rešenja. Lamelni parket je dobro rešenje za zadovoljavanje svih kriterijuma, prvenstveno prema ukupnim troškovima, dok je tepison optimalno rešenje u slučaju zadovoljavanja minimalnih troškova rada. Prema postavljenom zahtevu u kom treba zadovoljiti sve kriterijume, troškove, vreme i kvalitet kao dodatni kriterijum izabran je lamelni parket kao optimalno rešenje za oblaganje podova stambenog objekta.

Detaljno planiranje toka radova, urađeno je kroz dinamički plan izgradnje objekta, primenom mrežnog plana i gantograma. Obrada mrežnog plana, sa svim potrebnim podacima, urađena je primenom programa "MS Project 2007". Usvojena je 5-to dnevna radna nedelja sa osmočasovnim radnim vremenom i neradnim danima u vreme državnih praznika. Vreme izvršavanja pojedinih aktivnosti dato je u kalendarskim danima. Dobijeno ukupno efektivno vreme potrebno za izradu celokupnog objekta iznosi 168 radnih dana.

Primenom predložene organizacije rada postiže se da objekat bude izveden kvalitetno i završen u planiranom roku.

## 10. LITERATURA

- [1] "Normativi i standardi rada u građevinarstvu", Građevinska knjiga, Beograd 1999. godina.
- [2] Trbojević B: "Organizacija građevinskih radova", Naučna knjiga Beograd 1992. god.
- [3] Trivunić M, Matijević, Z.: "Tehnologija i organizacija građenja", praktikum, br. 96. FTN-izdavaštvo Novi Sad 2004. god.
- [4] Dražić J: "Višekriterijumska optimizacija", skripta, FTN Izdavaštvo, Novi Sad, 2005. god.
- [5] Vujošević M: "Operaciona istraživanja", FON, Beograd, 1999. god.

### Kratka biografija:

**Mirjana Milovanović** Ilić rođena je 15. decembra 1965. godine, u Novom Sadu. Srednju građevinsku školu završila je u Novom Sadu 1984. godine i iste godine upisala Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, odsek za Građevinarstvo. Diplomski master rad radila je na smeru Organizacija i tehnologija građenja.

**PROJEKAT REKONSTRUKCIJE I SANACIJE ZGRADE OPŠTINSKE UPRAVE U RUMI****PROJECT OF RECONSTRUCTION AND REHABILITATION OF THE MUNICIPAL ADMINISTRATION BUILDING IN RUMA**Ana Veljković, Mirjana Malešev, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast - GRAĐEVINARSTVO**

**Kratak sadržaj** – Rad obuhvata detaljnu procenu stanja postojećeg objekta vizuelnim pregledom, kao i analizu nosivosti, stabilnosti i upotrebljivosti nakon nadogradnje. Na osnovu analize uočenih oštećenja i kontrolnog proračuna dat je detaljan opis sanacionih mera u cilju povećanja trajnosti objekta.

**Abstract** - This paper includes a detailed assessment of the current state of the building by visual inspection, as well as its bearing capacity, stability and usability after the upgrade. Based on analysis of observed damage and control design a detailed description of the repair measures in order to increase the service life of structures is given.

**Ključne reči** – zidane konstrukcije, oštećenja, snacija, ojačanje, dogradnja

**UVOD**

Rad se sastoji iz dve međusobno nezavisne celine. Prva celina predstavlja teorijsko-istraživački deo sa temom „Primena materijala na bazi karbonskih vlakana za sanaciju konstrukcija u građevinarstvu”, a drugi je u vezi sa praktičnim delom koji obuhvata procenu stanja, sanaciju i rekonstrukciju zgrade Opštinske uprave Opštine Ruma.

**1. PRIMENA MATERIJALA NA BAZI KARBONSKIH VLAKANA ZA SANACIJU KONSTRUKCIJA U GRAĐEVINARSTVU****1.1 Istorijat i primena**

Carbon Fibers Reinforced Polymers ili kraće CFRP kompozitni materijal koji čine karbonska vlakna kao ojačavajuća komponenta i smola koja retribuiru sile prouzrokovane spoljašnjim naponom, što ga čini materijalom izvanrednih fizičko-mehaničkih osobina kao što su visoka čvrstoća na zatezanje, izražena krutost i mala zapreminska masa. Pored toga, on je izrazito trajan materijal, sa nemogućnošću pojave korozije. U građevinarstvu se primenjuje poslednjih 10-ak godina i smatra se armaturom budućnosti. Ojačanje konstrukcija karbonskim trakama se primenjuje u slučajevima:

- Kada se zbog nekih potreba povećava opterećenje objekta
- Kada nastane oštećenje prouzrokovano udarom vozila, požarom ili eksplozijom

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Mirjana Malešev, vanredni profesor.**

- Kada se traže veći koeficijenti sigurnosti u eksploataciji objekta
- Kada se menja konstruktivni sistem objekta (ubacivanje otvora, izbacivanje zidova..)
- Kada se zbog grešaka u projektovanju ili izvođenju u poprečnom preseku nosača pojavi manja visina ili ustanovi manja površina armature
- Aseizmičkog projektovanja

**1.2. Podela i fizičko-mehaničke osobine**

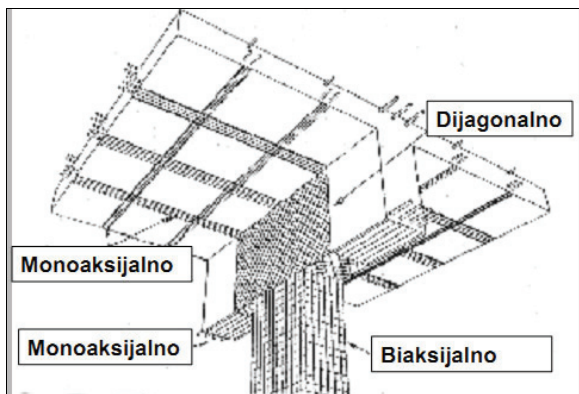
Na tržištu danas ima puno proizvođača karbonskih traka, ali su kod nas najzastupljeniji švajcarska firma *SIKA* i italijanske firme *SINIT* i *MAPEI*. Karbonske trake se izrađuju od vlakana prečnika 0.01-0.1 mm, praktično neograničenih dužina i mogu se naći u vidu dva proizvoda:

1. Trake laminati su trake kod kojih su vlakna međusobno spleljena odgovarajućim epoksidnim vezivom i proizvode se tako da im debljina iznosi oko 2 mm, a širina do cca 200 mm. One prenose opterećenje samo u podužnom pravcu, pravcu pružanja.
2. Trake tkanine se dobijaju tkanjem ”konaca” formiranih od karbonskih vlakana. Njihove efektivne (neto) debljine iznose do nekoliko desetih delova milimetara, dok su im širine od 200-1000 mm. Trake tkanine mogu da budu nosive u više pravaca u zavisnosti od položaja vlakana, pa se dele na:
  - 2.1. Monoaksijalne trake- trake koje imaju vlakna samo u jednom pravcu
  - 2.2. Biaksijalne trake- imaju vlakna u dva međusobno upravna pravca
  - 2.3. Trake sa dijagonalnim tkanjem- vlakna sa osom trake zaklapaju uglove od 45°

Na slici 1 prikazane su mogućnosti primene karbonskih traka i laminata za različite vrste ojačanja.

Fizičko mehaničke osobine:

- Moduli elastičnosti kod karbonskih traka su reda veličine kao modul elastičnosti čelika za armiranje ( $E=210000 \text{ N/mm}^2$ )
- Čvrstoća pri zatezanju je 5-10 puta veća od čvrstoće na zatezanje čelika za armiranje
- Granična deformacija pri lomu koja kod čelika za armiranje iznosi 1% ,kod karbonskih traka je uvećana i do za 70%

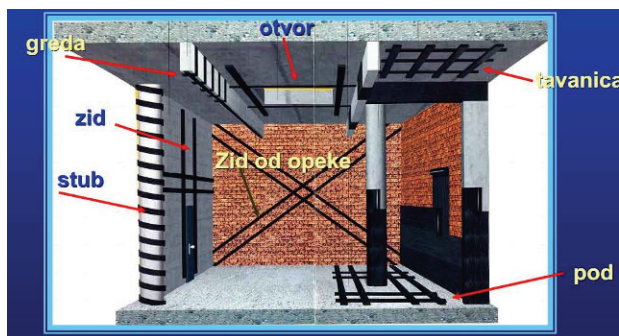


Slika 1.-Primer postupka ojačanja primenom različitih vrsta karbonskih traka

- Radni dijagram ( $\sigma$ - $\epsilon$ ) je linearan
- Vek trajanja karbonskih traka može da pređe i 50 godina, a da se pri tom ne smanje mehanička svojstva materijala

### 1.3. Primena karbonskih traka kod različitih vrstama konstrukcija

Karbonske trake i/ili laminati su našle široku primenu kod različitih vrsta konstrukcija (zidane, drvene, betonske i prednapregnute konstrukcije) (slika 2).



Slika 2.- Primena karbonskih traka na različitim elementima konstrukcije

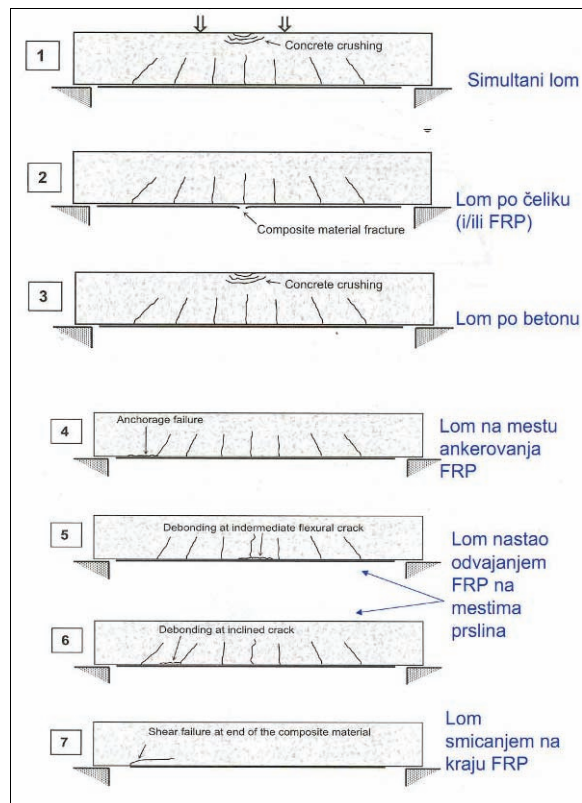
### 1.4. Proračun karbonskih traka

Dimenzionisanje i proračun karbonskih traka se zasniva na konceptu sigurnosti u odnosu na granična stanja upotrebljivosti, nosivosti i neočekivanih, slučajnih situacija (udar, požar...). Da bi se pravilno odredilo ojačanje potrebno je razumeti mehanizme loma betona i karbonskih traka (slika 3.). Rezultati testova pokazuju da betoni ojačani karbonskim trakama uvek kolabiraju zbog slomljenog betona u zategnoj zoni. Prisutnost karbonskih vlakana sa donje strane doprinosi snižavanju neutralne ose i povećava zategnutu površinu betona, pa je samim tim lom betona prouzrokovan znatno višim naponima.

Na osnovu svega prethodno rečenog o proračunu karbonskih traka, može se zaključiti da:

- Pre ojačanja potrebno je odrediti računске momente za granično stanje nosivosti i upotrebljivosti
- Za momenat pre ojačanja ( $M_0$ ) odrediti početnu dilataciju  $\epsilon_0$  krajnjeg zategnutog betonskog vlakna
- Odrediti potrebnu površinu FRP sa punim graničnim momentom ( $M_u$ ) posle ojačanja

- Proveriti ugib za granično stanje upotrebljivosti i ako je prekoračen povećati površinu FRP
- Proveriti napone u pritisnutom betonu, čeliku i FRP za granično stanje upotrebljivosti
- Proveriti prsline za granično stanje upotrebljivosti
- Proveriti atheziju FRP i betona na kraju ankerovanja
- Proveriti smicanje



Slika 3.-Načini loma ojačanog AB elementa

### 1.5. Zaključak

Na osnovu svega prethodno izloženog može se zaključiti da karbonske trake predstavljaju veoma pouzdan materijal u primeni sanacije konstrukcija. Primena ovog materijala daje širok spektar mogućnosti sanacije elemenata i njegova upotreba u potpunosti je opravdana bez obzira o kojoj vrsti materijala se radi.

Njihovom upotrebom se povećava nosivost, stabilnost i upotrebljivost konstrukcije. Međutim, koliko god imali podataka o ovima materijalu, on i dalje predstavlja "teren" za dalje istraživačke i eksperimentalne radove kao i za edukaciju stručnih lica koja će ih primenjivati u projektovanju i izvođenju.

## 2. REKONSTRUKCIJA I SANACIJA ZGRADE OPŠTINSKE UPRAVE U RUMI

### 2.1. Uvod

Zgrada Opštinske uprave Opštine Ruma se nalazi u Glavnoj ulici br.107 u Rumi. Sagrađena je 1956. godine i danas služi prvobitnoj nameni (slika 4).

Objekat je spratnosti Po+P+1+Pot, međutim kako potkrovlje nije maksimalno iskorišćeno, projektom rekonstrukcije je predviđena njegova adaptacija čime bi se objekat sveo na spratnost Po+P+2. Osnova objekta je prikazana na slici br. 5.



Slika 4.- Zgrada Opštinske uprave Opštine Ruma



Slika 5.- Objekat u osnovi

Objekat je izgrađen kao masivni, zidani konstruktivni sistem sa nosećim zidovima u oba pravca i horizontalnim serklažima. Temeljenje objekta je vršeno na AB trakastim temeljima. Objekat je zidan opekom standardnih dimenzija 6.5x12x25cm. Međuspratnu konstrukciju čini sitnorebrasta tavanica na svim etažama osim na poslednjoj, gde se nalazi puna ploča. Vertikalna komunikacija između etaža je ostvarena dvokrakim stepeništem oslonjenim na podestne nosače.

## 2.2. Procena stanja konstrukcije

Analizom procene stanja objekta došlo se zaključka da je glavni uzrok propadanja vlaga koja se dospela u zidove usled propalih instalacija za odvod atmosferalija i usled starenja hidroizolacionog materijala. Ustanovljeno je da stabilnost i nosivost objekta nisu narušeni, dok je funkcionalnost delimično narušena. Karakteristična oštećenja prikazana su na slikama br.6 i 7.



Slika 6.- Kristalizacija soli usled kapilarnog penjanja vode



Slika 7.- Promena boje, listanje i odvajanje maltera na zidovima

## 2.3. Nadogradnja objekta

Projektom nadogradnje je predviđeno da se proširi korisni prostor objekta. U tu svrhu iskorišćen je tavanaški prostor zgrade. Usvojen je isti raspored prostorija u dograđenom delu kao i u "starom" objektu. Upotrebljeni materijali su odabrani tako da ne predstavljaju veliko opterećenje za postojeću konstrukciju.

## 2.4. Statički proračun

Nakon projekta nadogradnje objekta izvršen je statički proračun konstrukcije kako bi se ustanovila nosivost i stabilnost novoprojektovane konstrukcije. Proračun je obuhvatio analizu gravitacionog opterećenja od stalnog i povremenog opterećenja i analizi seizmičkih uticaja. Seizmički uticaji su određeni pomoću programskog paketa *Tower 6*.

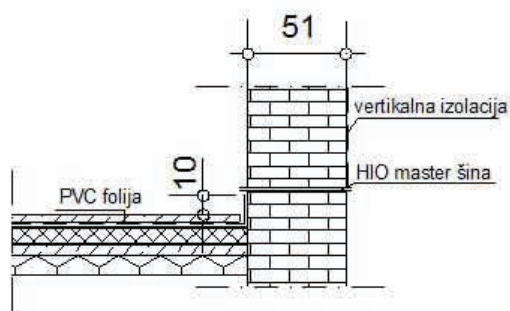
## 2.5. Ocena stanja objekta nakon nadogradnje

Analizom rezultata je utvrđeno da je, nakon nadogradnje objekta, potrebno izvršiti ojačanje trakastih temelja ispod podužnih i poprečnih nosećih zidova, kao i ojačanje pojedinih zidova, čime se povećava stabilnost objekta u smislu aseizmičkog projektovanja.

## 2.6. Predlog sanacionih mera

Predlog sanacionih mera, kojima se produžava trajnost objekta, obuhvata:

- Postavljanje horizontalne hidroizolacije na nivou podruma HIO metodom,
- Postavljanje vertikalne hidroizolacije (slika 8),
- Zamena instalacija za odvod atmosferalija i
- Zamena površinskih delova ploča oštećenih usled vlage.

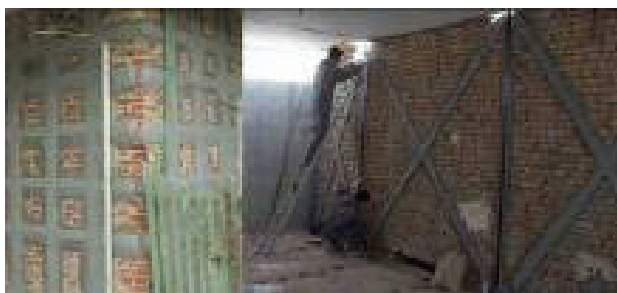


Slika 8.- Postavljanje horizontalne i vertikalne hidroizolacije

### 2.7. Predlog mera za ojačanje konstrukcije

Ojačanje konstrukcije se, pre svega, odnosi na ojačanje temelja i zidova u cilju povećanja nosivosti konstrukcije i ona podrazumeva:

- Povećanje širine temeljne stope podbetoniranjem armirano betonskih temeljnih traka ispod postojećih temelja,
- Ojačanje pojedinih zidova zidnim platnima vodeći ih kroz nivo podruma, prizemlja i prve etaže i
- Ojačanje pojedinih zidova prizemlja i prve etaže karbonskim trakama laminatima (slika 9)



Slika 9.- Ojačanje zidanih zidova karbonskim trakama-laminatima

### 3. ZAKLJUČAK

Sanacijom i ojačanjem povećana je trajnost, stabilnost i seizmički otpor konstrukcije, dok je rekonstrukcijom obezbeđena znatno bolja i kvalitetnija funkcionalnost i upotrebljivost.

### 4. LITERATURA

[1] Grupa autora: *Beton i armirani beton prema BAB87, knjiga 2 – Primeri i prilozi*, Univerzitetska štampa, Beograd, 2000.

[2] M. Malešev, V. Radonjanin: *Skripta sa predavanja Procena stanja i održavanje građevinskih objekata*, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

[3] M. Malešev, V. Radonjanin: *Skripta sa predavanja Oštećenja i sanacija zidanih konstrukcija*, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

[4] M. Muravljev, B. Stevanović, *Zidane i drvene konstrukcije zgrada*, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 2003.

[5] M. Gojković, B. Stevanović, *Drvene konstrukcije*, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 2001.

[6] B. Blagojević, *Građevinske konstrukcije*, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd, 1996.

[7] M. Radović, *Ravni krovovi-održavanje i popravke*, Građevinska knjiga d.o.o, 2006.

[8] N. Denić, A. Dekić, *Priručnik za hidroizolaciju zgrada ispod nivoa terena i ravni krovovi*, FIM Kanjiža, Kanjiža, 1994.

[9] D. Najdanović, *Skripta sa predavanja: Sanacije, rekonstrukcije i održavanje betonskih konstrukcija u visokogradnji*, Građevinski fakultet, Beograd.

[11] Naučni rad: J. Vandergrift, J. Gergely, D.T. Yang: *CFRP Retrofit of masonry walls*

[12] Internet adrese: <http://srb.sika.com/>,

<http://www.hio-technology.com/>,

<http://www.akroterij.hr/karbonska.htm>,

### Kratka biografija:



**Ana Veljković** rođena je u Rumi 1983. godine. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstvo – Procena stanja, održavanje i sanacija građevinskih objekata odbranila je 2011. godine.



**Mirjana Malešev** rođena je u Zmajevu 1958. godine. Doktorirala je na Građevinskom fakultetu u Beogradu 2003. godine, a od 2008. godine je vanredni profesor na FTN. Oblast interesovanja su joj materijali u građevinarstvu, tehnologija betona, procena stanja i sanacija betonskih konstrukcija.

НУМЕРИЧКА АНАЛИЗА РОТАЦИОНО ПОПУСТЉИВИХ ВЕЗА  
 NUMERICAL ANALYSIS OF SEMI - RIGID JOINTS

Филип Никетић, Душан Ковачевић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област – ГРАЂЕВИНАРСТВО

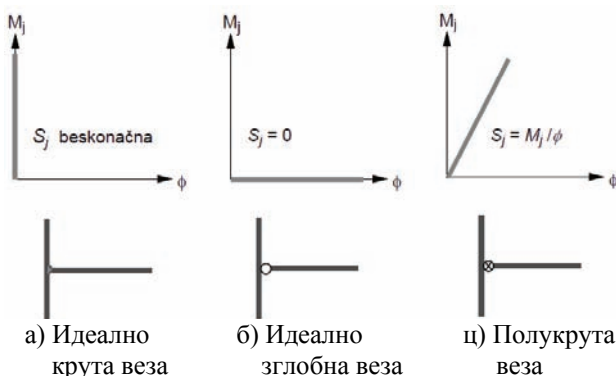
**Кратак садржај** – У раду је приказана анализа полукрутих веза и њиховог утицаја на прерасподелу напона у попречним пресецима дрвених носача. Формулисана је матрица крутости штапа са полукрутим везама при чему се пошло од коефицијента- процента укљештења као параметра. На практичном примеру пројектоване хале од ЛЛД упоређени су дијаграми момента савијања на моделу са идеалним везама (крути углови, зглобови) и моделу са ротационо попустљивим везама.

**Кључне речи:** полукруте везе, матрица крутости, проценат укљештења, дрво, челик

**Abstract** – This paper presents the analysis of semi rigid connections, and their influence on the redistribution of stress in timber beam cross sections. Stiffness matrix of a beam with semi rigid joint, in which coefficient (percent) of incarceration was used as a parameter was also defined. On the example of designed glulam storage hall, the comparison of bending moments on two models is made: one with ideal connections (rigid and/or pinned joints) and the other with real connections (semi rigid joints).

1. УВОД

У традиционалном поступку анализе (линеарне или нелинеарне, статичке или динамичке) оквирних конструкција полази се, између осталог, од претпоставке да су у чворовима остварене или апсолутно круте или идеално зглобне везе. У великом броју случајева ова претпоставка није оправдана, и представља само граничне случајеве реалног понашања описаног односом момента савијања  $M_i$  и угла ротације  $\phi_i$  (слика 1.1).



Слика 1.1 – Идеализовани М-φ дијаграми веза

НАПОМЕНА:

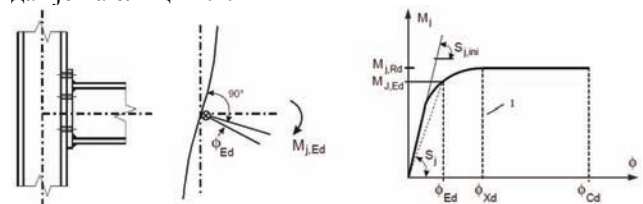
Овај рад пристекао је из дипломског-мастер рада чији ментор је др Душан Ковачевић, ванр. проф.

Наиме, технологија извођења елемената чворова код дрвених, челичних и монтажних бетонских конструкција, условљава понашање које не одговара ни крутој ни зглобној вези, и допушта делимичну релативну ротацију крајњих попречних пресека штапова који се сустичу у чвору.

2. М-Φ ДИЈАГРАМИ ВЕЗА

Основне особине везе на основу којих може да се дефинише њен утицај на понашање конструкције добија се на основу криве момент-ротација (М-φ дијаграма). Она описује зависност између момента савијања који делује у пресеку на месту везе ( $M_{j,Ed}$ ) и ротације крајњег попречног пресека греде у односу на стуб са којим је спојена ( $\phi_{Ed}$ ).

Пример једне челичне попустљиве везе, са М-φ дијаграмом и свим карактеристичним вредностима дат је на слици 2.1.



Слика 2.1 - М – φ дијаграм код челичне везе

Три главна параметра којима се карактерише понашање једне везе су:

- 1) Ротациона крутост и почетна ротациона крутост ( $S_j$  и  $S_{j,ini}$ ),
- 2) Отпорност ( $M_{j,Rd}$ ) и
- 3) Ротациони капацитет ( $\phi_{Cd}$ ).

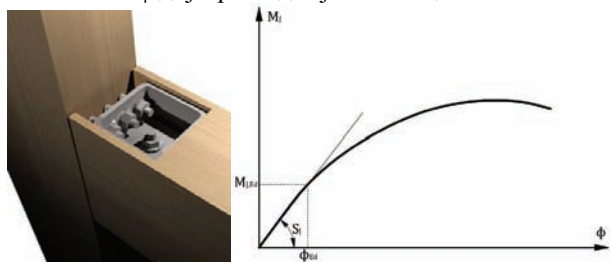
Почетна ротациона крутост везе дефинисана је нагибом тангенте на кривој М-φ и користи се искључиво при еластично-линеарној анализи конструкције.

Ротациона крутост везе дефинисана је секантом која спаја координатни почетак дијаграма са тачком на кривој која одговара експлоатационом моменту савијања у пресеку на месту везе ( $M_{j,Ed}$ ). Она се користи при пластичној и еласто-пластичној анализи конструкције и важи само до тренутка када ротација везе прекорачи границу  $\phi_{Xd}$ , у којој експлоатациони момент савијања достиже момент пластичности ( $M_{j,Rd}$ ).

Отпорност везе дефинисана је моментом пластичности везе ( $M_{j,Rd}$ ), који уједно представља максималну вредност момента у М-φ дијаграму и представља граничну носивост саме везе.

Ротациони капацитет везе ( $\phi_{Cd}$ ) дефинисан је граничном ротацијом достигнутом при граничној носивости.

Пример једне челичне везе у дрвеним конструкцијама и њеног М- $\phi$  дијаграма дат је на **слици 2.2**.



**Слика 2.2** - М –  $\phi$  дијаграм везе у дрвеним конструкцијама остварене челичним елементима

Упоредивањем приложених дијаграма момент – ротација (на **сликама 2.1** и **2.2**) уочава се јасна разлика: док се у челичним конструкцијама испољавају три јасне зоне понашања (еластична, еласто-пластична и пластична) у дрвеним конструкцијама то није случај. Нелинеарност је веома изражена, па се већ у првом тренутку бележи извесан пад крутости и попуштање везе, што је, између осталог, последица нехомогености и ортотропности дрвета као материјала. Битно је приметити да се приликом повећања момената савијања до граничне вредности, лом увек јавља у дрвету, те је носивост читаве везе диктирана носивошћу спојених дрвених елемената.

Иако је ротациону крутост тешко дефинисати, може се узети као нагиб секанте која спаја координатни почетак дијаграма са тачком на кривој која одговара експлоатационом моменту савијања у пресеку на месту везе ( $M_{j,Ed}$ ).

### 3. КЛАСИФИКАЦИЈА ВЕЗА

Класификација веза у челичним конструкцијама далеко је комплекснија него што се то на први поглед чини. Она зависи од врсте теорије која је примењена при анализи оквира, крутости везе, њене отпорности, али и од степена тачности, односно детаљности, коју желимо да постигнемо прорачунским моделом. Eurocode 3 дели везе на три класе:

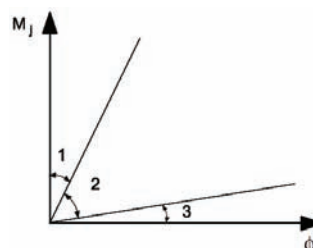
- 1) Једноставне (Simple), за које се при пројектовању сматра да нису у стању да приме и пренесу момент савијања;
- 2) Континуалне (Continuous), за које се при пројектовању сматра да имају бесконачну крутост и отпорност, и
- 3) Полукоонтинуалне (Semi-continuous), за које се при пројектовању сматра да немају бесконачну крутост и отпорност, те да се ови ефекти морају узети у обзир при глобалној анализи конструкције.

Ово значи, да се за разлику од досадшњег моделирања објеката које је везе третирали искључиво као једноставне или континуалне, сада отвара могућност за повећану тачност, која се добија применом полукоонтинуалних веза. Детаљна подела дата је у **табели 3.1**.

Врста прорачунске теорије	Подела веза		
	Зглобна	Крута	Полукрута
Еластична	Зглобна	Крута	Полукрута
Пластична	Зглобна	Пуна отпорност	Делимична отпорност
Еласто - пластична	Зглобна	Крута и пуна отпорност	Полукрута и делимична отпорност Полукрута и пуна отпорност Крута и делимична отпорност
Класа везе	Једноставна	Континуална	Полуконтинуална

**Табела 3.1** – Подела веза у ЧК према ЕС3

Тачне границе између зглобне, полукруте и круте везе, у ЕС3 дате су с обзиром на њихову почетну крутост ( $S_{j,ini}$ ), зонама на М- $\phi$  дијаграму (**слика 3.1**).



**Слика 3.1** – Зоне крутости

Зона 1 (крута веза):

$$S_{j,ini} \geq 25 EI_b/L_b \text{ за неукрућен оквир;}$$

$$S_{j,ini} \geq 8 EI_b/L_b \text{ за укрућен оквир;}$$

Зона 2 (полукрута веза):

$$0,5 EI_b/L_b < S_{j,ini} < 25 EI_b/L_b \text{ за неукрућен оквир;}$$

$$0,5 EI_b/L_b < S_{j,ini} < 8 EI_b/L_b \text{ за укрућен оквир;}$$

Зона 3 (зглобна веза):

$$S_{j,ini} \leq 0,5 EI_b/L_b$$

При томе се за укрућени оквир узима онај чије је хоризонтално померање смањено за 80%, те се ефекти другог реда могу занемарити. У претходно поменутих формулама, Е представља Young-ов модул еластичности, а  $I_b$  и  $L_b$ , момент инерције и дужину греде, ретроспективно.

Што се тиче класификације дрвених веза, она није толико детаљна. Према ЕС 5, везе се деле на:

- 1) Круте (Rigid);
- 2) Полу – круте (Semi rigid).

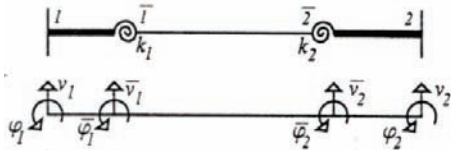
У круте спадају само залепљене везе, док се све остале (формиране помоћу ексера, завртњева, чивија, можданика или било ког другог механичког спојног средства) сматрају полукрутим, а степен њихове крутости је, због нехомогености и ортотропности дрвета као материјала (чак и ЛЛД), најсигурније одредити експериментално.

### 4. МАТРИЦА КРУТОСТИ ГРЕДНОГ ЕЛЕМЕНТА СА РОТАЦИОНО ПОПУСТЉИВИМ ВЕЗАМА

Приликом извођења матрице крутости, јавља се проблем недовољног броја познатих контурних услова на крајевима штапа (по силама и/или померањима), који су неопходни за извођење итерационих функција штапа. Ове функције, које описују деформисани облик штапа за одређено стање померања, користе се за одређивање сила на његовим крајевима, а самим тим и елемената матрице крутости. Зато се решавању проблема приступа на други начин.

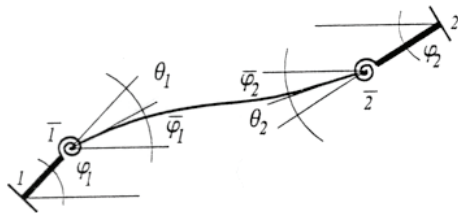
Треба приметити да попуштање веза нема никаквог утицаја на промену аксијалних сила у штапу, те су елементи матрице крутости који се односе на ово стање померања исти као код обострано укљештеног или простог штапа, дакле усвојене су линеарне интерполационе функције за дефинисање подужних померања  $N_1=1-x/L$  и  $N_4=x/L$ .

Код штапа са полукрутим везама, треба разликовати генералисана померања крајева штапа од генералисаних померања чворова (слика 4.1).



Слика 4.1 – Генералисана померања чворова и крајева штапа

Код штапова са апсолутно крутим везама, ова померања су иста, међутим у случају полукрутих веза  $v_i$  и  $\varphi_i$  су већи од  $\bar{v}_i$  и  $\bar{\varphi}_i$ . Већ је речено да се занемаривањем разлике која настаје у вертикалним померањима апсолутно крутог и полукрутог чвора праве занемарљиво мале грешке, тако да је  $v_1 = \bar{v}_1$  и  $v_2 = \bar{v}_2$ . Међутим  $\varphi_1 \neq \bar{\varphi}_1$  и  $\varphi_2 \neq \bar{\varphi}_2$  (слика 4.2).



Слика 4.2 – Ротације чворова и крајева штапа

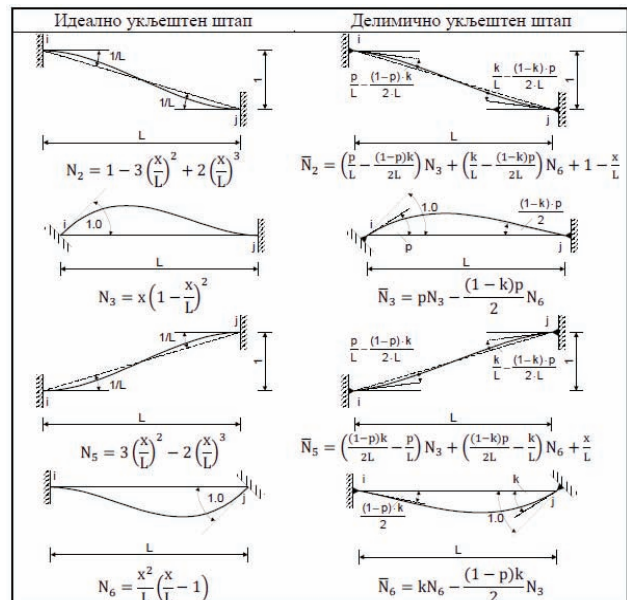
Однос ротације крајњег попречног пресека штапа  $\bar{\varphi}_i$  и ротације чвора  $\varphi$  може да се дефинише као степен, тј. коефицијент укљештења. За леви и десни крај штапа коефицијенти укљештења су:

$$p = \frac{\bar{\varphi}_1}{\varphi_1} \text{ и } k = \frac{\bar{\varphi}_2}{\varphi_2}$$

Нулта вредност коефицијента "р" или "к" означава идеално зглобну везу крајњег попречног пресека штапа и одговарајућег чвора, а јединична вредност коефицијента одговара идеално крутој вези. Варирањем вредности коефицијената "р" и "к" ( $0 \leq p \leq 1$  и  $0 \leq k \leq 1$ ) могу да се моделирају сви " типови " штапа (зглобна веза на једном или оба краја, идеално крута веза и веза произвољног степена попустљивости).

За интерполационе функције делимично укљештеног штапа усвајају се линеарне комбинације L'Hermite-ових полинома (трећег степена) који се уобичајено користе за дефинисање поља попречних померања код идеално укљештених штапова.

У табели 4.1 дате су деформисане линије и интерполационе функције за случај активирања одговарајућих степени слободе правог призматичног штапа ( $N_2, N_3, N_5$  и  $N_6$ ).



Табела 4.1 – Интерполационе функције за потпуно и делимично укљештен штап

Елементи матрице крутости  $\mathbf{K}$  могу да се одреде помоћу следећих израза:

$$\bar{\mathbf{M}} = -EI \frac{d^2 \bar{N}_i}{dx^2} \quad \bar{\mathbf{T}} = -EI \frac{d^3 \bar{N}_i}{dx^3}$$

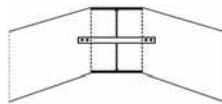
Уз вођење рачуна о конвенцији о позитивном знаку унутрашњих и генералисаних сила, тачније стављајући да је  $\mathbf{M}_i = -\mathbf{M}_k = \mathbf{M}$  и  $\mathbf{T}_i = -\mathbf{T}_k = -\mathbf{T}$  добија се:

$$\mathbf{K} = \begin{bmatrix} \frac{EF}{L} & 0 & 0 & -\frac{EF}{L} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{3EI}{L^3}(p+k+2pk) & \frac{3EI}{L^2}p(1+k) & 0 & -\frac{3EI}{L^3}(p+k+2pk) & \frac{3EI}{L^2}k(1+p) \\ 0 & \frac{3EI}{L^2}p(1+k) & \frac{EI}{L}p(3+k) & 0 & -\frac{3EI}{L^2}p(1+k) & \frac{2EI}{L}pk \\ -\frac{EF}{L} & 0 & 0 & \frac{EF}{L} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{3EI}{L^3}(p+k+2pk) & -\frac{3EI}{L^2}p(1+k) & 0 & \frac{3EI}{L^3}(p+k+2pk) & -\frac{3EI}{L^2}k(1+p) \\ 0 & \frac{3EI}{L^2}k(1+p) & \frac{2EI}{L}pk & 0 & -\frac{3EI}{L^2}k(1+p) & \frac{EI}{L}k(3+p) \end{bmatrix}$$

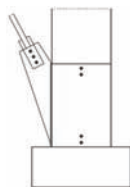
## 5. МОДЕЛИРАЊЕ ХАЛЕ СА РОТАЦИОНО ПОПУСТЉИВИМ ВЕЗАМА

Детаљнијом анализом пројекта хале од ЛЛД намењене за складиштење грађе у кругу фабрике „Пирамида“ у Сремској Митровици, дошло се до закључка да су две везе у главном раму полукруте, што би значило да су, за разлику од претпоставке коришћене при прорачуну статичких и динамичких утицаја (лук на три зглоба), у стању да прихвате и пренесу одређени момента савијања. Реч је о зглобној вези у врху рама (сика 5.1), и вези стуба главног носача са темељем (сика 5.2). На слици 5.3 дат је средњи рам хале на којем су поменуте везе означене.

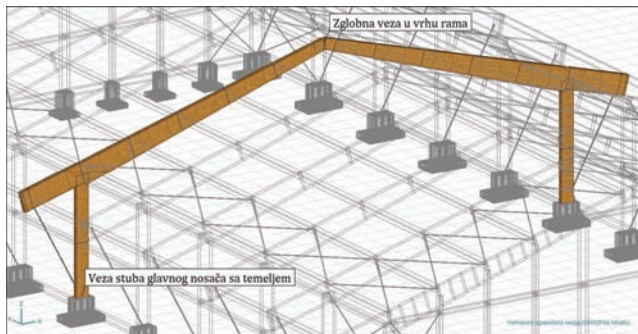
Поменуте зглобне везе у првом кораку су замењене крутим (100% укљештење), како би се добио моменат савијања у меродавном пресеку.



Слика 5.1 – Зглобна веза у врху рама



Слика 5.2 – Вежа стуба главног носача са темељем



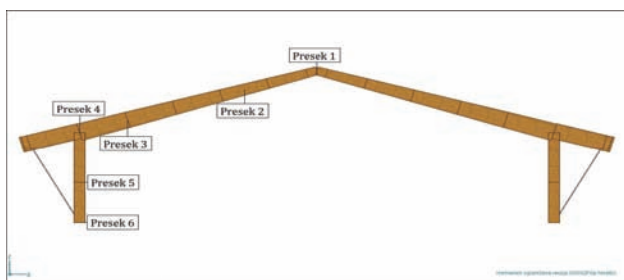
Слика 5.3 – Средни рам хале са означеним везама

Са М-ф дијаграма (Milan Vašek- Semi rigid Timber Frame and Space Structure Connections by Glued-in Rods; стр. 6 слика 3) за везе које се највише подударају са пројектованим, прочитан је ниво крутости који је унет у првобитни модел хале (табела 5.1).

Веза	Апсолутно мах моменат савијања око у осе - $M_y$ [kNm]	Почетна крутост везе - $S_{ini}$ [kNm/rad]	Процентуална крутост веза [%]
Зглобна веза у врху рама	38.833	647	10.41
Вежа стуба главног носача са темељем	21.387	3160	54.39

Табела 5.1 – Почетне крутости веза

Упоредивањем утицаја добијених моделирањем хале на традиционалан начин и коришћењем полукрутих веза уочавају се одређене разлике, чак и на овако једноставним моделима. У табели 5.2 дати су моменти савијања у пресецима означеним на слици 5.4.



Слика 5.4 – Посматрани пресеци

## 6. ЗАКЉУЧАК

Увођење полукрутих веза у нумеричку анализу је значајан помак у напред. Правилно усвајање контурних услова штапова, битно утиче на величину и распоред пресечних сила у свим елементима носећег система.

Тачност резултата је императив модерног пројектовања, те у том смислу имплементација

ротационо попустљивих веза у матрицу крутости штапова представља први и основни услов.

Пресек	Моменат савијања око у осе - $M_y$ [kNm]						Процентуална разлика момената савијања [%]	
	Модел са зглобним везама		Модел са полукрутим везама		min	max		Средње
	min	max	min	max				
Греда главног носача	1	0	0	-6.573	-0.360	-	-	-
	2	36.364	41.165	-37.480	38.372	3.069	7.279	5.147
	3	9.560	162.826	9.350	157.617	2.137	3.305	2.721
	4	4.226	303.671	4.326	304.842	2.366	0.386	1.375
Стуб главног носача	5	-	3.939	-13.205	-0.907	21.661	293.9	157.781
	6	0	0	-10.230	-2.262	-	-	-

Табела 5.2 – Моменти савијања у меродавним пресецима традиционалног модела и модела са полукрутим везама

Уколико се њихова попустљивост изрази процентуално, избегавају се сингуларна решења у граничним случајевима (зглобне и круте везе), што није случај када се примењује иницијална крутост дата као однос момената савијања и угла ротације (kNm/rad).

## 7. ЛИТЕРАТУРА

1. Душан Ковачевић (2006) – МКЕ моделирање у анализи конструкција, Грађевинска књига а.д. Београд, (336 страна)
2. Д. Ковачевић и Ж. Јањић (2010): AxisVM® Ver. 10.0 – Програм за анализу конструкција – Упутство, превод оригиналног упутства, HiCAD d.o.o. Нови Сад, (310 страна)
3. Eurocode 3 – Final Draft prEN 1993-1-8 (December 2003): Design of steel structures – Part 1.8: Design of joints, CEN (130 страна)
4. Eurocode 5 – DD ENV 1995-1-1:1994: Design of timber structures (November 2004) – Part 1.1: General rules and rules for buildings, CEN (102 стране)
5. Milan Višek (2006) - Semi rigid Timber Frame and Space Structure Connections by Glued-in Rods IABSE Congress, Budapest pp. ISBN 3-85748-114-5. (8 страна)  
Preuzeto sa site - a: [www.ewpa.com/Archive/2008/june/Paper\\_164.pdf](http://www.ewpa.com/Archive/2008/june/Paper_164.pdf)  
Preuzeto: 20.7.2011.
6. Миодраг Секуловић, Душан Ковачевић (1997) - Утицај ротационе попустљивости чворова на нелинеарно понашање оквирних система, XXI Конгрес теоријске и примењене механике, Врњачка Бања (8 страна)

## Кратка биографија:



**Филип Никетић** рођен 15.8.1987.год. у Крагујевцу. Дипломирао је у октобру 2010. на Грађевинском одсеку ФТН-а са просечном оценом 9,95. Најбољи студент Департмана за грађевинарство од 2006 до 2011 год.



**Душан Ковачевић** рођен 5.10.1959.год. у Новом Саду. Дипломирао је 1985. на Грађевинском одсеку ФТН-а са просечном оценом 9.23. Докторску дисертацију "Нумеричко моделирање понашања армиранобетонских оквира оптерећених сеизмичким силама" одбранио 29. јуна 2001. на Грађевинском факултету у Београду. У звање ванредног професора за област Теорија конструкција изабран је 2006. год., на Департману за грађевинарство, ФТН-а.

**UTVRĐIVANJE EMISIJE UGLJEN DIOKSIDA I TROŠKOVA ODRŽAVANJA NA KORIDORU XI****DETERMINATION OF CARBON DIOXIDE EMISSIONS AND MAINTENANCE COSTS FOR THE CORRIDOR XI**Milica Gačević, Jovan Tepić, Ilija Tanackov, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – SAOBRAĆAJ**

**Kratak sadržaj** – U radu je utvrđena ukupna dnevna kao i godišnja cena sanacije ugljen dioksida na Koridoru XI (Ibarska magistrala) kroz Srbiju za određene kategorije vozila u 2009. godini. Takođe je dat predlog mera za sanaciju, odnosno smanjenje ugljen dioksida i troškova održavanja na Ibarskoj magistrali sa ciljem zaštite životne sredine i smanjenja potrošnje energije u Republici Srbiji.

**Abstract** – The study showed the total daily and annual price recovery of carbon dioxide at the Corridor XI (Ibar highway) through Serbia for certain categories of vehicles in 2009. year. Then and maintenance costs. It was also given a proposal of measures for rehabilitation and reducing carbon dioxide emissions and maintenance costs on the Ibar highway in order to protect the environment and reducing energy consumption in the Republic of Serbia.

**Ključne reči:** Tehnologija železničkog saobraćaja, proračun, emisija ugljen dioksida, troškovi održavanja

**1. UVOD**

Prelaskom u novi milenijum čovečanstvo se našlo pred velikim brojem izazova. Svedoci smo svakodnevnih upozorenja koja ukazuju na velike probleme koji se javljaju u svim oblastima čovekovog života i rada, bilo kao pojedinca, bilo kao člana uže sredine ili ljudske zajednice u celini.

Sama industrijalizacija i razvoj novih tehnologija značajno su uticali na razvoj saobraćaja, sa progresivnim povećanjem broja vozničkih jedinica.

Brojna istraživanja pokazuju da je udeo saobraćaja u zagađivanju životne sredine znatan, prvenstveno zbog sagorevanja fosilnih goriva, pa je saobraćaj postao jedan od najvećih zagađivača životne sredine [1].

U ekološkom pogledu, razvijene zemlje sveta favorizuju grane saobraćaja čiji je udeo u degradaciji životne sredine najmanji. Sve više pooštravaju kriterijume u oblasti drumskog saobraćaja.

Ekspanzijom industrije u proteklom veku, a samim tim i saobraćajne delatnosti, dolazi do masovnog emitovanja štetnih materija koje imaju veliki uticaja na životnu sredinu. Jedan od nusprodukata sagorevanja pogonskog goriva je ugljen dioksid koji je i osnovni "krivac" za

stvaranje efekta staklene bašte, odnosno globalnog zagrevanja planete.

Tendencije su da se u realizaciji saobraćaja na Koridoru XI (Ibarska magistrala) ostvare što veći efekti, uključujući i sve veće mere ekološke zaštite, huckepack transport, tj. sama Tehnologija A je već duži period zastupljena na određenim pravcima u zemljama Evropske Unije. Ovaj vid prevoza kompletnih drumskih vozila železnicom na opterećenim saobraćajnim pravcima (ROLA transport) pokazao je u dosadašnjoj praksi mnoge prednosti kako u smislu bržeg i jeftinijeg prevoza robe, tako i u smislu smanjenja zagađenja životne okoline[2].

Železnica je najmanji zagađivač atmosfere, obzirom da za pogonsko gorivo koristi električnu energiju, zauzima manje prostora za infrastrukturu od autoputeva i bezbednija je od drumskog saobraćaja.

**2. ŽIVOTNA SREDINA**

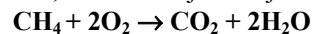
U uslovima kada saobraćaj kao delatnost, u našoj zemlji, ponovo dolazi do izražaja uključivanjem u evropske tokove, neophodno je da se pristupi realizaciji politike zaštite i unapređenja životne sredine.

Najveći proizvođači ugljen dioksida (CO<sub>2</sub>), koji stvara efekat staklene bašte, su industrija (35%) i saobraćaj (42%).

Glavni razlozi velike emisije CO<sub>2</sub> iz drumskog saobraćaja su :

- starost i malo obnavljanje voznog parka i
- tehnički nivo voznog parka.

Proces sagorevanja najjednostavnijeg ugljovodonika iz reda alkana, metana dat je hemijskom jednačinom [3]:



**1 kg metana za sagorevanje troši 4 kg kiseonika!**

**1 kg metana pri sagorevanju emituje 2,75 kg CO<sub>2</sub>!**

**3. ELEMENTI STRATEGIJE ODRŽIVOG RAZVOJA**

Nacionalna strategija održivog razvoja Republike Srbije [4] definiše održivi razvoj kao ciljnoorijentisan, dugoročan, neprekidan, sveobuhvatan i sinergetski proces koji utiče na sve aspekte života (ekonomski, socijalni, ekološki i institucionalni) na svim nivoima.

Održivi razvoj podrazumeva izradu modela koji na kvalitetan način zadovoljavaju društveno-ekonomske potrebe i interese građana, a istovremeno uklanjaju ili znatno smanjuju uticaje koji prete ili štete životnoj sredini i prirodnim resursima.

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad je proistekao iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Jovan Tepić, vanredni profesor**

Cilj Strategije je da uravnoteži tri ključna faktora, tj. tri stuba održivog razvoja: održivi razvoj ekonomije, privrede i tehnologije, održivi razvoj društva na bazi socijalne ravnoteže i zaštitu životne sredine uz racionalno raspolaganje prirodnim resursima.

Istovremeno, cilj strategije je da spoji ta tri stuba u celinu koju će podržavati odgovarajuće institucije.

Strategija značajno doprinosi usklađivanju mogućih suprotstavljenih ciljeva utvrđenih s različitim aspekata društveno-ekonomskog razvoja, premošćavanju jaza između sektorskih politika, kao i uspostavljanju sistema uzajamnih prednosti. To je postignuto jer su u izradi Strategije učestvovala sve ključne društvene grupe.

#### 4. STRATEGIJA TRANSPORTA

Strategijom razvoja železničkog, drumskog, vodnog, vazdušnog i intermodalnog transporta u Republici Srbiji od 2008. do 2015. godine [5], utvrđuje se stanje u tim oblastima transporta, uspostavlja se koncept razvoja infrastrukture i transporta, definišu se dugoročni i oročeni ciljevi razvoja transportnog sistema i akcioni plan za njihovu realizaciju, a imajući u vidu potrebu za održivim razvojem transporta u Republici Srbiji.

Faze razvoja železničkog, drumskog, vodnog, vazdušnog i intermodalnog transporta u Republici Srbiji su: obnova, rekonstrukcija, modernizacija i izgradnja.

Brzina realizacije navedenih faza varira, razlikuje se po vidovima saobraćaja i zavisi od političkih interesa EU i drugih članica međunarodne zajednice, međunarodnih finansijskih institucija, finansijske sposobnosti države i razvoja političke situacije u Republici Srbiji.

#### 5. KORIDOR XI

Koridor XI (Ibarska magistrala) je naziv za magistralni put M22 u Srbiji koji jednim svojim delom prati reku Ibar, po kojoj je i dobila ime. Na deonici Beograd – Čačak, ide trasom evropskog puta E763, a Čačak – Kraljevo – E puta E761.

Ibarska magistrala povezuje Beograd sa zapadnom Srbijom, severom Kosova i Metohije i Crnom Gorom.

Magistrala prolazi kroz sledeća veća mesta: Beograd, Ljig, Gornji Milanovac, Čačak, Kraljevo, Raška, Novi Pazar i Kosovska Mitrovica [6].

Ibarska magistrala ima veliki značaj u povezanosti prema turističkim centrima kao što su Zlatibor, Tara, Mokra Gora, Crnogorsko primorje.

Na slici 1. prikazan je položaj Koridora XI u Srbiji.

#### 6. PRORAČUN EMISIJE UGLJEN DIOKSIDA I TROŠKOVA ODRŽAVANJA

Analiza emisije ugljen dioksida na Ibarskoj magistrali obavljena je na osnovu podataka o brojanju saobraćaja koje je izvelo JP "Putevi Srbije" u 2009. godini. Brojanje je izvedeno automatskim brojačima 24 sata dnevno tokom cele godine. Na osnovu toga dobijeni su podaci o prosečnom godišnjem dnevnom saobraćaju (PGDS) na svakoj pojedinačnoj deonici Ibarske magistrale. Prilikom brojanja saobraćaja, vozila su razvrstana u šest kategorija, a to su: putnički automobili (PA), autobusi (BUS), laka

teretna vozila (LT), srednje teretna vozila (ST), teška teretna vozila (TT) i auto vozovi (AV).



Slika 1. Položaj Koridora XI u Srbiji

Zbirni prikaz broja kolskih kilometara za Ibarsku magistralu dat je u tabeli 1.

Tabela 1. Broj kolskih kilometara za Ibarsku magistralu

Deonica	PA	BUS	LT	ST	TT	AV	Ukupno
M 22	3.338.313	38.689	59.856	125.144	203.992	260.149	4.026.144
M 23	634.486	8.439	14.171	20.951	26.308	31.499	735.853
							4.761.997

Iz tabele 1. vidimo da se na celoj dužini Ibarske magistrale dnevno ostvari 4.761.997 kolakm ili po jednom km puta dnevno se u proseku ostvari 11.205 kolakm.

Najveći procenat učešća u PGDS-u imaju putnička automobili 84,12%, onda slede auto vozovi 5,91%, teška teretna vozila 4,59%, srednje teretna vozila 3,03%, laka teretna vozila 1,43% i autobusi 0,92%.

Za prosečnu potrošnju goriva na 100 kilometara po kategorijama vozila usvojeni su podaci prema tabeli 2.

Tabela 2. Prosečna potrošnja goriva po kategorijama vozila

Kategorija vozila	PA	BUS	LT	ST	TT	AV
Prosečna potrošnja goriva $m_G$ [litara/100 km]	7	22	10	22	30	33

Zbirni prikaz prosečne dnevne potrošnje goriva u kilogramima po kategorijama vozila za Ibarsku magistralu u 2009. godini dat je u tabeli 3.

Tabela 3. Prosečna dnevna potrošnja goriva u kilogramima na Ibarskoj magistrali u 2009.

Deonica	PA	BUS	LT	ST	TT	AV	Ukupno
M 22	198630	7235	5088	23402	52018	72972	359345
M 23	37752	1577	1204	3918	6708	8836	59995
							419340

Na osnovu podatka iz tabele 3. možemo konstatovati da vozila na Ibarskoj magistrali prosečno dnevno potroše 419.340 kilograma goriva, odnosno na godišnjem nivou:

**153.059.355 kilograma godišnje**

Uzimajući u obzir da osnovu goriva čine u većini alkani, alkeni i ciklični ugljikovodici, od kojih je najzastupljeniji alken metan, a da iz 1 kilograma metana pri sagorevanju nastaje 2,75 kg ugljen dioksida, onda na osnovu podataka iz tabele 3. možemo izračunati dnevnu emisiju ugljen dioksida u tonama na Ibarskoj magistrali u 2009. godini (tabela 4.).

**Tabela 4. Dnevna emisija ugljen dioksida u tonama na Ibarskoj magistrali u 2009.**

Deonica	PA	BUS	LT	ST	TT	AV	Ukupno
M 22	546,23	19,90	13,99	64,36	143,05	200,67	988,20
M 23	103,82	4,34	3,31	12,67	21,70	28,59	194,43
							1.162,63

Na osnovu podatka o ukupnoj dnevnoj emisiji CO<sub>2</sub> iz tabele 4, možemo izračunati emisiju ugljen dioksida na Ibarskoj magistrali u toku 2009. godine:

**1.162,63 x 365 = 424.360,51 tona godišnje**

Cena sanacije CO<sub>2</sub> u toku dana na Ibarskoj magistrali, je izračunata:

$$C = G \cdot m_{CO_2} \cdot c,$$

gde je:

$C$  – cena sanacije ugljen dioksida [evra],

$G$  – masa goriva u kilogramima [kg],

$m_{CO_2}$  – masa CO<sub>2</sub> nastala sagorevanjem 1 kg goriva [kg/kg] i

$c$  – cena sanacije jedne tone CO<sub>2</sub> [evra/toni].

Uz  $m_{CO_2} = 2,75$  kg/kg i  $c = 120$  evra/toni i podacima o prosečnoj dnevnoj potrošnja goriva u 2009. godini iz tabele 3. dobijamo ukupnu cenu sanacije CO<sub>2</sub> u toku dana na celoj Ibarskoj magistrali, kako je prikazano u tabeli 5. Ako se prikazani podaci u tabeli 5. i cena sanacije CO<sub>2</sub> u toku jednog dana pomnoži sa 365 dana u godini, dobijamo podatak o godišnjoj ceni sanacije CO<sub>2</sub> na Ibarskoj magistrali:

**Tabela 5. Cena sanacije CO<sub>2</sub> u evrima u toku jednog dana na Ibarskoj magistrali u 2009.**

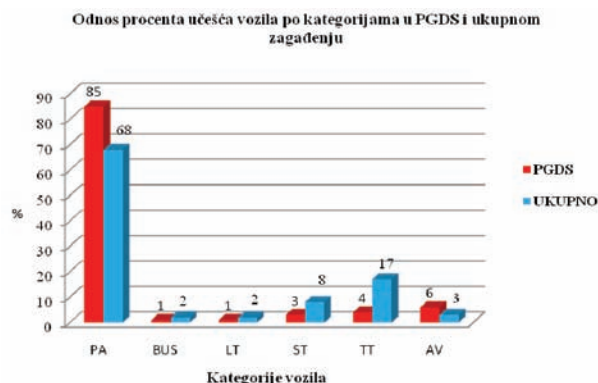
Deonica	PA	BUS	LT	ST	TT	AV	Ukupno
M 22	65548	2388	1679	7723	17166	24080	118584
M 23	12458	520	397	1293	2214	2915	19798
							138382

**138.382,43 x 365 = 50.509.587,32 evra godišnje**

## 7. MERE ZA SMANJENJE UGLJEN DIOKSIDA

Iz analize procentualnog učešća pojedinih kategorija vozila i ukupne cene sanacije CO<sub>2</sub> na Ibarskoj magistrali, možemo uočiti ključne zagađivače i predložiti mere za smanjenje emisije CO<sub>2</sub>. Procentualno učešće po

kategorijama vozila u ukupnoj ceni sanacije CO<sub>2</sub> na prikazano je na slici 2.



**Slika 2. Odnos procenta učešća vozila po kategorijama u PGDS i ukupnom zagađenju**

Sa grafika se vidi da putnički automobili procentualno učestvuju u PGDS sa 85%, a u ukupnom zagađenju putnički automobili učestvuju sa svega 68%, dok teška teretna vozila u PGDS učestvuju sa svega 6%, a u ukupnom zagađenju sa 3%, koliko i srednja teretna vozila, 3%, a u ukupnom zagađenju sa 8%. Autobusi u PGDS-u učestvuju sa 1%, a u ukupnom zagađenju 2%, koliko i laka teretna vozila.

Iz navedenog se potvrđuje da je na Ibarskoj magistrali najveći zagađivač na putevima teretni saobraćaj, a time se potvrđuje značaj cilja Nacionalne strategije održivog razvoja da se smanji udeo saobraćaja u zagađenju vazduha.

Budući da železnički saobraćaj ima niz komparativnih prednosti u odnosu na drumski, sistem transporta robe železnicom u Republici Srbiji mora biti organizovan tako da bude potpuno konkurentan drumskom i drugim vidovima saobraćaja.

Intermodalni transport predstavlja prevoz robe u jednoj nepromenljivoj transportnoj jedinici ili na jednom transportnom sredstvu, koje koristi dva ili više vidova saobraćaja bez pretovara robe pri promeni vida saobraćaja.

Kombinovani transport (drum – železnica) je deo intermodalnog transporta koji pretstavlja prevoz robe koje se jednim delom prevoze sredstvima železničkog, a jednim delom sredstvima drumskog saobraćaja. Ovaj vid saobraćaja može biti praćeni ili nepraćeni saobraćaj.

Unaccompanied CT saobraćaj je transport celih drumskih vozila, kontenera, izmenljivih transportnih sudova ili poluprikolica, nepraćenih od strane vozača drumskog vozila (slika 3.).



**Slika 3. Nepraćeni saobraćaj**

Rolling Motorway (RoMo, accompanied transport) je transport kompletnih drumskih teretnih vozila železnicom, pri čemu u sastavu voza postoje železnička kola u kojima vozač drumskog vozila odmara za vreme prevoza železnicom (slika 4.).



Slika 4. Praćeni saobraćaj

Intermodalni transport u Republici Srbiji do 2005. godine učestvovao je u ukupnom transportu sa svega 0,5%, a u zemljama EU 6 ÷ 9%.

Uvođenjem intermodalne Tehnologije A na pruzi Beograd – Bar došlo bi do rasterećenja, odnosno smanjenja broja teških teretnih vozila na Ibarskoj magistrali.

## 8. ZAKLJUČAK

Činjenica je, da stanje putne mreže u našoj zemlji ne može da dobije prelaznu ocenu, jer i ako se zadnjih godina dosta radi na njenoj rehabilitaciji i rekonstrukciji, veći deo te putne mreže treba tek rehabilitovati.

U radu je izveden proračun emisije CO<sub>2</sub> i troškova održavanja u 2009. godini na Koridoru XI (Ibarska magistrala). Dobijeni rezultati su pokazali da su maksimalne izražene količine emisije CO<sub>2</sub> 424.360,51 tona na godišnjem nivou.

Od mnogobrojnih štetnih uticaja saobraćaja na životnu sredinu u ovom radu razmatran je štetni uticaj emisije ugljen dioksida nastalog izgaranjem fosilnog goriva u motorima sa unutrašnjim sagorevanjem kod različitih kategorija drumskih vozila na Koridoru XI.

Istraživanje je pokazalo da putnički automobili učestvuju u prosečnom godišnjem dnevnom saobraćaju sa 85%, a u ukupnom zagađenju PA učestvuju sa svega 68%. Međutim, teška teretna vozila u PGDS učestvuju sa 4%, a mnogo više u ukupnom zagađenju sa 17%.

Zatim auto vozovi u PGDS učestvuju sa 6%, a u ukupnom zagađenju sa 3%. Ova teretna vozila svojim učešćem u transportu uzrokuju 47,0% troškova održavanja autoputa i kao najveći zagađivači životne sredine, ovi troškovi iznose 2.887,32 evra dnevno, odnosno godišnje 2.243.414,1 evra.

Srednja teretna vozila u PGDS učestvuju sa 3%, a u ukupnom zagađenju sa 8%. Autobusi u PGDS sa 1%, a u ukupnom zagađenju 2% koliko i laka teretna vozila.

Prema evropskim iskustvima, tendencije su da se što veće mere ekološke zaštite ostvare uvođenjem tehnologije prevoza kompletnih drumskih vozila železnicom na opterećenim saobraćajnim pravcima. Potrebni brutotonski kamionski kilometri mogu se u izuzetno velikom obimu zameniti brutotonskim železničkim kilometrima.

Istraživanje je pokazalo da izduvni gasovi u velikoj meri učestvuju u zagađenju okoline iz teških teretnih vozila i zbog toga se predlaže prelazak sa drumskog na železnički transport, a sa ciljem rasterećenja Ibarske magistrale.

Intermodalni transport u Republici Srbiji, kao transport od šireg društvenog interesa, ekološki prihvatljiviji, ekonomski opravdan i bezbedan, zahteva podršku države. Uloga države u razvoju intermodalnog transporta je veoma važna kako bi se stimulativnim merama olakšao razvoj intermodalnog transporta u cilju promovisanja po društvo ekonomičnijeg transporta i stvaranja alternativa za drumski transport robe.

Za primenu ove tehnologije ograničavajući faktor predstavlja tovarni profil pomenute železničke pruge. to znači da redovna primena Rola tehnologije (tehnologija A) na celoj deonici nije moguća bez rekonstrukcije pruge. Dalji korak je ispitivanje tehnno-ekonomske opravdanosti rekonstrukcije pruge (cost-benefit analiza), a i ispitivanje društvenih benefita. Takva jedna analiza, svakako, prevazilazi, okvire jednog master rada.

## 9. LITERATURA

- [1] Vesković S. i drugi: "Opravdanost uvođenja novih tehnologija u železničku robnu stanicu Novi Sad", studija, Saobraćajni fakultet, Beograd, 2002.
- [2] Perišić R.: "Savremene tehnologije transporta ", Želnid, Saobraćajni fakultet, Beograd, 1995.
- [3] Piletić M. V., Milić LJ., Đilas M.: Organska hemija I, Prometej, Novi Sad, 1992.
- [4] Nacionalna strategija održivog razvoja, "Službeni glasnik RS", Br. 55/2005, 71/2005. i 101/2007.
- [5] Strategija razvoja železničkog, drumskog, vodnog, vazdušnog i intermodalnog transporta u Republici Srbiji od 2008. do 2015. godine, "Službeni glasnik RS", Broj 55/2005, 71/2005 - ispravka i 101/2007.
- [6] <http://sr.wikipedia.org/ibarska>

### Kratka biografija:

**Milica Gačević**, rođena je u Čačku 1985. godine. Diplomski – master rad, pod nazivom "Utvrđivanje emisije ugljen dioksida i troškova održavanja na Koridoru XI", odbranila je na FTN 2011. godine.

**Dr Jovan Tepić, vanredni profesor** – rođen 1959. u Živaji, opština Kostajnica. Diplomirao je na Fakultetu strojarstva i brodogradnje u Zagrebu. Od 2006. radi na FTN na Katedri za tehnologije transportnih sistema.

**Dr Ilija Tanackov, vanredni profesor** - rođen je 1967. godine u Kikindi. Saobraćajni fakultet, železnički odsek završio je u Beogradu. Od 1996. godine radi na FTN.

**БЕЗБЕДНОСТ САОБРАЋАЈА У ФУНКЦИЈИ НАЧИНА РЕГУЛИСАЊА  
САОБРАЋАЈА НА РАСКРСНИЦАМА****ROAD SAFETY IN THE FUNCTION OF THE TRAFFIC CONTROL AT  
INTERSECTIONS**

Горан Церовац, Факултет техничких наука, Нови Сад

**Област – САОБРАЋАЈ**

**Кратак садржај** – Раскрснице представљају значајан фактор безбедности саобраћаја. Број и последице саобраћајних незгода на раскрсницама су у функцији великог броја фактора. Важан аспект њиховог настанка је начин регулисања саобраћаја на њима. У раду су приказана обележја безбедности саобраћаја на раскрсницама регулисаним саобраћајним знаковима, светлосном саобраћајном сигнализацијом и правилима саобраћаја.

**Abstract** – Intersections are a significant factor in traffic safety. The number and consequences of accidents at intersections are used for a number of factors. An important aspect of their creation is a way of traffic control at them. The paper presents the characteristics of traffic safety at intersections regulated by traffic signs, light traffic signs and traffic rules.

**Кључне речи:** безбедност саобраћаја, раскрснице, начин регулисања.

**1. УВОД**

Анализе саобраћајних незгода треба да помогну, да се идентификују локације где најчешће до њих долази, да се утврди време кад се највише дешавају, да се дефинишу одговарајуће мере и да се оцене ефекти предузетих мера.

Велики број саобраћајних незгода догађа се на раскрсницама јер на њима долази до укрштања конфликтних токова па је и ризик за настанак незгода знатно увећан.

Предмет рада јесте анализа саобраћајних незгода и њихових последица на раскрсницама, са посебним освртом на начин регулисања саобраћаја на раскрсницама. Циљ истраживања јесте да се уоче специфичности настанка незгода и њихових последица у функцији начина регулисања саобраћаја на раскрсницама. Простор истраживања обихвата подручје Војводини, а временски обухват истраживања је период од 2003 до 2008. године.

**2. РАСКРСНИЦЕ КАО ФАКТОР БЕЗБЕДНОСТИ САОБРАЋАЈА**

Раскрснице представљају суштински део путне мреже. На њима се укрштају саобраћајни токови различитих учесника у саобраћају (возачи моторних

возила, пешаци, бициклисти и др.) који мењају своју путању, чиме се омогућава достизање великог броја дестинација. Раскрснице утичу на стварање услова испрекиданог саобраћајног тока где су појавни облици, а у доброј мери и узроци незгода различити од оних у континуираном току. Стога, она представљају и критична места на путној мрежи.

Основни принцип доброг пројекта раскрснице је да она омогућава прелаз са једног правца на други, или прелаз једног преко другог, са минималним временским губитком и максималном безбедношћу. Да би се ово постигло потребно је пре свега направити избор раскрснице таква, да је њено решавање са аспекта возача очигледно. За препоруку је пројектовање лако препознатљивих и уобичајених типова раскрсница већ употребљених на постојећој путној мрежи.

Постоји више фактора који утичу на број и врсту саобраћајних незгода на раскрсницама (Инић, 2004):

- Врста и геометријска решења раскрснице;
- Прегледност раскрснице;
- Обим, структура и брзина саобраћајних токова;
- Распоред раскрсница, односно дужина деонице без раскрсница;
- Врста знакова и уређаја којима је решено управљање саобраћајем на раскрсници; и
- Траке за успорење и убрзање које елиминишу међусобно “трење” на прилазној саобраћајној траци.

Саобраћај на раскрсници може бити регулисан: правилима саобраћаја – правило десне стране, саобраћајним знаковима, светлосним саобраћајним знаковима и знаковима које дају овлашћена лица. У оквиру истраживања узете су у обзир саобраћајне незгоде на раскрсницама регулисаним правилима саобраћаја, саобраћајним знаковима и светлосним саобраћајним знаковима.

**3. ОБЕЛЕЖЈА БЕЗБЕДНОСТИ САОБРАЋАЈА НА РАСКРСНИЦАМА**

Према укупном броју евидентираних саобраћајних незгода на подручју АП Војводина у периоду од 2003. до 2008. године догодило се 105.112 саобраћајних незгода. На раскрсницама се догодило 31.718 саобраћајних незгода што чини нешто више од 30% од укупног броја саобраћајних незгода (Табела 1). Може се уочити да на годишњем нивоу нема великих одступања и да је тенденција процентуалног учешћа саобраћајних незгода на раскрсницама устаљена.

**НАПОМЕНА:**

Овај рад је проистекао из дипломског-мастер рада чији ментор је био др Драган Јовановић, ванр. проф.

Табела 1. Структура саобраћајних незгода по елементима пута, АП Војводина, 2003-2008.

година	прав пут	кривине	превоји	раскрснице		прелаз преко пруге	сума
				број	%		
2003	10399	765	60	4571	28,8	63	15858
2004	11427	856	56	5523	30,8	96	17958
2005	11452	775	62	5248	29,8	77	17614
2006	11550	814	48	5288	29,8	71	17771
2007	11017	788	52	5531	31,7	60	17448
2008	11928	865	44	5557	30,1	69	18463
2003-2008	67773	4863	322	31718	<b>30,2</b>	436	105112

Од укупног броја саобраћајних незгода на раскрсницама (31.718), највише је било саобраћајних незгода са материјалном штетом 23.295 (73,6%), са повређеним 8.219 (25,8%), док је са погинулим било 204 (0,6%) (График 1.).

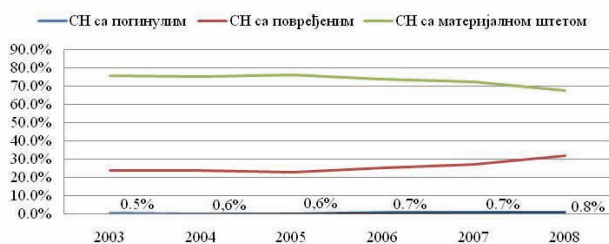


График 1. Структура саобраћајних незгода према последицама, АП Војводина, 2003-2008.

Од укупног броја незгода на раскрсницама највише се догодило на раскрсницама регулисаним саобраћајним знацима 20.235 (63,8%), затим на раскрсницама регулисаним светлосним саобраћајним знацима 8.394 (26,5%) и 3.089 (9,7%) саобраћајних незгода догодило се на раскрсницама регулисаним правилима саобраћаја (Табела 2.).

Табела 2. Динамика и структура и саобраћајних незгода на раскрсницама према начину регулисања саобраћаја, АП Војводина, 2003 - 2008.

Година	Број незгода на раскрсницама	Раскрсница регулисана правилима саобраћаја		Раскрсница регулисана – саоб. знаковима		Раскрсница регулисана – семафорима	
		број	%	број	%	број	%
2003.	4571	578	12,7	2781	60,8	1212	26,5
2004.	5523	<b>580</b>	10,5	3439	62,3	<b>1504</b>	27,2
2005.	5248	548	10,4	3253	62,0	1447	27,6
2006.	5288	497	9,4	3443	65,1	1348	25,5
2007.	5531	424	7,7	3618	65,4	1489	26,9
2008.	5557	462	8,3	<b>3701</b>	66,6	1394	25,1
2003-2008	31718	3089	9,7	20235	63,8	8394	26,5

Динамика саобраћајних незгода на раскрсницама регулисаним саобраћајним знаковима показује углавном растући тренд док се број саобраћајних незгода на раскрсницама регулисаним правилима саобраћаја углавном благо смањивао. Број незгода на раскрсницама регулисаним семафорима је имао мање осцилације.

Према временској расподели саобраћајних незгода по месецима у току године уочава се да не постоје значајнија одступања у процентуалном учешћу

незгода на раскрсницама са различитим начином регулисања саобраћаја (График 2.).

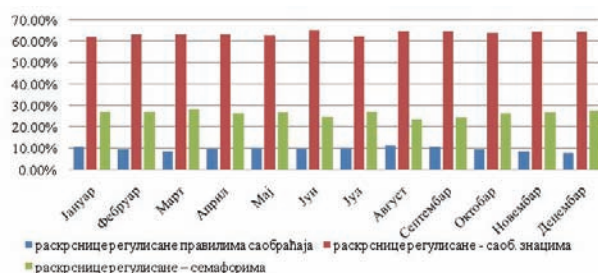


График 2. Расподела саобраћајних незгода на раскрсницама према начину регулисања саобраћаја по месецима, АП Војводина, 2003-2008.

У данима викенда (субота и недеља) израженије је учешће незгода на раскрсницама регулисаним правилима саобраћаја (График 3.).

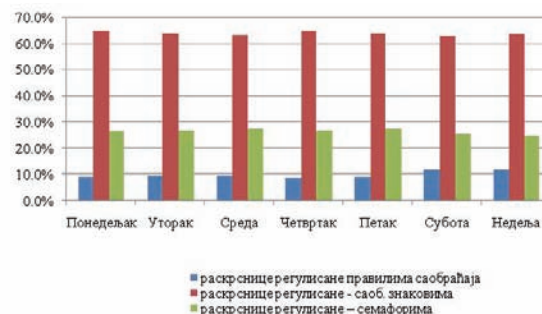


График 3. Расподела саобраћајних незгода на раскрсницама према начину регулисања саобраћаја по данима у току седмице, АП Војводина, 2003-2008.

Према учешћу у броју незгода по часовима у току дана може се истаћи значајније повећање броја незгода на раскрсницама регулисаним семафорима у ноћним условима одвијања саобраћаја.

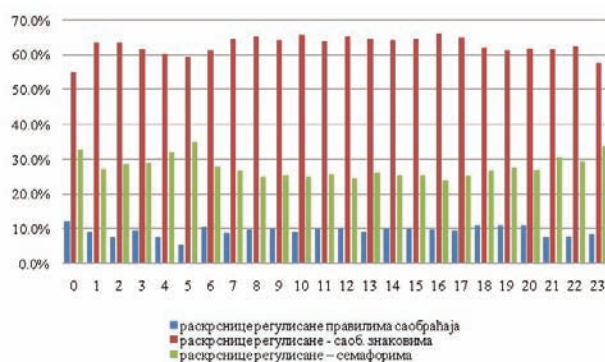


График 4. Расподела саобраћајних незгода на раскрсницама према начину регулисања саобраћаја по часовима у току дана, АП Војводина, 2003-2008.

На раскрсницама регулисаним саобраћајним знаковима израженији су бочни судари, на раскрсницама регулисаним светлосно-саобраћајно сигнализацијом судари при упоредној возњи, док је за раскрснице регулисаним правилима саобраћаја израженије обарање или гажење пешака (График 5.).



График 5. Распределение дорожно-транспортных происшествий на перекрестках по способу регулирования движения и типу аварии, АП Војводина, 2003-2008.

Последице саобраћајних незгода у виду броја настрадалих у анализираном периоду имају тенденцију пораста. На свим раскрсницама, без обзира на начин регулисања, повећан је број настрадалих и у 2008. години он чини око петине свих настрадалих (График 6).

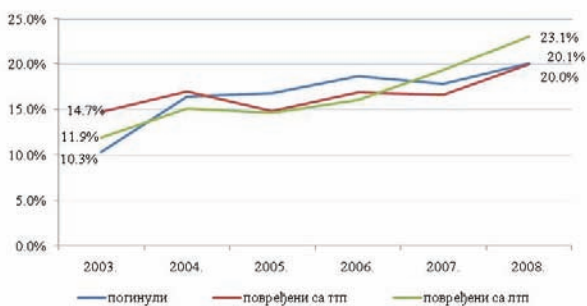


График 6. Динамика страдања у саобраћајним незгодама на раскрсницама, АП Војводина, 2003-2008.

Учешће погинулих лица у саобраћајним незгодама израженије је на раскрсницама регулисаним саобраћајним знаковима, док су лица која су претрпела лаке телесне повреде повезане са раскрсницама регулисане светлосном саобраћајном сигнализацијом (График 7).

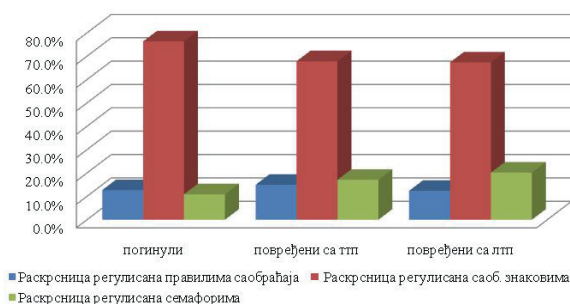


График 7. Структура настрадалих у саобраћајним незгодама на раскрсницама са различитим начином регулисања, АП Војводина, 2003-2008.

За степеновање (мерење) тежине незгода могу се узети разни односи (број погинулих, на једну, 10 или 100 саобраћајних незгода; број повређених, на једну, 10 или 100 саобраћајних незгода; број настрадалих, на једну, 10 или 100 саобраћајних незгода; број повређених на једно погинуло лице у саобраћајним

незгодама или сл.). У анализи тежине саобраћајних незгода изабрани су однос броја погинулих на 100 саобраћајних незгода са погинулим, на 100 саобраћајних незгода са настрадалим и на 100 саобраћајних незгода (Табела 3.).

Табела 3. Тежина саобраћајних незгода на раскрсницама, АП Војводина, 2003 - 2008.

Година	погинули	сн са погинулим	пог/100сн са пог.	сн са настрадалим	пог/100сн са наст.	укупно сн	пог/100 сн
2003	22	21	104,8	1110	2,0	4571	0,5
2004	35	33	106,1	1361	2,6	5523	0,6
2005	36	32	112,5	1237	3,0	5248	0,7
2006	40	39	102,6	1372	3,0	5288	0,8
2007	38	36	105,6	1531	2,5	5531	0,7
2008	43	43	100,0	1812	2,4	5557	0,8
Σ	214	204	104,9	8423	2,6	31718	0,7

Највећи однос броја погинулих на 100 незгода са погинулим био је 2005. године која заједно са 2006. налази у врху по броју погинулих на 100 незгода са настрадалим. Током 2006. и 2008. године догодило се највише погинулих на 100 незгода.

#### 4. ДИСКУСИЈА

Саобраћајне незгоде широм света свакодневно односе велики број људских живота. Ове незгоде представљају негативне појаве у друштву и имају велико учешће у морталитету савременог човека.

На раскрсницама на подручју АП Војводине у анализираном шестогодишњем периоду (од 2003. до 2008. године) догодило се укупно 31.718 саобраћајних незгода. Од тога 3.089 саобраћајних незгода се догодило на раскрсницама регулисаним правилима саобраћаја, 20.235 саобраћајних незгода се догодило на раскрсницама регулисаним саобраћајним знацима и 8.394 саобраћајних незгода се догодило на раскрсницама регулисаним светлосном сигнализацијом.

Од укупног броја незгода (31.718), највише је било саобраћајних незгода са материјалном штетом 23.295, са повређеним 8.219, док су са погинулима биле 204 саобраћајне незгоде.

Динамика саобраћајних незгода нам показује да се 2004. године догодило највише саобраћајних незгода на раскрсницама регулисаним правилима саобраћаја 580, као и на раскрсницама регулисаним семафорима 1.504, док се 2008. године догодило највише саобраћајних незгода на раскрсницама регулисаним саобраћајним знацима 3.701.

У оквиру временске дистрибуције по месецима у току године видимо да је највећи број саобраћајних незгода на раскрсницама, у АП Војводини за период од 2003. до 2008. године, регистрован у децембру (3.084), а најмањи у фебруару (2.047). Август је најбезбеднији месец када су у питању раскрснице регулисане правилима саобраћаја, док је децембар код раскрсница регулисане саобраћајним знацима и семафорима. Најчешћи разлог толиког броја саобраћајних незгода у децембру су лоши временски услови, присуство снега и леда, који су у то доба

честа појава на коловозу, а лошим одржавањем коловоза представљају чест узрок настанка саобраћајних незгода.

Што се тиче дана у току седмице најмањи број саобраћајних незгода, код све три врсте раскрсница, догодило се недељом, док се највећи број, код раскрсница регулисаних правилима догодило суботом, а код раскрсница регулисаних саобраћајним знацима и семафорима петком. То се може објаснити чињеницом да се завршава радна недеља, људи се враћају кући са посла, доста опуштенији и са размишљањима о викенду и свом слободном времену, а самим тим им опада пажња током вожње и онда се догађају немиле ситуације на путевима.

У временској анализи по часовима у току дана, највише незгода код све три врсте раскрсница, догодило се између 14 -15 часова. То је временски период када се људи најчешће враћају са посла или крећу у поподневну смену, те су тада велики интензитети саобраћаја и долази до критичних ситуација.

На основу извршене анализе према врсти саобраћајних незгода бележимо да су бочни судари заступљени са нешто мање од половине свих судара који су се догодиле на раскрсницама (47,8%). Поред њих велики удео имају и судари при вожњи у истом смеру (23,4%), судари из супротних смерова (13,7%), удари возила у друго заустављено или паркирано возило (4,5%) и обарање или гажење пешака (3,8%).

## 5. ЗАКЉУЧАК

Проблем безбедности саобраћаја, односно проблем страдања особа у саобраћајним незгодама постао је светски глобални проблем који друштву не даје пуно простора за размишљање, већ упозорава да непрекидно треба радити на овом проблему, како би се алармантно стање у овој области што пре побољшало, односно смањило број настрадалих у саобраћајним незгодама.

Веома је важно редовно вршити анализу стања безбедности саобраћаја како би се на основу добијених података могли изводити закључци шта урадити у наредном периоду како би безбедност саобраћаја била на вишем нивоу.

Из резултата спроведене анализе видимо да је број саобраћајних незгода које су за последицу имале настрадале особе у сталном порасту. Почевши од 2003. године бележи се сталан тренд пораста броја саобраћајних незгода са настрадалима на раскрсницама, да би своју кулминацију достигао у 2008. години. Имајући у виду овај негативан тренд пораста, неопходно је вршити стално праћење стања у саобраћају како би се адекватним мерама могло планирати унапређење стања безбедности саобраћаја. Једна од мера која може да донесе позитивне ефекте јесте усавршавање геометрије раскрсница кроз извођење кружних токова у којима нема директног конфликта односно пресецања токова већ се саобраћај одвија у једносмерном правцу у кружном прстену.

Брзина токова се стабилизује, а не зауставља како се то дешава на обичним укрштањима као што је случај са обичним сигналисаним и несигналисаним раскрсницама.

Истраживања у САД, Европи и Аустралији указују да се аутоматским уређајима може смањити број незгода на семафоризованим раскрсницама за 25 до 30 %. Наиме, аутоматизовано откривање пролазака на црвено светло, због великог капацитета, значајно увећава специфичан објективни ризик да ће возач који не поштује семафор бити откривен и кажњен. Поред наведеног користе се уређаји за аутоматску детекцију прекорачења брзине тиме се смањује број возила која прекорачују брзину (40 до 80%) (Липовац, К. 2008.).

Детаљна анализа појединих микролокација превазилази оквире овог рада, али би сигурно дала резултате у проналажењу адекватних мера којима би се на свакој конкретной микролокацији унапредила безбедност саобраћаја.

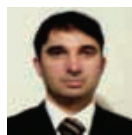
Недовољно знање о саобраћају, непоштовање саобраћајних прописа и некажњавање насавесних учесника у саобраћају, неадекватна едукација деце, недовољно улагање у инфраструктуру и опрему, све су то проблеми који за последицу имају велики број саобраћајних незгода и са њима би наша земља требало да се суочи и предузме праве, систематске, већ доказане кораке како би се ниво безбедности саобраћаја генерално посматрано побољшао.

## 6. ЛИТЕРАТУРА

1. Инић, М. Безбедност друмског саобраћаја, ФТН, Нови Сад, 2004.
2. Липовац, К. Безбедност саобраћаја, Службени лист СРЈ, Београд, 2008.
3. Митровић М. Анализа судара возила и израда компаративне анализе саобраћајних незгода на подручју АП Војводина, у временском периоду од 2003. године до 2008. године, Дипломски мастер рад, ФТН, Нови Сад, 2011.

### Кратка биографија:

**Горан Церовац** рођен је у Врбасу 1976. год. Дипломски-мастер рад на Факултету техничких наука из области Безбедности саобраћаја одбранио је 2011. године.



**Драган Јовановић** рођен је у Зрењанину 1974. Докторирао је на Факултету техничких наука 2005. године, а од 2011. је у звању ванредни професор. Област интересовања је Безбедност саобраћаја.

**ПРЕДЛОГ ПОБОЉШАЊА УСЛОВА ОДВИЈАЊА САОБРАЋАЈА НА УЛИЦИ ИВЕ  
АНДРИЋА У НОВОМ САДУ****IMPROVEMENT SUGGESTION OF TRAFFIC CONDITIONS AT IVE ANDRICA  
STREET IN NOVI SAD**

Мирела Кантар, Вук Богдановић, *Факултет техничких наука, Нови Сад*

**Област – САОБРАЋАЈ**

**Кратак садржај** – У оквиру рада испитани су услови одвијања саобраћаја на раскрсници улице Иве Андрића са Булеваром Европе и улицом Хероја Пинкија у Новом Саду. На основу резултата анализа за постојеће захтеве за протоком, утврђен је ниво услуге, и испитано је да ли постоји потреба за променом начина регулсања саобраћаја и геометрије раскрсница. С обзиром на карактеристике раскрсница предложена су варијантна решења промене начина регулсања и/или реконструкције, и за њих су испитани услови одвијања саобраћаја у планском периоду.

**Кључне речи:** саобраћајни ток, капацитет, ниво услуге, прогноза саобраћаја, регулсање саобраћаја, координација сигнала

**Abstract** – In this paper work traffic conditions were tested at intersection of Ive Andrica Street with Boulevard Evropa and with Heroja Pinkija Street in Novi Sad. Based on the analysis results for the current traffic demands, the level of service was established and it was examined if there was a need for changing the way of traffic regulation and intersection geometry. Considering the characteristics of the intersections, alternative solutions were suggested in relation to changing the way of regulation and/or reconstruction, and examined traffic conditions in the planning period.

**Key words:** traffic direction, capacity, level of service, prognosis of traffic volume, traffic regulation, traffic signal coordination

**1. УВОД**

У оквиру рада испитани су услови одвијања саобраћаја на раскрсницама улице Иве Андрића са Булеваром Европе и улицом Хероја Пинкија у Новом Саду. Положај посматраних раскрсница у градској уличној мрежи града Новог Сада приказан је на слици 1. Применом методологије „НСМ – 2000“, извршено је испитивање и анализа параметара саобраћајног тока. Анализа саобраћајног тока и услова одвијања саобраћаја рађена је за експлоатациони период у наредних 10 година, по петогодиштима и то за 2011, 2016, и 2021. годину. На основу резултата

**НАПОМЕНА:**

Овај рад проистекао је из дипломског-мастер рада чији ментор је био др Вук Богдановић, доцент.

анализа саобраћајног тока, урађено је испитивање нивоа услуге, и у зависности од проблема дата су варијантна решења којима би се побољшали услови одвијања саобраћаја.



Слика 1. Положај раскрсница у градској уличној мрежи

**2. ПОЛОЖАЈ, МЕСТО И УЛОГА ГРАДА НОВОГ  
САДА У ОКРУЖЕЊУ**

Град Нови Сад се налази на 19° 50' источне географске дужине и 45° 15' северне географске ширине, на надморској висини од 75 до 238 метара. Нови Сад је највећи град Аутономне Покрајине Војводине, и други је по величини град у Републици Србији.

**2.1. Генерално решење саобраћајног система**

Саобраћајно решење града претпоставља развој појединих видова транспорта како би се створили предуслови за формирање и резервисање простора за одређене видове саобраћаја. Нови Сад је град који је свој развој базирао на саобраћаним погодностима, које му пружа копнени и водни транспорт. Њиховом међусобном интеграцијом (интегрални транспорт) знатно ће се умањити време и трошкови превоза.

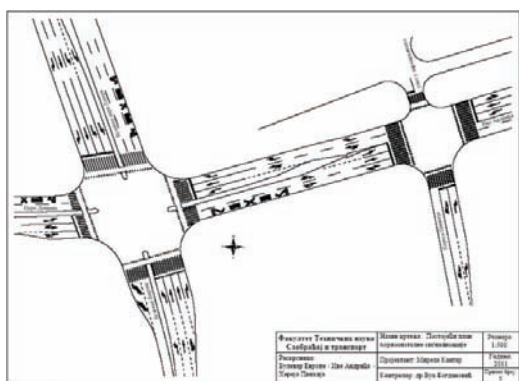
**2.2. Значај изградње Булеvara Европе и  
Сомборског булеvara за град Нови Сад**

Булевар Европе и Сомборски булевар представљају део западне и јужне обилазнице око Новог Сада. Булевар Европе повезује Нови Сад са северним деловима Војводине и међународним коридором Хб, и то међународним путем Е – 75, са државним путем II реда Р-102 и М-7, а затим би планираним мостом преко Дунава повезивао Нови Сад са државним путем II реда Р-107 и државним путем I реда М-21 Рума – Нови Сад – Шабац.

Значај Булеvara Европе и Сомборског булеvara је измештање транзитног саобраћаја на правцу Бачка Паланка – Нови Сад – Зрењанин. Такође се очекује растеређење саобраћаја и на најпрометнијим раскрсницама у самом центру града.

### 3. ГЕОМЕТРИЈСКО РЕШЕЊЕ РАСКРСНИЦА

Раскрснице, које су предмет овог рада, припадају групи четворокраких површинских раскрсница. Регулисање коришћења заједничких површина раскрснице тј. конфликтне зоне, извршено је применом светлосне сигнализације и знацима приоритета. На свим прилазима посматраних раскрсница постоје пешачки прелази као и бициклическе стазе. На изливним грлима се налазе аутобуска стајалишта јавног градског путничког превоза, која нису посебно изграђена ван коловоза, већ се за заустављање аутобуса користи крајња десна саобраћајна трака изливног грла. План хоризонталне и вертикалне сигнализације на посматраним раскрсницама приказан је на слици 2, односно на слици 3.



Слика 2. План хоризонталне сигнализације



Слика 3. План вертикалне сигнализације

#### 3.1. Раскрсница Булевар Европе – Булевар цара Лазара / Цара Душана – Иве Андрића (P1)

Према типу укрштања ова раскрсница спада у неправилне четворокраке раскрснице. Смерови кретања на свим прилазима су физички раздвојени разделним острвом. Регулисање коришћења заједничких површина раскрснице извршено је применом светлосне сигнализације, као и знацима приоритета. Пут са правом првенства пролаза је на правцу Булевар Европе – Булевар цара Лазара, док споредни путни правац чини улица Цара Душана – Иве Андрића.

#### 3.2. Раскрсница Иве Андрића – Хероја Пинкија (P2)

Према типу укрштања ова раскрсница спада у правилне четворокраке раскрснице. Смерови кретања на прилазима нису физички раздвојени, осим на делу, улице Иве Андрића, где између посматраних раскрсница постоји разделно острво ширине 4 метра. На посматраној раскрсници регулисање коришћења заједничких површина раскрснице извршено је применом светлосне сигнализације, као и знацима приоритета. Пут са правом првенства пролаза је на правцу улице Иве Андрића, док споредни путни правац чини улица Хероја Пинкија.

### 4. БРОЈАЊЕ И ПРОГНОЗА САОБРАЋАЈА

Бројање саобраћаја се врши са циљем да се утврде одређене специфичне карактеристике саобраћаја (стопе генерисања саобраћаја, број започетих или завршених вожњи на одређеном простору, број корисника и заузетост простора за паркирање, као и подаци о величини пешачког и бициклическог саобраћаја). Бројање саобраћаја тј. прикупљање података о броју возила која пролазе у одређеном временском интервалу кроз посматрани пресек, може бити аутоматско (применом електронских уређаја) или ручно (мануелним уношењем података у одговарајуће образце тј. бројачке листове).

Прогноза саобраћаја на посматраним раскрсницама рађена је методом фактора раста за поподневни вршни сат. Методе фактора раста за просторну расподелу засноване су на претпоставци да међузонаска размена путовања може да се пројектује у будућност применом очекиваних стопа раста. Прогноза саобраћаја у овом раду је рађена за два временска пресека до 2021-е године. Резултати бројања саобраћаја су применом просечних стопа раста (приказаних у табели 1.) сведени на 2016-у и 2021-у годину.

Табела 1. Просечне стопе раста и фактори раста

Период	Стопе раста	Фактори раста
2008 – 2013	2,0 %	1,1040
2013 – 2023	3,5 %	1,4105

### 5. МЕТОДОЛОГИЈА „НСМ – 2000“

Методологија „НСМ 2000“ се користи за анализу капацитета и нивоа услуге сигналисаних раскрсница. Она узима у обзир утицај разних услова, као што су геометријски услови (тип подручја, број и ширина саобраћајних трака, нагиб коловоза, утицај паркирања итд.), саобраћајни услови (величина саобраћајних и пешачких токова, фактор вршног сата, структура саобраћајног тока итд.) и управљачки услови (дужина циклуса, трајање зеленог времена, фазни план итд.).

#### 5.1. Капацитет, степен засићења и ниво услуге сигналисаних раскрсница

Основни образац за капацитет групе трака гласи:

$$c_i = S_i \cdot \frac{g_i}{C} \quad (1)$$

где је:

$C_i$  - капацитет групе трака [voz/h]

$S_i$  - величина засићеног тока за групу трака [voz/h]

$\frac{S_i}{C}$  - однос између ефективног зеленог и циклуса за групу трака

Општи образац за утврђивање засићеног тока гласи:

$$S_i = S_o \cdot N \cdot f_w \cdot f_{HV} \cdot f_g \cdot f_p \cdot f_{bb} \cdot f_a \cdot f_{LU} \cdot f_{RT} \cdot f_{LT} \cdot f_{Lpb} \cdot f_{Rpb} \quad (2)$$

где је:

$S_o$  - идеалан засићен ток по једној траци

$N$  - број трака у групи трака

$f_w$  - фактор утицаја ширине саобраћајне траке

$f_{HV}$  - фактор утицаја тешких возила у саобраћајном току

$f_g$  - фактор утицаја уздужног нагиба коловоза

$f_p$  - фактор утицаја паркирања у зони раскрснице

$f_{bb}$  - фактор утицаја аутобуских стајалишта ЈГС-а у зони раскрснице

$f_a$  - фактор утицаја типа зоне града

$f_{LU}$  - фактор утицаја коришћења трака

$f_{RT}$  - фактор утицаја десних скретања

$f_{LT}$  - фактор утицаја левих скретања

$f_{Lpb}$  - фактор утицаја пешака на лева скретања

$f_{Rpb}$  - фактор утицаја пешака и бициклиста на десна скретања

Табела 2. Критеријум за оцену нивоа услуге

Ниво услуге	Временски губици (s/voz)
А	≤ 10
Б	> 10 – 20
Ц	> 20 – 35
Д	> 35 – 55
Е	> 55 – 80
Ф	> 80

Укупни временски губици траке се рачунају на основу следеће једначине:

$$d = d_1 \cdot PF + d_2 + d_3 \quad (3)$$

где је:

$d_1$  - униформни временски губици [s/voz]

$PF$  - фактор утицаја квалитета прогресије и типа контроле

$d_2$  - додатни временски губици услед случајног доласка возила на раскрсницу [s/voz]

$d_3$  - временски губици услед реда чекања [s/voz]

## 6. ПРЕДЛОГ МЕРА ЗА ПОБОЉШАЊЕ УСЛОВА ОДВИЈАЊА САОБРАЋАЈА

Постоје разни начини решавања проблема. Један од начина подразумева промену рада светлосне

сигнализације (промена фазног плана, дужине трајања циклуса, координација рада светлосне сигнализације, итд). Други начин подразумева промене у геометрији раскрснице (реконструкција саме раскрснице или дела раскрснице, измештање аутобуских стајалишта, промена намене саобраћајних трака, проширење прилаза, итд). Трећи начин подразумева регулативне мере (забрана саобраћаја за одређене правце кретања или категорије возила, забрана заустављања и паркирања у зони раскрснице, итд).

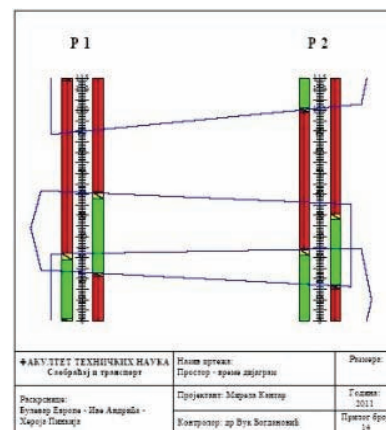
### 6.1. Програмирање светлосне сигнализације на посматраним раскрсницама

У оквиру рада дато је решење за постојеће проблеме на раскрсници, применом промена у начину рада светлосне сигнализације, уз задржавање истих геометријских карактеристика раскрсница. Усвојен оптимални циклус износи 115 секунди. Фазни план је пројектован као двофазни, са међуфазама на прилазима на којима се јављају интензивна лева скретања. Међуфазе на прилазима су добијене смицањем фаза.

### 6.2. Координирана сигнализација

Координација представља спрегнут рад сигнала на више узастопних раскрсница са истом дужином трајања циклуса, док додатно подешавање почетка зеленог светла на сигналима представља синхронизацију. Применом координације рада сигнала остварује се низ предности, као што су повећање капацитета саобраћајница, минимализација броја заустављања, повећање безбедности кретања и нивоа услуге, као и минимализација времена путовања повећањем брзине кретања возила.

За брзину таласа на координираном потезу (правац улица Цара Душана – Иве Андрића) усвојена је вредност од 50 km/h односно 13,8 m/s. Ради постизања задовољавајућег решења на координисаном потезу примењене су методе рушења зеленог таласа и једностраног зидања зеленог таласа применом сигналног левка. Простор – време дијаграм представља графички приказ сигналног плана координисаних раскрсница (слика 4.).



Слика 4. ПВ дијаграм на посматраним раскрсницама

## 7. ОЦЕНА ЕФИКАСНОСТИ ОДВИЈАЊА САОБРАЋАЈА НА ПОСМАТРАНИМ РАСКРСНИЦАМА НАКОН ПРЕДЛОЖЕНИХ РЕШЕЊА

На основу резултата саобраћајно-техничког прорачуна утврђује се концепт и садржај техничког решења пројекта, као и методе решавања проблема. Након извршене оцене стања тока при постојећим условима, приступа се реализацији варијантних решења и контроли тј. поновној оцени стања (анализи капацитета и нивоа услуге) при новим условима.

Након предложених решења тј. промене рада светлосних сигнала, укупни временски губици раскрснице Булевар Европе – Булевар цара Лазара / Цара Душана – Иве Андрића (P1) су смањени за 121,1 секунду, док су укупни временски губици раскрснице Иве Андрића – Хероја Пинкија (P2) смањени за 9,3 секунде.

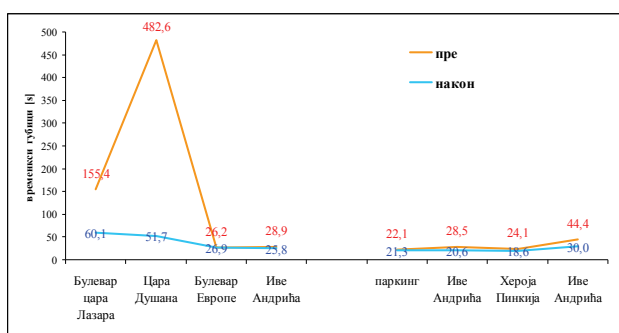


График 1. Просечни временски губици по прилазима пре и након предложених решења у 2011. години

На основу резултата просечних временских губитака приказаних на графику 1. види се да су губици након предложених мера знатно смањени. Највеће смањење просечних временских губитака на P1 од 430,9 секунди је остварено на прилазу Цара Душана, док је на прилазу Булевар цара Лазара остварено смањење просечних временских губитака од 95,3 секунде. Највеће смањење временских губитака на P2 од 14,4 секунди је остварено на прилазу Иве Андрића, док се на прилазу Иве Андрића из правца Цара Душана остварује смањење просечних временских губитака од 7,9 секунди.

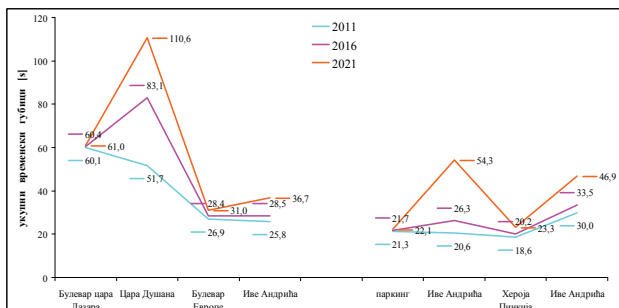


График 2. Временски губици по прилазима у експлоатационом периоду након предложених решења

На основу резултата капацитета и временских губитака у наредном експлоатационом периоду приметно је да ће се при постојећим геометријским и новим саобраћајним условима, временски губици повећавати (график 2.). Ово повећање временских губитака је узроковано порастом саобраћајног интензитета на раскрсницама.

## 8. ЗАКЉУЧАК

Циљ рада је био да се изврши опис и анализа услова одвијања саобраћаја на раскрсницама улице Иве Андрића са Булеваром Европе и улицом Хероја Пинкија. На основу резултата анализе саобраћајног тока, извршено је испитивање капацитета и нивоа услуге, као и идентификација евантуалних проблема, на основу којих је и дат је предлог решења мера, којим би се побољшали услови одвијања саобраћаја.

Применом координације сигнала и изменом плана темпирања у односу на постојеће стање постигнуто је побољшање нивоа услуге. На раскрсници Булевар цара Лазара – Булевар Европе / Цара Душана – Иве Андрића укупни временски губици су смањени са 165,6 секунди на 44,5 секунди, при чему је ниво услуге побољшан са Ф на Д. На раскрсници Иве Андрића – Хероја Пинкија временски губици су смањени са 32,7 секунди на 23,7 секунди, при чему је ниво услуге остао Ц.

## 9. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Др. Љубиша Кузовић, Мр. Вук Богдановић; Теорија саобраћајног тока; Нови Сад 2004.
- [2] Др. Тихомир Ђорђевић; Регулација саобраћајних токова светлосном сигнализацијом; Београд 1997.
- [3] Highway Capacity Manual 2000; Signalized Intersection; Washington D.C.; 2000.
- [4] Завршни (bachelor) рад; Кантар Мирела; Анализа карактеристика саобраћајног тока на раскрсницама улице Иве Андрића са Булеваром Европе и улицом Хероја Пинкија у Новом Саду; ФТН, Нови Сад 2011.

### Кратка биографија:



**Мирела Кантар** рођена је у Кикинди 1986. године. Дипломски-мастер рад на Факултету техничких наука из области Саобраћајно пројектовање одбранила је 2011. године.

**Вук Богдановић** рођен је у Сремској Митровици 1966. године. Запослен је на Департману за саобраћај Факултета техничких наука. Тренутно у звању доцента на катедри за саобраћајне системе.

**MASOVNO OPSLUŽIVANJE U POŠTANSKOM SAOBRAĆAJU  
QUEUEING THEORY IN POST TRAFFIC**Tamara Borjanović, Momčilo Kujačić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – SAOBRAĆAJ**

**Kratak sadržaj** – Rad sadrži pregled teorije masovnog opsluživanja uopšte, kao i karakterističan deo za poštanski saobraćaj. Bavi se primenom teorije redova čekanja u pošti sa datim primerom sa dva šaltera i simulacijom radi dobijanja najboljeg rešenja sa najkraćim vremenom čekanja i najbržom opslugom.

**Abstract** – The paper provides an overview of queueing theory in general, as well as a distinctive part of the postal services. It deals with the application of queueing theory in the post offices with the given example with two counters and simulation in order to obtain the best solution with the shortest waiting time and the fastest service.

**Ključne reči:** masovno opsluživanje, redovi čekanja

**1. UVOD**

Razvoj privrede i društva zahteva brže, pouzdanije i kvalitetnije usluživanje korisnika. Zbog toga je potrebno vršiti analize sa različitih aspekata koji pokazuju kako opravdanost postojanja samih objekata u kojima se vrše usluge tako i brzina i kvalitet usluge. Masovno opsluživanje srećemo kada je potrebno organizovati opsluživanje većeg broja korisnika. Ono se primenjuje u svim granama privrede, i zbog toga je potrebno analizirati rad poštanskih jedinica što je u ovom radu učinjeno.

Predmet rada je analiza redova čekanja određene pošte i sagledavanje rezultata i karakteristika opsluživanja.

Cilj rada je unaprediti poslovanje pošte i omogućiti što komforniju, bržu i bolju uslugu. Sagledavanjem podataka doneti zaključak koji vid opsluge je najefikasniji i zašto.

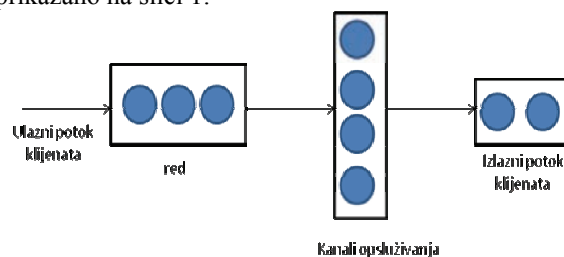
**2. ŠTA JE TEORIJA MASOVNOG OPSLUŽIVANJA**

Teorija masovnog opsluživanja je deo teorije verovatnoće, koja koristi njen matematički aparat, ali u poslednje vreme postaje samostalna nauka, jer se pomoću njenih modela mogu rešavati mnogi novi praktični zadaci. Primeri takvih zadataka sreću se u različitim delatnostima koje se bave opsluživanjem većeg broja ljudi ili mašina. Među najjednostavnije primere spada opsluživanje kupaca u radnjama, korisnika u poštama, prodaja karata u biletarnicama za voz, autobus, film, pozorišnu predstavu. Sa matematičke strane gledišta u ovakvim slučajevima gde se opslužuje masa, interesuju nas organizaciona pitanja opsluživanja. Proces opsluživanja može da se okarakterise najrazličitijim pokazateljima: brojem sredstava za opsluživanje i brojem ljudi organizacije koja opslužuje, brzinom opsluživanja, vremenom čekanja na

opsluživanje, vremenom opsluživanja i dr.

Jasno je da svi faktori koji utiču na proces opsluživanja nisu jednakog značaja, tako postoje od prvostepenog i drugostepenog značaja faktori. U primeru opsluživanja korisnika u pošti, naprate računa, među osnovne faktore procesa opsluživanja spada broj korisnika (klijenata), brzina rada radnika na šalteru i sama organizacija rada. S obzirom da na broj korisnika ne možemo da utičemo, uvežbanost radnika dolazi sa iskustvom i može da se uveća do određene granice, koje ne premašuje psihofizičke mogućnosti čoveka, pa ostaje samo jedan put rešavanja zadataka usluživanja korisnika, a to je promena organizacije opsluživanja.

Sistem masovnog opsluživanja obuhvata ulazni potok klijenata i kanale opsluživanja. Pod analizom sistema masovnog opsluživanja podrazumevamo analizu ulaznog potoka klijenata, vremena čekanja klijenata u redu, vreme opsluživanja kao i izlazni potok klijenata, što je prikazano na slici 1.



Slika 1. Činioci redova čekanja

**2.1. Različite klasifikacije sistema masovnog opsluživanja**

Sistemi masovnog opsluživanja se razlikuju prema ulaznim potocima klijenata, prema raspodelama verovatnoća vremena opsluživanja i prema „disciplini opsluživanja“.

Pod disciplinom opsluživanja podrazumevamo pravilo izbora klijenata iz reda, prema kojem pristupaju u kanale opsluživanja. U zavisnosti od broja kanala opsluživanja, sistemi masovnog opsluživanja mogu biti jednokanalni i višekanalni.

Među osnovne tipove sistema masovnog opsluživanja spadaju:

- sistemi sa čekanjem klijenata u redu i
- sistemi sa otkazima klijenata od opsluživanja.

Sistemi sa čekanjem sastoje se od čekaonice i kanala opsluživanja. Ako su kanali opsluživanja zauzeti, klijent staje u red i čeka na opsluživanje, dok se jedan od kanala ne oslobodi. Primeri takvih sistema imamo u slučaju opsluživanja brodova u luci, gde se formira red ako su sva mesta u luci zauzeta brodovima koji su stigli ranije, ili pri opsluživanju klijenata na šalterima pošta, ako su svi šalteri zauzeti klijent staje u red u čekaonici. Na osnovu

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Momčilo Kujačić, vanredni prof.

srednje dužine reda klijenata i srednjeg vremena čekanja klijenata može se, pri projektovanju sistema opsluživanja predvideti optimalan broj kanala opsluživanja i dimenzije čekaonice. Kod sistema sa čekanjem mogu se javiti ograničenja kao što su: određen broj mesta u čekaonici, vreme provedeno u čekanju ne sme da premaši određenu veličinu i dr.

Ako klijenti napuštaju sistem opsluživanja kada zateknu sve kanale zauzete takav sistem opsluživanja nazivamo sistem sa otkazima klijenata. To su obično sistemi koji nemaju uređaje za formiranje redova. Takav sistem se sreće kod telefonskih centrala. Obično po jedan klijent pristupa u sistem opsluživanja.

Klasifikacija sistema masovnog opsluživanja se može učiniti i prema različitim disciplinama opsluživanja. Izbor redosleda opsluživanja klijenata može biti:

- Slučajan
- Po pravilu: „prvi prispeli-prvi opslužen“
- Po pravilu: „poslednji prispeo-prvi opslužen“
- Sa prioritetom: klijent sa prioritetom se opslužuje pre svih klijenata u redu koji su nižeg ranga prioriteta.

### 3. PRIMENA TEORIJE MASOVNOG OPSLUŽIVANJA U POŠTANSKOM SAOBRAĆAJU

Primena teorije masovnog opsluživanja u radu oglada se kroz praktično sagledavanje problema na terenu odnosno u pošti. Za praktično sagledavanje izabrana je manja pošta sa dva šaltera čije je radno vreme od 8-15h. Podaci su prikupljeni u periodu od 10-13h kada je primećen veći udeo saobraćaja u odnosu na celodnevni saobraćaj.

Prikupljanje podataka vršeno je na licu mesta, gde se vodilo računa o tome kada klijenti pristižu u red za čekanje, kada je počeo da se opslužuje i kada je završeno opsluživanje. Na osnovu ova tri podatka mogu se izračunati tražene vrednosti kao što su: prosečno vreme čekanja korisnika, prosečno vreme opsluživanja, prosečno vreme između dolazaka, prosečan broj klijenata na sat, prosečno vreme koje korisnik provede u sistemu i udeo slobodnog vremena mesta za opsluživanje.

Formule koje se koriste su:

1. Prosečno vreme čekanja korisnika:

$$T_c = \frac{\text{ukupno vreme čekanja svih korisnika}}{\text{broj korisnika}} \quad (1)$$

2. Prosečno vreme opsluživanja:

$$T_o = \frac{\text{ukupno vreme opsluživanja}}{\text{kroz ukupno vreme simulacije}} \quad (2)$$

3. Prosečno vreme između dolazaka:

$$T_d = \frac{\text{suma svih vremena međudolazaka}}{\text{broj međudolazaka}} \quad (3)$$

4. Prosečan broj klijenata na sat:

$$T_h = \frac{\text{broj klijenata}}{\text{po satu}} \quad (4)$$

5. Prosečno vreme koje korisnik provede u sistemu:

$$T_s = \frac{\text{vreme koje korisnik provede u sistemu}}{\text{broj korisnika}} \quad (5)$$

6. Udeo slobodnog vremena mesta za opsluživanje:

$$t_f = \frac{\text{ukupno slobodno vreme}}{\text{ukupno vreme simulacije}} \quad (6)$$

Na osnovu podataka prikupljenih na terenu, izvršeno je statističko izračunavanje prosečnih vrednosti u minutima. Nakon izračunavanja vrednosti za postojeće stanje u pošti, izvršene su tri simulacije:

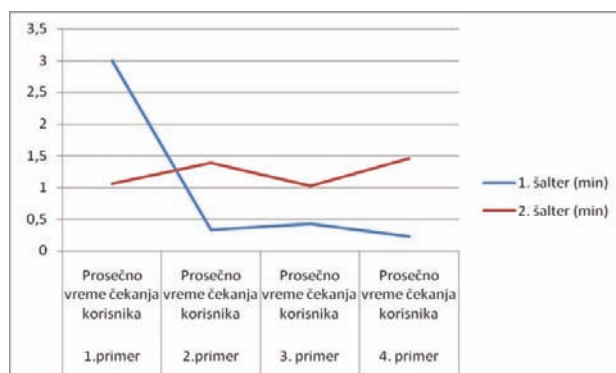
1. Prvi način simulacije problema sa dva šaltera je da prvi šalter obavlja poslove novčanog poslovanja, a drugi šalter koji je u probitnom postojećem stanju bio samo za usluživanje klijenata sa poštanskim uslugama obavlja i novčane usluge. Važno je napomenuti da u ovom primeru postoji jedan red čekanja za novčane usluge koji se formira za oba šaltera, dok korisnici koji obavljaju poštanske usluge imaju prioritet na drugom šalteru u odnosu na korisnike koji obavljaju novčane usluge. Korisnici sa poštanskim uslugama ne staju u red, već pri završetku opsluživanja korisnika sa novčanim uslugama staju direktno na drugi šalter i bivaju opsluženi. Za dobijanje prve simulacije korišćeni su podaci iz prvobitnog postojećeg stanja gde je prikazano polazno, stvarno stanje klijenata, a potrebni podaci za simulaciju su bili: dolazno vreme i vreme servisa (min)
2. Sledeća simulacija odnosi se na primer kada oba šaltera obavljaju i novčane i poštanske usluge. Formira se jedan red za oba šaltera. Takođe, kao i u prvoj simulaciji za izračunavanje potrebnih podataka, potrebni su polazni postojeći podaci vezani za dolazno vreme klijenata i vreme servisa klijenata.
3. Kao poslednju simulaciju uzeli smo u obzir da oba šaltera rade i novčane i poštanske usluge kao u prvoj simulaciji, međutim u ovom primeru nemaju prioritet korisnici sa poštanskim uslugama na šalteru dva. Odnosno svi korisnici staju u jedinstven red, dok drugi šalter obavlja i novčane i poštanske usluge. Takođe, kao i u ostale dve simulacije korišćeni su podaci iz prvog polaznog primera i to: dolazno vreme klijenata i vremen servisa klijenata, na osnovu kojih su dobijeni potrebni podaci.

Analizirajući postojeće polazne podatke i podatke dobijene simulacijom iz tabele 1, vidimo da se prosečno vreme čekanja klijenata prvog šaltera smanjilo za oko dva minuta zbog formiranja jedinstvenog reda čekanja za oba šaltera u odnosu na prvi polazni primer gde je formiran zaseban red za oba šaltera. Međutim prosečno vreme čekanja drugog šaltera u suštini ostaje isto i u primeru kada se za svaki šalter formira zaseban red i kada oba šaltera obavljaju sve usluge. Prosečno vreme opsluživanja za nijansu je povećano u simulacijama sa prioritetom i bez prioriteta za korisnike sa poštanskom uslugom, što ćemo prikazati na grafiku 1.

#### 4. ANALIZA PODATAKA SIMULACIJE

		1. šalter (min)	2. šalter (min)
1.primer (polazni)	Prosečno vreme čekanja korisnika	3	1,06
	Prosečno vreme opsluživanja	2,38	2,21
	Prosečno vreme između dolazaka	3,39	6,34
	Prosečan broj klijenata na sat	21 klijenata /min	11 klijenata /min
	Prosečno vreme koje korisnik provede u sistemu	4,58	3,27
	Udeo slobodnog mesta za opsluživanje	0,32	0,59
2.primer (1.Simulacija)	Prosečno vreme čekanja korisnika	0,34	1,39
	Prosečno vreme opsluživanja	2,02	2,09
	Prosečno vreme između dolazaka	3,12	2,32
	Prosečan broj klijenata na sat	15 klijenata /min	17 klijenata /min
	Prosečno vreme koje korisnik provede u sistemu	3,18	3,49
	Udeo slobodnog mesta za opsluživanje	0,5	0,4
3.primer (2.simulacija)	Prosečno vreme čekanja korisnika	0,43	1,03
	Prosečno vreme opsluživanja	2,26	2,46
	Prosečno vreme između dolazaka	3,08	2,16
	Prosečan broj klijenata na sat	21 klijenata /min	11 klijenata /min
	Prosečno vreme koje korisnik provede u sistemu	2,29	3,09
	Udeo slobodnog mesta za opsluživanje	0,35	0,56
4.primer (3.Simulacija)	Prosečno vreme čekanja korisnika	0,23	1,46
	Prosečno vreme opsluživanja	2,02	2,1
	Prosečno vreme između dolazaka	3,03	2,37
	Prosečan broj klijenata na sat	14 klijenata /min	17 klijenata /min
	Prosečno vreme koje korisnik provede u sistemu	2,26	3,55
	Udeo slobodnog mesta za opsluživanje	0,52	0,39

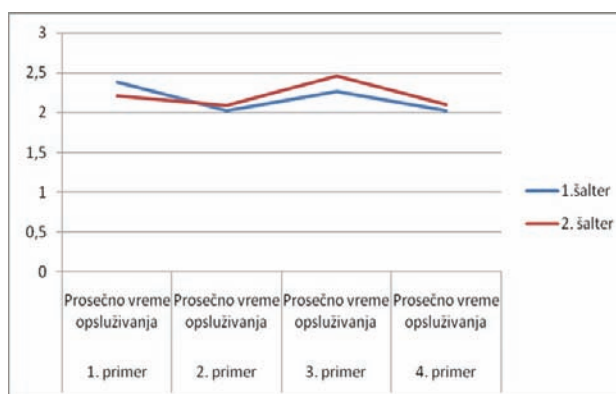
Tabela 1: Sagledavanje rezultata simulacije



Grafik 1: Analiza prosečnog vremena čekanja korisnika u simulacijama

Na osnovu grafika 1 možemo zaključiti da prosečno vreme čekanja korisnika u sistemu zavisi od vrste reda koji se formira i od vrste usluga koje drugi šalter pruža. Odnosno, možemo reći da su simulacije pod rednim brojem 1 i 2 pokazatelji najboljeg prosečnog vremena čekanja korisnika.

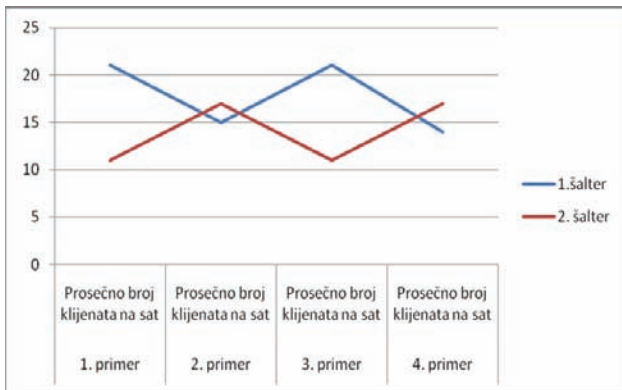
Što se tiče prosečnog vremena opsluživanja i prvog i drugog šaltera, vidimo da su vrednosti veoma ujednačene i da je mala razlika od simulacije do simulacije. Time pokazujemo da operacije koje se vrše u procesu opsluživanja zavise isključivo od brzine rada pozadinskih uređaja koji se koriste u samom opsluživanju. Vrednosti prosečnog vremena opsluživanja prikazaćemo na grafiku 2.



Grafik 2: Analiza prosečnog vremena opsluživanja korisnika u simulacijama

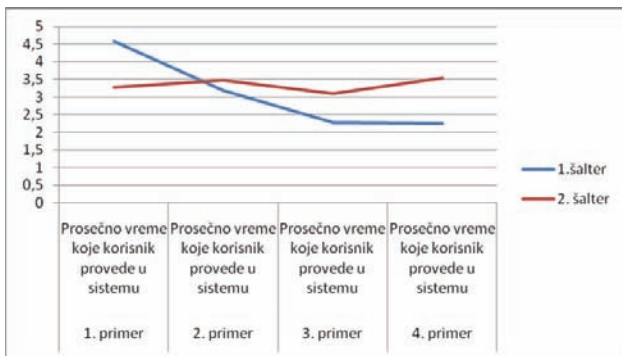
Analizirajući prosečan broj klijenata na sat primećujemo da su na prvom šalteru kao i na drugom početni primer i simulacija 2 i simulacije 1 i 3 iste. Odnosno, to znači da pri formiranju zasebnog reda za svaki šalter i jedinstvenog reda za oba šaltera gde oba šaltera pružaju obe usluge, na svaki šalter pojedinačno dođe isti broj klijenata, takođe i u primerima simulacija 1 i 3 koje se odnose na postojanje ili ne postojanje prioriteta korisnika na drugom šalteru sa poštanskim uslugama, šalteri usluže jednak broj klijenata. Što je dato na grafiku 3.

Poslednji pokazatelj koji ćemo analizirati je prosečno vreme koje korisnik provede u sistemu. Ono zavisi od prosečnog vremena čekanja korisnika i prosečnog vremena opsluživanja.



Grafik 3: Analiza prosečnog broja klijenata na sat u simulacijama

Na osnovu podataka možemo zaključiti da se vrednosti smanjuju na prvom šalteru, do jedne granične oko 2 minuta, a da na drugom šalteru vrednosti variraju oko 3 minute. Što se može smatrati zadovoljavajućim vremenom. Vrednosti su prikazane na grafiku 4



Grafik 4: Analiza prosečnog vremena koje korisnik provede u sistemu u simulacijama

## 5. ZAKLJUČAK

Pošta kao organizacija potrebno je da nudi svoje usluge korisnicima na najbolji i najbrži način. Samim tim mora da prati efikasnost pružanja usluga, kako u pogleda brzine tako i tačnosti.

Snimanjem podataka masovnog opsluživanja pošte sa dva šaltera i pravljenjem simulacija da bi sagledali najefikasniji vid usluživanja, analizom smo zaključili da je u datoj pošti potrebno formirati jedinstveni red čekanja za oba šaltera, a da pri tome oba šaltera obavljaju i novčane usluge i poštanske usluge čime se obezbeđuje najbrže usluživanje korisnika. Omogućava se najkraće vreme čekanja korisnika na uslugu i najbrže opsluživanje korisnika na šalteru. Zaključeno je da brzina opsluživanja korisnika ne zavisi od spoljnih faktora, već isključivo od brzine pozadinskih uređaja (kompjuter, štampač, vaga...). Dužina simulacije bi povećala tačnost rezultata. U ovom trenutku izvučeni su preliminarni zaključci: mali broj korisnika mora da čeka na opsluživanje, a pri tome prosečno vreme čekanja nije predugačko i takođe mesto opsluživanja nema preterano slobodnog vremena.

U sledećem periodu potrebno je da pošta povremeno obavlja analize masovnog opsluživanja u svojim jedinicama i tako uvidi osobine svakog sistema pojedinačno i u zavisnosti od samih rezultata donese strateške planove za dalji investiranje u jedinice

poštanskog saobraćaja. Time će pridobiti još veće poštovanje među korisnicima i veću posećenost pošta, što joj je i krajnji cilj.

## 6. LITERATURA

- [1] Vukadinović S.: Masovno opsluživanje, Naučna knjiga, Beograd, 1988
- [2] Šolak Nj.: Teorija masovnog opsluživanja, optimizacija redova čekanja u kompleksnom održavanju automobila, Svetlost, Kragujevac, 1976
- [3] Sučević D.: Primeri primene matematičkih metoda u PTT saobraćaju, Saobraćajni fakultet, Beograd, 1996
- [4] <http://www.scribd.com/doc/51830855/TEORIJA-REDOVA-%C4%8CEKANJA>
- [5] <http://www.win.tue.nl/~iadan/queueing.pdf>
- [6] [http://www.pfri.uniri.hr/~zenzerov/Teorija\\_redova\\_cekjanja.pdf](http://www.pfri.uniri.hr/~zenzerov/Teorija_redova_cekjanja.pdf)

## Kratka biografija:



**Tamara Borjanović** rođena je u Bačkoj Topoli 1987. godine. Diplomski-bachelor rad odbranila je 2010. godine na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, na temu „Platni promet i pošta kao agent banke“ i okončala osnovne akademske studije sa prosečnom ocenom 8.38. Od 2010.god. student je master studija na Fakultetu tehničkih nauka. Diplomski master rad odbranila je 2011. godine na temu „Masovno opsluživanje u poštanskom saobraćaju“.



**Momčilo Kujačić** rođen je u Kleku 1950. godine. Vandredni profesor je na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu. Predaje Eksploataciju poštanskog saobraćaja. Na Fakultetu tehničkih nauka je od 2001. godine. Diplomirao je, magistrirao i doktorirao na Saobraćajnom fakultetu Univerziteta u Beogradu. Autor je i koautor preko 30 objavljenih naučnih radova i jedne publikacije. Proveo je preko 25 godina u JP PTT saobraćaj „Srbija“ na poslovima operativnog i strateškog upravljanja.

**PRIKAZ I ANALIZA TERETNOG DRUMSKOG SAOBRAĆAJA NA SPOLJNOM KORDONU NOVOG SADA****OUTER CORDON ROAD FREIGHT TRANSPORT REVIEW AND ANALYSIS IN CITY OF NOVI SAD**Marko Veličković, Ratomir Vračarević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast: SAOBRAĆAJ**

**Kratak sadržaj** – U ovom radu prikazano je stanje teretnog drumskog saobraćaja na spoljnom kordonu Novog Sada i izvršena je analiza dobijenih podataka. Na osnovu podataka dobijenih anketom i brojanjem učesnika u saobraćaju na spoljnom kordonu dobijena je slika vremenske i prostorne raspodele putovanja teretnih vozila u Novom Sadu.

**Abstract**– This paper presents outer cordon road freight transport in city of Novi Sad and analyses obtained data. Based on outer cordon questionnaire survey and traffic counting, we obtained temporal and spatial distribution of truck trips in city of Novi Sad.

**Key words:** Road freight transport, Questionary, Time and spatial trip distribution

**Ključne reči:** Teretni drumski saobraćaj, Anketa na spoljnom kordonu, Prostorna i vremenska raspodela putovanja

**1. UVOD**

U ovom radu biće izvršen prikaz i analiza teretnog drumskog saobraćaja na spoljnom kordonu Novog Sada, što je od posebnog značaja za analizu njegovog uticaja na celokupni saobraćajni sistem grada, kao i za planiranje i vrednovanje određenih mera koje treba preduzeti u cilju poboljšanja saobraćajnih uslova.

Analiza izvora i ciljeva vožnji teretnih vozila trebala bi da utvrdi obim tokova teretnog drumskog saobraćaja koji otpočinju ili završavaju vožnju u Novom Sadu, kao i obim tokova koji kroz teritoriju posmatranog grada samo prolaze (tranzitni tokovi). Saobraćajna studija grada Novog Sada sa dinamikom uređenja saobraćaja predstavlja istraživanje koje je 2009. godine sproveo JP „Urbanizam“, Zavod za Urbanizam Novi Sad. U okviru ove studije izvršeno je brojanje i anketiranje svih učesnika u saobraćaju na spoljnom kordonu Novog Sada.

Cilj sprovođenja ovog istraživanja jeste generisanje matrica vožnji drumskih teretnih vozila u Novom Sadu u obliku tabela, kao i formiranje preglednih šema tokova teretnih vozila. Zbog kompleksnosti i nepreglednosti podataka u formi matrice, na osnovu njih se crtaju šeme saobraćajnih tokova teretnih vozila koje bi trebale da poboljšaju i olakšaju analizu dobijenih rezultata.

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Ratomir Vračarević, red.prof.**

Formiranje ovakvih tabela i šema treba da omogući bolje razumevanje izvorno-ciljnih i tranzitnih kretanja teretnih vozila, kao i posledica kretanja ovih vozila u stvarnosti na putevima.

**2. PRIKUPLJANJE PODATAKA U SAOBRAĆAJU**

Saobraćaj je pojava koja nastaje kada se javi potreba za promenom mesta boravka ljudi ili razmenom robe, informacija ili novca između dve tačke u prostoru – izvora i cilja. Osnovni uslovi nastajanja saobraćaja su prisustvo potrebe za kretanjem (putovanjem, razmenom) između mesta izvora i mesta cilja, zatim povezanost izvora i ciljeva odgovarajućim vezama (linkovima) i postojanje takođe odgovarajućih sredstava kojim će se kretanje obaviti.

Planiranje procesa prikupljanja podataka za istraživanje zahteva značajno iskustvo, veštinu kao i znanja iz oblasti koja se izučava. U sveobuhvatnim studijama korišćenja zemljišta i saobraćaja istražuju se zakonitosti nastajanja putovanja i/ili kretanja i njihove karakteristike kao što su motivi putovanja, vremenske odrednice, način, intenzitet i struktura i sl. U tu svrhu sprovode se određena istraživanja koja se mogu svrstati u dve osnovne grupe i to:

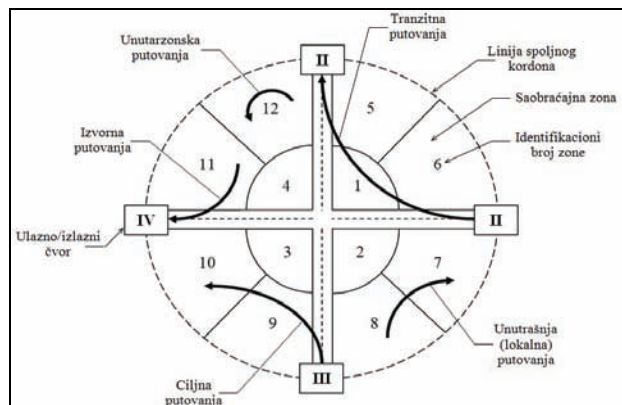
- brojanje saobraćaja,
- anketiranje učesnika u saobraćaju.

Brojanjem saobraćaja utvrđuju se intenzitet i struktura saobraćaja u određenim vremenskim intervalima i/ili periodima i na određenim prostorno definisanim lokacijama. U odnosu na brojanje saobraćaja anketiranje učesnika u saobraćaju predstavlja složeniji vid istraživanja jer zahteva neposredan kontakt sa osobama koje stvaraju – generišu saobraćaj, kako bi metodom intervjuisanja utvrdili određeni podaci koji se na drugi način ne mogu dobiti.

Osnovni podaci o saobraćaju koji se dobijaju metodom anketiranja odnose se na karakter putovanja i/ili robnih tokova, motiv putovanja i/ili vrstu robe, način – vid prevoza i period dana u kome se obavlja putovanje odnosno transport robe. Karakter robnih tokova se definiše na osnovu položaja izvora i ciljeva u odnosu na područje istraživanja. Studije izvora i cilja putovanja (vožnje) predstavljaju važnu osnovu saobraćajnih istraživanja. Ove studije se sprovode kako bi se utvrdila šema kretanja putnika i/ili robe na posmatranom području u određenom vremenskom periodu [2].

Na Slici 1 može se videti prikaz područja sa 12 saobraćajnih zona (1-12) i četiri ulazno-izlaznih čvorova (I – IV). Na slici je ucrtno 5 strelica koje reprezentuju

karakter putovanja u odnosu na područje istraživanja, što je potrebno za kompletiranje matrica putovanja.



Slika 1. Karakter tokova saobraćaja u odnosu na područje istraživanja [1]

U cilju postizanja kompletne matrice putovanja mora se utvrditi broj putovanja iz svake zone (i ulazno-izlaznog čvora) u svaku zonu (i ulazno-izlazni čvor), a jedan od načina za utvrđivanje ovih podataka jeste anketiranje učesnika u saobraćaju.

### 3. KARAKTERISTIKE TOKOVA TERETNIH VOZILA NA SPOLJNOM KORDONU NOVOG SADA

Da bi se utvrdila vremenska i prostorna raspodela tokova teretnih vozila potrebno je najpre utvrditi osnovne karakteristike tih tokova.

#### 3.1. Raspodela saobraćajnih zona i distrikata u gradu

Teritorija Novog Sada je podeljena na saobraćajne distrikte koji se koriste prilikom sprovođenja različitih saobraćajnih istraživanja. Međutim, za potrebe istraživanja koje se sprovodi u ovom radu navedena podela na saobraćajne distrikte, kao takva, nije pogodna zbog toga što postoji preveliki broj distrikata.

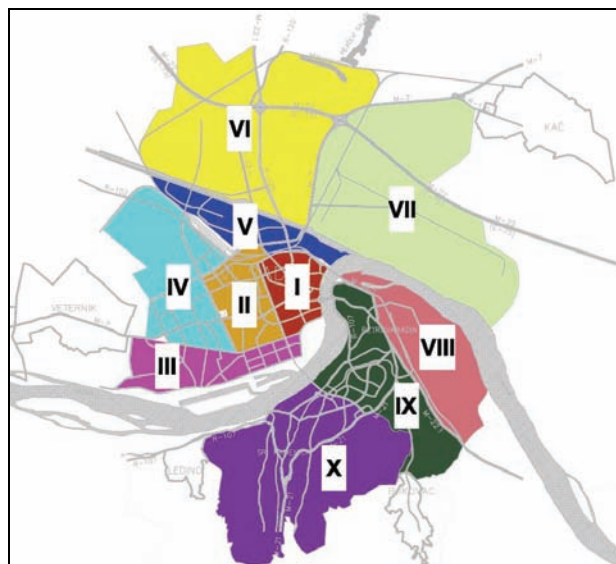
Ukupnjavanjem saobraćajnih distrikata (61 distrikt) koji se nalaze na području Generalnog plana Novog Sada (Novi Sad, Petrovaradin, Sr. Kamenica) dobiće se ukupno 10 distrikata koji će biti pogodni za sprovođenje analize u ovom radu. Kriterijumi na koje treba obratiti posebnu pažnju prilikom vršenja ukupnjavanja su sledeći:

- raspored gradskog sadržaja,
- položaj glavnih gradskih saobraćajnica,
- karakteristike postojećih distrikata i sl.

Dobijeni saobraćajni distrikti prikazani su na Slici 2 različitim bojama i označeni rednim brojevima od I do X.

#### 3.2. Režim teretnog saobraćaja u gradu

Gradske vlasti u Novom Sadu su u prošlosti sprovodile odgovarajuće regulativne mere kako bi u određenoj meri poboljšale saobraćajno stanje na ulicama grada i kako bi se poboljšali uslovi života u gradu, odnosno kako bi se smanjilo zagađivanje vazduha. Jedna od restriktivnih mera koja je sprovedena, i koja je još uvek na snazi, jeste određivanje zone u kojoj je zabranjeno kretanje teških teretnih vozila. Ovakve zone su formirane u Novom Sadu, Petrovaradinu i Sremskoj Kamenici. U Novom Sadu je uvedena zona koja obuhvata šire gradsko jezgro.



Slika 2. Prikaz rasporeda novih saobraćajnih distrikata



Slika 3. Postojeća i planirana zona zabrane kretanja za teška teretna vozila

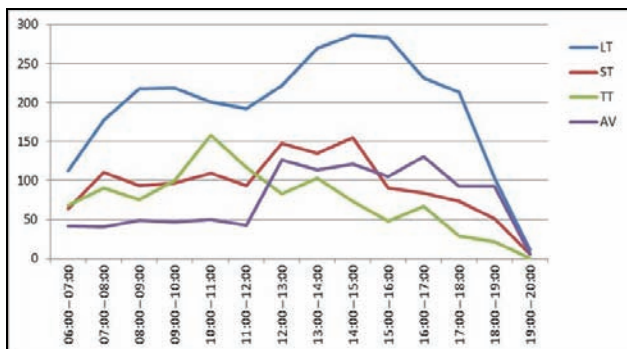
Zona zabrane kretanja za teška teretna vozila prikazana je na Slici 3. (zona obojena crvenom bojom). Ovu zonu ograničavaju ulice Rumenačka, Hajduk Veljkova i Cara Dušana (sa leve strane), Bulevar Cara Lazara (sa donje strane), Kej Žrtava Racije i Beogradski Kej (sa desne strane) i Venizelosova ulica, deo Temerinske ulice, Partizanska ulica, Kisački put i jedan deo ulice Kornelija Stankovića (sa gornje strane). Deo grada koji je šrafiran crnom bojom predstavlja proširenje zone zabrane kretanja teretnih vozila koje se planira u skorijoj budućnosti.

#### 3.3. Vremenska raspodela teretnog saobraćaja

Vremenska raspodela teretnog saobraćaja na spoljnom kordonu Novog Sada najpreciznije se može utvrditi analizom podataka dobijenih brojanjem saobraćaja na spoljnom kordonu. Nakon izvršene analize dobijeni podaci se radi bolje preglednosti predstavljaju grafički, što je prikazano na Slici 4.

Kada se pomatra vremenska raspodela po vrsti vozila može se videti da kategorija lakih teretnih vozila (pogledati sliku 4) ima karakteristike vremenske raspodele sa jasno izraženim vršnim periodima, što je donekle i situacija sa srednjim teretnim vozilima. Međutim, raspodela teških teretnih vozila ima čudne karakteristike. Tačnije, kod ove raspodele nisu izraženi vršni periodi zbog toga što se maksimalni broj vozila pojavio u periodu od 10h do 11h i nakon toga je konstantno opadao. U pogledu autovozova, broj vozila je do perioda 11:00-12:00 bio

približno konstantan da bi u periodu 12:00-13:00 naglo porastao.



Slika 4. Vremenska raspodela vožnji teretnih vozila po kategorijama

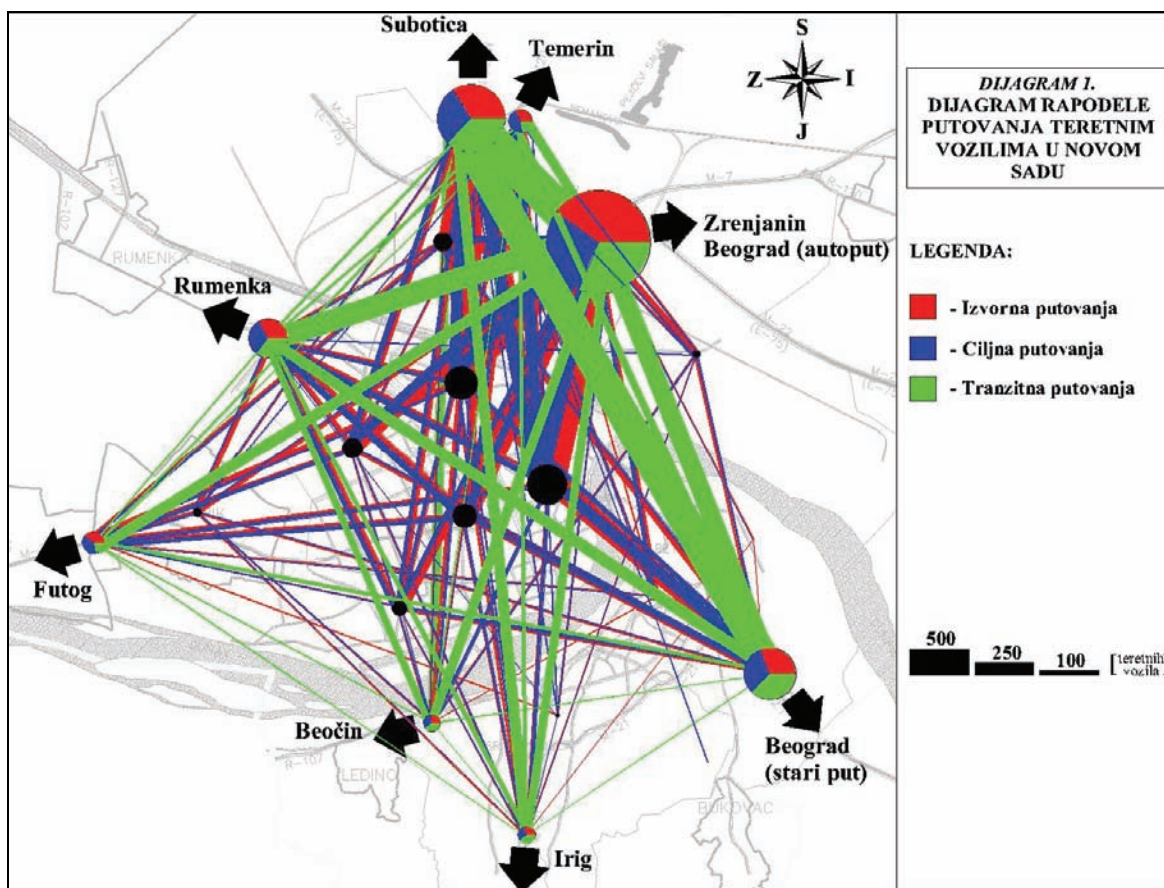
### 3.4. Prostorna raspodela teretnog saobraćaja

Bitan podatak za regulisanje saobraćaja u gradu jeste odnos izvorno-ciljnih i tranzitnih vožnji teretnih vozila po pojedinim putnim pravcima. Iz naredne tabele (Tabela 1) se može videti da u proseku 2/3 od ukupnog broja vožnji teretnih vozila čine putovanja koja su započeta ili se završavaju na teritoriji Novog Sada, a samo 1/3 tranzitira.

Tabela 1. Odnos izvorno-ciljnih i tranzitnih vožnji po različitim putnim pravcima

Putni pravac	Izvorno-ciljnevožnje [%]	Tranzitnevožnje [%]
sp1 (Futog)	78,8%	21,2%
sp2 (Rumenački put)	70,1%	29,9%
sp3 (Temerinski put)	63,8%	36,2%
sp4 (Pejićevi salaši)	78,8%	21,2%
sp5 (M-7)	70,0%	30,0%
sp6 (Petrovaradin)	60,0%	40,0%
sp7 (Paragovo)	56,5%	43,5%
sp8 (Sremska Kamenica)	55,3%	44,7%
<b>Prosek</b>	<b>66,7%</b>	<b>33,3%</b>

Jedan od načina prikazivanja veličina do kojih se došlo tokom istraživanja jesu matrice putovanja. Međutim, ovako prikazani podaci mogu da budu nepregledni, što može da utiče na kvalitet rezultata analize tih podataka. Prefinjeniji način prikazivanja vožnji iz matrica putovanja jeste šematski (linijski) prikaz saobraćajnih tokova teretnih vozila. Na Slici 5 je dat šematski prikaz izvornih, ciljnih i tranzitnih vožnji teretnih vozila u Novom Sadu.



Slika 5. Dijagram prostorne raspodele izvorno-ciljnih i tranzitnih vožnji teretnih vozila u Novom Sadu

## 4. OGRANIČENJA SPROVEDENE ANALIZE I PREDLOG MERA ZA POBOLJŠANJE

Pri sprovođenju istraživanja i analize u ovom radu primećene su određene problemske tačke i to:

1. neprilagođenost anketnog obrasca potrebama analize sprovedene u radu,

2. vršenje građevinskih radova na Temerinskoj petlji, i
3. jednokratno sprovođenje ankete.

Nedostatak baze podataka dobijene sprovođenjem ove ankete jeste to što anketni obrazac nije sadržao pitanje "Kojim putem ćete se kretati do cilja?". Da bi se ublažila ograničenja analize zbog ovog nedostatka izvršene su

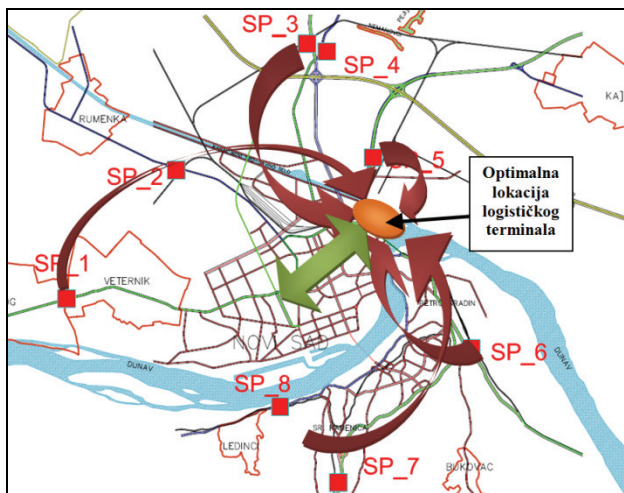
određene aproksimacijevožnji teretnih vozila čime je omogućeno dobijanje matrica matrica koje su definisane saobraćajnim distriktima u gradu i tačkama preseka spoljnog kordona i ulazno/izlaznih pravaca Novog Sada.

Zbog radova na Temerinskoj petlji anketiranja pojedini učesnici u saobraćaju su bili primorani da koriste druge putne pravce. Posledica toga jeste povećanje intenziteta saobraćaja na ostalim ulaznim pravcima, naročito na lokaciji sp\_5.

U zavisnosti od godišnjeg doba razlikuje se kako vrsta i količina robe koja se preveze, tako i vrsta i karakteristike vozila koja vrše prevoz. Zbog ovih razlika, pri vršenju prikaza i analize teretnog drumskog saobraćaja na spoljnomkordonu Novog Sada, potrebno je izvršiti anketiranje vozača teretnih vozila barem četiri puta u toku godine, u vremenskom razmaku od tri meseca. Na ovaj način bi u analizi bile obuhvaćene sezonske promene karakteristika teretnog drumskog saobraćaja na spoljnom kordonu Novog Sada.

Jedna od mera za poboljšanje svakako podrazumeva izgradnju logističkog terminala, koji predstavlja granicu između makro i mikro logističkih tokova, kao i mesto na kome se vrši konsolidacija robnih tokova.

Izgradnja i izbor lokacije logističkog terminala predstavlja jedan od osnovnih koraka za poboljšanje distribucije robe u gradu i karakteristika teretnog drumskog saobraćaja. Izgradnjom logističkog terminala na lokaciji prikazanoj na Slici 6, vrši se optimalno prostorno dekomponovanje tokova drumskih teretnih vozila [3, 4].



Slika 6. Prikaz optimalne lokacije logističkog terminala

Ovakvim pristupom rešavanja problema u gradu potiče se privlačenje svih tokova teških teretnih vozila u logistički centar, što prouzrokuje značajno rasterećenje gradske saobraćajne mreže i poboljšanje kvaliteta života u gradu. Roba se dalje iz logističkog centra može transportovati manjim, ekološki prihvatljivijim teretnim vozilima, po prethodno dobro isplaniranim trasama u cilju minimiziranja pređenog puta i vremena zadržavanja ovih vozila u gradu.

## 5. ZAKLJUČAK

U radu je izvršen prikaz i analiza teretnog drumskog saobraćaja na spoljnom kordonu Novog Sada. Na osnovu dobijenih numeričkih i grafičkih podataka doneti su određeni zaključci. Najpre je izvršeno filtriranje ulazne baze podataka kako bi se pristupilo vršenju analize teretnog drumskog saobraćaja na spoljnom kordonu Novog Sada. Utvrđeno je da 13% od ukupnog broja vozila čini udeo teretnih vozila, a da laka i srednja teretna vozila zajedno čine 80% od ukupnog broja teretnih vozila u saobraćajnom toku. Što se tiče vremenske raspodele najveći broj teretnih vozila javlja se u popodnevnom vršnom času od 14:00h – 15:00h. Za potrebe analize prostorne raspodele teretnih tokova izvršeno je formiranje matrica vožnji dimenzija 20x20. Na osnovu podataka iz matrica izvršen je grafički prikaz prostorne raspodele teretnih tokova, gde se jasno mogu videti izvorni, ciljni i tranzitni tokovi teretnog saobraćaja, kao i njihov intenzitet, što je bio cilj sprovedenog istraživanja. Kao mera za poboljšanje predložena je izgradnja logističkog terminala koji može imati veoma pozitivne uticaje na saobraćaj i život u gradu.

## 6. LITERATURA

- [1] Bryan P. Guy, „Evaluation of data collection techniques & methods for roadside station origin-destination studies”, Purdue University, december 2005.
- [2] Wang, C.P. and S. Nallamothu, „Basis of License Plate Recognition and a New Approach“, Congress on Computing in Civil Engineering, Proceedings, 1997.
- [3] JP “Urbanizam” - Zavod za Urbanizam Novi Sad, “Studija o uslovima i opravdanosti izgradnje robno transportnog centra u Novom Sadu”, Novi Sad, 2004.
- [4] Veličković, M., „Izbor lokacije logističkog terminala za potrebe urbane (“city”) logistike u Novom Sadu“, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2010.

### Kratka biografija:



**Marko Veličković** rođen je u Vranju 1986. godine. Diplomski rad na Fakultetu tehničkih nauka na temu „Izbor lokacije logističkog terminala za potrebe urbane (city) logistike u Novom Sadu“ odbranio je 2010. godine

**Ratomir Vračarević** rođen je u Beogradu 1944. godine. Doktorirao je na Saobraćajnom fakultetu u Beogradu 1990. godine, a od 1994. godine radi na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu kao redovni profesor.

**МЈЕРЕ ЗА ПОБОЉШАЊЕ РАДА И ПОСЛОВАЊА ПРЕДУЗЕЋА „МИЛИНОВИЋ“ Д.О.О.****MEASURES FOR IMPROVING THE BUSINESS OF THE COMPANY „MILINOVIĆ“ D.O.O.**

Владимир Милиновић, Факултет техничких наука, Нови Сад

**Област – САОБРАЋАЈ**

**Кратак садржај** – У овом раду извршена је анализа пословања и рада предузећа „МИЛИНОВИЋ“ д.о.о. са посебним освртом на републичку аутобуску линију ШИПОВО – БАЊА ЛУКА. Детаљно су обрађени измеритељи рада на линији. Трошкови линије су израчунати по оствареном километру на основу чега су израчунати укупни трошкови и добит за аутобусе марке TAM109A110T и HIGER гдје је извршено и упоређивање добијених резултата.

**Кључне речи:** Предузеће., републичка аутобуска линија ШИПОВО – БАЊА ЛУКА, аутобуси марке TAM и HIGER.

**Abstract** – The business of the company „MILINOVIĆ“ d.o.o. with the reference to the republic bus line

ŠIPOVO – BANJA LUKA have seen qualyted. The work on the line has been covered in detail. The line costs have been calculated per kilometer on the basis of which are all the costs calculated and profit for the buses TAM190A110T and HIGER have seen calculated too. Finally the results have seen compared.

**Key words:** the company, the republic bus line ŠIPOVO – BANJA LUKA, the buses TAM and HIGER.

**1. УВОД**

У периоду од мјесец дана у 2011. години извршена је објективна анализа досадашњег пословања и рада предузећа „Милиновић“ д.о.о. са приказом организационе структуре истог, структуре запослених и структуре возног парка и посебним освртом на републичку аутобуску линију ШИПОВО – БАЊА ЛУКА као и давање предлога за успешније пословање. Циљ израде овог рада је да се кроз анализу тренутног стања уоче недостаци у пословању предузећа и предложе мјере за превазилажење тих проблема.

**2. ИСТОРИЈАТ И РАЗВОЈ „МИЛИНОВИЋ“ Д.О.О.**

Предузеће „Милиновић“ је регистровано 04. јануара 1996. године у Приједору улица Милана Тенића бр. 20. На почетку је имало регистровану само једну републичку линију Бања Лука – Приједор.

**НАПОМЕНА:**

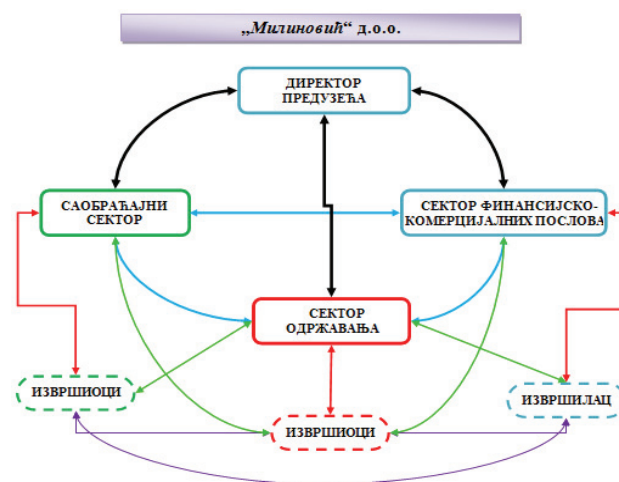
Овај рад проистекао је из дипломског – мастер рада чији ментор је био др Павле Гладовић, ред. проф.

Поседало је један аутобус марке TAM и било је запослено само 2 радика која су радила све од вожње до оправке. Како су временом регистровани више линија тако се и само предузеће проширивало. Данас запошљавају 26 радника, возни парк чини 16 аутобуса и имају 12 регистровани линија. Предузеће је 2009. године купило једно предузеће у Републици Србији и пререгистровало га у „Милиновић“ д.о.о. Нови Сад улица Кисачки пут бр. 1. Куповином овог предузећа у Србији, власник има у плану да се проширује на територији Републике Србије [3].

**3. ДЈЕЛАТНОСТИ И СТРУКТУРА ПРЕДУЗЕЋА**

Основна дјелатност којом се бави „Милиновић“ д.о.о. је превоз путника. Поред превоза путника у редовном линијском саобраћају, ванлинијском превозу у земљи и иностранству предузеће врши оправку сопствених возила.

Дијаграм бр. 3.1. Организациона структура предузећа



На дијаграму бр. 3.1. видимо да предузеће поред директора има и три сектора, а сваки од сектора има шефа сектора и извршиоце. Информације су повратне, када дириктор проследи информације поједином сектору добија одмах или после одређеног периода одговор. Сви сектори се између себе договарају, а посебно саобраћајни сектор и сектор одржавања јер су они уско повезани. Тако да се шефови сектора међусобно допуњавају и консултују са радницима из свог и суседног сектора.

Кадровска структура запослених приказана је у табели 3.1 из које се види да у предузећу највећи број запослени је са III и IV степеном стручне спреме. [3]

Табела бр. 3.1. Кадровска структура запослених

РЕДНИ БРОЈ	КВАЛИФИКАЦИОНА СТРУКТУРА	БРОЈ РАДНИКА
1.	III степен	15
2.	IV степен	10
3.	V степен	1
<b>УКУПНО</b>		<b>26</b>



График 3.1. Процент запослених радника по областима рада

На графику бр. 3.1. приказан је проценат запослених радника по областима рада из којег се види да је највећи број запослених чини саобраћајни сектор са 73% док 19% чини сектор одржавања и по 4% директор предузећа и сектор финансијско – комерцијалних послова.

#### 4. СТРУКТУРА ВОЗНОГ ПАРКА

Под појмом возни парк подразумева се скуп свих транспортних средстава једног предузећа. [1] У посматраном периоду - за карактеристичан дан инвентарски возни парк предузећа се састоји од 16 аутобуса и сви су способни за рад.

На графику 4.1. је приказана структура возног парка предузећа.

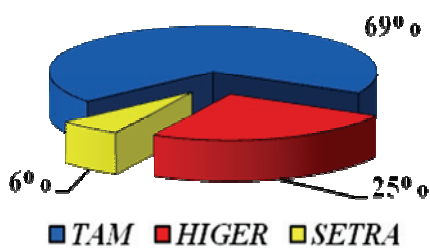


График 4.1. Структура возног парка

Из графика 4.1 се може видети да предузеће има само 3 марке возила, а да највећи број возила чини марка TAM, док најмањи чини марка SETRA. [3]

**Старосна структура возила** предузећа за цео возни парк је око 17 година, па је неопходно набавити још нових возила, а стара покушати продати.

#### 5. МЕЂУМЈЕСНЕ ЛИНИЈЕ

Међумјесне линије које опслужује предузеће „Милиновић“ д.о.о. подељене су на:

Републичке линије су:

- Бос.Брод – Бања Лука;
- Приједор – Рибник;
- Приједор – Бања Лука;
- Бања Лука – Приједор;
- Приједор – Градишка;
- Б. Лука – Козарска Дубица;
- Шипово – Бања Лука;
- Бања Лука – Шипово и
- Бања Лука – Градишка. [3]

Међуентитетске линије су :

- Б. Лука – Лушци Паланка и
- Дервента – Крњеуша. [3]

Међународна линија је

- Бања Лука – Нови Сад. [3]

У раду је извршена и посебна анализа произвољно одабране републичке аутобуске линије ШИПОВО – БАЊА ЛУКА.

#### 6. ОЦЈЕНА ПОСТОЈЕЋЕГ СТАЊА РЕПУБЛИЧКЕ АУТОБУСКЕ ЛИНИЈЕ ШИПОВО – БАЊА ЛУКА

Да би се извршила оцјена постојећег стања рада републичке аутобуске линије Шипово – Бања Лука неопходно је дефинисати итинерера.

Под појмом итинерер подразумева се растојање између двије тачке. При дефинисању итинерера потребно је напоменути да полуобрт А представља релацију од Шипова до Бања Луке, а полуобрт Б релацију од Бања Луке до Шипова.

##### 6.1. Анализа измјеритеља рада републичке аутобуске линије Шипово – Бања Лука

Потпуна анализа измјеритеља рада републичке аутобуске линије подразумева релацију исте за сваки дан у недељи и то током читаве године. Анализа измјеритеља рада извршена је у трајању од мјесец дана са почетком од 01.06. – 31.06.2011. године, утврђени и трошкови рада ове линије. Приликом анализе измјеритеља рада за посматрани период коришћени су подаци на линији добијени методом бројања путника на улазу и излазу из аутобуса по станицама за сваки дан.

Анализа измјеритеља рада подразумева утврђивање следећих параметара:

1. Број превезених путника ( $P$ );
2. Токови путника на линији ( $Q$ );
3. Остварени транспортни рад ( $U$ );
4. Просечно међустанично растојање ( $L_i$ );
5. Просечан проток путника по деоницама линије за обим превоза ( $q_o$ );
6. Просечан број путника по километру линије за остварени транспортни рад ( $q_u$ );
7. Коефицијент статичког искоришћења капацитета аутобуса ( $\eta$ );
8. Коефицијент динамичког искоришћења капацитета аутобуса ( $\epsilon$ );
9. Просечна дужина вожње на линији за полуобрт ( $K_s P_i$ );
10. Средње растојање превоза једног путника ( $K_s P_s$ );

11. Коефицијент измјене путника у међуградском аутобуском саобраћају ( $\eta_{sm}$ );
12. Неравнојерност тока путника на линији за обим превоза ( $\Psi_p$ );
13. Неравнојерност тока путника на линији за остварени транспортни рад ( $\Psi_u$ ) и
14. Коефицијент искоришћења капацитета аутобуса по деоницама линије ( $K_{ik}$ ). [1]

Параметри нису приказани у овом раду због преобимности података из тог разлога само су наведени који су израчунати у дипломском раду.

## 7. АНАЛИЗА ПРИХОДА ДОБИЈЕНИХ РАДОМ РЕПУБЛИЧКЕ АУТОБУСКЕ ЛИНИЈЕ ШИПОВО – БАЊА ЛУКА

Анализа прихода и трошкова добијених радом републичке аутобуске линије биће извршена за мјесец дана и на основу тога даће се оцјена рада возила на линији, односно утврдиће се да ли је постојање ове линије економски оправдано.

Укупан годишњи приход добијен радом посматране републичке аутобуске линије израчунава се на основу следећег образаца.

$$R_{ukupno} = R_{karte} + R_{mjesečne}$$

$$R_{karte} \approx 84\,000,00 \text{ (к.марака)} [3]$$

$$R_{mjesečne} \approx 6\,000,00 \text{ (к.марака)} [3]$$

$$R_{ukupno} \approx 90\,000,00 \text{ (к.марака)}$$

гдје је:

$R_{ukupno}$  - укупни годишњи приход,

$R_{karte}$  - годишњи приход од продаје појединачни карти и

$R_{mjesečne}$  - годишњи приход од продаје мјесечни карти.

## 8. АНАЛИЗА ТРОШКОВА

За очекивану цјену коштања републичке аутобуске линије Шипово – Бања Лука, детаљно су израчунати следећи трошкови:

- Трошкови зарада,
- Амортизација возила,
- Трошкови закупнине простора за смјештај и одржавање возила,
- Редовне сервисе возила на одређеној километражи по препоруци произвођача,
- Редовно одржавање возила,
- Трошкови потрошње горива,
- Трошкови осигурања возила и путника, трошкови регистрације,
- Трошкови потрошње гума и
- Остали трошкови су узети нормативно (искуствено). [2]

Сви трошкови биће упоређени између двије врсте возила TAM190A110T и HIGER тако да ћемо уједно видјети колика је разлика у трошковима. И која је уштеда између ове двије врсте возила. Израчунавањем укупних трошкова видимо да је разлика између возила 0,088 (к.марака/км) и то су трошкови за

возило TAM190A110T мањи и износе 1,226 (к.марака/км), а за возило HIGER износи 1,315 (к.марака/км).

На графику бр.8.1 приказани су укупни трошкови подељени по групама трошкова израженим у процентима која се односе за један пређени километар, а гдје се види да су сви трошкови мањи за возило HIGER сем амортизације возила, зато што је возило HIGER ново, а возило TAM старо 20 година и његов амортизациони вјек је давно истекао. Највећа уштеда се остварује у трошковима потрошње горива.

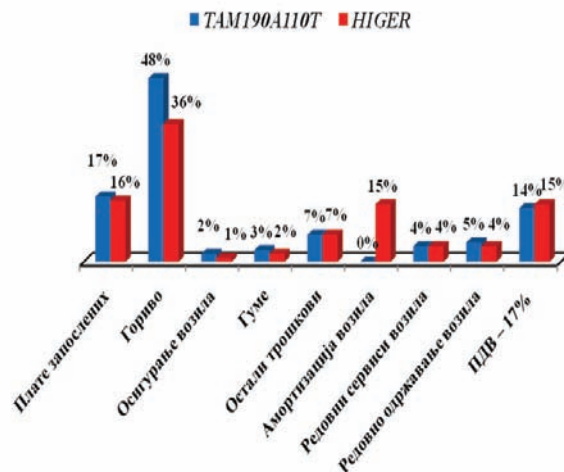


График бр. 8.1. Укупни трошкови по возилу изражени у процентима по оствареном километру

Укупни трошкови за посматрану линију израчунати су на нивоу године и приказани су у табели бр. 8.1 гдје су уједно и упоређени између возила TAM190A110T и HIGER

Табела бр. 8.1. Укупни трошкови на нивоу године

За возило годишње	Тип возила		Разлика	
	TAM190A110T	HIGER	(к.марака)	%
Пређени километари	64 250	64 250	/	/
Цјена по км (к.марака/км)	1,226	1,315	0,088	7
Укупна цјена (к.марака)	78 770,50	84 488,75	5 718,25	7
Укупна цјена (к.марака)	79 000,00	85 000,00	6 000,00	7

Из табеле 8.1 се види да укупни очекивани трошкови коришћењем возила TAM190A110T износиће око 79 хиљада (к.марака) на годишњем нивоу, док би укупни трошкови износили око 85 хиљада (к.марака) када би користили ново возило марке HIGER.

Коришћењем возила марке HIGER добили би ново возило у предузећу у којег не би имали улагања сем редовних сервиса, а са којим би остварили мању потрошњу горива која је најважнија ставка трошкова у предузећима који се баве превозом.

И остале трошкове би смањили у односу на постојеће трошкове (график бр 8.1.).

Укупни добитак на посматраној републичкој аутобуској линији дати су у табели 8.2.

Табела бр. 8.2.. Укупни добитак на посматраној линији на нивоу године

За возило годишње	Тип возила		Разлика	
	TAM190A110T	HIGER	(к.марка)	%
ГОДИШЊИ ПРИХОД	90 000	90 000	/	/
ГОДИШЊИ ТРОШКОВИ	79 000	85 000	6 000	7
ГОДИШЊА ДОБИТ	11 000	5 000	6 000	54
МЈЕСЕЧНА ДОБИТ	900	420	480	54
ДНЕВНА ДОБИТ	30	14	16	54

Из табеле бр. 8.2 види се да се коришћењем и новог возила **HIGER** остварује добит умањена за 54%.

## 9. ПРИЈЕДЛОГ МЈЕРА

Нека запажања и мјере за побољшање економичности пословања предузећа „Милиновић“ д.о.о. као и на међумјесној аутобуској линији Шипово – Бања Лука: Потребна је потпуна аутоматизација и компјутеризација диспечерске службе.

С обзиром да се ради о саобраћајном предузећу, „Милиновић“ д.о.о. има веома мало запослених радника саобраћајне струке, па у интересу боље организације рада убудуће примати више радника саобраћајне струке.

Због дотрајалог возног парка, а посебно да би се остало у трци са конкурентима, потребно је стално обнављати возни парк. Исто тако требају да нова возила која имају више упошљавају на ванлиниском превозу и да их максимално искоришћа.

## 10. ЗАКЉУЧАК

Анализирајући пословање предузећа „Милиновић“ д.о.о. може се закључити да оно спада у средња предузећа. Испитивањем ове републичке линије види се да доноси добит, уз увођење претходно наведених мјера за побољшање економичности пословања.

Закључак који произилази анализом пословања предузећа у претходном периоду је да треба приступити реорганизацији како би се стекли услови за квалитетну обнову постојећих и набавку нових возила.

Упоређивањем аутобуса марке TAM и HIGER видимо да су сви трошкови мањи за HIGER – а, док су само трошкови амортизације већи јер се требају издвојити средства за набавку новог аутобуса. Са великим искоришћењем HIGER аутобуса могла би се рата кредита отплаћивати са разликом у потрошњи горива, а уједно би и обновили возни парк за кратак период. Треба тежити хомогенизацији возног парка, Приликом избора произвођача возила не треба заборавити да је марка HIGER већ нашла своје мјесто на територији БиХ.

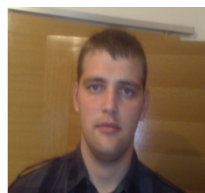
Предузеће би се требало мало више посветити туризму и ванлинијском превозу, јер то је тржиште у којем је предузеће мало заступљено, а гдје би се могли проширити и повећати своје приходе.

Применом нове стратегије дјеловања и испуњењем напоменутих задатака предузеће ће остварити већи ефекат са могућношћу заузимања бољег мјеста на тржишту аутобуских превозника.

## 12. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Павле Гладовић, "Технологија друмског саобраћаја", Нови Сад, Факултет техничких наука, 2010. године
- [2] Павле Гладовић, "Организација друмског саобраћаја", Нови Сад, Факултет техничких наука, 2008.године
- [3] Документација предузећа „Милиновић“ д.о.о.

### Кратка биографија:



**Владимир Милиновић** рођен је у Бања Луци 1986. године. Дипломски – мастер рад на Факултету техничких наука из области Саобраћај – Саобраћај и Транспорт одбранио је у октобру 2011. године.

## RAZVOJ KLASIČNE POŠTANSKE USLUGE U SRBIJI DEVELOPMENT OF CLASSIC POSTAL SERVICE IN SERBIA

Jelena Zlatić, Momčilo Kujačić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

### Oblast – SAOBRAĆAJ

**Kratak sadržaj** – U ovom radu prikazano je tržište klasičnih poštanskih usluga u Srbiji, rast, pad i stagnacija klasične poštanske usluge. Posebna pažnja posvećena je predlozima inovativnih rešenja radi očuvanja i unapređenja ove usluge, sa datom tabelom predpostavljenih troškova implementacije tih rešenja.

**Abstract** – This paper explains the market of the traditional postal services in Serbia, the fall, growth and stagnation of the classic postal services. Particular attention was dedicated to the proposals of innovative solutions in terms of preserving the classic postal services and improve them, with the table of expected costs of implementing these solutions.

**Ključne reči:** poštanske usluge, inovacije

### 1. UVOD

Poštanske usluge povezuju ljude i podižu kvalitet njihovog života gotovo 5000 godina, mada se sa pravom može reći da je poštanski saobraćaj nastao kad i samo ljudsko društvo. Poštanski sistem predstavlja izuzetno značajan element infrastrukture i omogućava brz, siguran prenos pisanih, štampanih i na drugi način oblikovanih saopštenja, robe i novca, u unutrašnjem i u međunarodnom saobraćaju.

Temelj poštanskog poslovanja predstavlja klasična poštanska usluga karakteristična po tome da se na celom putu, od pošiljaoca do primaoca, pošiljke (pisma, paketi i uputnice) prenose klasičnim poštanskim vezama.

Novo, moderno doba sa sobom je donelo virtuelnu revoluciju, gubitak monopola na svim, pa i na poštanskom tržištu i zamene starih novim rešenjima. Ipak, umesto da poštanski operatori ustupe mesto novim načinima prenosa a nacionalni operatori mesto konkurentima, treba nastojati da se novonastala situacija iskoristi na najbolji način, kroz unapređenje klasičnih poštanskih usluga i njihovo prilagođavanje zahtevima korisnika.

### 2. POJAM I KLASIFIKACIJA POŠTANSKIH USLUGA

Poštanske usluge obuhvataju usluge prijema, prenosa, (prerada i prevoz) i uručjenja/isplate poštanskih pošiljaka.

#### 2.1. Podela poštanskih usluga u zavisnosti od načina vršenja, sadržaja, vrednosti, dimenzija, mase, načina pakovanja i brzine prenosa

- pismonosne usluge
- paketske usluge
- usluge novčanog poslovanja
- posebne usluge
- dopunske usluge
- usluge po posebnim ugovorima
- ostale usluge

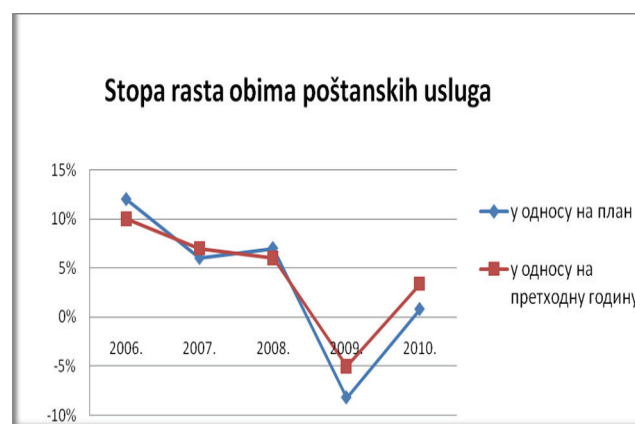
#### 2.2. Usluge dodatne vrednosti

Za razliku od klasičnih poštanskih usluga, usluge dodatne vrednosti (usluge koje imaju posebne zahteve u pogledu kvaliteta i načina prenosa) obuhvataju:

- ekspres usluge;
- kurirske usluge;
- usluge praćenja i lociranja poštanskih pošiljaka (Track & Trace);
- usluge pozivnog centra (Call centar) i
- usluge prijema i uručjenja poštanskih pošiljaka na mestu i u vreme koje zahteva korisnik poštanskih usluga.

### 3. STANJE KLASIČNE POŠTANSKE USLUGE U SRBIJI

Posmatrajući klasičnu poštansku uslugu u periodu 2006 – 2010 godine, jasno se može zapaziti prvo rast a zatim opadanje obima ovih usluga što je prikazano na Grafiku 1.



Grafik1: Stopa rasta obima poštanskih usluga u periodu 2006. – 2010.

### NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog – master rada čiji mentor je bio dr Momčilo Kujačić, vanr.prof.

Kada govorimo o strukturi poštanskih usluga, poslednjih pet godina, najzastupljenije su pismonosne usluge (oko 61%).

Tabela 1: *Struktura poštanskih usluga u periodu 2006 – 2010.*

Struktura poštanskih usluga u periodu 2006-2010					
Vrsta usluge	2006	2007	2008	2009	2010
pismonosne	61,10%	60,10%	61,90%	61,40%	61,80%
paketske	0,30%	0,20%	0,20%	0,10%	0,10%
uputničke	0,50%	0,40%	0,40%	0,40%	0,50%
ekspres	0,30%	0,40%	0,60%	0,60%	0,70%
novčane	29,10%	28,50%	28,10%	30,50%	30,50%
ostale	8,70%	10,40%	8,80%	7,00%	6,40%

#### 4. ANKETA O STEPENU ZADOVOLJSTVA KORISNIKA PRI KORIŠĆENJU POŠTANSKIH USLUGA

Stepen zadovoljstva korisnika utvrđen je na osnovu Ankete, sprovedene na terenu, nad 60 ispitanika. Glavni rezultati Ankete su sledeći:

- Poštanske usluge su značajne – 58% ispitanika
- Pošiljke se šalju jednom godišnje – 33,34%
- Najčešće se šalju pisma, razglednice i čestitke – 83,35%, ali najznačajnije poštanske usluge su novčane
- Pri slanju, najznačajniji su brzina, pouzdanost i sigurnost da će pošiljka stići neoštećena
- Pismonosne pošiljke i novac šalju se poštom (91,85%), a paketi preko vozača autobusa (43,42%)
- 33,33% ispitanika smatra da su poštanske usluge skupe a 65% smatra da cena treba da zavisi od razdaljine na koju se pošiljka šalje
- Radno vreme pošta prilagođeno je stanovništvu
- Stanovništvo uglavnom ne koristi poštanske kovčežice

Rezultati Ankete usmeravaju dalje delovanje Pošte Srbije, kada je u pitanju očuvanje i unapređenje klasične poštanske usluge.

#### 5. AKTIVNOSTI U RAZVOJU KLASIČNE POŠTANSKE USLUGE U SRBIJI

Rezolucije usvojene na Kongresima Svetskog Poštanskog Saveza obavezuju zemlje članice da izvrše određene reforme u cilju poboljšanja položaja poštanskog sektora. Cilj ovih reformi je postepeno ukidanje poštanskog monopola koje će omogućiti očuvanje poštanske usluge dobrog kvaliteta i po pristupačnim cenama.

Marketing strategija JP PTT saobraćaja „Srbija“ za 2010. godinu kao segment korporativne strategije, predstavlja odgovor na dinamične promene u poslovnom okruženju, savremene zahteve korisnika poštanskih usluga, nove trendove na globalnom i nacionalnom tržištu, zakonske propise, kao i definisane dugoročne kompanijske strateške prioritete. Stabilna i prilagodljiva korporativna marketing strategija, marketing menadžment programi i alati, kao i integrisane marketinške komunikacije zahtevale su uspostavljanje ravnoteže između ključnih parametara poslovanja: uslužnog asortimana, kanala distribucije i isporuke, promocije i strategija cena.

#### 5.1. Primena novih tehnologija u poslovanju JP PTT saobraćaja „Srbija“

Zahvaljujući novonastaloj situaciji na poštanskom tržištu, Republika Srbija omogućava postepenu liberalizaciju, podsticanje konkurencije pa samim tim i razvoj poštanske mreže i usluga na demonopolizovanom tržištu, uz restrukturiranje JPO i obezbeđenje obavljanja univerzalne poštanske usluge, shodno usvojenim međunarodnim standardima kvaliteta po pristupačnim cenama.

Kako bi odgovorilo zahtevima tržišta, JP PTT saobraćaja „Srbija“, uvodi u svoje poslovanje sledeća rešenja:

- Automatizovano sortiranje pismonosnih i paketskih pošiljaka
- Geografski računarski sistem – GIS
- AMQM sistem za automatsko praćenje prenosa pismonosnih pošiljaka u unutrašnjem saobraćaju
- Track & Trace sistem za praćenje i kontrolu prenosa pošiljaka
- PostNet – informaciono – komunikaciona mreža koja povezuje sve poslovne zgrade Preduzeća
- PAK – Poštanski adresni kod
- Hibridna pošta

#### 6. PREDLOZI INOVATIVNIH REŠENJA

##### 6.1. Novi poštanski kovčežići

Uspešne poštanske uprave širom sveta poklanjaju pažnju enterijeru i eksterijeru svojih objekata, i uvode standarde kojima u okviru svog novog identiteta preciziraju zahteve koje moraju ispunjavati svi građevinski objekti. Međutim, velelepne zgrade jedinica poštanske mreže, karakteristične su za gradska naselja dok je veliki problem ulaganje u jedinice poštanske mreže u ruralnim naseljima. Uzimajući u obzir da su novi poštanski kovčežići manja investicija, otvara se mogućnost privlačenja korisnika iz ruralnih sredina, na ovaj način.

##### 6.2. Zbirni poštanski kovčežići

Zbirni poštanski kovčežić omogućava uručenje znatno više pošiljaka na manjem broju lokacija, uz upotrebu manjeg broja vozila, vozača i ostalih resursa uopšte. Ovaj kovčežić predstavlja kombinaciju kućnog i poštanskog kovčežića, koji služi za ulaganje prispelih običnih pismonosnih pošiljaka i izveštaja o prispeću poštanskih pošiljaka i preuzimanje pošiljaka za otpremu koje je uložio pošiljalac.



Slika 2. Zbirni poštanski kovčežić

### 6.3. Garažni sporazum

Vrlo često, pri dostavljanju paketa primalac nije kod kuće pa ne može isti primiti. Garažni sporazum podrazumeva potpisivanje Ugovora između Pošte i korisnika koji omogućava ostavljanje paketa bez prisustva primaoca na određenom mestu, npr. garaža, ili pak, kod komšija.

Garažni sporazum sa jedne strane ne primorava primaoca da dolazi u poštu da podigne svoju pošiljku. Sa druge strane, svaka pošiljka ostavljena na određenom mestu smatra se dostavljenom pa stoga osiguranje Pošte više nije odgovorno za nju.

### 6.4. Digitalna poštanska marka

U pogledu sigurnosti poštanskih pošiljaka, rešenje koje bi to svelo na minimum svakako je uvođenje digitalne poštanske marke. U osnovi digitalne poštanske marke nalazi se RFID čip. RFID tehnologija je implemetirana u poštanskim centrima u Novom Sadu i Beogradu, za potrebe praćenja pošiljaka tako da početak je napravljen pa ka digitalnoj poštanskoj marci treba samo nastaviti.

Tabela 2: *Pretpostavljeni troškovi uvođenja inovativnih rešenja*

Predlog	Opis	Br. sredstava	Troškovi (u evrima)
1. Novi kovčežići	Nabavka kovčežića i prateće opreme	500	150.000
	Postavka kovčežića		
	Promocija usluge		
2. Zbirni kovčežići	Nabavka kovčežića i prateće opreme	1.500	1.800.000
	Postavka kovčežića		
	Promocija usluge		
	Obuka zaposlenih		
3. Garažni sporazum	Promocija usluge	-	500
	Sačinjavanje Ugovora		
4. Digitalna poštanska marka	Nabavka prateće opreme	-	500.000
	Proširenje RFID sistema		
	Aplikacija na sajtu Pošte		
	Obuka zaposlenih		
	Promocija usluge		
5. Kreiranje sopstvene kovert/markice i naručivanje preko interneta	Aplikacija na sajtu Pošte	-	3.000
	Nabavka prateće opreme		
	Obuka zaposlenih		
	Promocija usluge		
6. Samouslužni šalter	Nabavka automata i prateće opreme	6	200.000
	Postavka automata		
	Obuka zaposlenih		
	Promocija usluge		
7. Post 24/7	Nabavka automata i prateće opreme	4	700.000
	Postavka automata		
	Obuka zaposlenih		
	Promocija usluge		
	Izrada pratećih sredstava		
			<b>3.353.500</b>

### 6.5. Kreiranje sopstvene koverta/poštanske marke i naručivanje preko interneta

Kada je u pitanju Pošta Srbije i poslovi naručivanja preko interneta bilo originalne ili ustaljene koverta (razglednice, marke), 2002. godine formiran je CePP – RJ za elektronsko poslovanje Pošte sa ciljem da realizuje usluge za interne potrebe Pošte ali i za potrebe eksternih korisnika. Međutim, minimalna količina poštanskih marki koje se mogu naručiti je 200.

### 6.6. Samouslužni šalter

Samouslužni šalter je najsavremeniji vid šaltera na kome korisnik samostalno, bez učešća šalterskog radnika ili ređe uz njegove konsultacije, obavlja određene transakcije.



Slika 3. Samouslužni šalter

U zavisnosti od vrste transakcija, samouslužni šalter se izvodi ili kao samouslužni šalter za poštanske transakcije ili kao samouslužni šalter za novčane transakcije (bankomat). Bankomati Poštanske štedionice su već implementirani u opštinskim mestima.

### 6.7. Post 24/7

Post 24/7 sinonim je za izdvojenu stanicu koja pruža pismonosne, paketske i finansijske usluge 24 sata, 7 dana u nedelji.



Slika 4. Post 24/7

## 7. ZAKLJUČAK

Temelj poslovanja poštanskih operatora predstavljaju klasične poštanske usluge. Posmatrajući razvoj klasičnih poštanskih usluga, primećen je problem njihovog opstanka na tržištu koje se menja.

Tokom svog postojanja razvijale su se različite vrste klasičnih poštanskih usluga i vršena je njihova klasifikacija prema različitim kriterijumima.

Na tržištu Republike Srbije, kao javni operator, JP PTT saobraćaja „Srbija“, pruža univerzalne poštanske usluge koje se finansiraju na osnovu rezervisanih poštanskih usluga. Tržište poštanskih usluga u Srbiji se postepeno liberalizuje i dolazi do pojave sve intenzivnije konkurencije.

Novo doba jeste donelo modernu informacionu i komunikacionu tehnologiju ali i veliku ekonomsku krizu. Velika ekonomska kriza, opadajući BDP doveli su do pada obima klasičnih poštanskih usluga. Karakteristična je bila 2009. godina pa se beleži pad od 8.20% u odnosu na

planirano. 2010. godina je, pak, prošla dobro uzimajući u obzir situaciju u celom svetu. Revoluciju u oblasti elektronskih komunikacija Pošta treba da iskoristi tako što će unaprediti klasičnu poštansku uslugu a ne ustupiti mesto modernom, elektronskom, prenosu saopštenja.

U radu su prikazana inovativna rešenja i, naravno, nije ni za pomisliti uraditi sve odjednom ali uvesti prvo Garažno odlaganje, pa naručivanje preko interneta pa tako redom, bio bi logičan sled. Jer, uvođenjem jedne, manje komplikovane usluge, kasa bi se punila i onda bi mogli uvesti drugu. Njih dve bi pomogle opravdanju uvođenja treće i tako redom. Sve u svemu, u svakom poslovanju, neophodno je znati „kad – šta“, znati svoje mogućnosti, ponekad i malo rizikovati, ali uvek ići polako, jedno po jedno. To je jedini put sticanja.

## 8. LITERATURA

- [1] Prof. dr Momčilo Kujačić, „Poštanski saobraćaj“, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2005
- [2] [www.posta.rs](http://www.posta.rs)
- [3] [www.rapus.rs](http://www.rapus.rs)
- [4] [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

### Kratka biografija:



**Jelena Zlatić** rođena je u Kragujevcu 1987. godine. Diplomski-bachelor rad odbranila je 2010. godine na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, na temu „Faktori koji utiču na razvoj klasične poštanske usluge u Srijiji“ i okončala osnovne akademske studije sa prosečnom ocenom 9,76. Od 2010.god. student je master studija na Fakultetu tehničkih nauka. Diplomski master rad odbranila je 2011. godine na temu „Razvoj klasične poštanske usluge u Srbiji“.



**Momčilo Kujačić** rođen je u Kleku 1950. godine. Vandredni profesor je na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu. Predaje Eksploataciju poštanskog saobraćaja. Na Fakultetu tehničkih nauka je od 2001. godine. Diplomirao je, magistrirao i doktorirao na Saobraćajnom fakultetu Univerziteta u Beogradu. Autor je i koautor preko 30 objavljenih naučnih radova i jedne publikacije. Proveo je preko 25 godina u JP PTT saobraćaj „Srbija“ na poslovima operativnog i strateškog upravljanja.

## VIRTUALNE PRIVATNE MREŽE VIRTUAL PRIVATE NETWORKS

Nenad Nikoloski, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

### Oblast – SAOBRAĆAJ

**Kratak sadržaj** - Cilj ovog rada jeste opis principa rada virtualnih privatnih mreža, osnovnih elemenata virtualnih privatnih mreža i najčešće primenjivanih VPN protokola. Pored osnovnih teorijskih informacija o VPN tehnologiji, priložen je primer konfiguracije mrežne opreme pri implementaciji virtualnih privatnih mreža u poslovnom okruženju.

**Abstract** – The objective of this article is to give a basic description of how virtual private networks work, the description of the basic VPN elements and most frequently used VPN protocols. In addition to theoretical information about VPN technology, there is an example of configuring network devices for the use of VPN in business environment.

**Ključne reči:** virtualne privatne mreže, VPN tunelovanje, format tunelovanog paketa.

### 1. UVOD

Virtualna privatna mreža (VPN - *Virtual Private Network*) je mreža koja koristi javnu telekomunikacionu infrastrukturu kao što je Internet, da bi obezbedila sigurni udaljeni pristup organizacionoj mreži. Za razliku od sistema iznajmljenih linkova, VPN prenosi mrežni saobraćaj preko javne mreže kao što je Internet, obezbeđujući jednak nivo kvaliteta servisa, ali sa znatno smanjenim troškovima. VPN koristi "virtualne" konekcije koje se rutiraju kroz Internet od mreže organizacije do udaljenih kancelarija ili korisnika.

VPN nije prva tehnologija koja se koristi za udaljene konekcije. Ranije se povezivanje organizacije sa udaljenim kancelarijama obično se obavljalo korišćenjem iznajmljenih linija. Iznajmljene linije su privatne mrežne konekcije koje telekomunikacione kompanije iznajmljuju poslovnim korisnicima. Iznajmljene linije su obezbeđivale način da se privatna organizaciona mreža proširi na šire geografsko područje. Iako su iznajmljene linije pouzdane i sigurne, iznajmljivanje izaziva povećanja troškova organizacije.

### 2. TUNELOVANJE U VIRTUALNIM PRIVATNIM MREŽAMA

Tunelovanje je najvažnija komponenta virtualnih privatnih mreža i predstavlja prenos paketa podataka namenjenih privatnoj mreži preko javne mreže.

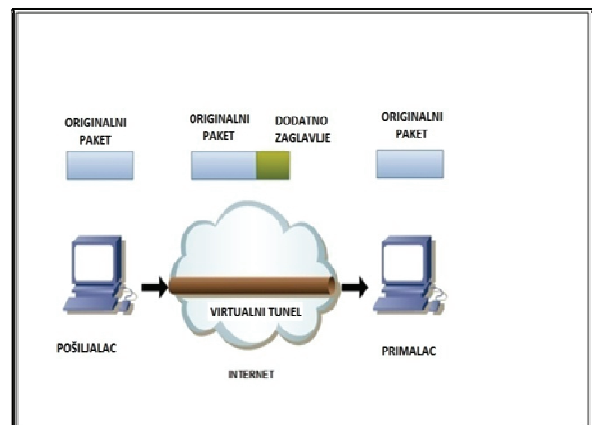
Tunelovanje ili enkapsulacija je metod pri kome se koristi infrastruktura jednog protokola za prenos paketa podataka

### NAPOMENA.

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

drugog protokola. Umesto slanja originalnih paketa, oni su enkapsulirani dodatnim zaglavljem. Dodatno zaglavlje sadrži informacije potrebne za rutiranje, odnosno usmeravanje paketa kroz mrežu, tako da se novodobijeni paket može slobodno prenositi transportnom mrežom.

Najvažniji aspekt tunelovanja podataka je da originalni paket podataka (*payload*) može da pripada nekom protokolu koji nije kompatibilan sa mrežom. Umesto prenosa originalnog paketa koji se možda ne bi mogao rutirati kroz mrežnu infrastrukturu, protokol za tunelovanje dodaje svoje zaglavlje na tunelovan paket podataka. To zaglavlje obezbeđuje informacije za rutiranje tako da paket može uspešno biti isporučen preko mreže. Kada se tunelovan paket rutira do destinacije, on putuje preko mreže kroz logičku putanju. Ta logička putanja se naziva tunel. Nakon prihvatanja tunelovanog paketa, paket se vraća u originalni format uklanjanjem zaglavlja. Na slici 1. može se videti proces tunelovanja.



Slika 1. Proces VPN tunelovanja.

### 3. KOMPONENTE VPN TUNELOVANJA

Da bi se uspešno uspostavio tunel između dva kraja koji žele komunikaciju, potrebne su četiri komponente tunelovanja:

- Ciljana mreža – Mreža koja sadrži resurse kojima udaljeni korisnik želi da pristupi, koji je inicirao VPN sesiju. Ciljana mreža se takođe naziva i kućna mreža (*Home Network*).
- Inicijatorski čvor (uređaj) – Udaljeni korisnik koji inicira VPN sesiju. Inicijatorski uređaj može biti deo lokalne mreže ili može biti mobilni korisnik koji koristi laptop računar.
- Kućni agent (*Home Agent – HA*) – Kućni agent je softverski interfejs koji se obično nalazi u mrežnom uređaju kod ciljane mreže. HA prima i autentifikuje dolazeće zahteve da bi verifikovao da zahtevi dolaze

od pouzdanih korisnika. Nakon uspešne autentifikacije, HA dozvoljava uspostavljanje tunela.

- Strani agent (*Foreign Agent – FA*)- Softverski interfejs koji se nalazi ili kod inicijatorskog čvora ili kod mrežnog uređaja (rutera). Inicijatorski čvor koristi FA da bi zahtevao VPN sesiju od HA u ciljanoj mreži.

#### 4. PROCES USPOSTAVLJANJA VPN TUNELA

Proces uspostavljanja komunikacije putem tunela može se posmatrati u dve faze:

- Faza I : Udaljeni korisnik zahteva VPN sesiju, vrši se autentifikacija- autorizacija (provera autentičnosti) od strane odgovarajućeg HA
- Faza II : Vrš se transfer podataka kroz tunel.

U fazi I, inicira se zahtev za konekcijom i pregovaraju se parametri sesije. Ako je zahtev prihvaćen i ako su parametri sesije dogovoreni uspešno, uspostavlja se tunel između dva komunikaciona kraja. To se obavlja na sledeći način:

- Inicijator šalje zahtev za konekcijom do FA koji je lociran na mreži.
- FA vrši autentifikaciju zahteva tako što proverava *login* ime i lozinku koje je korisnik uneo. FA obično koristi servise RADIUS servera (*Remote Access Dial-up Services*) za proveru identiteta inicijatora.
- Ako su *login* ime i lozinka neispravni, zahtev za VPN sesijom se odbija. Ako je provera identiteta inicijatora uspešna, FA prosleđuje zahtev do HA koji se nalazi u ciljanoj mreži.
- Ako je zahtev prihvaćen od strane HA, FA šalje kriptovani *login ID* i lozinku
- HA verifikuje pristigle informacije. Ako je verifikacija uspešna, HA šalje odgovor FA, u kojem šalje broj tunela.
- Tunel se uspostavlja kada FA primi odgovor i broj tunela.

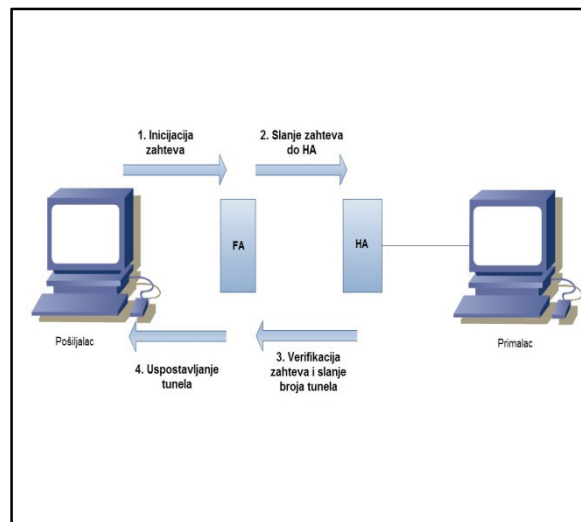
Uspostavljanjem tunela završava se Faza I i počinje Faza II, ili faza transfera podataka. Transakcije u prenosu podataka se odvijaju na sledeći način:

- Inicijator započinje prosleđivanje paketa podataka do FA,
- FA stvara zaglavlje tunela i dodaje ga na svaki paket podataka. Na taj paket se onda dodaje zaglavlje sa informacijama o rutabilnom protokolu koji je dogovoren prilikom uspostave tunela u Fazi I,
- FA prosleđuje krajnje kriptovane pakete podataka do HA koristeći dostavljeni broj tunela,
- Po prijemu kriptovanih paketa, HA uklanja zaglavlje tunela i zaglavlje rutabilnog protokola (IP) i time ostavlja paket u svom originalnom formatu,
- Originalni podaci se onda prosleđuju do odgovarajuće destinacije na mreži.

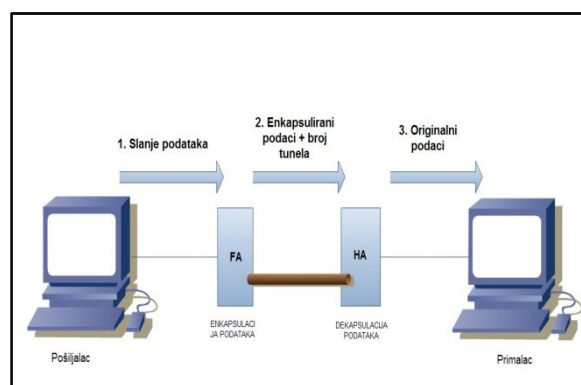
Na slikama 2. i 3. mogu se videti procesi Faze I i Faze II.

#### 5. FORMAT TUNELOVANOG PAKETA

Pre nego što se prosledi do ciljane mreže putem tunela, originalni paket podataka se kriptuje od strane FA. Ovaj kriptovani paket se naziva tunelovani paket. Format tunelovanog paketa može se videti na slici 4.



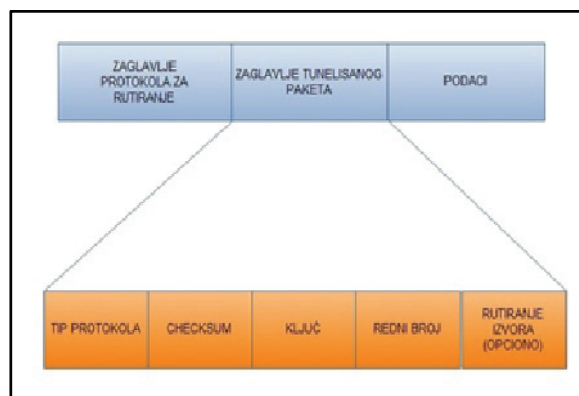
Slika 2. *Procesi u Fazi I.*



Slika 3. *Procesi u Fazi II.*

Tunelovani paket sadrži tri dela:

- Zaglavlje rutabilnog protokola. Ovo zaglavlje sadrži adrese izvora (FA) i odredišta (HA). Zbog toga što su transakcije preko Interneta pretežno bazirane na IP, ovo zaglavlje je obično standardno IP zaglavlje koje sadrži IP adrese FA i HA koji učestvuju u transakciji,
- Zaglavlje tunelovanog paketa,
- *Payload* (podaci) – originalni paket podataka poslat od strane inicijatora do FA. Takođe sadrži svoje zaglavlje.



Slika 4. *Format tunelovanog paketa.*

Zaglavlje tunelovanog paketa sadrži sledeća polja:

- *Protocol type* – ovo polje pokazuje tip protokola originalnog paketa,

- *Checksum* – ovo polje sadrži *checksum* koji se koristi da bi se proverilo da li se dogodila greška u paketu prilikom prenosa,
- *Key* – ova informacija se koristi da bi se identifikovao i autorizovao stvarni izvor podataka (inicijator),
- *Sequence number*- Ovo polje sadrži broj koji pokazuje redni broj paketa u seriji paketa koji se prenose,
- *Source routing* – ovo polje sadrži dodatne informacije vezane za rutiranje. Ovo polje je opciono.

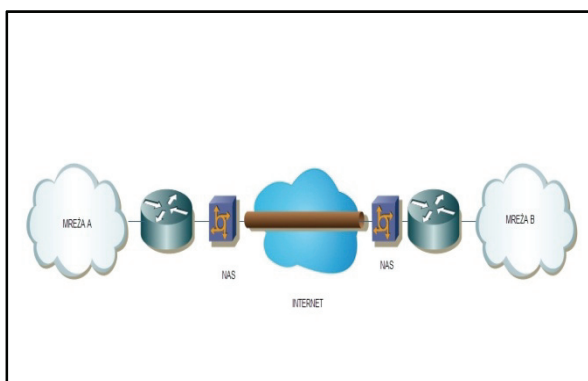
## 6. TIPOVI VPN TUNELA

Na osnovu načina na koji je tunel kreiran, mogu postojati dobrovoljni i obavezni VPN tuneli.

Dobrovoljni tuneli, takođe poznati kao tuneli sa kraja na kraj, kreiraju se na zahtev korisnika. Kao rezultat, inicijatorski uređaj se ponaša kao krajnja tačka tunela. Stoga, odvojeni tunel se kreira za svaku pojedinačnu komunikaciju. Nakon što je komunikacija između dva kraja završena, tunel se uklanja. U slučaju kada udaljeni korisnik koristi *dial-up* konekciju, klijent prvo mora da uspostavi *dial-up* konekciju sa mrežom. Ovo je preliminarni korak za uspostavljanje tunela i nije postignut od strane protokola za tunelovanje. Nakon što je *dial-up* konekcija uspostavljena, inicijator može da postavi tunel do određenog destinacionog uređaja.

Za razliku od dobrovoljnih tunela koji se iniciraju i realizuju od strane korisničkih uređaja, obavezne tunele kreiraju i konfiguriraju posrednički uređaji. *Network Attached Storages (NAS)* i *dial-up* serveri su neki od takvih uređaja. Ovakav način tunelovanja se naziva obavezni zato što korisnik mora koristiti tunel koji je stvorio posrednički uređaj.

U slučaju obaveznog tunelovanja, koje se može videti na slici 5. i udaljeni korisnik kao i korisnik u okviru LAN mreže moraju da se konektuju na posrednički uređaj, koji se obično nalazi u vlasništvu provajdera Internet usluga (ISP). Nakon što je konekcija uspostavljena uspešno, posrednički uređaj kreira tunel.



Slika 5. Obavezni tunel.

Zbog toga što inicijatorski uređaj nema udela u kreiranju i konfiguraciji tunela, ne ponaša se kao krajnja tačka tunela.

U ovom slučaju, posrednički uređaj koji je zadužen za tunel se ponaša kao krajnja tačka tunela. Takođe, za razliku od dobrovoljnih tunela gde se za jednu komunikaciju koristi jedan tunel, kod prinudnih tunela tunel se može koristiti za više komunikacija. Kao rezultat toga, tunel se ne uklanja sve dok se poslednja komunikacija ne završi.

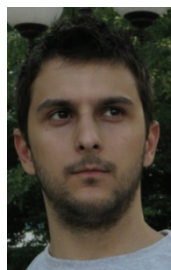
## 7. ZAKLJUČAK

U ovom radu opisane su ključne karakteristike virtualnih privatnih mreža, kao i ključni faktori različitih vrsta VPN protokola. Takođe, u okviru ovog rada prikazan je i primer konfiguracije mrežne opreme prilikom implementacije VPN tehnologije u okviru poslovne organizacije. Simulacija konfiguracije mreže urađeno je u Cisco mrežnom simulatoru Packet Tracer.

## 8. LITERATURA

- [1] Meeta Gupta, "Building a Virtual Private Network", Premier Press, 2003.
- [2] Richard Deal, "The Complete Cisco VPN Configuration Guide", Cisco Press, 2005.
- [3] Cisco Networking
- [4] Academy CCNA curriculum 4.0
- [5] [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)
- [6] [www.cisco.com](http://www.cisco.com)
- [7] [www.computer.howstuffworks.com](http://www.computer.howstuffworks.com)

### Kratka biografija:



**Nenad Nikoloski** rođen je u Novom Sadu 1986. godine. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Saobraćaja odbranio je 2011. godine.

**PRIMENA 3G TEHNOLOGIJE U POŠTANSKOM SAOBRAĆAJU**  
**3G TECHNOLOGY APPLICATION IN POSTAL SERVICES**Igor Zeljković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – SAOBRAĆAJ**

**Kratak sadržaj** – U radu su prikazane osobine, namene i potencijali mobilnih sistema treće generacije. U eksperimentalnom delu rada su opisane mogućnosti primene 3G telefonije u razvoju poštanskog saobraćaja kroz unapređenje Postnet uputnice.

**Abstract** – This report defines characteristics, purposes and potentials of third generation mobile systems. The experimental research describes the possibilities of 3G technology application in postal services by improving Posnet referral.

**Ključne reči:** 3G telefonija, Postnet uputnica

**1. UVOD**

Tokom poslednjih godina telekomunikacioni sektor je postao grana industrije sa najbržim rastom. Taj rast se ogleda u sve većim prihodima koji se ostvaruju kao i u neprekidnom pojavljivanju novih operatera na svetskom tržištu. Povećanje broja korisnika mobilnih telekomunikacionih usluga ima toliki obim da se sa pravom može očekivati da će vrlo brzo u većini zemalja broj korisnika mobilne telefonije premašiti broj korisnika u fiksnom sektoru.

Sjedinjenje mobilne i Internet tehnologije ostvaruje se u trećoj generaciji mobilnih sistema i usluga ili kraće 3G. 3G je katalizator za čitav niz novih poslovnih mogućnosti i usluga zasnovanih na IP protokolu, koji nam omogućava bežični (radio) pristup sa bilo kojeg mesta i u bilo koje vreme.

**2. ISTORIJAT MOBILNE TELEFONIJE**

Početak mobilne telefonije i njeni prvi koraci odnose se na 1920. godinu i upotrebu tzv. radio telefona u nekoliko policijskih odeljenja u Americi, ali samo u eksperimentalne svrhe. Nešto kasnije je predstavljen prvi javni sistem mobilne telefonije, ali je glavni tehnološki proboj u mobilnoj telefoniji vezan za uvođenje frekvencijske modulacije (FM) 1935. godine [1].

**2.1 Prva generacija mobilne telefonije**

Mobilna telefonija, onakva kakvom je mi danas poznajemo, počela je da se razvija 1978. godine u Čikagu. Ovaj sistem je koristio tehnologiju koja se zvala Napredni mobilni telefonski servis (AMPS) i radio je na opsegu od 800 MHz. U međuvremenu se u severnoj Evropi takođe radilo na razvoju mobilne telefonije, pa je ona 1981. godine počela sa svojim radom u Finskoj i Norveškoj.

**NAPOMENA:**

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

**2.2 Druga generacija mobilne telefonije**

Sistemi druge generacije mobilne telefonije zasnovani su na digitalnoj tehnologiji, što je u odnosu na prvu generaciju koja je bila zasnovana na analognoj tehnologiji, imalo niz prednosti: potreban je manji odnos signal šum za isti kvalitet govornog servisa, ostvaren je bolji kvalitet zvuka, omogućen je znatno veći kapacitet sistema i njegova bolja pokrivenost, a pored govornog servisa su omogućeni i FAX, SMS i globalni roming.

Kao što je bio slučaj sa prvom generacijom, i u drugoj generaciji su razvijene različite tehnologije. Tri najuspešnije tehnologije su: GSM (Evropa), PDC (Japan) i IS-95, IS-54 i IS-136 (Sjedinjene Američke Države).

**2.3 Putanja ka mobilnim sistemima treće generacije**

Sistem druge generacije stvoren je zbog mnogih nedostataka koje je imala prethodna generacija. S sistemi IS-95 CDMA, GSM i IS-136 su mnogo bezbedniji, imaju veći kapacitet i daju nove mogućnosti u smislu korespondencije. Ipak, oni su optimizovani za prenos glasa i nemaju velike mogućnosti u prenosu podataka, što je imperativ u eri Interneta i elektronske trgovine. Da bi se ovo omogućilo potrebna je nova napredna tehnologija-tehnologija mobilne telefonije treće generacije. Međutim, pre nego što mobilna telefonija treće generacije bude u potpunosti razvijena, GSM sistem će doživeti neke izmene u vidu novih sistema koji će da naprave korak bliže sistemima treće generacije. S tim u vezi, sa ciljem povećanja protoka podataka razvijena su tri standarda na putu ka trećoj generaciji i to: HSCSD, GPRS i EDGE.

**3. SISTEM MOBILNE TELEFONIJE TREĆE GENERACIJE**

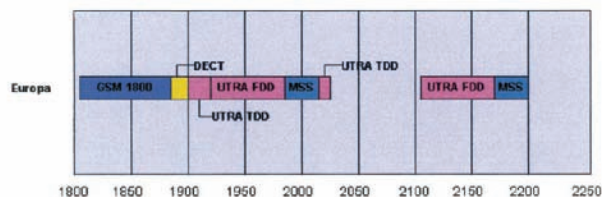
Potreba za mobilnom telefonijom treće generacije se javila u raznim oblastima ljudskog delovanja i zbog toga su različite organizacije počele sa razvojem ovog sistema još davne 1980. godine.

Prva zemlja u svetu gde je 3G telefonija puštena u komercijalnu upotrebu je Japan i to kroz standard nazvan FOMA koji je zasnovan na WCDMA (Wideband Code-Division Multiple Access) tehnologiji bežičnog pristupa.

U Evropi je standard, takođe zasnovan na WCDMA, dobio naziv UMTS (Universal Mobile Telecommunications System).

Parlament Evropske Unije je krajem 1998. godine odlučio da sve zemlje članice EU moraju omogućiti uvođenje treće generacije mobilne telefonije u svojim zemljama najkasnije do 1. januara 2002. godine. Ovo je dovelo do stvaranja jedinstvenog tržišta unutar Evrope i brzog uvođenja 3G standarda u većini evropskih zemalja.

Međunarodna unija je za 3G sisteme predvidela frekven-  
cijski opseg od 1885 do 2025 MHz za uplink i frek-  
vencijski opseg od 2110 do 2200 MHz za downlink (slika  
1) [2].



Slika 1. Spektar 3G sistema u Evropi

### 3.1. Ciljevi 3G sistema

Glavni ciljevi koji se postavljaju pred 3G sisteme su:

- globalni roming kroz različite mobilne mreže
- velika brzina prenosa podataka
- a) 144 kb/s ili 384 kb/s za brže ili sporije mobilne korisnike na otvorenom prostoru (outdoor)
- b) 2 Mb/s za mobilne korisnike u zatvorenom prostoru (indoor)
- mogućnost da se podrži veza sa Internetom i IP mrežama
- mogućnost da se podrži i simetričan i asimetričan prenos kod aplikacija kao što su Internet i multimedijalne aplikacije
- obezbeđivanje visokog nivoa sigurnosti
- mogućnost lakog uvođenja daljih tehnoloških inovacija i kompatibilnost opreme

### 3.2 Mogućnosti 3G sistema

„3G” je skraćenica za treću generaciju mobilne telefonije. U osnovi 3G sistem daje veoma širok spektar novih mogućnosti mobilnim telefonima koji su do pojave 3G sistema prvenstveno bili namenjeni za prenos glasa, SMS poruka i donekle MMS poruka. 3G dozvoljava istovremeni prenos govora, podataka, teksta, slika, audio i video podataka. S obzirom na njihovu primenu postalo je neprikladno koristiti termin 3G telefoni, već bi se trebao primeniti naziv 3G uređaji.

### 3.3. Tehnološki izazov

Budući da je sam sistem zamišljen dosta ambiciozno, bilo je potrebno da se reši nekoliko tehnoloških izazova:

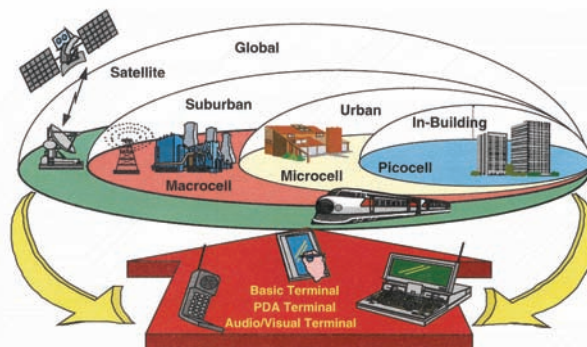
- ✓ prvi tehnološki izazov jeste brzina prenosa podataka. Međunarodna telekomunikaciona unija priznaje 3G uređajima samo one kod kojih je protok podataka veća od 144 kb/s.
- ✓ ono što odlikuje 3G uređaje je globalni roming, tj. mogućnost korišćenja ovog uređaja bilo gde u svetu. To je jedan od glavnih principa na kojima je zasnovana 3G telefonija.
- ✓ mali prenosivi multifunkcionalni uređaj, kakav je svakako i 3G uređaj, mora u određenom periodu raditi bez prestanka. Zbog toga njegovo napajanje mora biti zasnovano na punjivim baterijama visokog kapaciteta
- ✓ princip sigurnosti korišćenja 3G uređaja predstavlja veoma bitnu stavku. Budući da je

ovaj uređaj pravi novčanik za elektronski novac, on je vrlo podesan za zloupotrebu.

### 3.4 Hijerarhijska struktura 3G mreže

Hijerarhijska struktura 3G mreže ima 3 osnovna nivoa (slika 2) i to:

- Makro ćelije – pokrivaju najveću oblast, npr. ceo grad
- Mikro ćelije – imaju srednji nivo pokrivenosti, npr. centar grada
- Piko ćelije – najmanji nivo pokrivenosti, npr. hotel ili aerodrom



Slika 2. Hijerarhijska struktura 3G mreže

### 3.5 Mobilni servisi u 3G mrežama

Mobilne servise u 3G mrežama čine:

- Interaktivna multimedija – pruža mogućnost korisnicima da šalju mirne i pokretne slike i zvuk nezavisno od platforme. Tu spadaju sledeći servisi: e-mail, voice-mail, video konferencijske veze, obaveštenja, kalendari...
- Servisi zabave – najprofitabilniji su, zbog toga što su korisnici spremni da daju veliki novac za jednostavne servise kao što su: emitovanje televizije i radija, igrice, video, horoskop, vesti, vremenska prognoza...
- Servisi pozicioniranja – jedni od ključnih servisa koji su se pokazali kao vrlo bitni u japanskom 3G sistemu. Tu spadaju: lociranje ljudi i objekata, praćenje vozila, određivanje mesta sa kojih su pozivani brojevi hitnih službi...
- Servisi za M-commerce – ovo se odnosi na korišćenje mobilnog telefona kao elektronskog novčanika, a u ove servise se ubrajaju: plaćanje, pristup računima u banci, konkurisanje za kredite, kupovina i prodaja akcija na berzi preko mobilnog telefona...
- Transportni servisi – povezani su sa M-commerce-om a u njih spadaju: pozivanje taksija, rezervisanje avionske karte unapred, izveštaji o stanju na putevima...

## 4. ARHITEKTURA UMTS MREŽE

UMTS mreža predstavlja nadogradnju postojeće GSM mreže novim komponentama. Elementi mreže su grupisani u jezgro mreže (Core Network), radio pristupnu

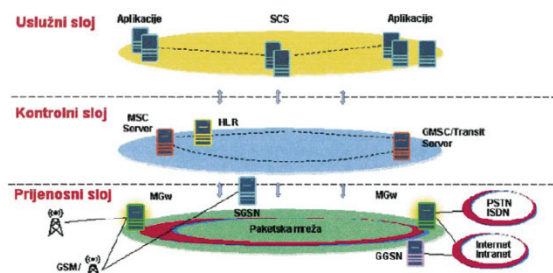
mrežu (UTRAN) i korisničku opremu (User Equipment) [3].

#### 4.1 Jezgro mreže

Slojevita arhitektura (layered architecture) je najvažnija stvar kada govorimo o UMTS/WCDMA sistemima, a ona se najviše odnosi na jezgro mreže.

Slojevita arhitektura UMTS/WCDMA sistema (slika 3) je podeljena na sledeća 3 sloja:

- sloj povezivanja (connectivity layer)
- kontrolni sloj (control layer)
- aplikativni sloj (application layer)



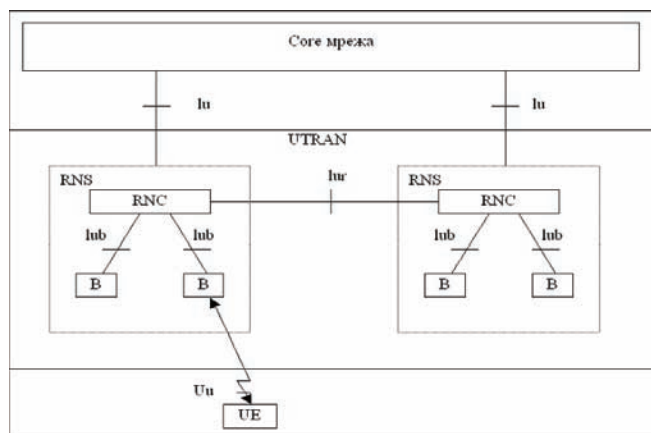
Slika 3. Arhitektura jezgra mreže UMTS/WCDMA sistema

U pogledu načina prenosa paketa jezgro mreže se može podeliti na: domen komutacije kola (koji se koristi i za GSM), domen komutacije paketa (koji se koristi i za GPRS i za EDGE) i na elemente koji su zajednički za oba domena.

#### 4.2 Radio pristupna mreža

Radio pristupna mreža (slika 4) se sastoji od sledećih komponentata:

- Radio bazna stanica (Radio Base Station) – može se još nazvati i čvor B, a osnovni zadatak joj je da vrši predaju i prijem radio signala, opslužujući jednu ili više ćelija;
- Modul za upravljanje baznim stanicama (Radio Node Controller) – odgovoran je za korišćenje i raspodelu svih radio resursa radio mrežnog sistema kojem pripada;
- Radio interfejsi – za povezivanje pojedinih delova mreže se koriste odgovarajući interfejsi: Uu, Iub, Iur, Iu.



Slika 4. UTRAN arhitektura

#### 4.3 Korisnička oprema

Korisnička oprema ima mogućnost prenosa podataka velikom brzinom, a sastoji se od mnogo različitih elemenata koji se grubo mogu podeliti na: RF podsklop i podsklop za procesiranje signala u osnovnom opsegu.

### 5. PRIMENA 3G TEHNOLOGIJE U POŠTANSKOM SAOBRAĆAJU

#### 5.1 Postnet uputnica

Postnet uputnica je usluga najbržeg transfera novca, koja predstavlja tehnološku inovaciju tradicionalnih uputničkih usluga. Suštinska razlika u odnosu na usluge koje su joj prethodile je u načinu prenosa uplatno-isplasnog dokumenta. Naime, ona se prenosi po novoj tehnologiji u elektronskoj formi preko Postnet računarske mreže [4].

##### 5.1.1 Negativne strane zbog prijema Postnet uputnice na šalteru

Najveći nedostatak Postnet uputnice je što se prijem vrši isključivo na šalteru pošte. Ovakav način realizacije transfera zahteva od korisnika dolazak u poštu, čekanje u redu, a sve to može da iziskuje mnogo vremena, napora i novca, što svakako nije u skladu sa očekivanjima korisnika.

Na tržištu su već neko vreme prisutne različite elektronske usluge banaka koje omogućavaju korisnicima da transfer novca realizuju na mnogo komforniji način koji ne iziskuje potrebu za dolaskom u banku ili za čekanjem na šalteru (netbanking). Malo je verovatno da će se korisnici elektronskih usluga banaka, u situaciji kada postoje uslovi za isplatu drugom korisniku, odlučiti za neki drugi način transfera novca koji zahteva fizičko prisustvo na šalteru, kakav je svakako i Postnet.

##### 5.2 Predlog poboljšanja Postnet uputnice

Zbog očiglednih nedostataka koje postojeća Postnet uputnica poseduje, kao sredstvo komunikacije između korisnika i pošte prilikom obavljanja Postnet usluge se može koristiti mobilni telefon.

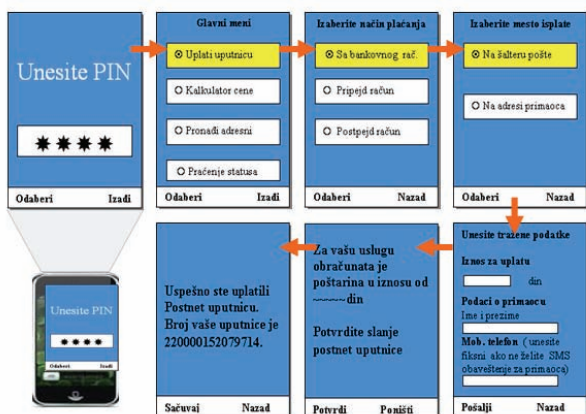
Ogroman broj korisnika mobilne telefone koriste ne samo za potrebe komuniciranja već i za obavljanje raznih vrsta transakcija. Usluga pošte na mobilnim telefonima može predstavljati novi kanal distribucije usluge kako bi se bilo bliže korisnicima. Ovo je sa jedne strane omogućeno novim mobilnim uređajima koji poseduju sve bolje mogućnosti, a koje se odnose na procesorsku snagu, memoriju kao i mogućnost programiranja u Javi. U ovakve uređaje se sasvim sigurno ubrajaju i 3G uređaji. Sa druge strane, provajderi mobilnih usluga omogućavaju mnogo veći protok podataka između klijenta i servera, korišćenje mnogo sigurnijih protokola i daleko stabilniju vezu.

Da bi usluga bila dostupnija što većem broju korisnika, naplata za ostvarene usluge bi se vršila na nekoliko načina: zaduživanjem sredstava sa računa korisnika u banci, zaduživanjem iznosa sa pripejd računa korisnika i zaduživanjem postpejd računa korisnika.

Sigurnost je jedna od osnovnih pretpostavki finansijskih transakcija. Da bi smo omogućili sigurnost Postnet uputnice na 3G mobilnim telefonima moramo koristiti mehanizme koji će obezbediti 4 osnovne funkcije zaštite: tajnost, autentifikaciju, integritet i neporecivost [5].

### 5.2.1 Korisnička aplikacija

Na slici 5. prikazano je moguće rešenje korisničke aplikacije.

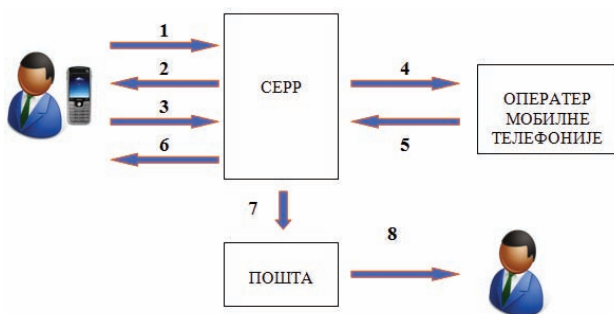


Slika 5. Primer korisničke aplikacije

Korisnik koji želi da pošalje uputnicu pokreće aplikaciju i zatim unosi PIN. Ukoliko je PIN ispravan, korisnik pristupa glavnom meniju, a zatim odabira uslugu, način plaćanja i mesto isplate (na šalteru pošte ili na adresi korisnika). U obavezne podatke koje pošiljalac unosi spadaju svi podaci koji se unose prilikom uplate Postnet uputnice na šalteru pošte. Usluga SMS obaveštenja za primaoca je omogućena samo kod isplate na šalteru pošte. Nakon analiziranja podataka u CePP-u, korisnik dobija informacije o iznosu poštarine i zahtev da potvrdi transfer novca. Prijem uputnice se potvrđuje korisniku dobijanjem potvrde koja sadrži broj uputnice.

### 5.2.2 Realizovanje Postnet uputnice naplatom sa pripejd i postpejd računa korisnika

Ceo tok transakcije možemo podeliti na sledeće korake (slika 6):



Slika 6. Realizovanje Postnet uputnice naplatom sa pripejd i postpejd računa korisnika

1. korisnik šalje podatke koji se analiziraju u CePP-u i ukoliko je zahtev korektan vrši se obračunavanje poštarine
2. korisnik dobija informaciju o iznosu poštarine i od njega se traži da potvrdi slanje uputnice
3. korisnik potvrđuje slanje Postnet uputnice i prosleđuje poruku Cepp-u
4. zahtev za naplatu se šalje operateru mobilne telefonije koji nakon sprovedene kontrole i utvrđivanja ispravnosti zahteva vrši naplatu usluge
5. CePP-ovom serveru se vraća poruka u čijem sadržaju je informacija o ishodu naplate

6. pošiljalac dobija potvrdu o prijemu uputnice
7. Postnet uputnica se šalje određenoj pošti radi dostave na adresi ili radnik pošte po zahtvu korisnika pristupa bazi podataka radi isplate na šalteru
8. isplata Postnet uputnice nakon identifikacije primaoca

## 6. ZAKLJUČAK

Postnet uputnica je kvalitetna usluga koja svojim karakteristikama može da ispuni većinu zahteva korisnika. Ipak, poslovna komunikacija sa korisnicima Postnet uputnice se, barem za sada, može ostvariti isključivo na šalteru pošte. Nemogućnost korisnika da transfer novca iniciraju na drugim mestima osim na šalteru ima negativne efekte na korisnike, a time i na poštu. Sa druge strane, benefiti dobijeni mogućim poboljšanjem Postnet uputnice su veliki i odnose se na sve aktere koji učestvuju u realizaciji transfera novca Postnet uputnicom (korisnici, pošta, proizvođači 3G mobilnih uređaja).

Nedostatak rešenja je svakako taj što jedan deo korisnika upotrebljava telefon samo za potrebe osnovnog komuniciranja. Takođe, nedostatak može da predstavlja i činjenica da korisnici nove usluge često prihvataju sa dozom nepoverenja i nezainteresovanosti. Problem može biti ublažen preduzimanjem mera na polju upoznavanja korisnika sa novim vidom poslovne komunikacije i razbijanjem njihovih predrasuda.

Postnet uputnica svakako ima karakteristike koje korisnici cene, a to su brzina, sigurnost i informacija o statusu. Postnet uputnica na 3G mobilnim telefonima omogućava korisnicima i dodatni kvalitet, a to je da transfer realizuju na jednostavan i bezbedan način, bez potrebe za odlaskom u poštu, uz uštedu svog novca i vremena. Svi prethodno nabrojani kvaliteti usluge u kombinaciji sa jedinstvenim resursima, velikim brojem jedinica poštanske mreže i razvijenom dostavnom mrežom su razlozi zbog kojih ova usluga može imati značajno mesto na tržištu.

## 7. LITERATURA

- [1] <http://www.umtsworld.com>
- [2] Ilija Lemajić, 3G mobilni sistemi, master rad, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2009.
- [3] prof dr Vera Marković, Mobilni komunikacioni sistemi, Elektronski fakultet u Nišu, katedra za telekomunikacije, Niš, 2010.
- [4] Momčilo Kujačić, Poštanski saobraćaj, FTN izdavaštvo, Novi Sad, 2005.
- [5] Miroslav Minović, Velimir Štavljanin, Dušan Starčević, Mobilni bankarski klijent-aspekt sigurnosti, TELFOR, Beograd, 2004.

### Kratka biografija:

**Igor Zeljković** rođen je u Zrenjaninu 15.04.1986. godine. Opštu gimnaziju je završio u Zrenjaninu 2005. godine u kojoj je bio i nosilac Vukove diplome. Od školske 2005/06. je student Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu. 2009.godine završio je osnovne akademske studije-bachelor iz oblasti Poštanski saobraćaj i telekomunikacije.

## ISPITIVANJE MEHANIČKIH OSOBINA BIORAZGRADIVE AMBALAŽE TESTING OF MECHANICAL PROPERTIES OF BIODEGRADABLE PACKAGING

Marijana Kurcinak, Dragoljub Novaković, Magdolna Apro, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

### Oblast – GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN

**Kratak sadržaj** – U radu su prikazana istraživanja fizičko-mehaničkih osobina materijala ambalaže (debljine, zatezne jačine i izduženja posle kidanja). Izvršena su poređenja mehaničkih osobina biorazgradive i nerazgradive folije sa ciljem da se utvrdi da li su biorazgradive folije slabijeg kvaliteta od nerazgradivih.

**Ključne reči** – biorazgradnja, fotorazgradnja, fizičko-mehanička svojstva, polietilen niske gustine LDPE

**Abstract** – This paper presents the study of physical and mechanical properties of packaging materials (thickness, tensile strength and elongation after tearing). It was tested the comparison mechanical properties of biodegradable and non-biodegradable foil in order to determine whether they are biodegradable film of lower quality than non-biodegradable.

**Keywords:** biodegradable, photodegradable, low density polyethylene LDPE, physical-mechanical properties

### 1. UVOD

Rad je posvećen biorazgradivim polimernim ambalažnim materijalima i njihovim osobinama. U radu su ispitivana fizičko-hemijska svojstva. Ispitivane su karakteristike ambalažnih materijala:

- polietilenska folija niske gustine LDPE (30/50/70)  $\mu\text{m}$  sa aditivom (fotorazgradiva),
- polietilenska folija niske gustine LDPE (30/50/70)  $\mu\text{m}$  bez aditiva (nerazgradiva).

#### 1.1 BIORAZGRADIVOST I FOTORAZGRADIVOST

Biorazgradiv proizvod definisan po ASTM je: “sposoban da se razgradi na ugljen dioksid, metan, vodu, neorganska jedinjenja ili biomasu, gde je dominantan mehanizam razgradnje enzimska akcija mikroorganizama, koja može biti izmerena standardnim testovima, u određenom vremenskom periodu, u realnim uslovima odlaganja otpada” [1]. Fotorazgradiva plastika je termoplastika sintetičkih polimera u koju su uključeni svetloosetljivi aditivi ili kopolimeri sa svrhom slabljenja veza u polimerima u prisutnosti ultraljubičastog zračenja [2]. Foto-razgradiva plastika je dizajnirana da postane slaba i krta kada je izložena sunčevoj svetlosti u dužem periodu. Fotosenzitizeri koji se koriste uključuju diketone, ferocene derivate (aminoalkiferoceni) i karbonalne derivate.

#### NAPOMENA:

Ovaj rad bioistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Dragoljub Novaković, vanr. prof.

Ove plastike razgrađuju se izlaganjem UV svetlosti koja inicira raskidanje veza dejstvom osvetljenja koje ostavljaju za sobom više krutih, malih molekularnih jedinjenja koje se zatim razgrađuju od strane fizičkog naprezanja [3]. Fotorazgradivi produkti mogu imati pozitivan uticaj na plastični otpad, kako na kopnu, tako i na otvorenim vodama mora i okeana. Efektivnost razgradnje zavisi od intenziteta izlaganja sunčevoj svetlosti i to uglavnom od faktora kao što su godišnje doba, geografsko, prljavština, vodeni pokrivač i slično [4].

### Polietilen niske gustine LDPE

Osnovni lanac polietilena niske gustine LDPE je u velikoj meri razgranat. To je žilav materijal, visokog modula elastičnosti, masnog opipa i nepotpune prozirnosti [5]. Viskoznost istopljene mase polietilena niske gustine je mala i pri velikim brzinama smicanja, pa se lako prerađuje svim tehnikama prerade, a naročito ekstrudiranjem i brizganjem [6]. Polietilen niske gustine (LDPE) se dobija acidnom polimerizacijom etilena u reakciji slobodnih radikala. Polimerizacija se odvija pri visokom pritisku (od 100 – 300 MPa) i na temperaturi od 150  $^{\circ}\text{C}$  do 300 $^{\circ}\text{C}$ . Visok pritisak obezbeđuje rast ugljovodoničnog lanca, a visoka temperatura uslovljava stvaranje kraćih ili dužih bočnih lanaca, odnosno, povećanje razgranatosti makromolekula [7]. Kao inicijator za polimerizaciju koriste se organski peroksidi, azojedinjenja i elementarni kiseonik [8].

### 2. POSTAVKA EKSPERIMENTA

U ovom radu vršena su ispitivanja fizičko-mehaničkih svojstava koja obuhvataju: merenje debljine ambalažnog materijala i izračunavanje srednjih vrednosti debljina materijala, standardne devijacije i koeficienta varijacije, kao i merenje zatezne jačine i % izduženja pri kidanju.

#### 2.1. Korišćeni materijali

Za ispitivanje ambalažnog materijala korišćeni su uzorci polietilenskih folija različitih debljina fotorazgradive i nerazgradive folije.

- Polietilenska fotorazgradiva (LDPE) 30  $\mu\text{m}$
- Polietilenska fotorazgradiva (LDPE) 50  $\mu\text{m}$
- Polietilenska fotorazgradiva (LDPE) 70  $\mu\text{m}$
- Polietilenska nerazgradiva (LDPE) 30  $\mu\text{m}$
- Polietilenska nerazgradiva (LDPE) 50  $\mu\text{m}$
- Polietilenska nerazgradiva (LDPE) 70  $\mu\text{m}$

## 2.2. Plan eksperimenta

U laboratoriji GRID Fakulteta tehničkih nauka, kao i u laboratoriji za ambalažu Tehnološkog fakulteta u Novom Sadu na ispitivanim uzorcima su vršena sledeća merenja:

1. Merenje debljina uzoraka je određivana metodom po SRPS G.S2.703, pomoću L&W Thickness gauge (code 51).

Merenje debljine se izvodi stavljanjem uzorka, tj. isečene epruvete između mernih pipaka mikrometra i očitavanjem debljine na displeju mikrometra.

Na svakoj isečenoj epruveti debljina se meri na osam različitih mesta, a debljina ispitivanog uzorka se izračunava kao srednja vrednost pojedinačnih epruveta.

2. Ispitivanje zatezne jačine i izduženja pri kidanju izvršeno je po metodi SRPS G.S2.612 i G.S2.734 na aparatu INSTRON 4301, ispitivane su epruvete dimenzija 15 x 170 mm.

Razmak između hvataljki iznosio je 100 mm, a brzina razmicanja 400 mm/min.

## 2.3. REZULTATI EKSPERIMENTA

### Debljina ambalažnih materijala

Tabela 1. Prikaz dobijenih rezultata za ispitivanje debljine nerazgradivih folija

Broj merenja	PE folija nerazgradiva (LDPE) oko 30 $\mu\text{m}$ [ $\mu\text{m}$ ]	PE folija nerazgradiva (LDPE) oko 50 $\mu\text{m}$ [ $\mu\text{m}$ ]	PE folija nerazgradiva (LDPE) oko 70 $\mu\text{m}$ [ $\mu\text{m}$ ]
1	31	51	70
2	33	49	73
3	34	49	72
4	31	53	73
5	32	54	75
6	28,5	55	70
7	32	52	70
8	31,5	53	68
$\bar{x}$	31,625	52	71,37
S	1,62	2,17	2,26
Kv	5,12	4,17	3,166

U tabeli 1. dat je prikaz debljine ambalažnog materijala za nerazgradive folije LDPE (30;50;70)  $\mu\text{m}$ .

Na osnovu rezultata merenja može se ustanoviti da se debljina za folije 30  $\mu\text{m}$  po uzorcima kreće u rasponu od 28,5 do 34  $\mu\text{m}$ , srednja vrednost debljine je 31,625  $\mu\text{m}$ ; za folije 50  $\mu\text{m}$  po uzorcima kreće se od 49 do 55  $\mu\text{m}$ , srednja vrednost debljine je 52,12  $\mu\text{m}$ ; za folije 70  $\mu\text{m}$  po uzorcima kreće se od 70 do 76  $\mu\text{m}$ , srednja vrednost debljine je 72,25  $\mu\text{m}$ . Vrednosti standardne devijacije (S) koeficijenta varijacije (Kv) su niske što ukazuje na ujednačenu debljinu ambalažnog materijala.

U tabeli 2. dat je prikaz debljine ambalažnog materijala za fotorazgradive folije LDPE (30;50;70)  $\mu\text{m}$ . osnovu rezultata merenja može se ustanoviti da se debljina za

folije 30 po uzorcima kreće od 29 do 34  $\mu\text{m}$ , srednja vrednost debljine je 31  $\mu\text{m}$ ; debljina za folije 50 po uzorcima se kreće od 49 do 55  $\mu\text{m}$ , srednja vrednost debljine je 52,12  $\mu\text{m}$ ; debljina za folije 70 po uzorcima kreće se od 70 do 76  $\mu\text{m}$ , srednja vrednost debljine je 72,25  $\mu\text{m}$ .

Tabela 2. Prikaz dobijenih rezultata za ispitivanje debljine fotorazgradivih folija

Broj merenja	PE folija fotorazgradiva (LDPE) oko 30 $\mu\text{m}$ [ $\mu\text{m}$ ]	PE folija fotorazgradiva (LDPE) oko 50 $\mu\text{m}$ [ $\mu\text{m}$ ]	PE folija fotorazgradiva (LDPE) oko 70 $\mu\text{m}$ [ $\mu\text{m}$ ]
1	33	52	71
2	31,5	51	72
3	29	51	71
4	29	55	70
5	32	52	74
6	30	49	71
7	34	52	76
8	29,5	55	73
$\bar{x}$	31	52,12	72,25
S	1,91	2,031	1,982
Kv	6,16	3,896	2,743

Vrednosti standardne devijacije (S) i koeficijenta varijacije (Kv) su niske što ukazuje na ujednačenu debljinu ambalažnog materijala.

### 2.3.2. Zatezna čvrstoća i izduženje pri kidanju ambalažnih materijala

Epruvete su klasifikovane: po debljini: 30 $\mu\text{m}$ ; 50 $\mu\text{m}$ ; 70 $\mu\text{m}$ ; kao i po sastavu: sa aditivom (fotorazgradiva); bez aditiva (nerazgradiva).

Ova ispitivanja imaju za cilj da utvrde da li su folije sa aditivom koji pomaže razgradnju slabijeg kvaliteta od folija bez aditiva, koje nemaju osobinu razgradivosti.

U tabelama 3, 4 i 5 i grafikonima slika 1, 2 i 3 dati su rezultati merenja zatezne čvrstoće pri kidanju, i koeficijenta izduženja.

Tabela 3. Rezultati merenja zatezne jačine i izduženja pri kidanju za fotorazgradive i nerazgradive folije debljine 30 $\mu\text{m}$  u uzdužnom pravcu

b m	uzdužno			
	foto - razgradiva	nerazgradiva	foto - razgradiva	nerazgradiva
	zatezna jačina (N/15mm)		izduženje pri kidanju [%]	
1	12,9	7,5	148	215
2	12,8	8,3	157	329,4
3	12,3	7,8	144	245,4
4	12,2	8,3	131	370
5	12,3	7,1	121	384,4
$\bar{X}$	12,5	7,8	140,2	308,8

Na osnovu dobijenih rezultata vidi se da se zatezna jačina kod fotorazgradivih folija u uzdužnom pravcu za debljinu od 30  $\mu\text{m}$  kreće od 12,2 do 12,9 N/15mm; kod nerazgradivih folija kreće se od 7,1 do 8,3 N/15mm; Procenat izduženja pri kidanju kod fotorazgradivih folija u uzdužnom pravcu za debljinu od 30  $\mu\text{m}$  kreće se od 121 do 157; kod nerazgradivih kreće se od 215,0 do 384,4.

Tabela 4. Rezultati merenja zatezne jačine i izduženja pri kidanju za fotorazgradive i nerazgradive folije debljine 30 $\mu\text{m}$  u poprečnom pravcu

b m	Poprečno			
	foto - razgradiva	nerazgradiva	foto - razgradiva	nerazgradiva
	zatezna jačina (N/15mm)		izduženje pri kidanju [%]	
1	4	7,9	560,6	204,2
2	3,9	7,2	594,0	171,8
3	4	7,7	513,6	204,2
4	4	7,6	602,4	164,1
5	4	8,5	514,2	230,8
$\bar{X}$	3,98	7,78	556,9	195

Na osnovu dobijenih rezultata vidi se da se zatezna jačina kod fotorazgradivih folija u poprečnom pravcu za debljinu od 30  $\mu\text{m}$  kreće od 3,9 do 4 N/15mm; kod nerazgradivih folija kreće se od 7,2 do 7,78 N/15mm; Procenat izduženja pri kidanju kod fotorazgradivih folija u poprečnom pravcu za debljinu od 30  $\mu\text{m}$  kreće se od 513,6 do 602,4; kod nerazgradivih kreće se od 164,1 do 230,8.

Tabela 5. Rezultati merenja zatezne jačine i izduženja pri kidanju za fotorazgradive i nerazgradive folije debljine 50 $\mu\text{m}$  u uzdužnom pravcu

b m	Poprečno			
	foto - razgradiva	nerazgradiva	foto - razgradiva	nerazgradiva
	zatezna jačina (N/15mm)		izduženje pri kidanju [%]	
1	22,1	24,3	884,2	883,2
2	17,6	24,2	754,6	895,0
3	22,3	24,8	887,6	827,4
4	22,4	24,0	931,6	853,6
5	21,6	23,8	898,0	746,4
$\bar{X}$	21,2	24,22	871,2	841,1

Na osnovu dobijenih rezultata vidi se da se zatezna jačina kod fotorazgradivih folija u uzdužnom pravcu za debljinu od 50  $\mu\text{m}$  kreće od 19,5 do 21,3 N/15mm; kod nerazgradivih folija kreće se od 22,0 do 23,2 N/15mm;

Procenat izduženja pri kidanju kod fotorazgradivih folija za debljinu od 50  $\mu\text{m}$  kreće se od 995,4 do 1089; kod nerazgradivih kreće se od 1093 do 1208.

Zatezna jačina kod fotorazgradivih folija u poprečnom pravcu za debljinu od 50  $\mu\text{m}$  kreće od 17,6 do 22,4 N/15mm; kod nerazgradivih folija kreće se od 23,8 do 24,8

N/15mm; Procenat izduženja pri kidanju kod fotorazgradivih folija kreće se od 754,6 do 931,6; kod nerazgradivih kreće se od 746,4 do 895,0.

Tabela 6. Rezultati merenja zatezne jačine i izduženja pri kidanju za fotorazgradive i nerazgradive folije debljine 50 $\mu\text{m}$  u poprečnom pravcu

b m	uzdužno			
	foto - razgradiva	nerazgradiva	foto - razgradiva	nerazgradiva
	zatezna jačina (N/15mm)		izduženje pri kidanju [%]	
1	19,5	23,2	995,4	1093
2	20,4	22,4	1025,4	1128
3	20,9	22,0	1028,8	1175,6
4	21,3	23,0	1060,6	1208,4
5	21,1	22,3	1089,8	1142
$\bar{X}$	20,64	22,58	1040	1149,2

Tabela 7. Rezultati merenja zatezne jačine i izduženja pri kidanju za fotorazgradive i nerazgradive folije debljine 70 $\mu\text{m}$  u uzdužnom pravcu

b m	Uzdužno			
	foto - razgradiva	nerazgradiva	foto - razgradiva	Nerazgradiva
	zatezna jačina (N/15mm)		izduženje pri kidanju [%]	
1	34,0	32,8	1236,2	1073,6
2	37,9	31,9	1404,8	1239
3	31,8	33	1370	1351,8
4	34,5	34,2	1421,2	1340,6
5	32,3	30,6	1241,8	1069,2
$\bar{X}$	34,1	32,5	1334,8	1214,8

Zatezna jačina kod fotorazgradivih folija u uzdužnom pravcu za debljinu od 70  $\mu\text{m}$  kreće od 31,8 do 37,9 N/15mm; kod nerazgradivih folija kreće se od 30,6 do 34,2 N/15mm; Procenat izduženja pri kidanju kod fotorazgradivih folija kreće se od 1236,2 do 1421,2; kod nerazgradivih kreće se od 1069,2 do 1351,8.

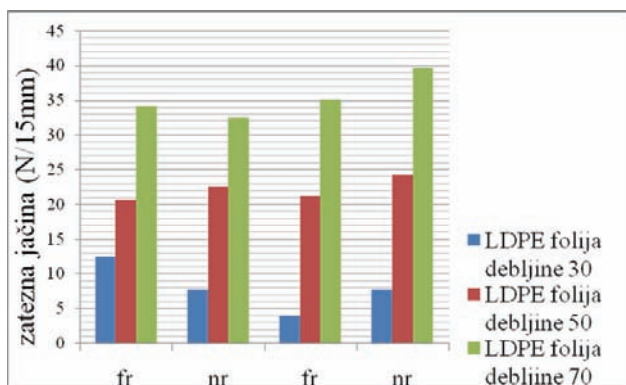
Tabela 7. Rezultati merenja zatezne jačine i izduženja pri kidanju za fotorazgradive i nerazgradive folije debljine 70 $\mu\text{m}$  u uzdužnom pravcu

b m	poprečno			
	foto - razgradiva	nerazgradiva	foto - razgradiva	nerazgradiva
	zatezna jačina (N/15mm)		izduženje pri kidanju [%]	
1	37,9	42,7	1050,4	894,8
2	35,7	38,1	1151,8	908
3	33,0	38,3	1086,8	922,4
4	33,6	36,8	1178,4	972,8
5	35,2	42,4	1080,2	960,6
$\bar{X}$	35,08	39,66	1109,5	931,7

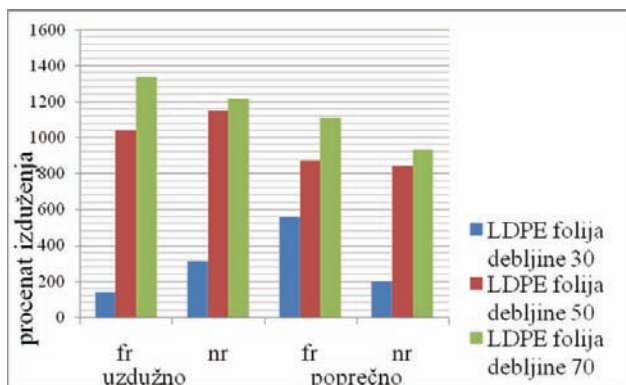
Zatezna jačina kod fotorazgradivih folija u poprečnom pravcu za debljinu od 70  $\mu\text{m}$  kreće od 33,0 do 37,9 N/15mm; kod nerazgradivih folija kreće se od 36,8 do 42,7

N/15mm; Procenat izduženja pri kidanju kod fotorazgradivih folija kreće se od 1050,4 do 1178,4; kod nerazgradivih kreće se od 894,8 do 972,8.

U grafikonima slika 1 i 2 dati su rezultati merenja zatezne čvrstoće pri kidanju, i koeficijenta izduženja.



Slika 1. Rezultati merenja zatezne jačine pri kidanju po debljinama; poređenja rezultata fotorazgradivih i nerazgradivih folija



Slika 2. Rezultati merenja procenta izduženja pri kidanju po debljinama; poređenja rezultata fotorazgradivih i nerazgradivih folija

### 3. ZAKLJUČAK

Na osnovu izvršenih merenja i analize dobijenih rezultata može se zaključiti sledeće:

Dobijeni rezultati za zateznu jačinu i izduženje pri kidanju pokazuju dobra mehanička svojstva ispitivanih ambalažnih materijala.

Na osnovu dobijenih rezultata primećuje se da se zatezna jačina, kao i procenat izduženja posle kidanja povećavaju sa povećanjem debljine ispitivane folije. Ovim eksperimentom potvrđuje se da debljina polietilenske folije ima značajan uticaj na njene mehaničke osobine, a time i na sam kvalitet ispitivanog materijala.

Poređenjem dobijenih rezultata zateznu jačine i izduženja pri kidanju za fotorazgradive i nerazgradive folije vidi se da zatezna jačina kod fotorazgradivih folija u uzdužnom pravcu pokazuje bolje rezultate od nerazgradive folije, osim za debljinu od 50  $\mu\text{m}$ .

Međutim, zatezna jačina fotorazgradivih folija u poprečnom pravcu pokazuje nešto slabiji rezultat od nerazgradivih folija. Procenat izduženja pri kidanju u uzdužnom pravcu kod fotorazgradivih folija pokazuje nešto slabiji rezultat od nerazgradivih folija, osim za deblje folije (70 $\mu\text{m}$ ), dok je procenat izduženja u poprečnom pravcu pokazao bolje rezultate kod fotorazgradivih folija. Na osnovu dobijenih rezultata dolazimo do zaključka da fotorazgradive folije u nekim slučajevima pokazuju za nijansu slabiji kvalitet od nerazgradivih folija. Međutim, ova razlika ne pokazuje značajno slabiji kvalitet ovih folija.

Imajući u vidu sva pozitivna svojstva upotrebe fotorazgradivih folija u svakodnevnom životu, kao i njen doprinos zaštiti životne sredine, upotreba ovih folija je opravdana i poželjna.

### 4. LITERATURA

- [1] Nolan – Itu, Biodegradable Plastics - Development and Environment Impacts, Environment Australia, 2002
- [2] I. Vujković, Polimerna i kombinovana ambalaža, Novi Sad, 1997.
- [3] F.Lox, Packaging and ecology, University of Geut, 1992.
- [4] Lazić, V. Novaković, D: Ambalaža i životna sredina, monografija, Tehnološki fakultet, Novi Sad, 2010.
- [5] A.J.Domp, J.Kost, D.M.Wiseman, Handbook of biodegradable polymers, Amsterdam, 1997
- [6] K.A.Mohanty, M.Mistra, L.T.Drzal Natural fibers, Biopolymers and Biocomposites, USA, 2005
- [7] <http://www.o2.org/ideas/cases/biopolymers.html>
- [8] <http://www.european-bioplastics.org/index.php>

#### Adresa autora za kontakt:

MSc. Marijana Kurcinak  
[marijana358@gmail.com](mailto:marijana358@gmail.com)

Prof. dr. Dragoljub Novaković  
[novakd@uns.ac.rs](mailto:novakd@uns.ac.rs)

Ass. Msc. Magdolna Apro  
[apro@uns.ac.rs](mailto:apro@uns.ac.rs)

Grafičko inženjerstvo i dizajn  
Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

## KNJIŽNA ILUMINACIJA BOOK ILLUMINATION

Ranka Mirić, Uroš Nedeljković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

### Oblast – GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN

**Kratak sadržaj** – U radu je opisana funkcija i izrada iluminacija u srednjovekovnim rukopisima i prvim štampanim knjigama. Utvrđeni su tipovi iluminacija, a posebna pažnja je posvećena inicijalima. Na osnovu toga urađen je praktični rad u kome je pokazana mogućnost primene inicijala u savremenom grafičkom dizajnu.

**Ključne reči:** Rukopisi, iluminacija, inicijali

**Abstract** – The paper describes the function and development of illuminations in medieval manuscripts and early printed books. Here the types of illumination are identified and special attention was paid to the initials. Based on this practical work was done which demonstrates the possibility of using initials to contemporary graphic design.

**Key words:** Manuscripts, illumination, initials

### 1. UVOD

Najstariji sačuvani rukopisi sa iluminacijama datiraju iz 5. veka. Veliki uspon iluminacije rukopisa započeo je sa pojavom kodeksa (preteča današnjeg oblika knjige). Iluminacija knjiga je bila najrazvijenija forma umetnosti sve do 16. veka, kada su luksuzno ukrašeni rukopisi postepeno zamenjeni štampanim knjigama.

Pod iluminacijom u rukopisnim knjigama podrazumevaju se svi ukrasi koji su prisutni u različitim proporcijama.

### 2. ILUMINACIJE U RUKOPISIMA

Tokom perioda postojanja rukopisne knjige osnovne vrste iluminacije su bile: ilustracije (minijature), ornamenti (zastavice, vinjete, bordure), inicijali, kao i tekst izdvojen crvenim mastilom. Te vrste ukrasa se sreću u svim stilovima rukopisne knjige [1].

*Ornamenti* su osnovni elementi ukrašavanja u arhitekturi i likovnim umetnostima. Imaju magičnu, simboličnu ili samo dekorativnu funkciju i uglavnom se sastoje od geometrijskih, biljnih ili životinjskih motiva (slika 1) [2].

*Ilustracije* (minijature) su bile jako važne u srednjovekovnim rukopisima.

One su ilustrovale tekst uz koji su se nalazile, što je bilo veoma važno, jer su u srednjem veku ljudi većinom bili nepismeni i ilustracije su im pomagale da razumeju tekst. Pored ove funkcije minijature su služile i kao ukras. U početku minijature su izrađivane samo crvenim mastilom, a kasnije su se počele koristiti i druge boje, pa i zlato.

### NAPOMENA:

**Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio mr Uroš Nedeljković. doc.**



Slika 1. Primeri ornamenata

U izradi su korišćeni različiti životinjski, biljni i geometrijski motivi. Minijatura koja se nalazila u zaglavlju teksta, u staroslovenskom jeziku zvala se *zastavica* i imala je funkciju ukrasne šare na početnoj stranici. [1]

*Ilustracije* (minijature) su bile jako važne u srednjovekovnim rukopisima. One su ilustrovale tekst uz koji su se nalazile, što je bilo veoma važno, jer su u srednjem veku ljudi većinom bili nepismeni i ilustracije su im pomagale da razumeju tekst. Pored ove funkcije minijature su služile i kao ukras. U početku minijature su izrađivane samo crvenim mastilom, a kasnije su se počele koristiti i druge boje, pa i zlato. U izradi su korišćeni različiti životinjski, biljni i geometrijski motivi. Minijatura koja se nalazila u zaglavlju teksta, u staroslovenskom jeziku zvala se *zastavica* i imala je funkciju ukrasne šare na početnoj stranici [1].

*Vinjeta* je ornament sastavljen od listova, grančica i lozica, a javlja se kao ukras u srednjovekovnim rukopisima u vidu okvira za zastavicu i kao bordura, dok u štampanim knjigama predstavlja grafički ukras koji stoji na početku poglavlja uz naslov i na kraju poglavlja [3].

*Bordura* u rukopisnim knjigama predstavlja ornament koji uokviruje tekst na stranici.

*Inicijal* je početno slovo nekog poglavlja ili odlomka u tekstu, koje se od ostalog teksta razlikuje po veličini, boji i ukrasima. Javlja se još u antičkim rukopisima iz 5. veka i od tada, pa sve do 16. veka u štampanim knjigama, inicijal je kao ukrasni element na veoma visokom umetničkom nivou. Tri osnovna tipa inicijala su: *ilustrovani inicijal* – ukrašen crtežom koji ujedno služi i kao ilustracija teksta (slika 2), *ukrašeni inicijal* – ukrašen

ornamentom ili šarama, *uokvireni inicijal* — uokviren jednostavnom ili ukrasnom linijom.



Slika 2. *Ilustrovani inicijal*

Pored inicijala, naslovi, početni redovi, opisi poglavlja i beleške na margini, ali i delovi teksta vezanog za ceremonije u liturgijskim knjigama pisani su crvenim mastilom da bi se istakli.

Jedan od najlepših primera iluminisanog rukopisa je irska knjiga jevanđelja — „Knjiga iz Kelsa“ („The Book of Kells“) (slika 3). Ovaj rukopis predstavlja najsofženiji vid ostrvske ornamentike koja je sačuvana. Irska ornamentika je veoma specifična i potpuno se razlikuje od ornamentike kontinentalnih zemalja. Elementi u keltskim ukrasima su izuzetno ispreplitani, sitni i detaljni, sa motivima koji su pretežno geometrijski i koji se sastoje od ispreplitanih traka, dijagonalnih ili spiralnih linija i neobičnih, čudovišnih životinja i ptica, sa dugačkim jezicima i repovima upletenim u gotovo beskrajne čvorove. Ređe su se kao motivi koristile ljudske figure. [1]



Slika 3. *Minijatura iz knjige „Knjiga iz Kelsa“*

U ranom srednjem veku, većina slikara, koji su izrađivali minijature, bili su monasi koji su radili u manastirskim skriptarnicama (kao i tadašnji pisari i skriptari). U 11. i 12. veku su se pojavili profesionalni majstori-umetnici koji su radili za platu i često su pozivani da rade u manastirima na određeno vreme, dok se ne završi rad.

Illuminatori su često kopirali velike slike, druge minijature ili su posuđivali dizajn iz knjiga sa uzorcima.

Veliki broj tehnika koje su korišćene u izradi knjiga, dovele su do prvih specijalizacija u raznim disciplinama. Različiti umetnici i zanatlije su obavljali tehničku pripremu pergamenta i mastila, spravljali boje, radili pozlatu, kompoziciju dizajna i crteža, bojili, izrađivali filigranske i ornamentalne crteže, itd. Tokom procesa pisanja, pisar je ostavljao mesta za ilustraciju i propisivao

njenu temu i kompoziciju u vidu malih marginalnih beleški. Nakon što je tekst bio završen (tabaci su već mogli biti povezani), glavni majstor je pažljivo crtao skicu u datom prostoru, prateći propisana pravila.

Nakon 14. veka, dizajn se metodom bockanja prenosio sa druge minijature ili prethodne skice. Ponekad su starije minijature izrezivane i ponovo korišćene u novim kodeksima. U kasnom 15. veku, u holandskim rukopisima su se nalepljivale minijature izrađene drvorezom ili štampane, a bojene su ručno. [4]

Iluminacija kao način izražavanja se zadržala i u inkunabulama – prvim štampanim knjigama.

### 3. GUTENBERGOVA REVOLUCIJA

Gutenberg je prvi štampar u Evropi koji je štampano knjige pokretnim, pojedinačnim, metalnim slovima (čiju je leguru izumeo) na drvenoj presi koju je načinio oko 1440. godine po ugledu na presu za ceđenje grožđa.

Tvrdi se da je već od 1436. počeo sa tajnim ogledima štampanja. U periodu između 1445. i 1448. u Majncu je počeo da štampa svoje prve knjige. U periodu od 1452. do 1456. godine, Gutenberg je štampano Bibliju od 42 retka, jednu od najlepših, najvrednijih i najdragocenijih knjiga – inkunabula (slika 4). [1]



Slika 4. *Stranica iz Gutenbergove biblije od 42 retka*

### 4. PROŽIMANJE RUKOPISNE I ŠTAMPANE KNJIGE

Prvi štampani su nastojali da štampana knjiga u svemu odgovara rukopisnom kodeksu. Zato su Gutenbergova „Biblija od 42 retka“ (1455) i mnoge druge knjige iz kasnijeg perioda, velikog formata i neprikladne za rukovanje, isto kao i glomazni srednjovekovni rukopisi. Slova su lili verno se pridržavajući predložaka iz rukopisnih knjiga. Dodavali su i opširne komentare uz tekst, pa su, kao što je bio slučaj i u rukopisima, glavni tekst štampani većim slovima, a komentare manjim. Vremenom su komentari postali kraći, ali su i dalje štampani na rubu stranice. Već od 18. veka komentare i beleške nalazimo ispod teksta, na dnu stranice, gde se u većini slučajeva nalaze i danas. Nisu štampani ni naslovne stranice sa podacima o autoru, naslovu itd. Te podatke smo mogli pronaći u *incipitu* ili *explicitu*. Nešto kasnije štampani su sve podatke o knjizi štampani u posebnoj

belešci, kolofonu, na kraju teksta, isto onako kako su to radili srednjovekovni pisari. Uz kolofon se ubrzo pojavio i *štamarski znak* ili *signet*, koji je kasnije postao i znak izdavača knjige. Fust i Šefer, Gutenbergovi učenici i saradnici, bili su prvi koji su taj znak upotreбили, a on se sastojao od dva štita obešena o granu. Peter Šefer je prvi štampar u Evropi koji je štampao naslovnu stranicu, 1463. godine u knjizi „Bulla Cruciată contra Turcos“ [1].

## 5. KNJIŽNA UMETNOST U RANOJ ŠTAMPAHOJ KNJIZI

Po ugledu na srednjovekovne pisare, prvi štampari su na listu otiskivali samo tekst, a za ilustracije i inicijale su ostavljali slobodan prostor na kome ih je majstor-umetnik kasnije ručno izrađivao. Ovako su radili mnogi štampari sve do početka 16. veka iako je u međuvremenu veliki broj štampara počeo da štampa ilustracije zajedno sa slogom. Prvi koji je tako radio je bio štampar iz Bamberg, Albrecht Pfister. On je koristio drvoreze da bi ilustrovao svoje knjige. Uskoro su se takve ilustracije pojavile i u drugim knjigama štampanim u Francuskoj, Italiji, Nemačkoj, Holandiji, itd. Međutim, koliko god da je uticaj štamparstva bio revolucionaran u ilustrovanju knjiga, ono je ipak ostalo konzervativno po stilu.

Centri štamarske renesansne ilustracije su bili Venecija, Firenca i Ferara. U venecijanskoj ilustraciji preovladava drvorez, a u Firenci se najviše koristi metod belih ukrasa na crnoj pozadini, mada ova podela nije bila isključiva. Firentinska ilustracija je bila namenjena prolaznim tekstovima, popularnoj poeziji i pričama o svakodnevnom životu. Lepoti ilustrovanih knjiga u Italiji umnogome su doprineli nemački štampari, koji su u velikom broju radili u Veneciji i drugim italijanskim gradovima.

Međutim, i pored uticaja nemačkih ilustratora, u Italiji se razvila specifična drvorezna škola, a njene odlike su ubrzo prihvatili i sami nemački majstori.

U 15. veku je i u drugim evropskim zemljama izrađeno obilje lepo ilustrovanih knjiga, a naročito u prvoj polovini 16. veka, kada je bujala štamarska umetnost.

U vezi sa knjižnom umetnošću u ranoj štampanoj knjizi pomenuti su i neki od najznačajnijih umetnika-grafičara i njihov rad (A. Direr, J. Aman, braća Altdorfer i V. Moris) [1].

## 6. PRAKTIČNI RAD

Praktični rad je posvećen primeni postupka iluminacije teksta u savremenom grafičkom dizajnu, sa primenom savremenih programskih alata. Ova mogućnost je istražena na primeru inicijala kao tipa iluminacije. Kao osnovni zadatak određena je izrada jednog od tipova inicijala — uokvireni inicijal. Kao zadatak se nameće takođe i izbor tipa pisma i uzajamni odnos vrste okvira i pisma.

Izabrana su dva tipa pisma i za svaki od njih raden je poseban tip okvira. Prvi tip pisma je renesansno verzalno pismo koje je po obliku povezano sa savremenom latinicom. Ovo pismo je proporcionalno i pravih linija, a nastajalo je u više varijanata, na području severne i južne Evrope. Naročito su bila značajna rešenja koja su predložili italijanski kaligrafi koji su težili jednostavnosti rimskog antičkog pisma (naročito onog kojim su pisani epigrafi). Prilikom konstrukcije ovih pisama mnogi autori

su se oslanjali na geometrijski oblik kvadrata kao obrasca za proporcionalnost slova. [1]

Uncijalno pismo je nazvano po staroj rimskoj meri - „unci“, kojoj bi danas odgovarala dužina od 25,4 mm. Slova nove majuskule, koja je bila prelazni oblik pisma između majuskule i minuskule, bila su zaobljena, sastavljena od kružnih, polukružnih, vrlo uskih i vrlo širokih slova. Uobličena je pod uticajem arhitekture u kojoj se forsirao polukružni svod. Ovakav izgled slovnih znakova bio je više knjižni od predhodnih, i bolje prilagođen novoj podlozi - pergamentu. [5]

Jedan vek posle uncijalnog pisma pojavilo se poluuncijalno pismo. Nastalo je iz dva potpuno različita pisma — uncijalnog i rimskog kurziva. Sve do 8. veka bilo je u paralelnoj upotrebi sa uncijalom. Njime su se ispisivale manje važne knjige i rukopisi. U 5. i 6. veku u poluuncijalu se ustanovljuje novi sistem u koji se upisuju slova – četvorolinijski (minuskulni) sistem. U ovom sistemu su utvrđene dužine gornjih i donjih produžetaka slova. [6]

### 6.1. Postupak izrade

Oba odabrana pisma svojim karakteristikama su uticala da se opredelimo za izradu dva modela inicijala, odnosno za izradu različitih okvira.

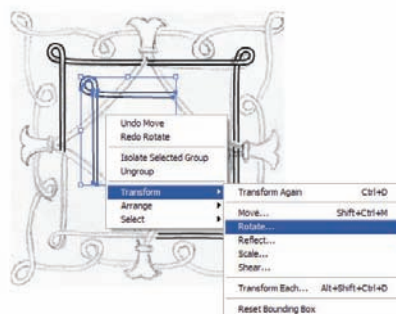
Za izradu okvira za poluuncijalno pismo, kao i renesansne oblike verzalnih pisama, korišćen je program za dizajn i vektorsko crtanje - Adobe Illustrator CS4.

a) Inicijal prve grupe pisama

Pošto smo se opredelili za renesansno verzalno pismo, njegova proporcionalnost je ukazala da okvir za inicijal treba da bude kvadratnog oblika. Sa druge strane, njegove prave linije i strogost oblika navele su nas da za okvir izaberemo keltski srednjovekovni ornament izuvijanih linija, kako bismo ublažili strogost linija pisma i postigli veću dekorativnost. Kao drugi dekorativni element ovde smo iskoristili boju okvira.

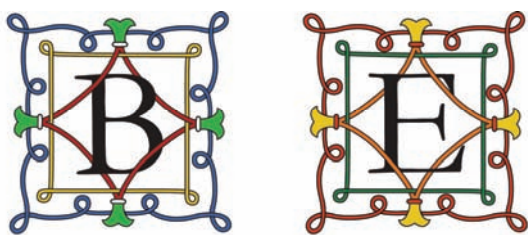
Okvir je prvo skiciran olovkom na papiru, zatim skeniran i otvoren u Illustrator-u. Ova skica je poslužila kao podloga za lakše crtanje.

Okvir za prvu grupu pisama je crtan iz delova radi preciznijeg i bržeg crtanja. Pošto je crtež simetričan, bilo je dovoljno nacrtati ¼ određenog elementa crteža i onda ga kopirati, rotirati i postaviti u odgovarajuće položaje na crtežu (slika 5).



Slika 5. Crtanje okvira za renesansne oblike verzalnih pisama

Ovako konstruisan okvir primenjen je na sledeća verzalna pisma: Goudy Old Style, Garamond, Goto-antikva Nedeljković, Palatino Linotype, Times New Roman i Perpetua (slika 6).



Slika 6. Keltski ornament kao okvir za različite oblike verzalnih pisama

#### b) Inicijal druge grupe pisama

Za drugi tip pisma, poluuncijalno, koje se po obliku znatno razlikuje od verzalnih, odlučili smo se za drugi tip okvira. Poluuncijalno pismo je drugačijih proporcija, pošto ima gornje i donje produžetke. Iz ovog razloga je odabran pravougaoni okvir. Druga osobina ovog pisma je zaobljenost linija, što ga čini po sebi samom dekorativnijim od verzalnog. Zbog toga je slovo postavljeno u strogi okvir, koji je ublažen na ćoškovima i ukrašen floralnim motivima. U inicijali nisu kolorisani.

Kada su okviri bili nacrtani, u njih su postavljena odgovarajuća slova. Okviri su obojeni crno, a slova su bela, što je stvorilo negativ efekat i istaklo slova (slika 7).



Slika 7. Primer poluuncijalnog slova sa okvirom ukrašenim biljnim ornamentom

Okvir za poluuncijalni inicijal je primenjen na latiničnu i ćirilichnu varijantu pisma. Ukupno je izrađeno 12 različitih modela ovog tipa inicijala, pri čemu su dekorativni elementi stavljeni na okvir ili unutar njega.

## 7. ZAKLJUČAK

U radu je prikazano da je moguće primeniti dostignuća starih načina ukrašavanja teksta sa savremenom tehnologijom dizajniranja i štampe. Korišćenje savremenih programa za grafički dizajn kao što je Adobe Illustrator omogućuje da se iskoriste tradicionalni oblici ukrašavanja, jer alati takve vrste daju velike mogućnosti oblikovanja i bojenja ilustracija.

Izrađeni modeli inicijala primenljivi su u savremenoj štampi na više načina: kao samostalni dekorativni element i kao deo teksta. Inicijal prve grupe prikazan je kao okvir širokih mogućnosti. Kompozicija specifične konstrukcija i ornamentike pokazala se pogodna za kombinovanje sa velikim brojem renesansnih verzalija, te se može okarakterisati kao univerzalan element iluminacije.

## 8. LITERATURA

- [1] Furunović D., „Istorija i estetika knjige“, Beograd, 1999.
- [2] „ENCIKLOPEDIJA LEKSIKOGRAFSKOG ZAVODA“ 4, Zagreb, 1968.
- [3] „ENCIKLOPEDIJA LEKSIKOGRAFSKOG ZAVODA“ 6, Zagreb, 1969.
- [4] Baranov V., Horničková K., Lemeneva E., Sallay D., Jaritz g., Department of Medieval Studies at Central European University, Budapest, „Medieval Manuscript Manual“  
<http://web.ceu.hu/medstud/manual/MMM/home.html>
- [5] Nedeljko S., „Tipografije ćirilichnih baroknih pisama transponovane u savremenu tipografsku formu“, Doktorska disertacija, Novi Sad, 2009.
- [6] Nedeljko U., PISMO II deo, „Ka velikim i malim slovima“, Predavanje br. 4, 2010.
- [7] Jones B., „Manuscripts, Books, and Maps: The Printing Press and a Changing World“  
<http://communication.ucsd.edu/bjones/Books/booktext.html>, September 2000

#### Adrese autora za kontakt:

rankamiric@yahoo.com  
urosned@uns.ac.rs

**PROCESNA KONTROLA KVALITETA ŠTAMPE NA FORMIRANIM AMBALAŽNIM LIMENKAMA ZA PIĆE****THE PROCES QUALITY CONTROL OF PRINTED AND FORMED PACKAGING BEVERAGE CANS**

Jovana Ošap, Dragoljub Novaković, Magdolna Apro, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN**

**Kratak sadržaj** – U radu su prikazana istraživanja procesne kontrole kvaliteta štampe na ambalažnim limenkama za piće. Istraživanje se odnosilo na pouzdanost CIE Lab, CIE Lch sistemi tolerancije boje i CMC tolerancija boje. Ispitivanjem je utvrđeno da CIE Lab, CIE Lch sistemi tolerancije boje nisu dovoljno pouzdani za industriju štampe na limu. Uočeni nedostaci su se odnosili na to da se instrumentalne vrednosti merene boje nisu poklapale sa vizuelnim osetima posmatrača i to da nisu uzeti u obzir svi faktori koji utiču na boju. Ispitana CMC tolerancija je pokazala znatno bolje rezultate.

**Ključne reči:** Kontrola kvaliteta štampe, CIE Lab, CIE Lch, CMC tolerancija.

**Abstract** – In paper the color quality control of printed packaging beverage cans was performed. The research is related to the reliability of the CIE Lab, CIE Lch colour system of tolerance and CMC colour tolerance. The investigation found that the CIE Lab, CIE Lch colour tolerance of the system is not reliable. Observed disadvantages were related to the fact that the instrumental value of the measured colour is not matched with the visual values of the observer and not take into account all factors affecting the colour. Tested CMC tolerance showed significantly better results.

**Key words:** Control the quality of printing, CIE Lab, CIE Lch, CMC tolerance.

## 1. UVOD

Danas su proizvođači ambalažnog materijala prinuđeni da svoje aktivnosti usmeravaju na razvoj sve inovativnije i atraktivnije ambalaže, koja u značajnoj meri utiče na stvaranje novih i jačanje postojećih brendova. Svojstva površine ambalažnog materijala su od naročitog značaja za visok kvalitet štampe. Adekvatno pripremljena površina za štampu obezbeđuje da dizajn i štampa na limenci impresivno izgledaju i privlače nove kupce. Za ostvarivanje visokih ciljeva neophodni su strogi standardi procesne kontrole kvaliteta štampanog ambalažnog materijala [1].

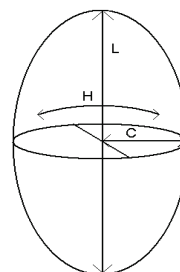
## NAPOMENA:

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

## 2. DEFINISANJE PROBLEMA

### 2.1. Percepcija boja

Boja postaje vidljiva prolaskom svetlosti kroz neki objekat ili reflektovanjem svetlosti od njega. Definisana je sa tri karakteristike: svetlina (L), zasićenje (c), ton (h) i može se prikazati u trodimenzionalnom prostoru. Uslovi posmatranja boja, zamor očiju, loša memorija boje i slepilo za boje mogu uticati na sposobnost ljudskog oka da uočava razlike u boji. Problem kontrole kvaliteta odštampane boje nastaje zbog razlike u ljudskoj percepciji. Čovek je pri dnevnoj svetlosti najosetljiviji na zelene boje u regionu oko 550nm, a najmanje osetljiv na boje u regionu 460nm jarko plave boje i regionu oko 600nm jake crvene boje. Pored ovih ograničenja oči ne detektuju podjednako razlike u svetlini, zasićenju i tonu. Pri štampi na aluminijumu odnos 2:1:1 je usvojeni odnos za L:c:h., tj. prosečan posmatrač će prvo opaziti razlike u osvetljenju, pa onda razlike u zasićenju. Na osnovu ovog odnosa ljudska vizuelna prihvatljivost za boju se može predstaviti elipsoidnim prostorom (Slika 1) [2].



Slika 1: Elipsoidni prostor ljudske percepcije boje

Pronalaskom instrumenata za merenje boja nastala je evolucija pokušaja da se formira metoda tolerancije koja će biti u najboljoj korelaciji sa osetljivošću oka. Prva institucionalno prihvatljiva metoda tolerancije boja je razvijena od strane CIE (Commission Internationale de l'Éclairage, Međunarodna komisija za osvetljenje). CIE sistem boja koristi tri koordinate da odredi boju u prostoru boja.

### 2.2 CIE Lab prostor boja

CIE Lab prostor boja je opazajno uniformni prostor boja u kojem rastojanje između bilo koje dve boje odgovara opaženoj bliskosti dve boje. Skraćenica Lab se odnosi na tri vrednosti koje ovaj sistem koristi da bi opisao boju: L je svetlina boje, dok a i b vrednosti predstavljaju hromatičnost boje: a zeleno – crvena osa i b plavo – žuta osa. CIE Lab koristi kartezijanski koordinatni sistem za predstavljanje boje u prostoru boja. Jedinica mere koja

izračunava i kvantifikuje razliku između dve boje je apsolutna razlika boje -  $\Delta E$ .

Jednačina za apsolutnu razliku boje u CIE Lab sistemu je:

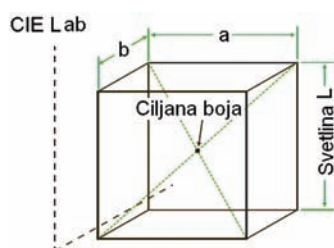
$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2} \quad (1)$$

Gde su :  $\Delta L = L_{UZORAK} - L_{STANDARD}$  (2)

$$\Delta a = a_{UZORAK} - a_{STANDARD} \quad (3)$$

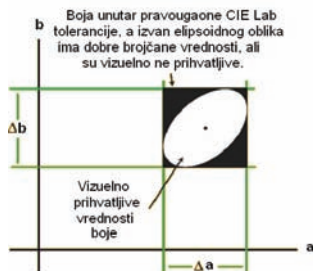
$$\Delta b = b_{UZORAK} - b_{STANDARD} \quad (4)$$

U CIE Lab sistemu boja, prema  $L$ ,  $a$  i  $b$  vrednosti, formira se različiti pravougaoni prostor tolerancije oko ciljane boje (Slika 2). Kada se upoređi oblik pravougaonog prostora CIE Lab tolerancije sa elipsoidnim oblikom vizuelne prihvatljivosti za boju, uočavaju se nepravilnosti u rezultatima za prihvatljive i ne prihvatljive boje [3].



Slika 2: Pravougaono prostor CIE Lab tolerancije boje

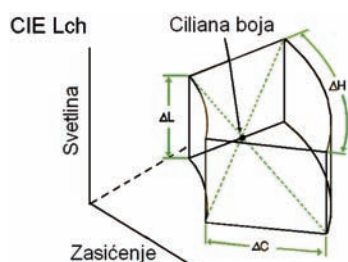
Na osnovu pravougaonog prostora CIE Lab tolerancije boje, neke boje se mogu prihvatiti kao adekvatne, ali ukoliko one spadaju van elipsoidnog prostora vizuelne prihvatljivosti boje ne odgovaraju ciljanoj boji (Slika 3) [3].



Slika 3: Odnos CIE Lab tolerancije i ljudske percepcije

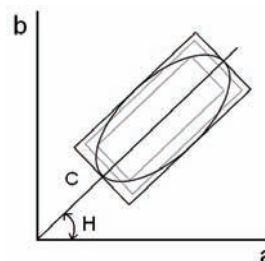
### 2.3 CIE Lch prostor boja

CIE Lch prostor boja je izveden iz CIE Lab prostora boja i predstavlja matematičku konverziju pravougaonog koordinatnog sistema u cilindrični koordinatni sistem. Za predstavljanje boje u prostoru boja CIE Lch koristi polarne koordinate:  $L$  definiše svetlinu,  $c$  određuje zasićenje, dok  $h$  označava ugao tona boje [4].



Slika 4: CIE Lch prostor tolerancije

CIE Lch prostor tolerancije se formira na osnovu postavljenih vrednosti za  $L$ ,  $c$  i  $h$  u koordinatnom sistemu boje (Slika 4). Koristeći CIE Lch polarni koordinatni sistem, prostor tolerancije boje može da se rotira prema uglu tona boje ( $H$ ) (Slika 5). Ovim je smanjena mogućnost neslaganja, međutim i dalje postoji neslaganje između elipsoidnog oblika vizuelne tolerancije boje i CIE Lch prostora tolerancije boje kao i kod CIE Lab sistema tolerancije [4].



Slika 5: Rotiranje CIE Lch prostora tolerancije

### 2.4 CMC tolerancija

CMC (Colour Measurement Committee – uprava za merenje boja) je sistem tolerancije boja, koja se zasniva na CIE Lch toleranciji boja. Pomoću matematičkih jednačina CMC tolerancija definiše elipsoidni oblik ljudske percepcije boja [5]:

$$\Delta L_{CMC} = \frac{\Delta L^*}{ISL}, \quad (5)$$

$$\Delta C_{CMC} = \frac{\Delta C^*}{cSC}, \quad (6)$$

$$\Delta H_{CMC} = \frac{\Delta H^*}{SH}, \quad (7)$$

Gde su:

$$SL = \frac{0.040975L^*}{1 + 0.01765L^*}, \quad \text{za } L^* \text{ veće od } 16 \quad (8)$$

$$SL = 0.511, \quad \text{za } L^* \text{ manje od } 16 \quad (9)$$

$$SC = \frac{0.0638C^*}{1 + 0.0131C^*} + 0.638 \quad (10)$$

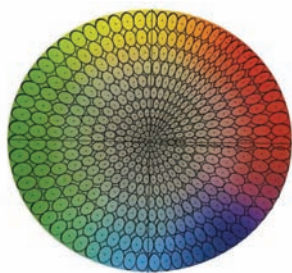
$$SH = (FT + 1 - F) SC \quad (11)$$

$$F = \sqrt{\frac{C^{*4}}{C^{*4} + 1900}} \quad (12)$$

$$T = 0.36 + I \cdot 0.4 \cos(35 + h)I, \quad \text{za } h = 164^\circ \text{ ili } h > 345^\circ \quad (13)$$

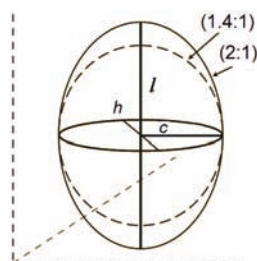
$$T = 0.56 + I \cdot 0.2 \cos(168 + h)I, \quad \text{za } 164^\circ < h < 345^\circ \quad (14)$$

Elipsoid tolerancije varira u veličini i obliku u zavisnosti od položaja boje u prostoru boja (Slika 6). Elipse u narandžastom delu prostora boja su duže i suženije u odnosu na zeleni deo gde su šire i okruglastije. Veličina i oblik elipse se takođe menja kada raste zasićenje boje. CMC tolerancija omogućava korisniku da podešava ukupnu veličinu elipse u cilju boljeg podudaranja sa ljudskom percepcijom [4].



Slika 6: Varijacije veličine elipsa u CMC toleranciji boja

Ljudsko oko ima veću osetljivost na promene svetline ( $l$ ) u odnosu na promenu zasićenja boje ( $c$ ). CMC tolerancija omogućava da se odnos svetline i zasićenja boje tako podesi da što više odgovara opaženoj boji. Pri štampi na aluminijumu usvojen je odnos  $l:c=2:1$ , koji dozvoljava dva puta više razlike u svetlini nego u zasićenju boje. Na Slici 7 isprekidanom linijom prikazana je promena odnosa  $l:c$  sa 2:1 na 1,4:1 koji odnos se primenjuje u tekstilnoj industriji.

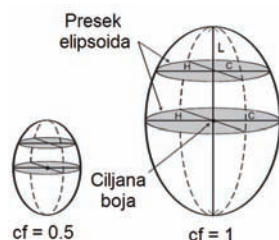


Slika 7: Odnos svetline i zasićenja boje ( $l:c$ )

Komercijalni faktor ( $cf$ ) ima ulogu da promeni i prilagodi veličinu elipsoida tolerancije vizuelnoj percepciji. Vrednost  $cf = 1.0$  je polazna tačka za izračunavanje ukupne razlike u boji  $\Delta E_{CMC}$  i može se razlikovati u zavisnosti od podloge za štampu (Slika 8) [3].

$\Delta E_{CMC}$  predstavlja ukupnu vrednost razlike u boji u CMC sistemu tolerancije. Vrednost  $\Delta E_{CMC}$  ukazuje na razliku u boji između standarda i uzorka, i računa se prema sledećoj formuli [6]:

$$\Delta E_{CMC} = \sqrt{\left(\frac{\Delta L}{ISL}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C}{cSC}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H}{SH}\right)^2} \quad (8)$$



Slika 8: Komercijalni faktor

### 3. KORIŠĆENI MATERIJALI I METODE

#### 3.1 Priprema podloge za štampu

Za izradu limenki za piće korišćena je aluminijumska traka debljine 0.245mm. Nakon formiranja limenki vrši se

pranje u cilju odmaščivanja i odstranjivanja nečistoća sa njen površine, kako bi se omogućilo ujednačeno prijanjanje zaštitnih i funkcionalnih premaza odnosno štampe. Zaštitni premaz sprečava da limenka promeni boju usled pasterizacije piva i voćnih sokova (usled stvaranja  $Al(OH)_3$ ). Funkcionalni premaz smanjuje trenja i omogućuje lakše uklanjanje vode čime se poboljšava protok limenki i sušenje na nižoj temperaturi. Nakon nanošenja ovih premaza sledi poslednje pranje limenki dejonizovanom vodom [7].

#### 3.2 Štampanje

U procesu štampanja je korišćena flekso štamparska forma, koja pripada tehnikama visoke štampe. Ovu tehniku definišu izdignuti štampajuć elementi na štamparskoj formi, a neštampajuć udubljeni. Sa izdignutih štampajućih elemenata otisak se prenosi na međuprenosač, a zatim na materijal za štampu, tj. formiranu limenku kojoj je prehodno pripremljena aluminijumska površina za štampu. Specifičnost mašine za štampu limenki ogleda se u tome da je posebno projektovana za štampu već formiranih i oblikovanih limenki. Korišćene UV Boje se štampaju jedna pored druge. Štampanje limenki (veličine 330ml) za uzorkovanje je vršena sa 3 boje, brzinom od 2000 limenki/min [8].

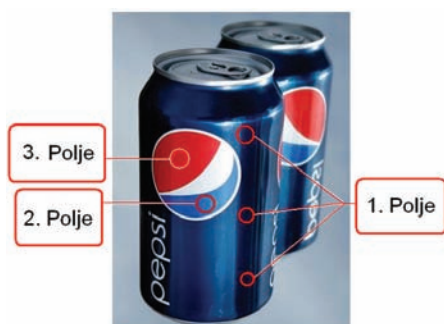
#### 3.3 Metode merenja

Eksperiment se sastojao od procesne kontrole kvaliteta štampane na limenkama. Merenje se vršilo u toku tri radna dana. Uzorci, tj. limenke, su se uzimale po principu slučajnog uzorkovanja, direktno sa mašine za štampu. Specifičnost štampe na već formiranim limenkama je to što na limenkama nema kontrolnih mernih polja, kao je slučaj u standardnoj tabačnoj štampi na limu, već se moraju kontrolisati puni tonovi na samoj štampi ambalaže. Za merenje kvaliteta štampe su korišćene formirane ambalažne limenke, spektrofotometar Color Eye XTH, difuzne merne geometrije  $d/8^\circ$ , koji ima mogućnosti preciznog merenja i sa zaobljenih i reflektujućih površina limenke. Uslovi merenja su podrazumevali standardno osvetljenje D65, koje simulira indirektno sunčevo osvetljenje, standardnog posmatrača  $2^\circ$  (standardan za posmatranje objekata iz ruke), dimenzija otvora za merenje 4mm i sve  $\Delta E_{cmc}$  vrednosti su računane korišćenjem CMC odnosa  $l:c = 2:1$ . Interni standard granice tolerancija predstavljen je u Tabeli 1 po klasama grešaka.

Tabela 1: Vrednosti zahtevane granice tolerancije za  $\Delta E_{cmc}$

Zone tolerancije	$\Delta E_{cmc}$	Vizuelno ocenjivanje – klasa greške
Zelena	0.0 - 2.5	Odgovara željenoj boji
Žuta	2.51 - 5.99	Slabe razlike u boji
Narandžasta	6.00 - 7.99	Značajne razlike u boji
Crvena	8+	Pogrešno predstavljen brend

Za praćenje proizvodnje je izabrana štampa limenki bezalkoholnog pića, gde se zahtevalo merenje na tri dela plave pozadine štampane limenke (vrhu, sredini i dnu limenke) i merenja plave i crvene boje logoa (Slika 9).

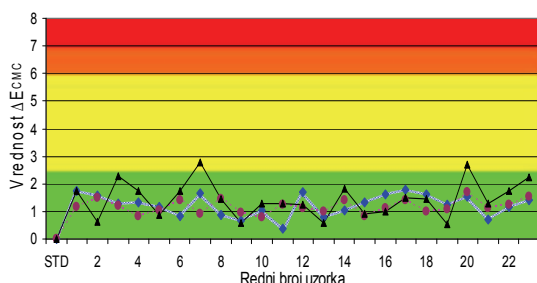


Slika 9: Zahtevani delovi za merenje na limenci

#### 4. PRIKAZ I ANALIZA REZULTATA

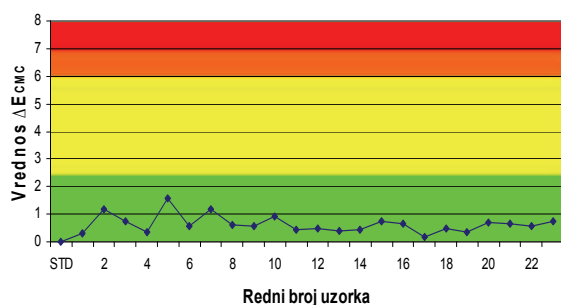
**Polje 1:** Na Slici 10 je dat grafički prikaz svih izmerenih vrednosti  $\Delta E_{CMC}$  za plavu boju pozadine limenke.

- ◆— Gornji deo plave pozadine limenke
- - -●- - - Središnji deo plave pozadine limenke
- ▲— Donji deo plave pozadine limenke



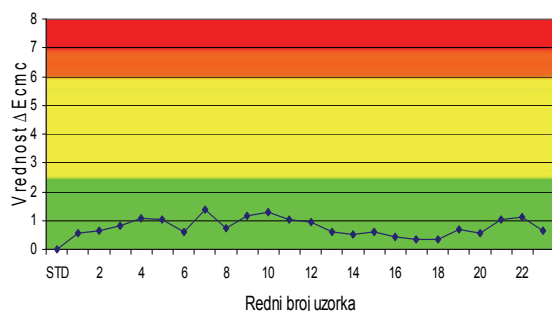
Slika 10: Grafički prikaz izmerenih vrednosti  $\Delta E_{CMC}$

**Polje 2:** Na Slici 11 je dat grafički prikaz izmerenih vrednosti  $\Delta E_{CMC}$  za plavu boju na logu limenke.



Slika 11: Grafički prikaz izmerenih vrednosti  $\Delta E_{CMC}$

**Polje 3:** Na slici 12 je dat grafički prikaz svih izmerenih vrednosti  $\Delta E_{CMC}$  za crvenu boju na logu limenke.



Slika 12: Grafički prikaz izmerenih vrednosti  $\Delta E_{CMC}$

Kako zeleno područje na grafikonima označava štampu bez vizuelnih grešaka, na osnovu zabeleženih vrednosti  $\Delta E_{CMC}$ , jedino se kod merenja plave pozadine i to se u donjem delu uočavaju odstupanja od zahtevanih vrednosti. Odstupanje pojedinih merenja je prihvatljivo, jer  $\Delta E_{CMC}$  za te izmerene vrednosti ne prelazi žutu zonu, koja je definisana kao greška sa slabom razlikom u boji.

#### 5. ZAKLJUČAK

U grafičkoj industriji granice tolerancije za proračun razlike u boji se zasnivaju na Lab vrednostima, ali za štampu ambalažnih aluminijumskim limenki te granice ne daju adekvatne rezultate, tj. vizuelno prihvatljive nijanse boja. Iako osnova CMC sistema tolerancije leži u CIE Lab i CIE Lch sistemima, on uzima u obzir položaj ciljane boje u prostoru boja. Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da primena CMC sistema tolerancije u ambalažnoj industriji za štampu aluminijumske podloge (formirane limenke ili ploče) obezbeđuje viši nivo kvaliteta zahtevan od strane poručioca i tržišta.

#### 7. LITERATURA

- [1] F. Fehrić, Utjecaj ambalaže na stvaranje branda i jačanje konkurentnosti bh. proizvoda, Instore, 2010, <http://www.instore.ba/kolumne-print/46-ambalaza/304-utjecaj-ambalae-na-stvaranje-branda-i-jaanje-konkurentnosti-bh-proizvoda.html> (10.2010)
- [2] Technical Services Department, Hunter Associates Laboratory, Inc. 200 [http://www.hunterlab.com/appnotes/an10\\_96ar.pdf](http://www.hunterlab.com/appnotes/an10_96ar.pdf) (09.2010)
- [3] Anon, A Guide to Understanding Color Communication, X-Rite, 2007 [http://www.xrite.com/documents/literature/en/L10-001\\_Understand\\_Color\\_en.pdf](http://www.xrite.com/documents/literature/en/L10-001_Understand_Color_en.pdf) (10.2010)
- [4] Anon. A Guide to Understanding Color Tolerancing, X-Rite, 1997 <http://issuu.com/wpc-cr/docs/colour-tolerancing-cmc> (12.2010)
- [5] [http://www.brucelindbloom.com/index.html?Eqn\\_DeltaE\\_CMC.html](http://www.brucelindbloom.com/index.html?Eqn_DeltaE_CMC.html) (02.2011)
- [6] <http://www.techexchange.com/thelibrary/colortolerances.html#5> (02.2011)
- [7] Interna literatura fabrike: Priprema površine aluminijuma za štampu, 2009.
- [8] Interna literatura fabrike: Uputstvo za upotrebu mašine za štampu, 2009.

Adresa autora za kontakt:

Jovana Ošap  
[Jovanaosap@gmail.com](mailto:Jovanaosap@gmail.com)

Prof. Dr Dragoljub Novaković  
[novakd@uns.ac.rs](mailto:novakd@uns.ac.rs)

Ass. MSc Magdolna Apro  
[apro@uns.ac.rs](mailto:apro@uns.ac.rs)

**INSTALACIJA GRAFIČKOG SISTEMA KBA RAPIDA 75****GRAPHIC SYSTEM INSTALLATION KBA RAPIDA 75**

Boris Kovač, Dragoljub Novaković, Nemanja Kašiković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN**

**Kratak sadržaj** – U radu su prikazana istraživanja vezana za proces instalacije složenog grafičkog sistema KBA Rapida 75 sa posebnim akcentom na podešavanja i merenja koja je potrebno sprovesti da bi se došlo do kvalitetne postavke mašine. Po instalaciji izvršena su određena ispitivanja i merenja koja su prikazana u radu.

**Ključne reči:** KBA Rapida 75, Grafički sistemi, Štamparski sistemi

**Abstract** – The paper presents research related to the installation of complex graphics system KBA Rapida 75 with a special emphasis on adjustments and measurements that need to be implemented in order to obtain high-quality machine settings. After installation certain tests and measurements were carried out and shown in this work.

**Keywords:** KBA Rapida 75, Graphic system, Printing system

**1. UVOD**

Svetski zahtevi u kvalitetu štampe neprestano rastu i stalno se traži otisak koji će što bolje privući pažnju kupca. Grafički sistemi i operateri, su pod stalnim pritiskom da iz mogućnosti grafičkog sistema izvuku maksimum, što zahteva perfektan rad grafičkog sistema.

Kako bi se omogućio perfektan rad, neophodno je izvršiti pravilnu instalaciju grafičkog sistema, kao i merenja parametara koji uslovljavaju dobijanje otiska željenog kvaliteta. Proces instalacije grafičkog sistema predstavlja kompleksan deo posla koji zahteva stručnu obučenost montažera, koji moraju proces instalacije obaviti kvalitetno i u zadatom roku.

Ukoliko se grafički sistem ne postavi adekvatno, u toku procesa štampe može doći do pojave poremećajnih faktora koji umanjuju kvalitet otiska, kao što su na primer: neželjene vibracije, uvijanje i deformisanje određenih delova sistema, oticanje sredstva za vlaženje i boje na jednu stranu sistema i sl.

**2. INSTALACIJA GRAFIČKOG SISTEMA****2.1. Transport sistema i priprema prostora**

Prvi korak, neophodan pre početka instalacije, je provera podloge na kojoj će se grafički sistem pozicionirati, odnosno uveravanje da je podloga dovoljno dobra da izdrži svu masu te da se samim tim obezbede optimalni uslovi za rad.

**NAPOMENA:**

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

Kada se utvrdi da podloga zadovoljava postavljene uslove, vrši se obeležavanje mesta na koje se grafički sistem postavlja. Sama pozicija grafičkog sistema treba da bude takva, da omogući neometan rad, na grafičkom sistemu i oko njega, s posebnim akcentom na poštovanje minimalnog radnog prostora za konkretan grafički sistem, a posebno kod uređaja za ulaganje i uređaja za izlaganje tabaka.

Radi lakšeg transporta do mesta instalacije grafičkog sistema, on se isporučuje rastavljen na sastavne delove. Prilikom unosa delova grafičkog sistema u pogon štamparije, neophodno je obratiti pažnju na redosled unošenja, kako ne bi došlo do nepotrebnog zagušenja prostora i gubljenja vremena. Redosled unosa diktira oblik i veličina prostora, u kojoj će se grafički sistem nalaziti, i neophodno je da bude prethodno dogovoren kako ne bi dolazilo do grešaka i gubljenja vremena.

**2.2. Komponovanje sastavnih delova grafičkog sistema**

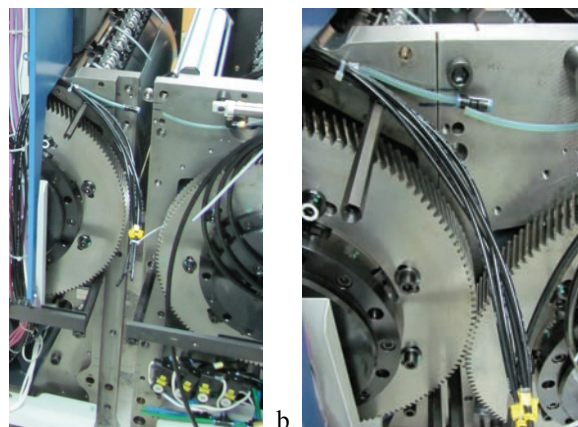
Postupak spajanja dva sastavna dela obuhvata:

“grubo” pozicioniranje, “fino” pozicioniranje, pričvršćivanje dva „L“ profila u spoj, vizuelna kontrola spoja, postavljanje elemenata za pozicioniranje, merenje i podešavanje zazora i nivelisanje.

Za “grubo” pozicioniranje delova, odnosno za pomeranje delova na razdaljinu veću od par desetina centimetara koriste se roleri i hidraulične dizalice.

Za “fino” pozicioniranje mašine koriste se tanke pločice od teflona ili neke druge vrste plastike i hidraulične dizalice.

Pričvršćivanje dva “L” profila u spoj se obavlja putem navojnih vretena, ključeva i mehanizama za fino pozicioniranje sastavnih delova grafičkog sistema. Izgled dva sastavna dela a. pre i b. posle pričvršćivanja je dat na slici 1.



Slika 1. Dva sastavna dela a. pre i b. posle pričvršćivanja

Nakon pričvršćivanja je neophodno izvršiti podešavanje unapred definisanog zazora za konkretan spoj, kao i nivelisanje predhodno spojena dva sastavna dela. Ovaj proces se obavlja putem listića za merenje zazora i mašinske libele.

### 2.3. Povezivanje komunikacije

Kada se izvrši kontrola nivelisanja cele mašine, odnosno kada se utvrdi da su svi agregati, kao i uređaj za ulaganje i uređaj za izlaganje, međusobno dobro spojeni pristupa se sledećoj fazi, a to je povezivanje komunikacije između agregata, uređaja za ulaganje, uređaja za izlaganje i radnog stola konzole, kao i postavljanje glavnog elektromotora za pogon grafičkog sistema.

Komunikacija između sastavnih delova grafičkog sistema je ono što čini grafički sistem celinom. Celokupna komunikacija, veze, zadavanje i izvršenje komandi se vrši pomoću elektronike i elemenata pneumatskog sistema.

Kod konkretnog grafičkog sistema, komunikacija unutar jednog sastavnog dela (jednog agregata, par agregata koji su stigli zajedno u paketu, uređaju za ulaganje i uređaju za izlaganje) je već uspostavljena, jer je bila u probnom radu kod proizvođača.

Posle probnog rada, a za potrebe transporta, odnosno ponovnog sastavljanja mašine, teži se tome da što više elemenata bude spojeno, radi lakše ponovne montaže i puštanja u rad, te je neophodno uspostaviti komunikaciju između sastavnih delova koji su došli kao odvojene celine.

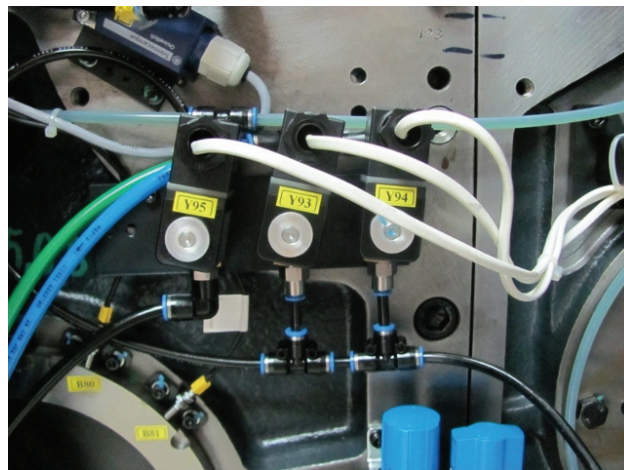
Električna komunikacija predstavlja komunikaciju procesorskih jedinica i električnih uređaja putem električnih kablova, dok pneumatska komunikacija omogućava kontrolu i upravljanje funkcijama uređaja koji rade pomoću komprimovanog vazduha. Dostava radnog fluida do uređaja se vrši putem creva za distribuciju hidraulike.

Kao pogonski elementi se koriste elektromotori za pogon elemenata mašine, a za pneumatske komponente kompresori, pa je njih potrebno postaviti. Na slici 2 su prikazani kompresori i elektromotor mašine.



Slika 2. Rotacioni kompresori i elektromotor

Na slici 3 je prikazano povezivanje strujnog kola za komunikaciju elektromagnetnih ventila za kontrolu doziranja solventa i vode za pranje pritiskog cilindra.



Slika 3. Povezivanje strujnog kola za komunikaciju elektromagnetnih ventila za kontrolu doziranja solventa i vode za pranje pritiskog cilindra

### 2.4. Uspostavljanje distribucionog sistema između grafičkog sistema i eksternih uređaja

U grupu eksternih uređaja sa kojim je neophodno da se uspostavi distribicioni sistem spadaju: TehnoTrans (uređaj za alkoholno vlaženje i kontrolisanje temperature valjaka razribača), LithoCoat (uređaj za lak), sušare i konzola.

Proces povezivanja distribucionog sistema eksternih uređaja i mašine zahteva povezivanje niza creva (hidrauličnih i pneumatskih) i električnih kablova, neophodnih za pravilno funkcionisanje celokupnog sistema.

### 2.5. Probno puštanje u rad bez ostvarivanja otiska i provera funkcionalnosti uređaja i senzora

U fazi probnog startovanja grafičkog sistema se ne dobija otisak nego se proveravaju svi elementi, koji su prethodno bili spajani. Startuje se grafički sistem, kako bi se proverili senzori i kako bi se izvršila provera da li je sve uključeno i povezano. Vršiti se kontrola aparata, kompresora, provera da li ima pudera, puštanje vazduha u mašinu preko kompresora, proverava se kretanje stola za ulaganje i stola za izlaganje, nameštaju se granični položaji stola, te se podešava sto u idealnu horizontalu, proverava se transport tabaka kroz mašinu, odnosno proverava se podudaranje grajfera transport valjaka, provera ispravnosti uređaja za pranje valjaka, gume i pritiskog cilindra.

## 3. EKSPERIMENTALNI DEO

Nakon uspešno izvršenog procesa sastavljanja delova mašine u jednu celinu kao i probnog puštanja u rad, neophodno je izvršiti štampanje test forme i kontrolu otisaka radi utvrđivanja kvaliteta otisaka.

### 3.1. Podešavanje parametara štampe i postavljanje štamparskih formi u grafički sistem

Podešavanje parametara štampe se započinje preko konzole odnosno radnog stola. Za ovu fazu rada neophodne su dve stvari: iskustvo operatera i PPF fajl. PPF (Print Production Format) standard je napravljen za opis podataka u okviru procesa štampe i on sadrži i podatke vezane za proces štampe (izgled individualnih

separacija boja, prenosne funkcije, podatke o registru, definiciju denzitometrijskih polja i dr.). PPF fajl se dobija od RIP-a (Raster Image Procesor) prilikom kreiranja štamparskih formi.

Sljedeći korak, koji je neophodno uraditi, je postavljanje štamparskih formi na cilindar nosilac štamparske forme. KBA Rapida 75 poseduje poluautomatsko postavljanje štamparske forme na cilindar. Ovo znači da je samo ubacivanje štamparske forme u prihvatnu šinu neophodno uraditi ručno, dok ostatak posla uradi grafički sistem, pritiskom operatera na određeni taster.

Zatim sledi podešavanje parametara grafičkog sistema za konkretnu podlogu na koju se vrši štampanje, a to je 150 g/m<sup>2</sup> mat kundruk, sa dimenzijama tabaka 700 x 500 mm. Vršiti se: resetovanje mašine na fabričku nulu i unošenje dimenzija tabaka, podešavanje glave za ulaganje (podešavanje: papučice, poluge, razduvanje tabaka, usisno - podiznih pipaka, transportnih pipaka), podešavanje vakuuma u transportnoj dasci, podešavanje pritiska između ofsetne gume i cilindra za pritisak, podešavanje broja obrtaja duktora valjka, aktiviranje sistema valjaka za vlaženje.

S obzirom da je grafički sistem nov, za potrebe prvog štampanja, neophodno je proveriti i po potrebi korigovati naleganja i pritisak valjaka nanosača boje na štamparsku formu.

### 3.2. Štampanje - kontrola i korekcije parametara štampe

Prilikom procesa štampe neophodno je vršiti proveru registra i, ukoliko je to potrebno, vršiti korekcije nanosa boje po zonama, korekcije parametara vlaženja i druge korekcije. Sve izmene se vrše preko ekrana osetljivog na dodir na radnom stolu - konzoli i automatski se primenjuju na samoj mašini. Operater u toku procesa štampe ima mogućnost da izvuče, slučajno izabran, tabak i da vrši proveru parametara, kako bi se uverio u kvalitet štampe. Pored provere registra, neophodno je vršiti proveru nanosa boje. Ovo se vrši denzitometrom.

Nakon denzitometrijskog merenja na mernoj traci odštampanog tabaka, izmerene vrednosti se automatski upoređuju sa vrednostima koje su bile predhodno podešene. U slučaju da izmerene vrednosti prevazilaze toleranciju, operater dobija obaveštenje u vidu grafika koji pokazuje koje vrednosti treba korigovati i koliko ih treba korigovati. Operater ima mogućnost da ponuđene korekcije prihvati ili odbaci. Prihvatanjem ponuđenih korekcija, automatski se iste odvijaju na samoj mašini.

### 3.3. Kontrola i merenje kvaliteta odštampanog tabaka i štamparske forme

Kontrola i merenje kvaliteta odštampanih tabaka predstavlja završnu kontrolu. Njen nalaz je potvrda za sve napore da se proizvede odgovarajući kvalitet. Postupak završne kontrole ne može da poboljša izrađeni proizvod, jer se odštampani otisak ne može ispraviti, već samo ispitati. Međutim ona može da spreči da i pored pažnje na svakom pojedinačnom radnom mestu nedozvoljeno veliki broj proizvoda sa greškom izađu iz štamparije.

Na test formi, koja se koristi za kontrolu kvaliteta štampe, se nalaze elementi uz pomoć kojih je moguće izvršiti vizuelnu kontrolu kvaliteta, kao i elementi za koje je neophodna upotreba određenih merno-kontrolnih uređaja

kako bi se izvršila kontrola kvaliteta otiska. Vizuelna kontrola štampanih tabaka bez kontrolno-mernih uređaja predstavlja subjektivni proces koji zavisi od stečenog iskustva i vida operatera koji radi na datom štamparskom sistemu. Zbog toga je preporučljivo koristiti merno-kontrolne uređaje koji u mnogome daju objektivnije podatke o štampanom tabaku, a samim tim i verodostojne podatke o kvalitetu otiska.

Na slici 4 su prikazani instrumenti za završnu kontrolu ostvarenog otiska: a. spektrofotometar Gretag Macbeth Spectrolino + SpectroScan, b. Techkon Spectro-Densitometer i c. Techkon Spectro-Plate Densitometer.

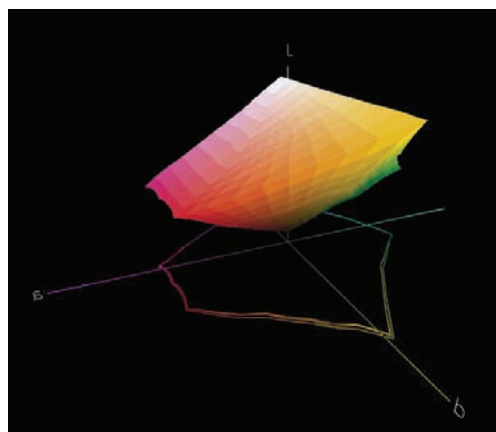


Slika 4. a. Spektrofotometar Gretag Macbeth Spectrolino + SpectroScan, b. Techkon Spectro-Densitometer i c. Techkon Spectro-Plate Densitometer

### 3.4. Rezultati i diskusija rezultata merenja

#### 3.4.1. Opseg boje

Rezultati merenja dobijeni merenjem putem Spectrolino-a se čuvaju kao .txt fajl i kao takvi, ne daju nikakvu informaciju o opsegu boje. Da bi se dobio prikaz opsega boje koji se meri neophodno je podatke, dobijene merenjem, ubaciti u program Profile Maker. Ovaj program obrađuje dobijene rezultate merenja i daje grafički prikaz opsega boje, koje je moguće proizvesti na konkretnoj mašini. Na slici 5. je prikazan grafički prikaz opsega boje u Lab sistemu za sva tri kontrolna tabaka.



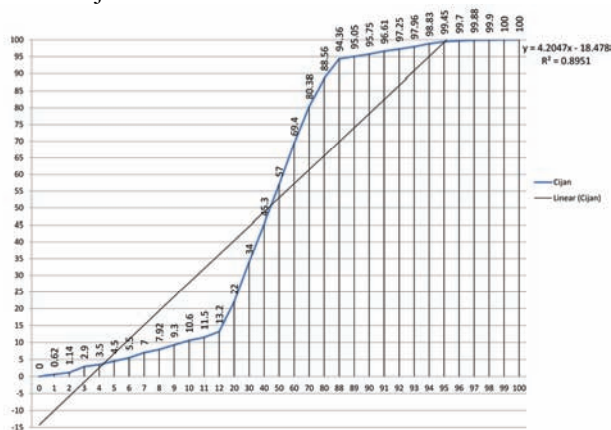
Slika 5. Grafički prikaz opsega boje u Lab sistemu za sva tri kontrolna tabaka

Tumačenjem grafičkog prikaza opsega boje, dobijena merenjem opsega boje na uređaju Spectrolino i pomoću programa Profile Maker, moguće je uvideti da su grafici opsega boje na sva tri kontrolna tabaka identični, iz čega se dolazi do zaključka da je varijacija opsega boje na konkretnoj mašini KBA Rapida 74 svedena na minimum.

### 3.4.2. Mehanički porast rasterske tačke

Rezultati merenja porasta rasterske tačke na ostvarenim otiscima se, nakon merenja, programski obrađuju i prikazuju u vidu grafika, na kom je ordinata procenat porasta rasterske tačke, dok su na apcisi kontrolna polja porasta raster tačke. Takođe se vrši izračunavanje faktora determinacije, koji treba da bude oko 0.9, za svaku od procesnih boja.

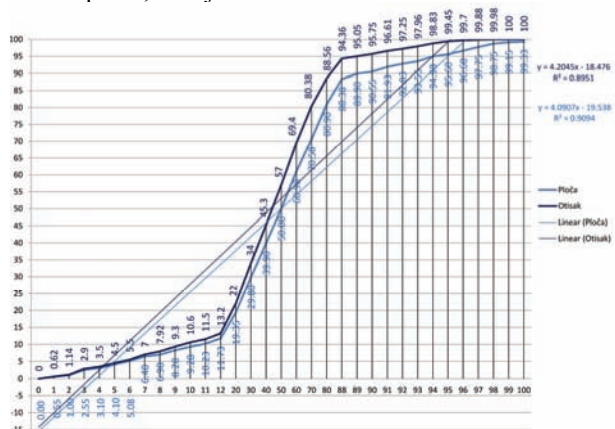
Polja za kontrolu raspona reproduktivnih tonskih vrednosti daju informaciju o najmanjoj i najvećoj tonskoj vrednosti rastera koja se još može reprodukovati na otisku. Na mat premaznom papiru može se očekivati reprodukcija različitih tonova do 93%. U konkretnom slučaju raspon tonskih vrednosti je do 99% za cijan, magentu i crnu dok je za žutu 98%. Na slici 6. je grafički prikaz rezultata merenja mehaničkog porasta rasterske tačke za cijan.



Slika 6. Grafički prikaz rezultata merenja mehaničkog porasta rasterske tačke za cijan

### 3.4.3. Mehanički porast rasterske tačke na otisku u odnosu na štamparsku formu

Radi dobijanja jasne slike o informaciji mehaničkog porasta rasterske tačke prilikom dobijanja otiska, vrši se upoređivanje izmerenih vrednosti porasta rasterske tačke na otisku i ploči. Dobijeni rezultati se prikazuju u vidu grafikona, na kom ordinata predstavlja procenat mehaničkog porasta rasterske tačke, dok su na apcisi kontrolna polja porasta rasterske tačke. Na slici 7. je prikazno poređenje mehaničkog porasta rasterske tačke, sa otiska i ploče, za cijan.



Slika 7. Poređenje mehaničkog porasta rasterske tačke sa otiska i ploče za cijan

## 4. ZAKLJUČAK

Proces instalacije konkretnog grafičkog sistema KBA Rapida 75, se može smatrati uspešnim iz više razloga. Prvo, sam proces instalacije grafičkog sistema je prošao bez većih problema i izvršen je u dogovorenom roku, što je omogućilo laboratoriji da krene sa radom u planiranom periodu. Drugo, prilikom probne štampe, kao i štampe test karti za utvrđivanje ostvarenog kvaliteta otiska, nije bilo nikakvih oscilacija grafičkog sistema, u smislu da je došlo do otkaza nekih delova ili da ostvareni otisci nisu zadovoljavali kriterijume vizuelne kontrole operatera na konkretnom grafičkom sistemu. Treće, prilikom instrumentalne kontrole ostvarenih otisaka na konkretnom grafičkom sistemu dobijeni rezultati su pokazali izuzetan kvalitet ostvarenog otiska. Konkretno, prilikom merenja mehaničkog porasta rasterske tačke na odštampanim tabacima i obradom dobijenih rezultata faktor determinacije je, za sve četiri procesne boje bio oko 0.9. Takođe, prilikom merenja mehaničkog porasta rasterske tačke na ostvarenim otiscima i njihovim poređenjem sa kontrolnim poljima na štamparskoj formi, dobijeni rezultati pokazuju odstupanja ispod 14% za cijan, magentu i žutu procesnu boju, dok je odstupanje za crnu boju 17%, što je u okvirima granica tolerancije ISO standarda.

## 5. LITERATURA

- [1] Basic technical information KBA Rapida 75, KBA - Grafitec, Dobruška Czech Republic, 2008.
- [2] Electrical equipment KBA Rapida 75, KBA - Grafitec, Dobruška Czech Republic, 2008.
- [3] Instruction Manual KBA Rapida 75, KBA - Grafitec, Dobruška Czech Republic, 2008.
- [4] Maintenance instruction manual KBA Rapida 75, KBA - Grafitec, Dobruška Czech Republic, 2008.
- [5] ErgoTronic control panel instruction manual, KBA - Grafitec, Dobruška Czech Republic, 2008.
- [6] KBA Rapida 75 brochure, KBA - Grafitec, Dobruška Czech Republic, 2008.
- [7] Novaković, D.: Grafički sistemi, FTN, Novi Sad, 2003.
- [8] Novaković, D., Bingold, K.: Tehnike štampe, FTN, Novi Sad, 2003.
- [9] Novaković, D.: Reprodukciona tehnika, FTN, Novi Sad, 2003.
- [10] Đorđević, D., Kovačević, M., Tatić, T., Filipenko, B., Konstantinović, V.: Tehničko -tehnološka priprema grafičke proizvodnje II, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd, 1990

### Adresa autora za kontakt

MSc Boris Kovač  
[bozejcity@gmail.com](mailto:bozejcity@gmail.com)

Prof. dr Dragoljub Novaković  
[novakd@uns.ac.rs](mailto:novakd@uns.ac.rs)

Ass MSc Nemanja Kašiković  
[knemanja@uns.ac.rs](mailto:knemanja@uns.ac.rs)

**PROJEKTOVANJE GRAFIČKOG PROIZVODNOG SISTEMA PRIMENOM  
POJEDINAČNOG PRILAZA I SAVREMENIH SOFTVERSKIH ALATA****DESIGN OF A GRAPHICAL PRODUCTION SYSTEM BY MEANS OF PARTICULAR  
ANALYSIS AND MODERN SOFTWARE TOOLS**Nataša Šarac, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN**

**Kratak sadržaj** – *Proizvodni sistem štamparije kao veoma kompleksan sistem, zahteva detaljne analize stanja. Analiza stanja je izvršena kroz više različitih analiza prikazanih u radu. U okviru ovog rada predložena je modernizacija i izmena površinske strukture štamparije. Predložena modernizacija štamparije i izmena je realizovana 3D prikazom korišćenjem softvera Swift 3D.*

**Abstract** – *Production system of a printing office, as a very complex system, demands detail analyses of its status. Analyse of situation is done thru several different analyses showed in this essay. In this essay is suggested modernisation and change of its structure. Suggested modernisation of a printing office and changes of a size structure is realized by 3D presentation using software called Swift 3D.*

**Cljučne reči:** *Proizvodni sistem, proizvod predstavnik.*

**1. UVOD**

Cilj štamparije je da se postigne što bolji kvalitet, u što kraćem vremenskom roku, sa što nižom cenom. Analizom programa proizvodnje štamparije Stella utvrđeno je da imaju ponudu od jedanaest proizvoda koji po svojoj složenosti zahtevaju više tehnoloških operacija. Na osnovu analiza zaključeno je da knjiga, proizvod koji ima najveću tehnološku složenost, vrednost, i uopšte najviše utiče na poslovanje štamparije, predstavlja proizvod predstavnik.

Predložena modernizacija proizvodnog programa štamparije je izvedena iz različitih analiza programa proizvodnje kao što su ABC analiza, koja obuhvata količinsku, masenu i vrednosnu analizu, analiza karakteristika elemenata proizvoda, redukcija količina i mnogih drugih.

Razmeštaj elemenata sistema u realnom stanju štamparije prate određeni nedostaci. Raspored prostorija komplikuje transfer ulaznih informacija u gotov proizvod, zatim nedostaci klimatizacije i nepovoljni uslovi za rad, nedostatak mesta za odlaganje materijala, nedostatak skladišta itd.

**2. PROGRAM PROIZVODNJE**

Proizvodni program štamparije Stella je širokog opsega, pa se pri izboru proizvoda predstavnika vodilo računa da bude sa određenom količinom složenosti.

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio prof.dr. Ilija Čosić.**

Kao takav pokriva tehnologiju izrade skoro svih proizvoda koji se štampaju u ovoj štampariji. Proizvodi koji izlaze iz proizvodnog programa štamparije su raznovrsni i prikazani su u tabeli 1.

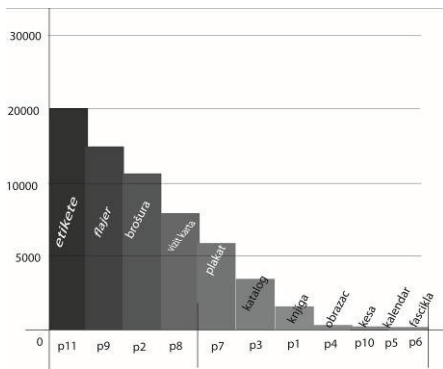
PROGRAM PROIZVODNJE					
r.br.	Oznaka	Naziv	korn/god	kg/god	din/god
01.	p1	KNJIGA	38 100	11430	457200
02.	p2	BROŠURA	150 000	15000	1050000
03.	p3	KATALOZI	70 000	7000	2100000
04.	p4	OBRAZAC	13 000	195	585000
05.	p5	KALENDAR	9 000	3600	1575000
06.	p6	FASCIKLA	6 500	455	325000
07.	p7	PLAKAT	105 000	5250	315000
08.	p8	VIZIT KARTA	110 000	330	220000
09.	p9	FLAJER	168 000	336	252000
10.	p10	KESA	10 000	2000	240000
11.	p11	ETIKETA	20 000	200	400000
Svega:			879 600	45796	21084000

Tabela 1. *Program proizvodnje***3. ANALIZA PROGRAMA PROIZVODNJE**

Struktura programa proizvodnje  $p_j$  ( $j=1,2,3,\dots,n$ ) može biti uža i šira. Prednost uže strukture se ogleda u mogućnosti stvaranja povišenog kvaliteta projektovanja, organizovanja i upravljanja procesa rada, sniženja troškova opreme i proizvodnje i povećanje ukupnih efekata sistema. Prednost šire strukture sastoji se u povećanom stepenu fleksibilnosti u razmeni sa okolinom i nižim troškovima postavljanja investicija. Količine u programu  $q_j$  ( $j=1,2,3,\dots,n$ ) su funkcija uslova okoline, kupovne moći potrošača, razmena sa svetom i dostignutog nivoa opšteg društvenog, naučnog i tehničkog razvoja. Zavisnost struktura programa-količina predstavlja osnovnu, opštu zavisnost za izbor i određivanje tipa proizvodnog sistema.

Ova zavisnost je određena uslovima okoline, stepenom društvene podele rada i organizovanošću privrednog sistema.

Na slici 1. biće predstavljeni redosledi proizvoda u programu proizvodnje prema količinama, od proizvoda sa najvećom do proizvoda sa najmanjom količinom.



Slika 1. Odnos struktura/količine za dati proizvodni program

#### 4. IZBOR PROIZVODA PREDSTAVNIKA I REDUKCIJA KOLIČINA

Na osnovu analiza koje se vrše nad programom proizvodnje, uzimajući uticaj svakog proizvoda ponaosob, može se primetiti da se, prema ABC analizi, knjiga kao najstrožiji proizvod nalazi u polju A u vrednosnoj, masenoj i količinskoj analizi.

Kako knjiga ima najveći broj faza prilikom izrade, odnosno ima najveću tehnološku složenost, vrednost i uopšte potencijalni uticaj na aktivnost i poslovanje celog preduzeća, može se smatrati proizvodom predstavnikom. Redukcija proizvodnog programa predstavlja svođenje delova programa proizvodnje uz pomoć redukcionih faktora na proizvode predstavnike.

Redukcija se kao postupak izvodi neposredno po odabiranju proizvoda predstavnika, i omogućava jednostavnije projektovanje sistema samo za proizvod predstavnik, tj. uz redukovani proizvodni program ne moraju se ponavljati isti proračuni i faze projektovanja za svaki proizvod ponaosob.

Redukcioni koeficijenti uzimaju u obzir odnose težina, sličnosti oblika, materijala, dimenzija i drugih osobina proizvoda. Broj redukcionih koeficijenata koji će se koristiti utiče na tačniju redukciju programa proizvodnje. Na slici 2. prikazan je algoritam toka procesa proizvodnje. Kod štampanih medija redukcija se vrši primenom koeficijenata koji uzimaju u obzir:

masa -  $r_m$ ,

broj boja -  $r_b$ ,

složenost izrade -  $r_s$ .

$Q_{red} = 321000 - \text{redukovana količina}$

#### 5. PROJEKTOVANJE POSTUPKA IZRADE PROIZVODA PREDSTAVNIKA

Tehnološki postupak za izradu knjiga sastoji se od petnaest do dvadeset i pet faza u izradi u zavisnosti od poručioca. Osnovni tehnološki postupci prilikom izrade knjige su sledeći:

T 01 - Prijem materijala

T 02 - Kreiranje radnog naloga

T 03 - Skeniranje

T 04 - Dizajn i prelom knjige

T 05 - Probni otisak

T 06 - Montaža stranica na tabak

T 07 - Izrada ofset ploča

T 08 - Bušenje štamparske forme

T 09 - Sečenje papira na tabake

T 10 - Štampa tabaka

T 11 - Štampa korica

T 12 - Sušenje proizvoda

T 13 - Ravnanje tabaka

T 14 - Savijanje tabaka

T 15 - Sakupljanje tabaka u blok

T 18 - Lepljenje knjižnog bloka

T 19 - Plastifikacija

T 21 - Sečenje tabaka na korice

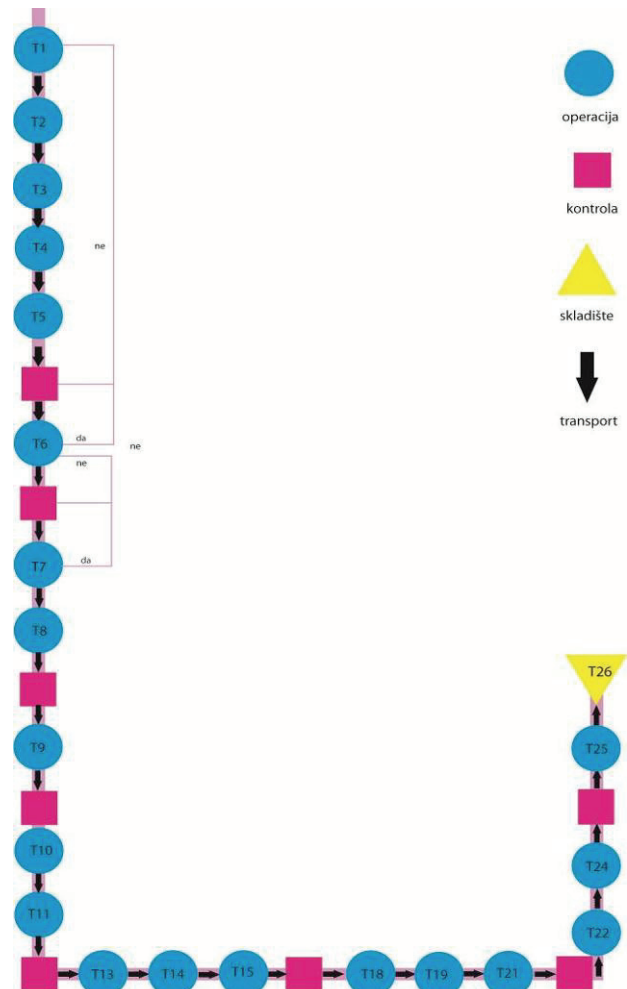
T 22 - Priprema materijala za presvlačenje

T 23 - Lepljenje korica i bloka

T 24 - Obrezivanje

T 25 - Presovanje

T 26 - Pakovanje



Slika 2. Algoritam toka procesa proizvodnje

#### 6. IZBOR TIPA TOKA U SISTEMU

Na osnovu ,

$$\sum T_{ii} > K_e$$

$T_{ii} < K_e$  na većini operacija

$$K_{ser} = \sum T_{ii} / K_e = 6,42 > 1$$

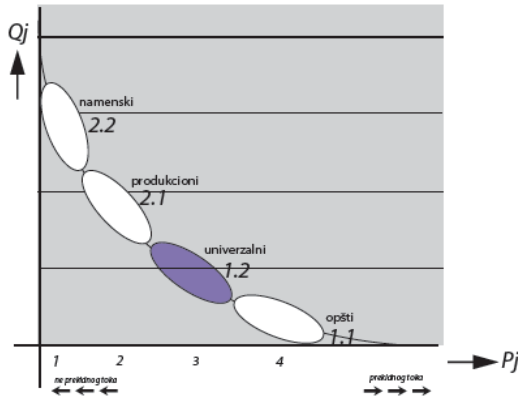
možemo utvrditi da sistem pripada varijanti 1.2 sa pojedinačnim tokovima procesnog tipa.

Varijanta 1.2 je određena za slučaj kada je ukupna količina rada potrebna za izradu datih predmeta rada, veća od efektivnog kapaciteta jednog radnog mesta, odnosno da su analizom odnosa opterećenje/kapacitet utvrđeni odnosi:

$$T_i \max < K_e$$

$$(q_j \times t_i \max) (q_j \times t_{ii}) < K_e.$$

Na slici 3. prikazana je ocena posmatranog programa proizvodnje i varijanta toka kojoj sistem pripada.



Slika 3. Ocena posmatranog programa proizvodnje

### 7. PROJEKTOVANJE STRUKTURA SISTEMA

Normativi proizvodnih sistema se određuju u postupku razrade postupaka rada tehnoloških postupaka, kao i utrošci određenih resursa i predstavljaju osnovne elemente kalkulacije troškova proizvodnje datog predmeta rada. Za potrebe proračuna elemenata sistema se u slučaju primene datog postupka, koriste umesto normativa podaci iz tehnološkog postupka za proizvod predstavnik. U tabeli 2. prikazan je normativ vremena za dati sistem, tabela 3. sadrži kartu opterećenja preseka sistema i tabela 4. proračun broja jedinica tehnološkog sistema. U zavisnosti od vrste resursa koji se troši u procesu rada, razlikuju se normativi vremena, materijala, energije, alata i površina.

KARTA OPTEREĆENJA PRESEKA SISTEMA		Proizvodni sistem: Štampanija Broigraf	FAKULTET TEHNIŠKIH NAUKA DEPARTMAN ZA INDUSTRIJSKO INŽENJERSTVO I MENADŽMENT 28000 Novi Sad, Trg Dostoje Omladinceva 6
Radno mesto		Opterećenje $T_i$	
oznaka	naziv	[min/god]	
R1	Računar	-	-
K1	Kancelarijski sto	92 000	-
S1	Skener	1 550	-
R2	Računar	60 000	-
M1	Mašina za ofset štampu	810	-
R3	Računar	35 000	-
M2	Mašina za izradu ofset ploča	35 000	-
M3	Mašina za bušenje forme	22 000	-
N1	Nož	4 048	-
M1	Mašina za ofset štampu	38 640	-
M1	Mašina za ofset štampu	2 208	-
M4	Mašina za ravnanje tabaka	15 456	-
M5	Mašina za savijanje tabaka	43 792	-
M6	Mašina za sakupljanje tabaka	108 192	-
M7	Mašina za lepljenje	116 640	-
M8	Mašina za plastifikaciju	275 999	-
N1	Nož	1 349	-
T1	Sto za tvrdi povez	159 466	-
M7	Mašina za lepljenje	61 236	-
N1	Nož	3 208	-
M9	Presna	29 160	-
D1	Sto za doradu	29 160	-

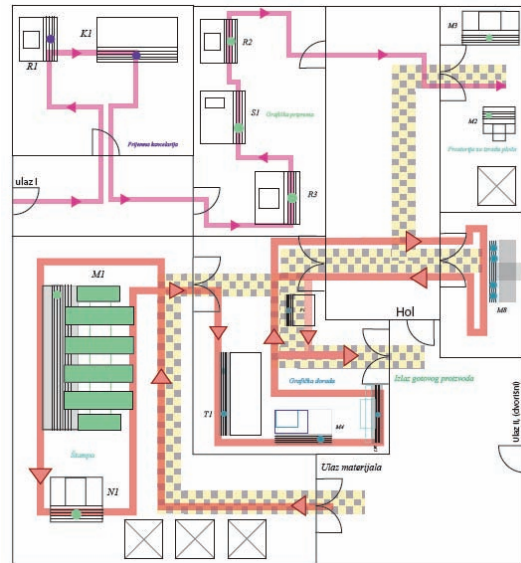
Tabela 2. Karta opterećenja preseka sistema

PRORAČUN BROJA JEDINICA TEHNOLOŠKIH SISTEMA		Proizvodni sistem: Štampanija Broigraf	FAKULTET TEHNIŠKIH NAUKA DEPARTMAN ZA INDUSTRIJSKO INŽENJERSTVO I MENADŽMENT 28000 Novi Sad, Trg Dostoje Omladinceva 6		
Radno mesto		$T_i$	Broj jedinica		
oznaka	naziv	[min/god]	$M_i^p$	$M_i^s$	$\eta_{is}$
R1	Računar	-	-	1	0,53
K1	Kancelarijski sto	92 000	171 288	0,53	1
S1	Skener	1 550	171 288	0,041	1
R2	Računar	60 000	171 288	1,61	1
M1	Mašina za ofset štampu	810	171 288	0,021	1
R3	Računar	35 000	171 288	0,94	1
M2	Mašina za izradu ofset ploča	35 000	171 288	0,94	1
M3	Mašina za bušenje forme	22 000	171 288	0,6	1
N1	Nož	4 048	171 288	0,014	1
M1	Mašina za ofset štampu	38 640	171 288	0,002	1
M1	Mašina za ofset štampu	2 208	171 288	0,002	1
M4	Mašina za ravnanje tabaka	15 456	171 288	0,008	1
M5	Mašina za savijanje tabaka	43 792	171 288	0,002	1
M6	Mašina za sakupljanje tabaka	108 192	171 288	0,005	1
M7	Mašina za lepljenje	116 640	171 288	0,3	1
M8	Mašina za plastifikaciju	275 999	171 288	0,014	1
N1	Nož	1 349	171 288	0,17	1
T1	Sto za tvrdi povez	159 466	171 288	0,002	1
M7	Mašina za lepljenje	61 236	171 288	0,002	2
N1	Nož	3 208	171 288	0,001	2
M9	Presna	29 160	171 288	0,01	1
D1	Sto za doradu	29 160	171 288	0,01	1

Tabela 3. Proračun broja jedinica tehnoloških sistema

### 8. OBLIKOVANJE PROSTORNE STRUKTURE

Oblikovanje prostornih struktura je postupak razmeštanja elemenata sistema u prostoru radne jedinice. Na slici 4. Prikazana je prostorna struktura sistema – stanje.

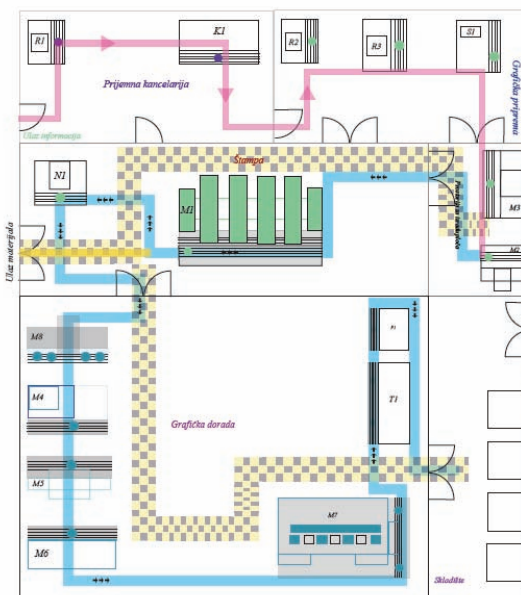


Slika 4. Prostorna struktura sistema – stanje

Tok materijala je komplikovan, i povećava vreme izrade proizvoda, što direktno utiče na broj radnih sati, a to dalje prouzrokuje ekonomski manju isplativost. Raspored prostorija nije zadovoljavajući, i onemogućuje pravilno kretanje proizvoda kroz proizvodnju, tj. sve faze kroz koje proizvod prolazi prepliću se na način koji umanjuje efikasnost sistema.

#### 8.1 Modernizacija proizvodnog sistema

Analizom prostorne strukture sistema – stanje, predložena je promena prostorne strukture štamparije kao i gore već pomenute inovacije kada je u pitanju tehnološka oprema štamparije. Radilo bi se na poboljšanju oblika i rasporeda prostorija za štampu, završnu grafičku doradu, određene prostorije za skladištenje, kao bitan deo sistema koji ne sme biti izostavljen, zasebne prostorije za izradu ploča, i mogućnost izlaganja gotovog proizvoda bez zastoja.



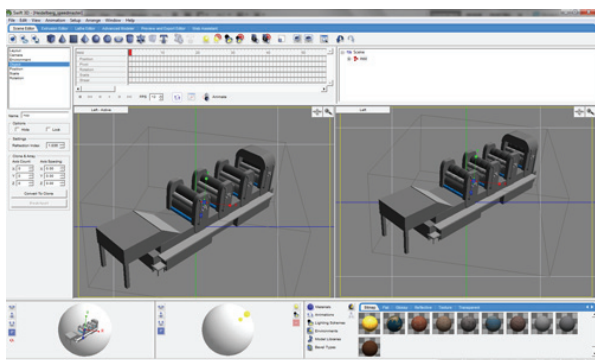
Slika 5. Prostorna struktura sistema – predlog

## 8.2 Upotreba softvera Swift 3D pri projektovanju prostorne strukture

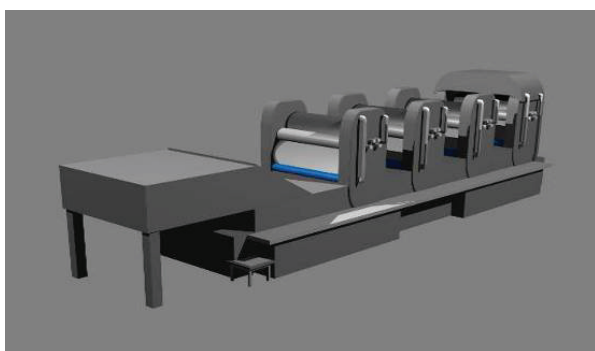
Da bih realizovali 3D prikaz predložene strukture sistema korišćen je program 3D Swift. 3D Swift je softver koji je razvio Electric Rain, a on omogućava korisniku da kreira ili uvozi 3D modele, animacije ili manipuliše sa njima, ili ih izvozi za korišćenje u Adobe Flash dokumentima.

Rad je zahtevao modelovanje svake mašine zasebno, zatim spajanje u jednu celinu i dodeljivanje konačnog izgleda prostorne strukture.

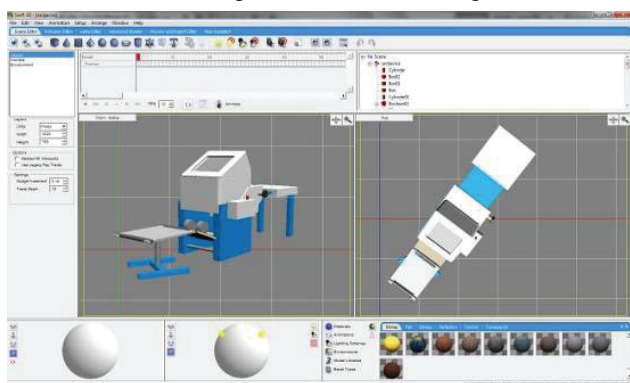
U daljem radu će biti prikazane slike 6,7 i 8. koje prate tok stvaranja 3D prikaza nekih od mašina.



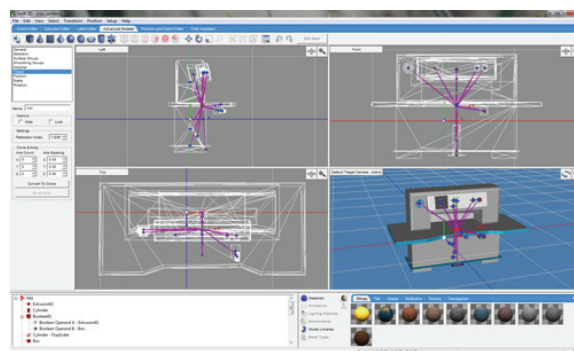
Slika 6. 3D prikaz mašine za štampu I



Slika 7. 3D prikaz mašine za štampu II



Slika 8. 3D prikaz mašine za savijanje



Slika 9. 3D prikaz mašine za rezanje

## 9. ZAKLJUČAK

Oprema u sistemu nije velike vrednosti, u poređenju sa novijim trendovima grafičke industrije, ali je usklađena sa potrebama domaćeg tržišta. Uzimajući u obzir da štamparija Stella postoji samo par godina, realizacija predložene modernizacije zasnivaće se na višegodišnjem planu za budućnost u cilju postizanja maksimalnog iskorišćenja prostora, tehnološke opreme i dr. Ulagajući u strukturu i poboljšanje postojećeg sistema, organizaciona struktura preduzeća vidi pozitivan razvoj na tržištu u smislu nudića usluga, kao i mogućnost većeg broja pozitivnih odgovora na razne zahteve. Navedena modernizacija iziskuje dosta vremena, povećanje finansijskog faktora i mnoštvo promena ka kojima će se težiti u narednim godinama.

## 10. LITERATURA

- [1] Dragutin Zelenović, Ilija Ćosić, Rado Maksimović, "PROJEKTOVANJE PROIZVODNIH SISTEMA- tokovi materijala", Fakultet tehničkih nauka Novi Sad, 2003.
- [2] Ilija Ćosić, Aleksandar Rikalović, "PROJEKTOVANJE PROIZVODNIH SISTEMA", priručnik za vežbe, Fakultet tehničkih nauka Novi Sad, 2008.
- [3] Dragoljub Novaković, "GRAFIČKI PROCESI", Fakultet tehničkih nauka Novi Sad, 2005.
- [4] Dragoljub Novaković, "ZAVRŠNA GRAFIČKA OBRADA", Fakultet tehničkih nauka Novi Sad, 2006

### Kratka biografija:



**Nataša Šarac** je rođena u Apatinu, 1985. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka, iz oblasti Grafičkog inženjerstva i dizajna odbranila je 2011.



**Dr Ilija Ćosić** rođen je u Irigu 1948. god. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 1983. god., a od 1993. je zvanju redovni profesor.

**REVITALIZACIJA PROIZVODNOG SISTEMA GRAFIČKOG CENTRA GRID****REVITALISATION OF GRID PRODUCTION SYSTEM**Vladimir Delić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN**

**Kratak sadržaj** – Rad sadrži detaljan opis delatnosti GRID laboratorije za proizvodnju štampanog materijala predmetnog tipa i neprekidnog toka, karakteristike i analize programa proizvodnje, pojedinačnih proizvoda i procesa u proizvodnji, pregled učesnika rada, i predlog revitalizacije mehanizacije i prostorne strukture.

**Ključne reči:** program proizvodnje, analiza proizvoda, proizvod predstavnik, tehnološki postupak, redukcija programa proizvodnje, tip i varijanta toka, prostorni razmeštaj, revitalizacija.

**Abstract** - The paper contains a detailed description of laboratory activities GRID production of printed material and the subject of continuous flow type, features and analysis of production of individual products and processes in the production, review the work of participants, and the proposed revitalization of machinery and space structures

**Keywords:** program production, product analysis, product representative, technological process, reduction of production, type and variation of flow, spatial distribution, revitalization.

**1. UVOD**

U proizvodnom sistemu GRID laboratorije nakon izvršenih analiza i kalkulacija uočeni su nedostaci u tokovima materijala i u toku procesa proizvodnje. Takvi nedostaci ne utiču direktno na kvalitet proizvoda, već na rokove proizvodnje, koji se mogu odraziti i na kvalitet proizvoda ali i dovesti do značajnijih finansijskih gubitaka.

Cilj rada jeste da kroz predložene mere revitalizacije otkloni nedostatke vezane za tokove materijala i brzinu proizvodnog sistema. Efikasnijim transportom i pravilnim rukovanjem materijalima uštedelo bi se vreme potrebno za izradu proizvoda i smanjili bi se troškovi proizvodnje, dok bi se zamenom dotrajale mehanizacije povećala brzina proizvodnje, samim tim i kapacitet.

**2. GRAFIČKI CENTAR GRID DRUŠTVO ZA PROIZVODNJU ŠTAMPANIH MATERIJALA**

Štamparija GRID počela je sa radom početkom 2000. godine, u sklopu departmana za Grafičko inženjerstvo i dizajn. Štamparija raspolaže najsavremenijom opremom iz oblasti reprodukcije štampanih proizvoda.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad je proistekao iz diplomskog - master rada čiji mentor je bio dr Ilija Čosić red.prof.

Osim za štampu široke palete proizvoda, namenjena je za promociju i obuku potencijalnih kupaca i korisnika. Grafički centar se razvio zahvaljujući saradnji i podršci firme KBA, čija oprema je instalirana unutar prostorija štamparije. Zahvaljujući ovoj činjenici, štamparija predstavlja značajnu kariku u povezivanju domaćih i internacionalnih kompanija u grafičkoj industriji. Orijentisana na saradnju sa privredom, obrazovanje i istraživanje u oblasti štampe, u cilju povećanja i najboljeg iskorišćenja svojih kapaciteta.

Štamparija GRID-a nudi privrednu saradnju firmama kroz:

- Konsultanske usluge,
- Usluge rešavanja konkretnih tehničkih i tehnoloških problema,
- Izrade studija i razvojnih planova,
- Preporuka nabavke savremene opreme za proces proizvodnje,
- Razvoj, obuka i izrada savremenih softvera,
- Naučno- istraživačke projekte,
- Obrazovne aktivnosti, obuka kadrova, specijalizacije, profesionalni kursevi,
- Izrada grafičkih proizvoda,
- Dizajn proizvoda,
- Vizuelni identitet firmi,
- Izrada WEB sajtova.

Mašine u programu proizvodnje su sledeće :

1. Mašina za štampanje: KBA RAPIDA 75
2. Mašina za savijanje: HORIZON AFC 544 AKT
3. Mašina za lepljenje: HORIZON BQ-270
4. Mašina za sakupljanje: HORIZON VAC-100
5. Mašina za rezanje: PERFECTA 76

**3. PROGRAM PROIZVODNJE**

Program proizvodnje predstavlja skup proizvoda u proizvodnom sistemu. Izbor proizvoda za program proizvodnje predstavlja kompromis između potražnje, potencijala radnih sistema i odnosa troškova i dobiti. Program proizvodnje je određen veličinama osnovnih parametara – strukturom i količinama.

Količine u programu proizvodnje određuju se na osnovu uslova okoline (kupovne moći potrošača, potražnje, ...). Veće količine od realnih potreba dovode do pojave zaliha i snižavanja efekata sistema, dok manje količine daju osnovu za pojavu konkurencije, što znači da je potrebno optimizirati date odnose.

Tabela 1. Program proizvodnje

Oznaka	Ime proizvoda	Količina godišnje
P001	Knjige-meki povez	22000
P002	Brošure	110000
P003	Plakati	220000
P004	Vizit karte	250000
P005	Flajeri	220000
P006	Ispitne sveske	110000
P007	Magazin	55000
P008	Kalendari	22000
P009	Blokovi	110000
P010	Memorandumi	110000
P011	Diplome	10000

#### 4. REDUKCIJA KOLIČINA I PROJEKTOVANJE POSTUPKA IZRADE PROIZVODA PREDSTAVNIKA

Redukcijom količina prenosimo određene karakteristike ostalih proizvoda na proizvod predstavnik preko količina.

Tabela 2. Program proizvodnje nakon redukcije

Oznaka	Ime proizvoda	Količina godišnje
P001	Knjige-meki povez	151360
P002	Brošure	110000
P003	Plakati	110000
P004	Vizit karte	4650
P005	Flajeri	6160
P006	Ispitne sveske	82500
P007	Magazin	275000
P008	Kalendari	143000
P009	Blokovi	343750
P010	Memorandumi	13750
P011	Diplome	10000

Nakon izračunate redukovane veličine, čitav proces se odvija kao da se proizvodi samo proizvod predstavnik, ali ne sa stvarnom, već sa redukovanom količinom.

Kod štampanih medija redukcija se vrši primenom koeficijentata koji uzimaju u obzir:

- masa -  $r_m$ ,
- složenost izrade -  $r_s$ ,
- broj boja -  $r_b$ .

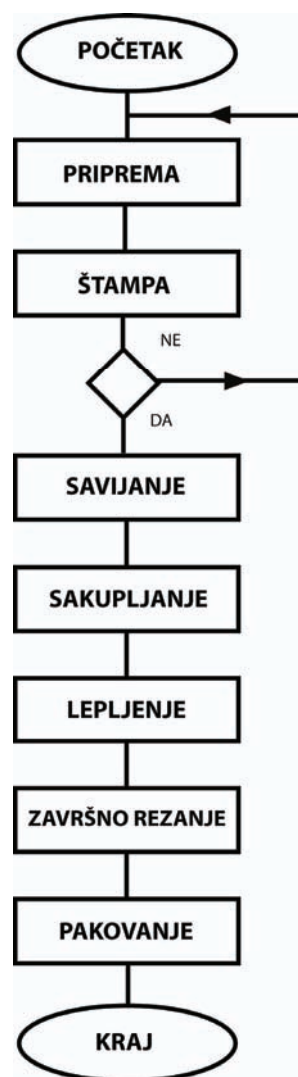
Osnov za projektovanje proizvodnog sistema jeste proizvod predstavnik, zbog svih njegovih kvaliteta i načina njegove izrade. Takav sistem treba da omogući fleksibilnost u cilju proizvodnje ostalih proizvoda iz programa proizvodnje.

Osnovni tehnološki postupci (slika 1) prilikom izrade Knjige su sledeći:

1. Priprema štampe
2. Štampanje
3. Savijanje
4. Sakupljanje
5. Lepljenje

6. Završno sečenje

7. Pakovanje



Slika 1. Algoritam toka procesa proizvodnje za proizvod predstavnik

#### 5. VREME TRAJANJA CIKLUSA PROIZVODNJE

Vreme potrebno za izradu proizvoda određeno je izborom varijante toka i postupka rada i načinom kretanja predmeta rada. Na osnovu dobijenih vremena po operaciji, zastoja između istih i tehničkih mogućnosti, sistema pravi se plan proizvodnje, uzimajući u obzir razne zahteve i ograničenja. U cilju efikasnijeg poslovanja, tj. uštede kako vremena tako i resursa, planira se tako da mašina, jednom pokrenuta, ne staje sa radom dok kroz nju ne prođe materijal za celu seriju.

Za određivanje trajanja ciklusa proizvodnje potrebno je znati vremena izrade predmeta rada po operaciji, broj komada u seriji, broj potrebnih mašina i međuoperaciono vreme.

#### 6. REVITALIZACIJA

Revitalizacija se sprovodi kod postojećih postrojenja, obično dugog veka trajanja, zbog promena koje su se desile za to vreme, ne samo na postrojenju zbog teških eksploatacionih uslova i dotrajalosti delova i materijala, već i usled pojave modernijih tehničkih rešenja.

Proces revitalizacije energetskih ili procesnih postrojenja ili opreme zahteva čitav niz aktivnosti. Prvi korak je utvrđivanje stanja u kome se postrojenje nalazi, zatim sledi analiza stanja i izrada varijanti mogućih tehničkih rešenja.

Bira se najpovoljnije rešenje sa tehničkog i ekonomskog aspekta, izrađuje se tehnička dokumentacija plana i programa izvođenja radova, obezbeđuju se radovi na postrojenju, servisiranju uređaja i pogon se pušta u rad.

Postrojenje nakon revitalizacije može, bez promena, raditi i više godina. Pravi razlog revitalizacije jeste smanjenje gubitaka u vremenu i novcu. GRID laboratorija poseduje relativno nove tehnološke sisteme, tako da eventualna zamena tehnoloških sistema nije potrebna.

Svaka promena stanja unutar proizvodnog sistema mora biti i u finansijskom smislu opravdana. Naime, svaka promena ima svoju cenu koštanja, efekat te promene mora dovesti do toga da cena koštanja bude manja od krajnje dobiti za proizvodni sistem, u suprotnom promena ne bi imala smisla.

## 6.1. ANALIZA STANJA SISTEMA

U proizvodnom sistemu GRID laboratorije koji ima osnovni cilj edukacije svojih studenata sa departmana Grafičkog inženjerstva i dizajna, takođe služi i za potrebe Fakulteta tehničkih nauka u vidu štampanja knjiga, ispitnih svesaka i ostalih propratnih materijala. Sama organizacija GRID laboratorije je na zavidnom nivou, ali jedan od najvećih problema pomenute laboratorije je nedostatak prostora, tok materijala, raspored tehnoloških sistema i kompletan ventilacioni sistem.

Prostorni razmeštaj tehnoloških sistema nije odgovarajući karakteru proizvodnje. Prostora za odlaganje materijala nema dovoljno.

Prostor za skladištenje štamparske boje, vezivnih sredstava i materijala koji se mogu ponovo iskoristiti, štamparske forme i drugi alati, nije adekvatno obezbeđeno posebnom prostorijom.

Jedan od najvećih problema predstavljaju nedostatak posebnih prostorija za skladištenje papira i kartona, koji u zavisnosti od stepena zahtevaju posebnu pažnju. Pri velikim temperaturama, papiri i kartoni gube svojstva i postaju kruti, dok pri niskim temperaturama i u uslovima povećane vlažnosti vazduha mogu izgubiti svojstvo čvrstoće i nabubriti.

Međuskladišta, gde se ti materijali nalaze u fazi proizvodnje nisu izolovana od same proizvodnje, te su samim tim materijali izloženi česticama i atmosferskim prilikama koje su posledica proizvodnje, što nije idelano za materijale koji se pripremaju za štampu i materijale koji se suše posle štampe.

Za gotove proizvode problem međuskladištenja ne postoji iz razloga jer su oni zapakovani u transportne kutije i zaštićeni od spoljašnjih uticaja.

Radnici su visoko kvalifikovani i dobro obučeni u zavisnosti od radnog mesta na koje su postavljeni. GRID laboratorija broji 2 zaposlena i jednog probnog radnika, a tokom cele godine veliki broj studenata odraduje stručnu praksu i samim tim pomažu u kompletnom proizvodnom sistemu GRID laboratorije.

Na sledećoj slici 2. prikazan je jedan od najvećih problema GRID laboratorije, nedostatak prostora.

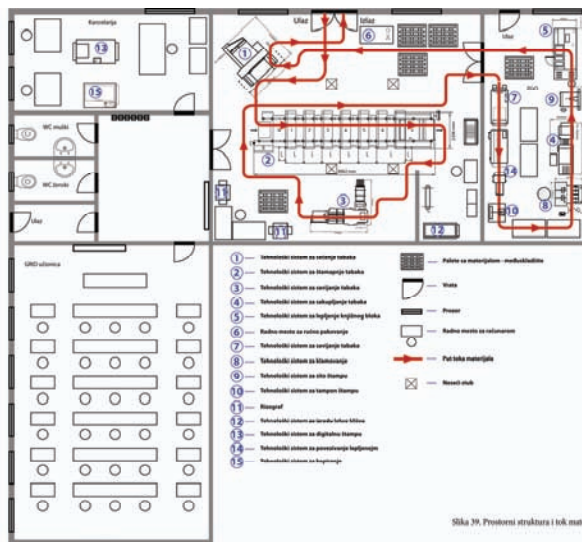


Slika 2. Nedostatak prostora - stanje

Postojeća prostorna struktura GRID laboratorije je na veoma niskom nivou, zbog ograničenosti prostora i time je uslovljena da se veliki broj tehnoloških sistema nalazi u jednoj prostoriji i time onemogućiti kvalitetan i funkcionalan rad same GRID laboratorije.

## 6.2. PROSTORNI RAZMEŠTAJ

Iako postojeći razmeštaj Slika 3. odgovara zahtevima i karakteru proizvodnje, nameće se pitanje nepostojanja adekvatnog prostora za skladištenje papira i kartona u pripremi i za vreme sušenja. Predlaže se izvršenje korekcija unutar laboratorije, dodavanjem prostorija i njihovoj klimatizaciji. Tehnološke sisteme bi trebalo grupisati u dve celine, a to su tehnološki sistemi koje prate glavni tok materijala i tehnološki sistemi koji se koriste za dodatnu obradu i doradu materijala. Na taj način se otvara prostor za magacin papira i kartona na mestu koje je naprihvativnije za proizvodnju.

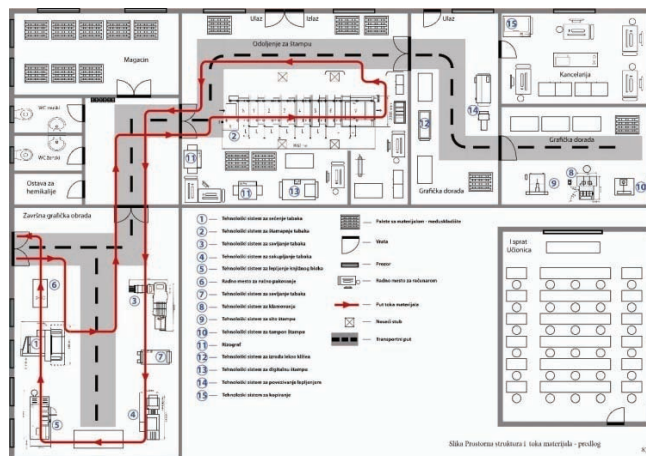


Slika 3. Prostorna struktura i tok materijala –stanje

Jedna od glavnih predložnih mera je izgradnja novog objekta u produžetku GRID laboratorije. Uslovi za izgradnju novog dvospratnog objekta su, odobrenje od Fakulteta tehničkih nauka, dozvola za izgradnju od Zavoda za izgradnju grada, izrada kompletnog projekta budućeg objekta i finansijska sredstva za realizaciju samog projekta. Od Fakulteta tehničkih nauka potrebno je

odobrenje za dva parking mesta koja bi se iskoristila za transportni ulaz čime bi olakšali utovar materijala i istovar gotovih proizvoda.

Objekat koji je predložen za izgradnju Slika 4. u produžetku GRID laboratorije posluži će da se na tom mestu napravi dodatna prostorija za doradu i kancelarija za pripremu štampe i kancelarijske poslove. A na gornjem spratu će se preseliti već postojeća učionica GRID-a, koja će biti upotrebljena kao nova prostorija za završnu grafičku obradu. Ovom revitalizacijom se dobija efikasnost utovara i istovara materijala, kao i postavljanje boljeg toka materijala u samom procesu proizvodnje.



Slika 4. Prostorna struktura i tok materijala - predlog

## 7. ZAKLJUČAK

Na osnovu projektovanja proizvodnog sistema GRID laboratorije, dolazi se do zaključka da su tehnološki sistemi odgovarajući za postizanje optimalnog rezultata, jer su postojeći sistemi relativno novi i nije ih potrebno menjati.

Broj potrebnih tehnoloških sistema za napomenuti program proizvodnje je dovoljan, jedina ulaganja u ovoj revitalizaciji predstavljala bi izgradnja pomoćnog objekta u produžetku GRID laboratorije. Za pomoć pri realizaciji ovog projekta u vidu finansijskih sredstava može se obratiti, fondu za razvoj AP Vojvodine, Ministarstvu prosvete i Fakultetu tehničkih nauka, jer zapravo cilj ovog projekta je efikasnija i bolja edukacija studenata i budućih inženjera.

## 8. LITERATURA

- [1] Dragutin Zelenović „Projektovanje proizvodnih sistema“, Fakultet tehničkih nauka Novi Sad, 2003.
- [2] Dragutin Zelenović, Ilija Ćosić, Rado Maksimović, Aleksandar Maksimović „Priručnik za projektovanje proizvodnih sistema – pojedinačni prilaz“, Fakultet tehničkih nauka Novi Sad, 2003.
- [3] Ilija Ćosić „Prilog razvoju sistema povišenog stepena fleksibilnosti“, doktorska disertacija – Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, 1982.
- [4] Novaković Dragoljub „Grafički procesi“, skripta, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2003.
- [5] Novaković Dragoljub „Grafički sistemi“, skripta, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2003,
- [6] Aleksandar Rikalović ”Projektovanje proizvodnih sistema za medijsku proizvodnju”, master rad, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2006.

### Kratka biografija:



**Vladimir Delić**, Osnovnu školu završio je 2001. godine u Novom Sadu. Tehničku školu ”Jovan Vukanović”, smer reprodukciona tehnika u Novom Sadu završio je 2005. Godine sa vrlo dobrim uspehom. 2005. godine upisao je Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, odsek Grafičko inženjerstvo i dizajn. Godine 2010. diplomirao je na osnovnim studijama Fakulteta tehničkih nauka i stekao zvanje inženjer grafičkog inženjerstva i dizajna – Bachelor.

Kontakt : vladimir.vlada.delic@gmail.com



**Prof. dr Ilija Ćosić** je redovan profesor na Fakultetu tehničkih nauka. Doktorsku disertaciju odbranio je na temu “Prilog razvoju proizvodnih struktura povišenog stepena fleksibilnosti” 1983. na istom fakultetu. Uključen je u obrazovni rad i naučno istraživanje.