



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА



ЗБОРНИК РАДОВА ФАКУЛТЕТА ТЕХНИЧКИХ НАУКА

Едиција: Техничке науке - зборници

Година: XXVII

Број: 16/2012

Нови Сад

Едиција: „Техничке науке – Зборници“
Година: XXVII Свеска: 16

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

Уређивачки одбор:

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

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

Редакција:

Др Владимир Катић, уредник
Др Жељен Трповски, технички уредник
Др Зора Коњовић

Др Драголјуб Новаковић
Мр Мирослав Зарић
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 Радош Радивојевић

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

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

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

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

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

У овом броју штампани су радови студената мастер студија, сада већ мастера, који су радове бранили у периоду од 22.10.2012. до 30.11.2012. год., а који се промовишу 19.12.2012. год. То су оригинални прилози студената са главним резултатима њихових мастер радова. Део радова већ раније је објављен на некој од домаћих научних конференција или у неком од часописа.

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

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

У овој свесци, са редним бројем 16, објављени су радови из области:

- машинства,
- електротехнике и рачунарства,
- грађевинарства,
- саобраћаја,
- графичког инжењерства и дизајна,

У свесци са редним бројем 17. објављени су радови из области:

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

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

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

„Високо место у друштву најбољих“

Уредништво

SADRŽAJ

	Strana
Radovi iz oblasti: Mašinstvo	
1. Miljana Ljubojević, GREJANJE, VENTILACIJA I KLIMATIZACIJA POSLOVNOG PROSTORA	3325
2. Stefan Husta, POREĐENJE OKRUŽENJA ZA NUMERIČKO RAČUNANJE, MODELOVANJE I SIMULACIJU: MATLAB, SCILAB I OCTAVE	3329
3. Slobodan Knežević, Jovan Petrović, TEHNOLOGIJA PRETVARANJA SOLARNE ENERGIJE U ELEKTRIČNU – FOTONAPONSKE ĆELIJE	3333
4. Ksenija Jocić, UTICAJ TEMPERATURE NA PRIVIDNU VISKOZNOST KAŠE JAGODE	3337
5. Miodrag Antić, Velimir Todić, ISTRAŽIVANJE MOGUĆNOSTI RAZVOJA NOVOG REŠENJA TEHNOLOŠKOG PROCESA IZRADE KUĆIŠTA VENTILA	3341
6. Đorđije Doder, VRELOVODNI KOTAO SA CIKLONSKIM PREDLOŽIŠTEM 18 MW ZA GRIJANJE GRADA SREMSKA MITROVICA	3345
7. Zdravko Mijatović, Sebastian Baloš, ZAVARIVANJE TRENJEM SA MEŠANJEM LEGURE ALUMINIJUMA I MAGNEZIJUMA SA TROUGLASTIM OBLIKOM TRNA	3349
8. Dalibor Mihajlov, Sebastian Baloš, ZAVARIVANJE TRENJEM SA MEŠANJEM LEGURE ALUMINIJUMA AL 5052 ALATOM SA ZAVOJNICOM	3353
Radovi iz oblasti: Elektrotehnika i računarstvo	
1. Stevan Zeljković, Vladimir Katić, UTICAJ PRIKLJUČENJA MALIH SOLARNIH ELEKTRANA NA DISTRIBUTIVNU MREŽU	3357
2. Dragan Pajić, Željko Trpovski, ANALIZA ŠIROKOPOJASNIH TELEKOMUNIKACIJA U BIH-RS	3361
3. Драган Торбица, ТЕХНИКЕ РЕПЛИКАЦИЈЕ ПОДАТАКА ЗАСНОВАНЕ НА ПРИСТУПИМА УПРАВЉАЊА ТОКОВИМА ПОДАТАКА	3365
4. Milan Katić, Vladimir Strezoski, EKVIVALENTIRANJE DELA PRENOSNE ELEKTROENERGETSKE MREŽE WARD-OVIM EKVIVALENTOM	3369
5. Kamenko Buha, Miroslav Nimrihter, METODOLOGIJA ZA UPRAVLJANJE IMOVINOM BAZIRANO NA RIZIKU	3373
6. Nikola Radosavljević, MODELI ZA IZRAČUNAVANJE KAPACITIVNOSTI ČEŠLJASTOG KONDENZATORA	3377
7. Svetlana Vojvodić, Miroslav Nimrihter, ANALIZA UTICAJA POJEDINIH MEHANIČKIH KARAKTERISTIKA UŽETA NA MONTAŽNE KARAKTERISTIKE VODOVA	3381
8. Sonja Spasojević, GARANCIJA QoS KOD MREŽNOG KODOVANJA U MULTIKAST MREŽAMA	3385

	Strana
9. Mladen Stanojević, Vladimir Marinković, Miroslav Popović, Vukota Peković, Ivan Kaštelan, INTEGRISANO OKRUŽENJE ZA RAZVOJ TEST SLUČAJEVA ZASNOVANIH NA AKTIVNOSTIMA; konferencija TELFOR, Beograd, novembar 2012.	3389
10. Vladimir Mičić, Željko Trpovski, MUZIČKE STEPENICE	3393
11. Miloš Žagar, SOFTVER ZA GRAFIČKI PRIKAZ I ANALIZU KRETANJA VOZILA PUTEM GPS UREĐAJA	3397
12. Miloš Pejović, Vladimir Milošević, RFID RADIO FREKVENCIJSKO OZNAČAVANJE	3401
13. Milan Živković, WiMAX SISTEMI I SIMULACIJA WiMAX SISTEMA	3405
14. Srđan Tubin, GENERATOR MODELA ELEKTROENERGETSKE MREŽE	3409
15. Vanja Škiljević, KONSTRUKCIJA PROTOGRAF LDPC KODOVA POMOĆU TEHNIKE CIKLIČNIH PROŠIRENJA	3413
16. Slađana Jošilo, KONSTRUKCIJA LDPC KODOVA POMOĆU ACE SPEKTRA	3417
17. Душан Драгићевић, ПРОЈЕКТОВАЊЕ ЛОГИЧКИХ ФУНКЦИЈА У ПРОЛАЗНОЈ ТРАНЗИСТОРСКОЈ ЛОГИЦИ У СТАНДАРДНОЈ 0.35 mm CMOS ТЕХНОЛОГИЈИ	3421
18. Darko Kujović, Olivera Šveljo, AUTOMATSKA EKSPOZICIJA KOD MULTISLajsNE KOMPJUTERIZOVANE TOMOGRAFIJE ..	3425
19. Đorđe Obradović, Zora Konjović, Endre Pap, Marko Jocić, LINEAR FUZZY SPACE POLYGON BASED IMAGE SEGMENTATION AND FEATURE EXTRACTION; konferencija SISY, Subotica, septembar 2012.	3429
20. Jelena Vuković, DISTRIBUIRANI EVOLUTIVNI PSO ALGORITAM ZA PODELU GRAFOVA	3435
21. Nenad Andrejić, PRIMENA BUBBLE-FOS/C ALGORITMA ZA DINAMIČKU PRERASPODELU GRAFOVA KOJI OPISUJU EE MREŽE	3439
22. Srđan Kovačević, PRILAGODLJIV ALGORITAM ZA OTKRIVANJE GREŠAKA UZ OSLOMAC NA PROCENU VREDNOSTI PARAMETARA PROCESA	3443
23. Dušan Bratić, OPTIMIZACIJA PARAMETARA FRAKCIJONOG PID REGULATORA UPOTREBOM GENETSKOG ALGORITMA	3447
24. Dušan Šušić, Rastislav Struharik, DIZAJN I VERIFIKACIJA IP JEZGARA ZA RAČUNANJE 2D DCT I IDCT TRANSFORMACIJA	3451
25. Nedeljko Damjanović, Milan Vidaković, IMPLEMENTACIJA DDA U EMV SMART KARTICAMA	3455
26. Gajo Petrović, UTICAJ SEMANTIKE IDENTITETSKIH SINONIMA NA RANGIRANJE STRANICA U FOAF SOCIJALNIM MREŽAMA	3459
27. Aleksandar Mudrić, REALIZACIJA PROTOKOLA NA IP BAZIRANIM KONTROLERIMA ZA UPRAVLJANJE FANCOIL JEDINICAMA	3463
28. Duško Gvozdenović, TEHNIČKO-EKONOMSKI ASPEKTI INTEGRACIJE DISTRIBUIRANIH IZVORA U DISTRIBUTIVNU MREŽU	3467
29. Vladimir Savić, OPTIMIZACIJA LOAD GRAPH APLIKACIJE	3471

	Strana
30. Goran Čeko, SERVISNA PODRŠKA TEHNOLOGIJI I ORGANIZACIJI NASTAVNOG PROCESA	3475
31. Nemanja Jovičić, Nikola Smiljković, Tomislav Maruna, Nikola Teslić, Goran Pavlović, Nikola Vrclj, IMPLEMENTACIJA I OPTIMIZACIJA GRAFIČKE KORISNIČKE SPREGE DIGITALNOG TV PRIJEMNIKA; konferencija ETRAN, Zlatibor, juni 2012.	3479
Radovi iz oblasti: Građevinarstvo	
1. Tamara Dražić, ODVOĐENJE OTPADNIH VODA ROMSKOG NASELJA U APATINU	3483
2. Marina Pešić, IZBOR TIPA GLAVNIH NOSAČA RASPONA L=24 m U FUNKCIJI EKONOMIČNOSTI	3487
3. Andrea Salvai, Srđan Kolaković, ANALIZA DEONICE VODOTOKA REKE MORAVICE PRIMENOM PROGRAMSKOG PAKETA „HEC-RAS“	3491
4. Rade Kajkara, HIDRAULIČKA ANALIZA OSETLJIVOSTI SISTEMA ATMOSFERSKE KANALIZACIJE NASELJA PLANDIŠTE	3495
Radovi iz oblasti: Saobraćaj	
1. Милорад Страњанац, БЕЗБЕДНОСТ САОБРАЋАЈА НА РУРАЛНИМ ПУТЕВИМА	3499
2. Младенка Мићић, Вук Богдановић, АНАЛИЗА УСЛОВА ОДВИЈАЊА САОБРАЋАЈА У ЦЕНТРАЛНОЈ ЗОНИ БИЈЕЉИНЕ	3503
3. Veliborka Radović, Željjen Trpovski, ANALIZA PROCESA UVOĐENJA DIGITALNE TELEVIZIJE U BOSNI I HERCEGOVINI	3507
4. Nataša Rodić, STAVOVI I PONAŠANJE MLADIH VOZAČA U SAOBRAĆAJU	3511
5. Goran Štetin, FOTOGRAFIJSKA ANALIZA SAOBRAĆAJNIH NEZGODA	3515
Radovi iz oblasti: Grafičko inženjerstvo i dizajn	
1. Nataša Mladenović, Igor Karlović, Ivana Tomić, KONTRAST SLIKE NA OPLEMENJENIM DIGITALNIM OTISCIMA	3519
2. David Čikoš, WEB APLIKACIJA ZA ZAKAZIVANJE LEKARSKOG PREGLEDA	3523
3. Nemanja Kabić, REVITALIZACIJA PROIZVODNOG SISTEMA ŠTAMPARIJE „GRAFO BOGDANOV“	3527
4. Tijana Kapičić, Ivana Oros, Jelena Kiurski, PREČIŠĆAVANJE OTPADNOG RAZVIJAČA BENTONITOM	3531
5. Bojan Veljković, Miljana Prica, OSOBINE POLIMERNIH MATERIJALA KOJI SE PRIMENJUJU U MESNOJ INDUSTRIJI PRE I NAKON FLEKSO ŠTAMPE	3535
6. Milana Krklec, Gojko Vladić, ANALIZA ODNOSA PROPORCIJA LJUDSKOG TELA I TELA ELEKTRIČNIH GITARA	3539

GREJANJE, VENTILACIJA I KLIMATIZACIJA POSLOVNOG PROSTORA**HEATING, VENTILATING AND AIR CONDITIONING OF THE BUSINESS PREMISES**Miljana Ljubojević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – MAŠINSTVO**

Kratak sadržaj – U ovom radu predstavljeno je tehničko rešenje grejanja, ventilacije i klimatizacije poslovnog prostora, površine 3000 m², u zavisnosti od namene i specifičnosti prostora.

Abstract – This paper presents technical solution for heating, ventilating and air conditioning of the business premises, 3000 m², depending on the purpose and special premises.

Ključne reči: Grejanje, Ventilacija, Klimatizacija, Tehnički proračun

1. UVOD

Pojam „klimatizacija vazduha“ potiče od osnovnog zahteva da se u određenom prostoru ostvari željena klima, drugačija od one spoljne, prirodne klime.

Dugo se smatralo da su sistemi za grejanje i klimatizaciju uslužni tehnički sistemi koji se prilagođavaju objektu u koji se ugrađuju. Prema modernom shvatanju, energetske instalacije i sam građevinski objekat se smatraju složenim sistemom, objedinjenim tim istim objektom.

Kao i uvek, postrojenja za grejanje i klimatizaciju se prilagođavaju građevinskom objektu, ali danas se i građevinski objekat gradi prema zahtevima postrojenja grejanja, klimatizacije i ventilacije.

To je jedini način za održavanje uslova ugodnosti u zgradi uz racionalno korišćenje energije, što je osnova koncepta „inteligentnih“ zgrada u domenu održavanja unutrašnje klime, koje bi trebale da budu zgrade budućnosti.

Inteligentne zgrade bi trebale da obezbede zdravije okruženje za ljude koji u njima žive i rade, što donosi korist i društvu i pojedincima.

Pri tome to treba da se postigne projektovanjem, izgradnjom i vođenjem zgrada koje imaju minimalan uticaj na spoljno okruženje u pogledu zagađenja, potrošnje vode, potrošnje energije i stvaranja otpada.

Da bi se sve ovo ostvarilo, moraju se dobro upoznati svi termički uticaji koje zgrada trpi, kao i njihove posledice. Potrebno je poznavati fizičke karakteristike elemenata omotača zgrade, sisteme koji danas stoje na raspolaganju, energetske potrebe grejanja i klimatizacije, načine ostvarenja racionalne potrošnje energije, postojeće regulacione sisteme i sl.

Izazovi i mogućnosti za inteligentne zgrade su brojni.

2. TEHNIČKI OPIS

Ovim radom obuhvaćeno je projektno rešenje grejanja, ventilacije i klimatizacije poslovnog objekta po nameni hipermarketa, u Novom Sadu. Objekat se sastoji od prizemlja površine 2400 m² i sprata površine 600 m².

Za grejanje prodajnog prostora hipermarketa predviđena je kombinacija grejanja vazduhom, grejanja plafonskim panelnim grejačima (razvod do panela je dvocevni, u režimu 70/60°C) i podnog grejanja u zoni kasa i bifea (sistem podnog grejanja predviđen je da radi u režimu 45/35°C, a razvod od kotlarnice do etažnih razdelnika je dvocevni, u režimu 70/50°C). Vazдушnim grejanjem se pokriva 40 kW gubitaka toplote, a toplovodnim grejanjem 36,67 kW u okviru prodajnog prostora.

U pomoćnim prostorijama i kancelarijama za potrebe grejanja koriste se čelični panelni radijatori. Razvod cevne mreže je dvocevni u režimu 70/50°C, a izvodi se od crnih čeličnih cevi i vodi se ispod tavanice ili u spušenom plafonu etaže.

Grejanje manipulativnog prostora vrši se pomoću dva plafonska panelna grejača u prizemlju, i dva plafonska panelna grejača na spratu, u režimu 70/60°C, dvocevni sistem. Razvodi u prodajnom i u manipulativnom prostoru su urađeni kao dva nezavisna sistema sa sopstvenim cirkulacionim pumpama.

Potrebe objekta za hlađenjem ostvaruju se kondicioniranjem, hlađenjem vazduha u klima komori i uz pomoć multisplit jedinica. Potreban rashladni kapacitet objekta je $Q_D = 75\ 102\ \text{W}$. Klima komora i vazduhom hlađeni čiler sa direktnim isparavanjem pokrivaju 26,8 kW rashladnog opterećenja, dok preostali deo od 48,6 kW pokrivaju tri multisplit uređaja, svaki sa po dve unutrašnje jedinice.

Ventilacija pomoćnih prostorija, kancelarija i prostorija za pripremu namirnica vrši se pomoću kanalskih ventilatora, koji izbacuju otpadni vazduh direktno u atmosferu. Ventilacija toaleta takođe se obavlja putem kanalskih ventilatora nezavisnim sistemom kanala.

Na vratima prostorija iz kojih se odsisava vazduh ugrađene su rasteretne rešetke u donjoj zoni vrata.

Ventilacija rashladnih komora se ostvaruje takođe prinudnom ventilacijom. Kod rashladnih komora, u donjem delu unutrašnjih zidova postavljene su nadpritisne žaluzine, a izvlačenje vazduha se ostvaruje preko kanalske mreže uz pomoć krovnog ventilatora.

Ukupni toplotni konzum objekta iznosi $Q = 158\ 293\ \text{W}$.

Za potrebe toplovodnog grejanja usvajaju se zidni, kondenzacioni, gasni kotlovi sa atmosferskim gorionikom na prirodni gas, sa fasadnim priključkom za odvod produkata sagorevanja i dovod vazduha, dva komada, maksimalnog pojedinačnog toplotnog kapaciteta $Q_{kotl} = 80\ \text{kW}$ (ukupno 160 kW).

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Momčilo Spasojević, docent.

3. TERMOFIZIČKI PRORAČUN

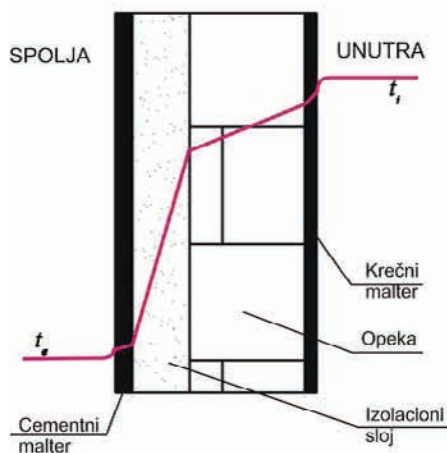
Glavna uloga termofizičkog proračuna je obezbeđenje zaštite građevinskih objekata, a pre svega njegovih žitelja od mnogobrojnih spoljnih neželjenih uticaja.

Omotač zgrade predstavljaju svi granični elementi koji odvajaju građevinski objekat od spoljne okoline i zemljišta na kome je podignut, a to su: fasadni zidovi sa vratima i prozorima, krovna konstrukcija, kao i osnova zgrade na kojoj ona leži na tlu. Osim svojih mehaničkih funkcija, omotač ima zadatak da štiti unutrašnji prostor od uticaja spoljašnjih visokih ili niskih temperatura, od padavina, vetra, buke i drugih spoljnih nepovoljnosti, ali i da istovremeno omogućava pristup prirodne svetlosti u unutrašnjost zgrade, kao i vizuelni kontakt ljudima u njoj sa okolnom prirodom. Zato je prilikom projektovanja nekog objekta neophodno naći optimalan odnos u strukturi zidova, kao i između samih zidova i prozorskih površina, s obzirom na zahteve zgrade za energijom, kako za zagrevanje zimi, tako i za hlađenje ljeti.

U termofizičkoj zaštiti je važno da izbor materijala, njihov redosled i debljina budu odgovarajući za konkretan tip objekta, klimatske uslove i uslove eksploatacije. Time se postiže energetska efikasnost i postojanost građevinskog objekta, kao i zdrava životna sredina za čoveka.

3.1. Koeficijenti prolaza toplote

Transport toplote kroz zidove je kombinacija provođenja toplote kroz masu zida, prelaza toplote sa unutrašnjeg vazduha na zid, kao i sa druge strane zida na spoljni vazduh. Pri tome se vrši i prenos toplote zračenjem. Za elemente građevinskih konstrukcija čije su debljine daleko manjih dimenzija od njihovih površina, prolaz toplote se praktično odvija u jednom pravcu, normalno na površinu zida, slika 1.



Slika 1. Temperaturno polje u višeslojnom spoljašnjem zidu

Pri stacionarnim uslovima, specifični toplotni protok kroz zid je konstantan, pa imamo:

$$q = k \cdot (t_i - t_e) = \frac{t_i - t_e}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum_{m=1}^n \frac{d_m}{\lambda_m} + \frac{1}{\alpha_e}} \left[\frac{W}{m^2} \right] \quad (1)$$

gde su: $q \left[\frac{W}{m^2} \right]$ – specifični toplotni protok

$k \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$ – koeficijent prolaza toplote

$t_i \left[^\circ C \right]$ – temperatura unutrašnjeg vazduha

$t_e \left[^\circ C \right]$ – temperatura spoljašnjeg vazduha

$\alpha_i \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$ – koeficijent prelaza toplote sa vazduha u prostoriji na unutrašnju površinu zida

$\alpha_e \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$ – koeficijent prelaza toplote sa spoljne površine zida na spoljni vazduh

$d_m \left[m \right]$ – debljina m -tog sloja

$\lambda_m \left[\frac{W}{m K} \right]$ – koeficijent provođenja toplote m -tog sloja

3.2. Difuzija vodene pare

Difuzija vodene pare kroz građevinski element odvija se kroz vazduh koji čini ispunu skeleta građevinskog materijala, a zavisi od razlike parcijalnih pritisaka vodene pare u vazduhu, sa jedne i sa druge strane zida, kao i od otpornosti materijala na propuštanje vlage [1],[2].

Jednačina koja opisuje provođenje vlage kroz višeslojni materijal, pri stacionarnim uslovima:

$$g = K_D \cdot (p_i - p_e) = \frac{p_i - p_e}{\frac{1}{\beta_i} + \sum_{m=1}^n \frac{d_m}{\pi_m} + \frac{1}{\beta_e}} \left[\frac{kg}{m^2 s} \right] \quad (2)$$

gde je: $g \left[\frac{kg}{m^2 s} \right]$ – specifični protok vodene pare

$K_D \left[\frac{kg}{m^2 s Pa} \right]$ – koeficijent prolaza vodene pare

$p_i \left[Pa \right]$ – parcijalni pritisak vodene pare u unutrašnjem vazduhu, u odnosu na spoljni zid

$p_e \left[Pa \right]$ – parcijalni pritisak vodene pare u spoljnom vazduhu, u odnosu na spoljni zid

$\beta_i \left[\frac{kg}{m^2 s Pa} \right]$ – koeficijent prelaza vodene pare sa unutrašnjeg vazduha na unutrašnju površinu pregrade

$\beta_e \left[\frac{kg}{m^2 s Pa} \right]$ – koeficijent prelaza vodene pare sa spoljne površine pregrade na spoljni vazduh

$d_m \left[m \right]$ – debljina m -tog sloja

$\pi_m \left[\frac{kg}{m s Pa} \right]$ – koeficijent provođenja vodene pare m -tog sloja

Proračuni difuzije vodene pare vrše se za spoljašnje građevinske pregrade [3].

U periodu kondenzacije mogući su sledeći slučajevi:

- difuzija vodene pare bez izdvajanja kondenzata
- difuzija vodene pare sa izdvajanjem kondenzata u jednoj ravni kondenzacije
- difuzija vodene pare sa izdvajanjem kondenzata u zoni građevinske pregrade.

Kada je parcijalni pritisak vazduha sa unutrašnje i spoljašnje građevinske pregrade manji od pritiska zasićenja vodene pare u oblasti kondenzacije, dolazi do isušivanja građevinske pregrade usled difuzije vodene pare iz pregrade prema spoljašnjoj sredini. To se naravno dešava u letnjem periodu.

Potrebno vreme za isušivanje građevinske pregrade mora da bude jednako ili kraće od dozvoljenog vremena isušivanja, što je propisano standardom.

3.3. Karakteristike toplotne stabilnosti konstrukcije za letnje razdoblje

Za letnji period su karakteristične relativno velike dnevne promene temperature spoljašnjeg vazduha, ili ekvivalentne temperature u slučaju delovanja i sunčevog zračenja. Toplotna stabilnost je svojstvo spoljnog građevinskog elementa da u što dužem vremenskom periodu održi konstantnu temperaturu njegovih unutrašnjih površina, pri oscilacijama temperature spoljašnjeg vazduha, pa usled toga i oscilacijama toplotnog toka kroz posmatranu građevinsku konstrukciju.

Do promene temperature unutrašnje površine građevinskog elementa dolazi nakon određenog vremenskog razdoblja, u odnosu na spoljnu površinu, koje je potrebno za transport toplote od spoljne površine. Za zgradu je povoljno da prigušenje temperaturnih oscilacija bude što veće i da je što veći fazni pomak.

4. TEHNIČKI PRORAČUN

Analiza prenosa toplote kroz građevinski omotač zgrade ima za cilj da se što realnije izračunaju potrebe za grejanjem i hlađenjem unutrašnjeg prostora, te da se prema tim potrebama odrede merodavni grejni i rashladni kapaciteti elemenata opreme termotehničkih instalacija.

4.1. Projektni uslovi

Proračunski spoljašnji i unutrašnji projektni parametri usvojeni su u skladu sa preporukama koje važe na teritoriji Srbije [3].

Tabela 1. Spoljašnji projektni parametri vazduha za Novi Sad.

REŽIM RADA	TEMPERATURA t (°C)	REL. VLAŽNOST φ (%)
LETO	34	40
ZIMA	-18	90

Tabela 2. Unutrašnji projektni parametri vazduha u prodajnom prostoru.

REŽIM RADA	TEMPERATURA t (°C)	REL. VLAŽNOST φ (%)
LETO	26	60 (±5)
ZIMA	18	60 (±5)

4.2. Potrebna količina toplote za grejanje

Potrebna količina toplote za grejanje jedne zgrade Q predstavlja karakteristiku zgrade i služi kao osnova za proračun postrojenja za grejanje [4]. Jednaka je zbiru transmisionih gubitaka Q_T i ventilacione količine toplote Q_V .

$$Q = Q_T + Q_V \text{ [W]} \quad (3)$$

Transmisioni gubici toplote nastaju u određenoj prostoriji prolazom toplote kroz površine koje graniče i razdvajaju prostoriju od prostora koji imaju drugu vrednost temperature. Sa poznatim i relativno tačnim podacima o karakteristikama obuhvatnih površina ovi gubici se dosta precizno mogu izračunati.

Potrebna količina toplote za zagrevanje vazduha koji prodire infiltracijom zavisi od veličine procepa prozora i vrata, zaptivenosti tih procepa, kao i od razlike pritisaka sa obe strane prostorije, te od jačine vetra. Proračuni za infiltracione gubitke daju samo približne rezultate na osnovu prihvaćenih pretpostavki o uticaju vetra i nedovoljnog zaptivanja prozora i vrata.

4.3. Toplotno opterećenje objekta

Obično je veličina toplotnog opterećenja merodavna za dimenzionisanje klimatizacionog postrojenja, pa od njega zavise količine vazduha, preseki kanala za distribuciju vazduha i druge karakteristike u klimatizacionom postrojenju [5]. Posledice nepreciznog proračuna odražavaju se kako na kvalitet uspostavljanja termičkih uslova u kontrolisanom prostoru, tako i na visinu investicionih i eksploatacionih troškova postrojenja. Toplotno opterećenje, kao i dobici toplote, mogu se podeliti prema izvorima toplote, i to na:

- spoljne:
 - kroz spoljne zidove i krovove
 - kroz prozore (transmisijom i od sunčevog zračenja)
 - infiltracijom spoljnog vazduha kroz procepe
- unutrašnje:
 - od ljudi koji borave u prostoriji
 - od osvetljenja u prostoriji
 - od električnih uređaja, mašina i aparata (disipacije toplote)
 - od susednih neklimatizovanih prostorija
 - od tehnoloških procesa (u industriji).

4.4. Klimatizacija

4.4.1. Potrebna količina vazduha za klimatizaciju

Nakon izvršenog proračuna potrebne količine toplote za zagrevanje prostora zimi, kao i toplotnog opterećenja u letnjim uslovima rada, potrebno je izračunati neophodnu količinu vazduha za rad klimatizacionog postrojenja. U vazдушnim sistemima klimatizacije, u kojima je vazduh jedini radni fluid, količina vazduha koja se koristi za klimatizaciju prostorija određuje se na osnovu tri kriterijuma [6]:

- potrebne količine vazduha za provetravanje (ventilaciju)
- gubitaka toplote u zimskom periodu
- toplotnog opterećenja u letnjem periodu.

4.4.2. Usvajanje ukupne količine vazduha

Merodavna količina vazduha za klimatizaciju u vazдушnim sistemima je najveća vrednost količine vazduha određena prema potrebama ventilacije V_S , zimskim projektnim uslovima V_Z ili prema letnjim projektnim uslovima V_L :

$$V_{uk} = \max\{V_S, V_Z, V_L\} \text{ [m}^3/\text{h]} \quad (4)$$

Ukoliko je od ove tri količine vazduha najveća potrebna količina svežeg vazduha, onda se usvaja da je ukupna količina vazduha za klimatizaciju prostorije jednaka količini (protoku) svežeg vazduha. U tom slučaju sistem radi sa 100% svežim vazduhom.

Ukoliko je najveća količina vazduha određena prema letnjem periodu, onda se usvaja da je $V_{uk} = V_L$. U ovom slučaju sistem klimatizacije će raditi sa količinom svežeg vazduha V_S , dok će ostatak činiti recirkulacioni vazduh.

Time se postiže ušteda energije tokom eksploatacije postrojenja, a niži su i investicioni troškovi. Količina recirkulacionog vazduha tada iznosi:

$$V_R = V_{uk} - V_S \text{ [m}^3/\text{h]} \quad (5)$$

Analogan postupak sprovodi se i u slučaju kada je najveća količina vazduha određena prema zimskim projektnim uslovima.

4.5. Distributivni elementi

Pri strujanju realnog fluida kroz distributivne elemente (cevovode ili vazdušne kanale) imamo unutrašnje trenje fluida, kao i trenje fluida o zidove distributivnih elemenata. Usled toga dolazi do gubitka ukupnog pritiska p_u , odnosno gubitka statičkog pritiska p_{st} zbog savladavanja trenja, dok se dinamički pritisak p_d menja usled bilo kakve promene preseka, pravca strujanja ili protoka duž strujnog puta, pa je:

$$p_u = p_{st} + p_d + \Delta p \text{ [Pa]} \quad (6)$$

Član Δp predstavlja pad pritiska, odnosno gubitak ukupnog pritiska. Vrednost te veličine je merodavna za dimenzionisanje napora pumpe kod cevovoda, odnosno snage ventilatora kod vazdušnih kanala.

Gubitak pritiska zavisi od brzine strujanja i hrapavosti zidova distributivnih elemenata, promene preseka i dodatnih otpora, kao i od dužine distributivnih elemenata.

Pad pritiska za savladavanje otpora koji se javljaju pri strujanju fluida u nekom distributivnom elementu deli se na:

$$\Delta p = \Delta p_{tr} + \Delta p_{lok} \text{ [Pa]} \quad (7)$$

gde su: Δp [Pa] – ukupan pad pritiska u distributivnom elementu

Δp_{tr} [Pa] – pad pritiska usled trenja fluida u pravolinijskim delovima distributivnih elemenata

Δp_{lok} [Pa] – pad pritiska usled lokalnih otpora

5. REZULTATI PRORAČUNA

Rezultati proračuna dati su tabelarno.

5.1. Potrebna količina toplote za grejanje

Tabela 3. Gubici toplote i instalisana količina toplote u prostorijama.

PROSTOR	TOPLOTNI GUBICI	TIP GREJANJA	INSTALISANA KOLIČINA TOPLOTE
PRODAJNI PROSTOR	55 640 W	VAZDUŠNO GREJANJE	40 000 W
		PLAFONSKI PANELNI GREJAČI	17 000 W
ULAZNI DEO SA KASAMA I BIFEOM	18 240 W	PODNO GREJANJE	19 670 W
MANIPULATIVNI PROSTOR, PRIZEMLJE	7 620 W	PLAFONSKI PANELNI GREJAČI	7 584 W
MANIPULATIVNI PROSTOR, SPRAT	7 060 W	PLAFONSKI PANELNI GREJAČI	7 584 W
KANCELARIJE, GARDEROBE, TOALETI I SL. U PRIZEMLJU I NA SPRATU	10 100 W	RADIJATORSKO GREJANJE	12 155 W
	98 660 W		103 993 W

5.2. Toplotno opterećenje objekta

Tabela 4. Toplotno opterećenje po prostorijama i instalisani rashladni kapacitet.

PROSTORIJA	TOPLOTNO OPTEREĆENJE	TIP KLIMATIZACIJE	INSTALISANI RASHLADNI KAPACITET
KASE	20 746 W	KLIMA KOMORA	26 800 W
PRODAJNI PROSTOR	47 283 W		
BIFE	7 073 W		
	75 102 W	MULTISPLIT JEDINICE (3kom)	75 400 W

6. ZAKLJUČAK

Kombinovanjem vazdušnog i toplovodnog grejanja zimi, a u letnjem periodu kombinovanjem rada klima komore i multisplit jedinica, dobijamo ekonomično postrojenje kako u investicionom, tako i u eksploatacionom pogledu, uz obezbeđivanje potrebnih uslova i zahteva, u zavisnosti od namene pojedinih prostorija u objektu.

7. LITERATURA

- [1] M. Malešev, V. Radonjanin: „Materijali u arhitekturi“, Novi Sad
- [2] A. Radivojević: „Fizika zgrada“, Beograd, 2006.
- [3] Standardi: SRPS U.J5.600, SRPS U.J5.510, SRPS U.J5.520 i SRPS U.J5.530
- [4] B. Todorović: „Projektovanje postrojenja za centralno grejanje“, Beograd, 2009.
- [5] H. Reknagel, E. Šprenger, E.R. Šramek: „Grejanje i klimatizacija, uključujući i toplu vodu i tehniku hlađenja“, priručnik, Vrnjačka Banja, 2004.
- [6] B. Todorović: „Klimatizacija“, Beograd, 2005.

Kratka biografija:



Miljana Ljubojević rođena je u Vukovaru, Hrvatska, 1968. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mašinstva – Grejanje, ventilacija i klimatizacija odbranila je 2012.god.

POREĐENJE OKRUŽENJA ZA NUMERIČKO RAČUNANJE, MODELOVANJE I SIMULACIJU: MATLAB, SCILAB I OCTAVE**A COMPARATIVE STUDY OF THREE PACKAGES FOR NUMERICAL COMPUTATION, MODELING AND SIMULATION: MATLAB, SCILAB AND OCTAVE**Stefan Husta, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – MAŠINSTVO**

Kratak sadržaj – Cilj ovog rada jeste poređenje dva besplatna i lako dostupna paketa za numeričko računanje sa komercijalnim paketom MATLAB koji predstavlja industrijski standard u ovom polju. Namera je bila da se navedene funkcije i prikupljeni rezultati prikažu na jednostavan i razumljiv način. Osnovna pitanja kojima se rad bavi su računске performanse, implementacija funkcija, kompatibilnost jezika, pouzdanost odnosno podudarnost numeričkih rešenja i lakoća upotrebe poređenih paketa.

Abstract – The aim of this paper is to compare two freely available numerical computing environments with their commercial rival MATLAB, the industry leader in this field. The intent was to present the listed functions and gathered results in a simple and easily understandable manner. The major issues addressed by this paper are computational performance, implementation of functions, compatibility of languages, similarity of attained results and ease of use of the compared numerical packages.

Ključne reči: numerički softver, modeliranje i simulacija, MATLAB, Scilab, Octave

1. UVOD

Među savremenim softverskim paketima za numeričko računanje ističe se MATLAB koji je danas najčešće korišćen paket ovog tipa. Sa preko milion korisnika širom sveta, našao je primenu u mnogim granama industrije i mnogim oblastima naučno istraživačkog rada. MATLAB je komercijalni paket i troškovi nabavke i održavanja licenci za ovaj softver i njegove komponente su visoki.

Scilab i GNU Octave su paketi za numeričko računanje koji su u aktivnom razvoju dugi niz godina i poseduju mnoge karakteristike slične MATLAB-u. Za razliku od MATLAB-a ovi paketi su besplatni i lako dostupni na internetu svim potencijalnim korisnicima, u verzijama za Windows, Linux i Mac Os operativne sisteme. Računske mogućnosti i funkcionalnost ovih paketa stalno rastu i približavaju se njihovom komercijalnom rivalu.

U ovom radu je izvršeno poređenje Scilab-a i Octave-a sa MATLAB-om. Pored analize osnovnih karakteristika paketa, uzete su u razmatranje dve osnovne oblasti: algebra i diferencijalne jednačine. Paketi su ocenjeni na osnovu brzine izvršavanja zadatih računa, implementacije

funkcija u okviru razmatranih oblasti, kompatibilnosti sintakse, podudarnosti dobijenih rezultata i opšte lakoće upotrebe.

MATLAB 7.0.0 19920 (R14) 32-bit je uzet kao referentni softver, a testiranju su podvrgnuti Scilab 5.3.3 32-bit i Octave 3.6.1 MinGW 32-bit. Testovi su izvršeni na računaru sa Microsoft Windows 7 Home Premium operativnim sistemom.

2. OSNOVNE KARAKTERISTIKE PAKETA

U okviru analize osnovnih karakteristika paketa, izvršeno je poređenje korisničkih interfejsa i dostupne pomoći sa stanovišta lakoće upotrebe i pristupačnosti za nove korisnike. Prikazani su hardverski zahtevi za svaki paket i opisan je način na koji paketi upravljaju sa raspoloživom virtuelnom memorijom. Ovo utiče na količinu (i veličinu) podataka koje paketi mogu da obrađuju.

2.1. Korisnički Interfejs i Pomoć

MATLAB poseduje odličan grafički korisnički interfejs koji može da se podešava po želji korisnika. Pomoć je odlično uređena sa veoma detaljnim opisom svih funkcija i izdvojena po *toolbox*-ima kojim te funkcije pripadaju. Moguć je kategorični i abecedni prikaz.

Scilab-ov grafički korisnički interfejs je siromašniji i manje funkcionalan od MATLAB-ovog. Pomoć je izdvojena po modulima kojim funkcije pripadaju. Opisi funkcija su manje detaljni u i nejasani u nekim slučajevima, a dostupan je samo abecedni prikaz.

Octave poseduje komandni terminal i sve komande se unose tekstualno, što smanjuje pristupačnost paketa novim korisnicima. Pomoć je bolje organizovana i detaljnija od Scilab-ove ali je navigacija kroz nju u okviru komandnog terminala komplikovana i nepregledna.

2.2. Hardverski ZahteviTabela 1. *Hardverski zahtevi aktuelnih verzija paketa*

Paket	Procesor	HDD Prostor	RAM
MATLAB Windows (32/64bit)	Intel /AMD x86 procesor koji podržava SSE2 skup instrukcija	1GB (samo MATLAB), tipično 3-4GB	minimum 1024MB, preporučeno 2048MB
Scilab Windows (32/64bit)	Intel Pentium IV ili ekvivalent	640MB (Scilab i svi standardni moduli)	minimalno 1024MB
Octave Windows (32/64bit)	-	970MB (Octave i svi standardni paketi)	-

MATLAB ima najviše hardverske zahteve i neophodna je velika količina memorije i prostora na disku za optimalan rad.

NAPOMENA:

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

Scilab-ovi hardverski zahtevi su dosta niži u odnosu na MATLAB.

Octave ne poseduje grafički korisnički interfejs i nema posebne zahteve. Ovaj paket se može uspešno pokrenuti i na veoma starim računarima.

2.3. Upravljanje Memorijom

Količina raspoložive virtuelne memorije u svakom paketu zavisi od instaliranog operativnog sistema i načina na koji paketi upravljaju memorijom koja im je dodeljena. Ovo je značajno ako je neophodan unos velikih količina podataka ili izvršavanje memorijski intenzivnih računa.

Kada se promenljivoj dodeli neki niz, paketi rezervišu neprekidni blok virtuelne memorije i skladište podatke niza u tom bloku. Informacije o klasi niza i njegovim dimenzijama se skladište u odvojenom manjem bloku memorije koji se naziva *header* (zaglavlje).

MATLAB i Octave vrše dinamičko dodeljivanje virtuelne memorije i automatski je uvećavaju do maksimalne veličine koja zavisi od operativnog sistema. Scilab organizuje raspoloživu memoriju u statički *stack* koji se može uvećati upotrebom funkcije "stacksize('max')".

Najveći int8 niz koji MATLAB sa 32-bitnim adresiranjem može da ostvari na 64-bitnom operativnom sistemu sadrži $2^{31}-2$ elementa, dok je maksimalna moguća veličina za jednu matricu ~2047MB [1]. MATLAB ima podešenu opciju IMAGE_FILE_LARGE_ADRESS_AWARE, tako da mu 64-bitni Windows 7 Dodeljuje 4095MB virtuelnog adresnog prostora. Oko 700MB ovog prostora je rezervisano za interne potrebe a ostatak stoji na raspolaganju korisniku. Zbog načina na koji su organizovani neprekidni blokovi, nije moguće ispuniti ceo ovaj prostor jednom velikom promenljivom, ali je dozvoljeno stvaranje dodatnih manjih promenljivih dok se ne popune svi blokovi.

Kada Octave koristi 32-bitni način adresiranja na 64-bitnom operativnom sistemu, on teorijski može da stvori niz od $2^{31}-2$ elementa bez obzira na klasu niza, što bi u slučaju double, uint64 i int64 klase nizova dalo promenljive sa maksimalnom veličinom do ~16GB [2]. Zbog načina na koji Windows 7 dodeljuje adresni prostor 32-bitnim aplikacijama, Octave može da iskoristi samo 1.4GB virtuelne memorije za stvaranje promenljivih pre nego što izbaci grešku. Octave 3.4 i sve kasnije verzije mogu da iskoriste znatno više virtuelne memorije u Linux operativnim sistemima pošto veličina nizova u bajtima nije ograničena.

Sve verzije Scilab-a (32/64bit) adresiraju internu memoriju sa 32-bitnim označenim celim brojevima, ali pri tome ne koriste negativne vrednosti. Ovo znači da Scilab može da adresira maksimalno 2GB memorije bez obzira na verziju operativnog sistema (32/64bit) u kojoj radi. Ovo ograničenje će biti uklonjeno kada se pređe sa *stack*-a na dinamičko dodeljivanje memorije, što je najavljeno za Scilab v6 [3].

Tabela 2. Najveće ostvarene matrice u paketima

Paket	Najveća nxn matrica	Veličina u bajtima	Klasa
MATLAB 32bit	16379 x 16379	2146173128	double
Scilab 32bit	11846 x 11846	1122621744	double
Scilab 64bit	16383 x 16383	2147221528	double
Octave 32bit	13070 x 13070	1366599200	double

3. IMPLEMENTACIJA FUNKCIJA

U tabeli ispod je prikazana dostupnost standardnih matematičkih funkcija, funkcija koje obuhvataju metode linearne algebre i solvera za sisteme linearnih, nelinearnih i diferencijalnih jednačina.

Implementacija funkcija je ocenjena. Svaka funkcija koja je dostupna u osnovnom paketu ili kao besplatni dodatak vredi 1 bod. Funkcije koje su dostupne u dodatnim komercijalnim modulima vrede 0.8 bodova, a 0 bodova je dodeljeno za svaku funkciju koja nije implementirana.

Tabela 3. Implementacija funkcija i solvera u paketima

Funkcija	MATLAB	Scilab	Octave
Standardne matematičke funkcije			
BesselI	da	da	da
BesseIj	da	da	da
BesselK	da	da	da
BesselY	da	da	da
Beta funkcija	da	da	da
Binomna raspodela	Statistics toolbox	da	da
Faktorijel	da	da	da
FresnelC	Symbolic toolbox	ne	ne
FresnelS	Symbolic toolbox	ne	ne
Gama funkcija	da	da	da
Nekompletna Gama funkcija	da	ne	da
Hiperboličke trig. funkcije	da	da	da
Log/Ln/Exp	da/da/da	da/da/da	da/da/da
Logaritam Gama funkcije	da	da	da
Psi funkcija	da	da	da
Kvadratni koren	da	da	da
Suma/Proizvod	da/da	da/da	da/da
Trigonometrijske funkcije	da	da	da
Linearna Algebra			
Sopstveni vektori/Sopstvene vrednosti			
Sopstveni vektori	da	da	da
Sopstvene vrednosti	da	da	da
Analiza matrica			
Karakteristični polinom	da	da	da
Determinanta	da	da	da
Hadamard-ova matrica	da	da	da
Hankel-ova matrica	da	da	da
Hilbert-ova matrica	da	da	da
Householder-ova matrica	da	da	da
Inverzna matrica	da	da	da
Kroenecker-ov proizvod	da	da	da
Pascal-ova matrica	da	da	da
Toeplitz-ova matrica	da	da	da
Hessenberg-ova forma matrice	da	da	da
Faktorizacije			
Cholensky faktorizacija	da	da	da
Crout faktorizacija	ne	ne	ne
Dulmage-Mendelsohn faktorizacija	da	ne	da
LU faktorizacija	da	da	da
QR faktorizacija	da	da	da
Schur-ova forma kvadratne matrice	da	da	da
Smith-ova forma matrice	da* nezvaničan kod	ne	ne
SVD faktorizacija	da	da	da

Funkcija	MATLAB	Scilab	Octave
Optimizacija			
Linearni problemi	Optimization toolbox	da	da
Nelinearni problemi	Optimization toolbox	da	da
Kvadratično programiranje	Optimization toolbox	da	da
Solveri			
Sistemi linearnih jednačina	da	da	da
Sistemi nelinearnih jednačina	Optimization toolbox	da	da
Obične diferencijalne jednačine	da	da	da
Parcijalne diferencijalne jednačine	da	ne	ne
D.J. sa graničnim vrednostima	da	da	da
Ostalo			
Moore-Penrose pseudoinverzija	da	da	da
Rad sa retkim matricama	da	da	da
Implementacija funkcija	49.4/52 95%	45/52 86.53%	47/52 90.38%

MATLAB ima najkompletniju paletu implementiranih funkcija, što je očekivani rezultat. Neke od ovih funkcija su dostupne isključivo u dodatnim modulima koji se doplaćuju pa su ocenjene sa 0.8 bodova. U novijim izdanjima MATLAB-a, neke od ovih funkcija su dospale u osnovni paket. Funkcija koja računa Smith-ovu formu matrice je dostupna na MathWorks-ovom sajtu, ali je još uvek u fazi razvoja pa je ocenjena sa 0.8 bodova.

Kada su u pitanju nekomercijalni paketi, Octave je u prednosti po broju implementiranih funkcija. Većina funkcija u Octave-u, izuzev solvera za diferencijalne jednačine, ima iste nazive i sintaksu kao odgovarajući MATLAB ekvivalenti. Korisnici mogu veoma lako da pređu sa jednog paketa na drugi i uz malo pažnje mogu da pišu funkcije i skripte koje će funkcionisati u oba paketa. Većina funkcija dostupnih u MATLAB-u postoje i u Scilab-u. U mnogim slučajevima ove funkcije imaju potpuno drugačije nazive i koriste sintaksu koja se dosta razlikuje u odnosu na MATLAB. Scilab poseduje konvertor koda koji pretvara .m datoteke u Scilab-ov .sci format, ali on još uvek nije potpuno funkcionalan i zahteva dodatno ručno ispravljanje koda.

4. RAČUNSKE PERFORMANSE PAKETA

U okviru analize, testirane su računске performanse paketa u radu sa algebarskim funkcijama i diferencijalnim jednačinama.

4.1. Algebra

Da bi se uporedila brzina rada sa algebarskim funkcijama i rutinama, izvršena je serija testova. Originalni kod i rezultati testova su dostupni na sajtu www.sciviews.org, dok su testovi izvršeni u okviru ove analize prilagođeni za brži računar i novije verzije paketa [4].

Rezultati dobijeni u paketu MATLAB su uzeti kao referentne vrednosti. Svi testovi sa izuzetkom testa 2A su podešeni tako da izvršavanje u MATLAB-u traje 1 sekundu sa tolerancijom od $\pm 0.1s$ radi lakšeg poređenja. U slučaju testa 2A, referentno vreme izvršavanja je podešeno na 0.1 ± 0.01 sekundu, kako bi se izbegla greška zbog nedostatka memorije u 32-bitnom Scilab-u prilikom primene funkcije "fft()". Svaki test je izvršen pet puta i uzeta je srednja vrednost svih prolaza.

Testovi su podeljeni u tri grupe. Prva grupa testova ispituje brzinu izvršavanja uobičajenih operacija nad matricama, druga grupa testova ispituje brzinu implementiranih funkcija za manipulaciju matricama, dok treća grupa testova ispituje efikasnost rada sa petljama i kodom kakav bi pisali korisnici u ovim paketima.

Tabela 4. Rezultati testova IA-3E

Test	MATLAB	Scilab	Octave
Operacije sa matricama			
1A. Kreiranje, transponovanje i preuređivanje matrice 2700x2700.	1.036s	0.908s	0.608s
1B. Računanje hiljaditog eksponenta elemenata matrice 1350x1350 sa Gauss-ovom raspodelom.	1.039s	0.409s	0.265s
1C. Sortiranje 5000000 nasumičnih vrednosti.	0.992s	2.814s	1.753s
1D. Unakrsni proizvod matrice 1300x1300 ($B=A^T \cdot A$).	1.026s	0.880s	0.515s
1E. Linearna regresija nad matricom 1400x1400.	0.942s	0.434s	0.530s
Implementirane funkcije za manipulaciju matrica			
2A. Fourier-ova transformacija nad 1300000 nasumičnih vrednosti.	0.109s	0.144s	0.094s
2B. Sopstvene vrednosti matrice 530x530.	0.983s	1.289s	6.224s
2C. Determinanta matrice nasumičnih vrednosti 1450x1450.	0.948s	0.402s	0.568s
2D. Cholensky faktorizacija matrice 1800x1800.	0.939s	0.462s	0.493s
2E. Inverzija matrice nasumičnih vrednosti 1000x1000 (A^{-1}).	1.008s	0.509s	0.549s
Programiranje i korisničke funkcije			
3A. Računanje 900000 Fibonacci-evih brojeva.	0.980s	0.246s	0.343s
3B. Kreacija Hilbert matrice 5500x5500.	0.992s	1.114s	1.108s
3C. Računanje najvećih zajedničkih delioca za 500000 parova.	0.980s	1.969s	1.189s
3D. Kreacija Toeplitz matrice 1200x1200.	1.023s	9.007s	23.799s
3E. Primena Escoufier-ove metode nad matricom nasumičnih vrednosti 39x39.	0.951s	0.936s	1.154s

U prvoj grupi testova besplatni paketi su se pokazali kao brži u većini slučajeva uz blagu prednost Octave-a, osim u slučaju sortiranja gde je MATLAB neprevaziđen.

Druga grupa testova pokazuje da se funkcije implementirane u Scilab-u uglavnom najbrže izvršavaju a Octave je samo malo sporiji. Izuzetak je funkcija za računanje sopstvenih vrednosti gde se MATLAB pokazao kao najbrži, a Octave ubedljivo najsporiji.

Treća grupa testova je dala uglavnom izjednačene rezultate. Scilab i Octave su značajno brže odradili test 3A ali su se pokazali kao daleko sporiji prilikom provere rada sa petljama u testu 3D.

4.2. Diferencijalne jednačine

Modelovanje i simulacija realnih problema i fizičkih pojava često podrazumeva upotrebu diferencijalnih jednačina koje opisuju te pojave. Sva tri paketa poseduju napredne solvere promenljivog reda i koraka.

Analiza računskih performansi solvera je izvršena uz pomoć dva problema koji zahtevaju primenu različitih metoda, specifično namenjenih za svaki problem.

Prvi problem predstavlja sistem od dve ne-krute obične diferencijalne jednačine drugog reda koje opisuju kretanje ravnanskog mehaničkog sistema pod dejstvom sile promenljivog smera i intenziteta:

$$\frac{d^2 x}{dt^2} = F - \frac{2b}{3m} \frac{dx}{dt} - \frac{2c}{3m} x + \frac{1}{3} g \sin \varphi \quad (1)$$

$$\frac{d^2 \varphi}{dt^2} = \frac{-1}{l} \left(F - \frac{2b}{3m} \frac{dx}{dt} - \frac{2c}{3m} x + \frac{1}{3} g \sin \varphi \right) - \frac{g}{l} \sin \varphi \quad (2)$$

$$F = 25 e^{-\frac{1}{4}t} \sin t \quad (3)$$

Problem je rešen pomoću solvera ode113 (MATLAB) i Adams metode solvera LSODE (Scilab i Octave). Sva tri solvera koriste slične metode i daju najpreciznije rešenje ne-krutih problema.

Sva tri solvera daju veoma slična grafička rešenja. Fortran solver LSODE implementiran u Scilab-u i Octave-u se odlično pokazao u poređenju sa ode113.

Tabela 5. Vremenski rezultati solvera za prvi problem

Paket/solver/metoda	Prosečno vreme 5 prolaza
MATLAB/ode113/Adams	0.197s
Scilab/LSODE/Adams	0.084s
Octave/LSODE/Adams	0.250s

Drugi test prikazuje uticaj krutosti problema na rad i performanse solvera, a njegova osnova i test problem proističu iz članka "Stiff Differential Equations" objavljenog u Maju 2003. godine na MathWorks-ovom sajtu, koji je napisao Cleve Moler [5].

Kao primer uzet je prost model širenja plamena. Kada se zapali šibica, lopta plamena se veoma brzo širi dok ne dostigne kritičnu veličinu kada prestaje širenje zato što je količina kiseonika koja se troši unutar lopte u procesu sagorevanja u ravnoteži sa količinom kiseonika koja može da dospe u loptu kroz njenu površinu. Prost matematički model koji opisuje ovu pojavu glasi:

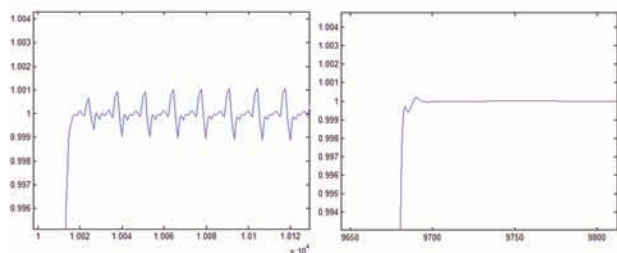
$$\frac{dy}{dt} = y^2 - y^3, \quad (4)$$

$$y(0) = \delta, \quad (5)$$

$$0 < t < \frac{2}{\delta}. \quad (6)$$

Promenljiva $y(t)$ predstavlja radius plamene lopte. Izrazi y^2 i y^3 proističu iz izraza za površinu i zapreminu sfere. Kritični parametar je početni radius δ koji je mali. Solveri traže rešenje tokom vremena t čija je dužina trajanja inverzno proporcionalna vrednosti radiusa δ .

Slika 2. prikazuje uveličani grafik rešenja za $\delta=0.0001$ pri upotrebi solvera ode45 i ode15s.



Slika 2. Grafik rešenja za ode45 (levo) i ode15s (desno)

Za male vrednosti δ problem postaje krut, i "obični" solveri kao što je ode45 u MATLAB-u su prisiljeni da

prave veliki broj koraka kako bi održali rešenje u okviru zadatih relativnih tolerancija. Solveri namenejeni za krute probleme kao što je ode15s vrše više računskih operacija po koraku ali prave mnogo veće korake i brže dolaze do rešenja.

Da bi se uporedile performanse, problem je rešen primenom metode za diferenciranje unazad (BDF) pomoću solvera ode15s (MATLAB) i LSODE (Scilab i Octave). Oba besplatna paketa su u ovom slučaju rešila problem brže od MATLAB-a.

Tabela 6. Vremenski rezultati solvera za drugi problem

Paket/solver/metoda	Prosečno vreme 5 prolaza
MATLAB/ode15s/BDF	0.074s
Scilab/LSODE/BDF	0.012s
Octave/LSODE/BDF	0.030s

5. ZAKLJUČAK

Analiza besplatnih paketa pokazuje da su oni danas u velikoj meri spremni da posluže kao ozbiljna zamena za komercijalne pakete poput MATLAB-a u velikom broju slučajeva. Rezultati ispitivanja zastupljenosti i brzine izvršavanja matematičkih i algebarskih funkcija pokazuje da su besplatni paketi brži u većini slučajeva u odnosu na primenjenu verziju MATLAB-a, i poseduju gotove sve funkcije koje zahteva najveći broj korisnika.

Rezultati ispitivanja rada sa diferencijalnim jednačinama pokazuju odličnu implementaciju solvera LSODE koji se bolje pokazao od odexxx solvera iz paketa MATLAB. Besplatnim paketima još uvek nedostaje kompletnost ponude solvera za sve tipove diferencijalnih jednačina. Scilab deluje kao ozbiljna alternativa MATLAB-u. On još uvek ne poseduje potpunu funkcionalnost komercijalnog rivala ali je u stalnom razvoju.

Glavna prednost Octave-a je velika kompatibilnost sa MATLAB-om. Ovo znači da korisnici mogu da prenose većinu svog koda na različite mašine bez brige o licencama i dostupnosti MATLAB-a, da uspešno pokreću taj kod i reprodukuju rezultate bez većih problema.

6. LITERATURA

- [1]. <http://www.mathworks.com/support/tech-notes/1100/1110.html> 05.10.2012
- [2]. <http://www.gnu.org/software/octave/doc/> 05.10.2012
- [3]. Michaël Baudin: "Programming in Scilab", September 2011, pp. 5 - 11
- [4]. <http://www.sciviews.org/benchmark/> 06.10.2012
- [5]. http://www.mathworks.com/company/newsletters/new_s_notes/clevescorner/may03_cleve.html 06.10.2012

Kratka biografija:



Stefan Husta rođen je u Novom Sadu 1984. god. Diplomski-master rad je odbranio 2012. godine na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mašinstvo – Automatsko Upravljanje

**TEHNOLOGIJA PRETVARANJA SOLARNE ENERGIJE U ELEKTRIČNU –
FOTONAPONSKE ĆELIJE****THE TECHNOLOGY TO CONVERT SOLAR ENERGY INTO ELECTRICITY -
PHOTOVOLTAIC CELL**

Slobodan Knežević, Jovan Petrović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – MAŠINSTVO

Kratak sadržaj - Cilj ovog rada jeste da istraži: značaj tehnologije solarnog napajanja putem fotonaponskih ćelija, FN ćeliju (kao osnovnu jedinicu sistema), osnovne tipove FN sistema i da pokaže opravdanost primene ovakvih sistema. Konkretni predmet ovog rada je da se prikaže primena solarne energije za napajanje električnom energijom konkretnog objekta, u ovom slučaju kuće u Veterniku. Gde će se koristiti proračunski metod radi dobijanja konačnih rezultata i određivanja isplativosti projekta.

Abstract – The aim of the study is to show: importance of the technology to convert solar energy into electricity by photovoltaic cell, PV cell (as an essential part of the system), basic types of PV systems and to show the validity of applying such systems. Specific goal of this study is to show use of solar energy to power a specific object, in this case house in Veternik. Where it will be used mathematical method for getting the final results of profitability of the project.

Ključne reči: solarna energija, FN ćelija, el. Energija

1. UVOD

Živimo u svetu energije. Sve što nas okružuje zasnovano je na korišćenju energije. Danas se energija u velikom procentu dobijaju iz neobnovljivih izvora energije. Potrebe čovečanstva za energijom rastu, a na planeti je sve manje ovakvih izvora.

Problemi sa neobnovljivim izvorima energije su prvo u njihovoj količini, a zatim i u rasprostranjenosti, drugo zalihe fosilnih goriva su ograničene i brzo nestaju, treće veliki su zagađivači. Sagorevanje ovakvih goriva najverovatniji je izvor globalnog zagrevanja (efekat staklene bašte), promena klimatskih uslova predstavlja jednu od najozbiljnijih opasnosti za Zemljin ekološki sistem zbog mogućeg uticaja na proizvodnju hrane. Sa druge strane, primena nuklearne energije, predstavlja uslovno čistu tehnologiju, ali u slučaju kvarova u ovakvim elektranama može doći do izuzetno velikih zagađenja.

Tu svoje mesto pronalaze obnovljivi izvori energije. Predstavljaju neiscrpan prirodan vid energije, koja se nalazi svuda oko nas, nalaze se u prirodi i obnavljaju se.

NAPOMENA:

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

Postoje tradicionalni obnovljivi izvori, gde spadaju biomase i velike hidroelektrane i novi izvori, kao što su: energija sunca, energija vetra, geotermalna energija, itd. Za ovaj rad od posebnog značaja su nam solarni obnovljivi izvori, odnosno pretvaranje solarne energije u električnu, putem fotonaponskih ćelija.

2. SUNCE**1.1. Energija Sunca**

Sunce je, neposredno ili posredno, izvor gotovo sve raspoložive energije na Zemlji. Sunčeva energija potiče od nuklearnih reakcija u njegovom središtu, gde temperatura dostiže 15 miliona °C. Radi se o nuklearnoj fuziji, spajanjem vodonikovih atoma nastaje helijum, uz oslobađanje velike količine energije. Jedan mali deo ove energije u vidu svetlosti i toplote dolazi i do Zemlje. Na suncu se fuzija odvija već oko 5 milijardi god. , a prema zalihama H procenjeno je da će se nastaviti još toliko.

2.1. Korišćenje energije sunca

Korišćenjem solarne energije ne remiti se ravnoteža toka materije i energije u prirodi. Vrednost energije na površini Zemlje zavisi od lokacije, godišnjeg doba, doba dana, vremenskim uslovima itd. Evropa nije na naročito pogodnom području za eksploataciju, ali i pored toga u Evropi je iskorištavanje sunčeve energije u velikom porastu, to je rezultat subvencijone politike država.

Osnovni principi direktnog iskorištavanja energije Sunca su: Solarni kolektori (pripremanje vruće vode i zagrevanje prostorija), fotonaponske ćelije (direktno pretvaranje sunčeve energije u električnu energiju) i fokusiranje sunčeve energije (upotreba u velikim energetske postrojenjima).

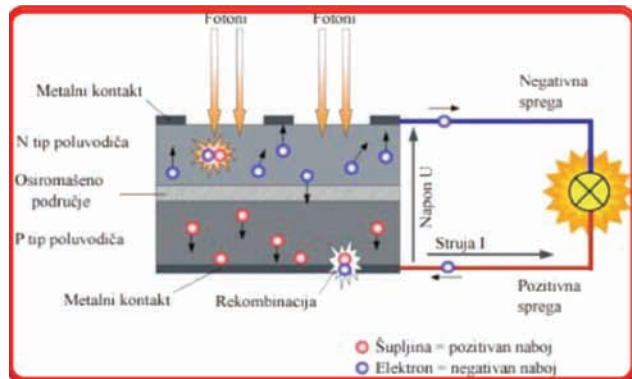
**3. PRETVARANJE SOLARNE ENERGIJE U
ELEKTRIČNU – FOTONAPONSKE ĆELIJE****3.1. Fotonaponski efekat**

To je direktna konverzija sunčeve energije u električnu. Uočio ga francuski naučnik Edmond Becquerel, pre skoro dva veka, a tek je razvojem kvantne teorije početkom 20-og veka ovaj efekat objašnjen.

3.2. Fotonaponska ćelija – princip rada

Prva solarna ćelija izrađena je u Bel laboratorijama (Bell Laboratories) 1954. godine, razvojem istraživanja svestimira, postale su osnovni izvori električne energije na satelitima. Zemaljska upotreba počela ranih 70-tih, kao posledica svetske energetske krize.

Fotonaponske ćelije direktno pretvaraju solarnu energiju u električnu energiju, ona je ustvari poluprovodnik. Da bi dobili električnu energiju fotoelektričnim efektom neophodno je postojanje usmerenog kretanja elektrona, koji se kreću se pod uticajem električnog polja. Električno polje koje je ugrađeno u sam materijal nalazi se u poluprovodnicima i to u osiromašenom području PN spoja (slika 1).



Slika 1. Ilustracija fotonaponskog efekta

U poluprovodnicima postoje slobodni elektroni i praznine, koje su nusprodukt pri nastanku slobodnih elektrona. Praznina nastaje svaki put kada od valentnog elektrona nastane slobodni elektron i taj proces se naziva generacija. Obrnuti proces, kada slobodni elektron popuni prazninu, zove rekombinacija. Ako parovi elektron-praznina nastanu daleko od osiromašenog područja moguće je da se rekombinuju pre nego što ih razdvoji električno polje. Parovi koji nastanu uz osiromašeno područje bivaju privučeni, i to praznine prema P strani poluprovodnika, a elektroni prema N strani poluprovodnika. Fotoelektroni i praznine se nagomilavaju na suprotnim krajevima poluprovodnika i tako prave elektro-motornu silu. Kad na takav sistem priključimo potrošač, dobićemo električnu energiju. Efikasnost FN ćelija kreće se od nekoliko procenata do 40 %, ostatak se pretvara u toplotu.

3.2. Materijali i tehnologija izrade FN ćelija

Izrađene od različitih tipova poluprovodničkih materijala, složeni u različite strukture:

1. Monokristalne Si ćelije
2. Polikristalne Si ćelije
3. Amorfne Si ćelije
4. Galijum-arsenidne (GaAs) ćelije
5. Kadmijum-telur (CdTe) ćelije

4. FOTONAPONSKI MODULI, FOTONAPONSKI PANELI, FOTONAPONSKI SISTEMI

Snaga pojedinačne FN ćelije je mala (do 2 W), pa se kao takva ne bi mogla šire koristiti. Zbog toga se FN ćelije vezuju u veće celine koje se nazivaju moduli. U cilju dobijanja još većih snaga, moduli se vezuju u tzv. fotonaponske panele i dalje u FN sisteme čije snage idu i do reda MW.

Fotonaponski sistemi su integrisan skup FN modula i ostalih komponenti, osiguravaju rad određenog broja jednosmernih i/ili naizmjeničnih potrošača.

4.1. Podela FN sistema prema položaju prijemnika

1. Fiksni prijemnici sunčevog zračenja
2. Sistemi sa prijemnicima koji prate položaj Sunca
 - Sistemi sa jednom osom rotacije
 - Dvoosni rotirajući sistemi

4.2. Podela FN sistema prema tipu noseće konstrukcije prijemnika

Prvu grupu čine nezavisni sistemi (montirani samostalno, na sopstvenoj konstrukciji), drugu sistemi montirani na objekte (najzastupljenija je montaža na krovove, međutim nekad se paneli montiraju na vertikalne površine objekta).

4.3. Podela FN sistema prema funkcionalnosti

Postoje samostalni fotonaponski sistemi koji su odvojeni od mreže. Oni su odličan izvor struje za kamp kućice, udaljene vikendice, čamce itd. Kod ovakvih sistema fotonaponski paneli pune akumulator, a akumulator obezbeđuje struju potrošačima. Pa tako u zavisnosti od potrošača postoje ovakvi sistemi sa AC, DC ili sa obe vrste potrošača (hibridni). Razlika između jednosmerih i naizmjeničnih samostalnih FN sistema je u tome što kod naizmjeničnih postoji inverter koji je zadužen da transformiše DC struju koju proizvode paneli u AC struju koja je potrebna za napajanje potrošača.

Drugu grupu FN sistema čine sistemi povezani sa elektodistributivnom mrežom. oni koriste mrežu kao rezervni izvor energije ili kao potrošača viška energije koju proizvedu. Jednosmerna struja dobijena u solarnim modulima pretvara se u naizmjeničnu struju pomoću konvertora (invertora) i preko električne instalacije napaja potrošače u objektu.

Prednosti ovakvog sistema su: jednostavnost (tu mislimo na upotrebu standardnih instalacija pri povezivanju sistema), niža cena (više nisu potrebni elementi zaduženi za skladištenje energije, kao što su baterije i regulatori punjenja, koji osetno povećavaju cenu samog sistema).

Postoje dve grupe ovakvih sistema.

Prvu čine sistemi koji troše električnu energiju koju je dobio iz sopstvenih panela, a samo višak predaje mreži.

Drugu čine sistemi koji celokupnu proizvedenu energiju predaje elektodistributivnoj mreži, a energiju za napajanje uređaja crpe iz mreže drugim vodom (finansijски isplativiji, zbog državne subvencije).

5. MODEL NAPAJANJA ZA STAMBENI OBJEKT

5.1. Izgled objekta

Lokacija objekta je Veternik. U okolini našeg objekta nema drugih visokih objekata, niti visokog drveća. Objekat se nalazi na uzvišenju (slika 2).

Za ovu lokaciju preko kalkulatora sa sajta Centra za objedinjena istraživanja evropske komisije (PVGIS), dobijamo parametre kao što su:

- optimalni ugao inklinacije,
- količina zračenja za različite pozicije panela i
- prosečne dnevne temperature lokacije.

Odatle dobijamo da je optimalni uga inklinacije za ovu lokaciju 34°.



Slika 2. Izgled objekta

5.2. Dnevna potrošnja struje

Ukupna dnevna količina el. energije koja je potrebna za napajanje svih potrošača u objektu iznosi oko 10 kWh, što je 305 kWh mesečno, što je oko 3660 kWh godišnje. Treba napomenuti da su potrošači AC tipa tako da nam je potreban inverter.

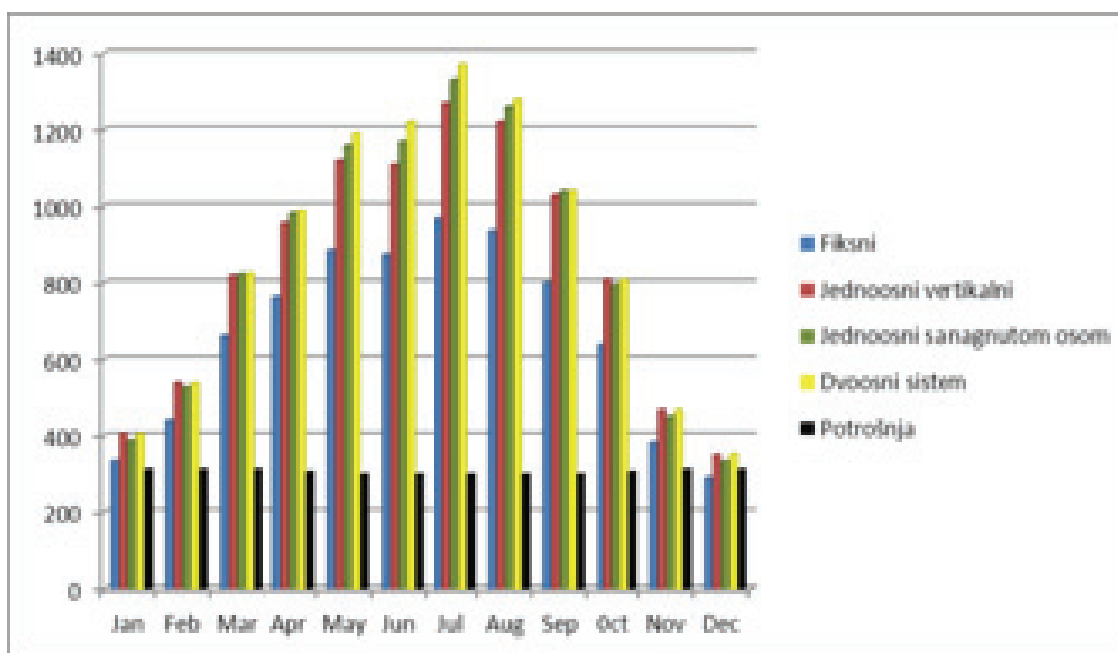
5.3. Procena proizvodnje struje

Procena je dobija na osnovu baze podataka PVGIS-a.. Proizvodnja redom iznosi za fiksne 7980 kWh, za jednoosni sistem sa praćenjem pozicije sunca 10100 kWh (vertikalni) i 10300 kWh (sa nagnutom osom), i za sisteme sa dve ose rotacije 10500 kWh. Na slici 3 je upoređena proizvedena el. energija pomoću različito montiranih sistema.

5.4. Izbor opreme

Pošto je objekat već spojen na elektro mrežu, realizovaćemo sistem koji je spojen na električnu mrežu. Prednosti ovakvog sistema: povećava se kvalitet električne energije, podstiče se konkurencija, ograničava se zagađivanje vazduha, imamo mogućnost prodaje viška proizvedene električne energije i nema baterije i regulatora punjenja, koji bi dodatno povećali cenu.

Biramo slučaj gde svu proizvedenu struju predajemo mreži, a potrošače snabdevamo iz mreže preko drugog voda. Ovakav slučaj isplativiji, zbog državne subvencije 1kWh=23 euro centa, koja je dosta veća od redovne cene struje EPS-a. Koristimo fiksni sistem panela zbog cene i jednostavnosti.



Slika 3. Poređenje potrošnje i proizvodnje energije pomoću različitih FN sistema po mesecima

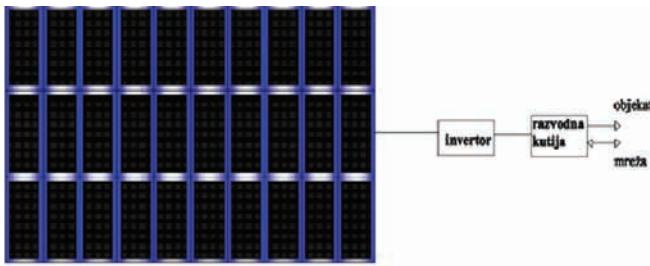
Osnovni i najvažniji element FN sistema je fotonaponski panel, pri izboru panela treba voditi računa o: snazi, efikasnosti, mehaničkoj i atmosferskoj otpornosti i veku trajanja. Usvajao sam polikristalne panele LDK 240P-24, snage 240 Wp. LDK je nemački brend sa proizvodnjom u Kini, cena jednog panela je 365 eura, za sistem snage 7.2 kWp potrebno je 30 komada. Jedan panel ima 72 ćelije tipa 156mm (6x12). Garancija je 25 godina.

Usvajamo mrežni string inverter proizvođača Piko 8.3/8kW, cena oko 4000 eura. Ovakve invertore elektrodistributivna mreža vodi u smislu održavanja frkvencije i napona, dok manu predstavlja to što prestaju sa radom ukoliko je elektro mreža van funkcije.

5.5. Izgled FN sistema i zaštita

Panelli su vezani za inverter, a inverter za razvodnu kutiju, u kojoj se nalaze osigurači i dva brojila različitih smerova, ili jedno dvosmerno brojilo Slika 4. Na kraju meseca možemo pročitati koliko smo struje predali mreži, a koliko potrošili.

Što se tiče zaštite za slučaj ovog objekta nije potrebna neka posebna zaštita od groma, pošto je na kuću već ugrađen gromobran. Sistem je spojen na elektrodistributivnu mrežu, pa nije potrebna bilo kakva posebna zaštita od prenapona, ili bilo čega drugog, pošto to preuzima mreža.



Slika 4. Blok šema povezivanja kompletnog sistema

6. EKONOMSKA ISPLATIVOST

Ukupni troškovi ovog projekta iznose 18450 eura. Od toga se na fotonaponske panele troši 10950, na inverter 4000, na noseću konstrukciju 500, na održavanje za rok od 25 god. 2500 i na ostalo 500 eura.

Ukupna proizvodnja el. energije u garantnom roku od 25 god. je 175164 kWh. Prosečna godišnja proizvodnja je 7006 kWh. Godišnja potrošnja je oko 3660 kWh, što je oko 300 eura mesečno, kad struju crpimo iz mreže, po njihovoj ceni.

Pri prodaji državi cena jednog kWh je 23 euro centa, a prema prethodnim podacima vidimo da nas 1 kWh košta 10.5 euro centi.

Godišnja zarada je $7006 \times 10.5 - 300 = 1311$ eura. Pa nam je tako period otplate $t = 18450 / 1311 = 14,07 \sim 14$ godina.

Treba uzeti u obzir i činjenicu da je prosečni vek trajanja solarnih panela oko 40 godina, što je mnogo više od 25 godina kolika je standardna garancija, odavde zaključujemo da je zarada realno mnogo veća.

7. ZAKLJUČAK

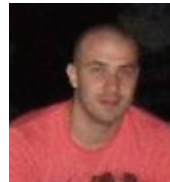
Dosadašnja istraživanja primene solarne energije za dobijanje električne struje, tj. napajanje konkretnog objekta strujom dobijenom iz solarnog izvora, pokazuju da je primena solarne energije u ovu svrhu ekonomski opravdana, što ovaj rad samo potvrđuje. Poboljšanja koja bi se mogla sprovesti vezana su za dodatnu optimizaciju položaja FN modula po mesecima. Ne bi mnogo podiglo cenu, a moglo bi se dobiti za oko 20% više električne energije.

Cena solarnih panela ima tendenciju pada, možemo zaključiti da će ovi sistemi biti još isplativiji. Problem pri isplativosti ovakvi sistema može da nastane ukoliko dođe do ukidanja, ili smanjena državne subvencije, koja je relativno visoka. Ovakav način proizvodnje električne energije ne zagađuje životnu sredinu, što je u današnje vreme vrlo važno. Treba imati u vidu da potrebe čovečanstva za energijom vrtoglavo rastu, a da cene konvencijalnih goriva, kao što su ugalj, nafta i dr. rastu velikom brzinom. S obzirom na ove činjenice fotonaponski sistemi imaju sigurnu budućnost.

8. LITERATURA

- [1] Dušan Gvozdenac, „Obnovljivi izvori energije“ 2010.
- [2] K. Scharmer, J. Greif, „The European Solar Radiation Atlas, Vol. 2: Database and exploitation software, Les Presses de l'École des Mines“ 2000.
- [3] Centar za ekologiju i održivi razvoj, „Obnovljivi izvori energije u Srbiji“, Subotica 2008.
- [4] Damir Marić, „Obnovljivi izvori energije“, Rudarsko – geološko naftni fakultet, Zagreb 2007
- [5] Uroš Jeremić, „Fotonaponsko pretvaranje energije“, Prirodno matematički fakultet, Kosovska Mitrovica, 2007.
- [6] <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>
- [7] <http://www.zivotnasredina.com>
- [8] <http://www.izvorienergije.com>

Kratka biografija:



Slobodan Knežević rođen je u Novom S Sadu 1985. god. Diplomski–master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti M Mašinstva – Energetika odbranio je 2012.

UTICAJ TEMPERATURE NA PRIVIDNU VISKOZNOST KAŠE JAGODE

INFLUENCE OF TEMPERATURE ON APPARENT VISCOSITY STRAWBERRY PULP

Ksenija Jocić, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

Oblast – MAŠINSTVO

Kratak sadržaj – Kaša jagode je poluproizvod u prehrambenoj industriji. Poznavanje prividne viskoznosti, kao jedne od reoloških osobina kaše jagode značajno je u procesu projektovanja i ispitivanja procesne opreme. Cilj istraživanja je odrediti uticaj načina pripreme kaše i temperature na prividnu viskoznost kaše i odrediti tip nenjutnovskog fluida. Prividna viskoznost kaše jagode snimana je na rotacionom viskozimetru, na temperaturama 20°C, 30°C i 40°C. Utvrđeno je da se kaša jagode ponaša kao nenjutnovski, pseudoplastičan fluid i da prividna viskoznost kaše opada sa povećanjem temperature kaše.

Abstract – Strawberry pulp is semi product in the food industry. Knowledge of the apparent viscosity as one of the rheological properties of the strawberry pulp is important in the design and testing of process equipment. The aim of the research was to determine the influence of the mode of preparation and pulp temperature on the apparent viscosity of the pulp and determine the type of fluid. The apparent viscosity of the strawberry pulp was measured on a rotational viscometer at temperatures 20°C, 30°C and 40°C. It was found that the strawberry pulp behaves as Nonnewtonian, pseudoplastic fluid and pulp apparent viscosity decreases with its increasing temperature.

Ključne reči: kaša jagode, prividna viskoznost

1. UVOD

Jagoda sorte Senga Sengane je stara nemačka sorta jagode, izvanredne arome i plodova pogodnih za sve vrste prerade u industriji. Voćne kaše su realni materijali i čest su poluproizvod u prehrambenoj industriji, zbog mogućnosti skladištenja do prerade voćne kaše u gotov proizvod. Poznavanje reoloških osobina prehrambenih proizvoda od suštinskog je značaja za razvoj samog proizvoda, projektovanje i ispitivanje procesne opreme kao što su pumpe, cevi, izmenjivači toplote, isparivači, sterilizatori i mešalice [1]. Predmet istraživanja rada je kaša jagode sorte Senga Sengane. U radu je korišćena eksperimentalna metoda, formirana je kaša jagode čije su reološke krive merene rotacionim viskozimetrom na različitim temperaturama.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Maša Bukurov, doc.

2. TEORIJSKE OSNOVE PONAŠANJA FLUIDA

Kod njutnovskih, idealnih fluida napon smicanja τ [Pa] je linearno proporcionalan brzini smicanja $\dot{\gamma}$ [s^{-1}]. Koeficijent proporcionalnosti η [Pa s] naziva se dinamička viskoznost.

$$\eta = \frac{\tau}{\dot{\gamma}} = const \quad (1)$$

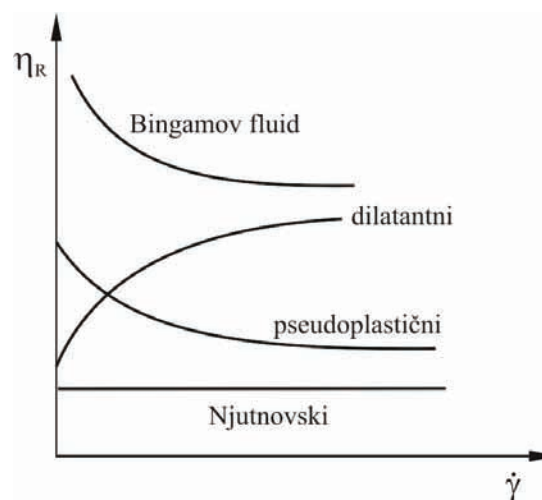
Viskoznost, kao fizičko svojstvo, je svojstvo suprotno tečljivosti, tj. što je fluid viskozniji to teže teče. Viskoznost zavisi od stanja u kome se fluid nalazi, od pritiska i temperature, a često i od brzine smicanja.

Kod nenjutnovskih fluida tangencijalni napon τ nije linearno zavistan od brzine smicanja $\dot{\gamma}$. Grafici zavisnosti tangencijalnog napona τ od brzine smicanja $\dot{\gamma}$ određeni su eksperimentalno korišćenjem viskozimetra. Viskoznost nenjutnovskih tečnosti zavisi od brzine smicanja ali može zavistiti i od vremena trajanja deformacije (smicanja), na osnovu toga nenjutnovske fluide delimo na vremenski zavisne i vremenski nezavisne. Vremenski nezavisne nenjutnovske fluide delimo na pseudoplastične, dilatantne i plastične.

Za opisivanje ponašanja nenjutnovskih fluida uvodi se pojam prividne viskoznosti η_p . Viskoznost nema značenje za nenjutnovski fluid osim ako nije u vezi sa određenom brzinom smicanja.

$$\eta_p = \frac{\tau}{\dot{\gamma}} \neq const \quad (2)$$

Zavisnost prividne viskoznosti od brzine smicanja za vremenski nezavisne nenjutnovske fluide prikazana je na slici (Slika 1).



Slika 1. Prividna viskoznost vremenski nezavisnih nenjutnovskih fluida [2]

3. MATERIJAL I METOD

Kaša jagode pripravljena je od svežih plodova jagode sorte Senga Sengane. Jagode su odgajane u uslovima organske proizvodnje. Sveže jagode su ručno probrane, odabrani su zreli i zdravi plodovi. Zatim su jagode oprane pod blagim mlazom hladne vode, radi odstranjivanja mehaničkih nečistoća. Jagodama su odstranjene peteljke i zatim su mešane ručnim mikserom za kućnu upotrebu do dobijanja kaše ujednačenog izgleda. Od dobijene kaše formirana su četiri uzorka, svaki zapremine 700 ml. Uzorak broj jedan analiziran je kao čista kaša. Uzorak broj dva konzervisan je natrijum benzoatom. Uzorci tri i četiri zagrevani su na grejnoj ploči sa mogućnošću regulacije temperature. Posuda sa uzorkom se nalazila u vodenom kupatilu i uzorak je ručno mešan. Za kontrolu temperature korišćena je temperaturna sonda viskozimetra Myr V2-R. Nakon postizanja željene temperature za uzorak tri 50 °C, a za uzorak četiri 90 °C, uzorci su grejani još 5 minuta na tim temperaturama. Prvi uzorak je obrađen je odmah na viskozimetru Myr V2-R. Uzorci su skladišteni na sobnoj temperaturi.



Slika 2. Analizator vlažnosti proizvođača „Kern and Sohn”, model MLB50-3N

Svim uzorcima je određena vlažnost na analizatoru vlažnosti proizvođača „Kern and Sohn”, model MLB50-3N (Slika 2.). Pre početka merenja vlažnosti prazna tacna se postavi u uređaj i zatim se uređaj tarira, ako je postupak dobro urađen na ekranu će se pojaviti 0. Zatim se tacna izvadi i na nju se nanese tanak ujednačen sloj kaše jagode. Kada se tako pripravljena tacna sa uzorkom kaše vrati u uređaj, na ekranu se može očitati masa uzorka u gramima. Uzorci su uglavnom težine do 4 g, suše se na 120 °C i vreme sušenja je oko 30 minuta. Za svaki pojedinačni uzorak je urađeno tri merenja vlažnosti.

U tabeli (Tabela 1) dat je pregled uzoraka i temperatura na kojima su rađena merenja prividne viskoznosti. Zbog tehničkih poteškoća merenja u poljima tabele označena sa “-“ nisu rađena. Merenja prividne viskoznosti kaše jagode vršena su na rotacionom viskozimetru Myr, model V2-R (Slika 3.).

Tabela 1. Pregled vrste uzoraka i temperatura na kojima su rađena merenja

R.br.	Vrsta uzorka	20°C	30°C	40°C
1.	Čista kaša	√	-	-
2.	Kaša konzervisana natrijum benzoatom	√	√	√
3.	Kaša zagrevana 5 minuta na 50 °C	√	-	-
4.	Kaša zagrevana 5 minuta na 90 °C	√	√	-

Prema uputstvu proizvođača [3], rotacioni viskozimetar Myr V2-R je viskozimetar za brzo određivanje viskoznosti po standardu ISO 2555 i drugim ASTM propisima. Instrument izvodi precizno digitalno torziono merenje. Uređaj je povezan preko R 232 sa računarom, koji preko programskog paketa Viscosoft Plus omogućava upravljanje radom viskozimetra i sakupljanje podataka dobijenih merenjem.



Slika 3. Rotacioni viskozimetar Myr, model V2-R

Spoljašnji uslovi koje zahteva uređaj su: temperatura prostorije u kojoj se vrši merenje 10÷40°C i relativna vlažnost u prostoriji < 80%, što je i bilo ispunjeno. Temperatura prostorije je bila u rasponu od 20°÷30°C u zavisnosti od temperature uzorka.

Parametri vidljivi na ekranu viskozimetra, preko kojih se prati rad uređaja su:

- odabrane postavke uređaja:
 - o brzina smicanja - oznaka r.p.m.
 - o odabrani cilindar - oznaka R-
 - o opseg viskoznosti - oznaka [mPas]
- vrednosti promenljivih parametara tokom procesa merenja
 - o dinamičke viskoznosti - oznaka [mPas]
 - o signala u % skale – oznaka [%]
 - o temperatura uzorka [°C].

Tip R viskozimetra snabdeven je sa šest različitih cilindara: R2, R3, R4, R5, R6 i R7 prema karakteristikama

instrumenta, dok god je on u dobrom stanju. Cilindri su napravljeni veoma precizno, da osiguraju tačna merenja.

Kombinacija šest različitih cilindara i devetnaest različitih brzina smicanja daje širok spektar mogućnosti merenja 114 mogućih kombinacija za srednje i visoko viskozne fluide.

Princip rada viskozimetra je isti kao i kod drugih obrtnih viskozimetara. Cilindar je potopljen u uzorak čije se karakteristike mere, meri se sila potrebna da se savlada otpor rotaciji ili tečenju. Opruga povezuje vratilo motora koje se obrće odabranom brzinom i cilindar. Ugao devijacije vratila u odnosu na mernu oprugu se meri elektronski i dobija se vrednost torzije (uvijanja). Vrednost torzionog momenta izmerena viskozimetrom zasniva se na brzini obrtanja i geometriji cilindra, rezultat je očitavanje vrednosti dinamičke viskoznosti u mPas ili cP (centi Poas).

Cilindri koji su većeg prečnika (oblik diska) moraju se pažljivo uroniti u uzorak, da ne bi došlo do formiranja vazdušnih mehurića na donjoj površini cilindra. Cilindar se uranja u uzorak do tačke uranjanja, žljeb na vratilu cilindra. U toku rada zaštitna stopa instrumenta ne sme dodirivati posudu u kojoj se nalazi uzorak, da ne bi došlo do remećenja vertikalnog uravnoteženja viskozimetra.

Prilikom rada na uređaju pre početka definisanja procesa vršena su probna merenja sa maksimalnim i minimalnim brzinama obrtanja za odabrani cilindar da bi se dobili podaci o signalu u tim oblastima. Ukoliko je signal za brzine manje od 0,6 o/min oko 10 %, a za brzine bliže maksimalnoj brzini manji od 90 %, može se očekivati petnaest do devetnaest mernih tačaka. Za svaki uzorak na određenoj temperaturi snimane su dve reološke krive: jedna sa povećanjem brzine smicanja, a druga sa smanjenjem brzine smicanja. Za brzine smicanja u opsegu od 0,3 o/min do 1,5 o/min snimano je 200 tačaka u toku 200 s, a za brzine smicanja od 2 o/min do 200 o/min snimano je 100 tačaka u toku 100 s. Po završetku svakog procesa rezultati su sačuvani kao Excel datoteka. Za svaki merni proces očitano je od 100 do 200 mernih tačaka.

Radi određivanja vremenske zavisnosti merene su reološke krive kaše jagode na sobnoj temperaturi 20°C rotacionim viskozimetrom Myr, model V2-R u trajanju 5 h u 60 mernih tačaka. Merenja su ponavljana pri konstantnim brzinama smicanja od 60 o/min, 20 o/min i 6 o/min.

Potrebno je naglasiti da ukoliko se ispitivani fluid ponaša kao njutnovski fluid izmerena viskoznost je dinamička viskoznost, pošto je kalibracija viskozimetra izvršena od strane proizvođača njutnovskim fluidom. Ukoliko je ispitivani fluid nenjutnovski fluid izmerene su vrednosti prividne viskoznosti.

4. REZULTATI

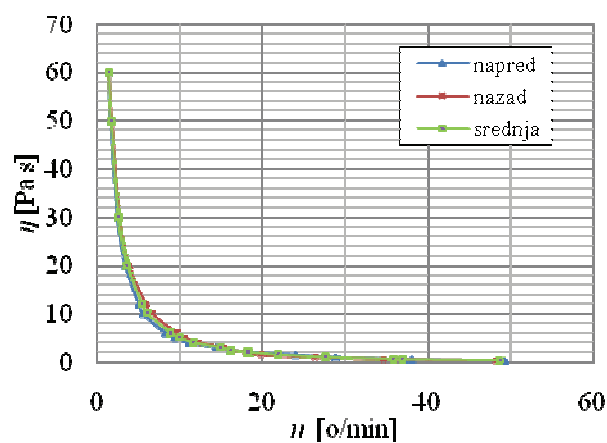
U tabeli (Tabela 2.) dat je pregled rezultata merenja relativne vlažnosti uzoraka kaše jagode na uređaju analizator vlažnosti „Kern and Sohn”, model MLB50-3N. Uzorci 3 i 4 koji su zagrevani pokazuju manji procenat

apsolutne vlažnosti u odnosu na uzorke 1 i 2 koji nisu bili izloženi uticaju toplote. Uzorcima opada vlažnost sa povećanjem temperature zagrevanja.

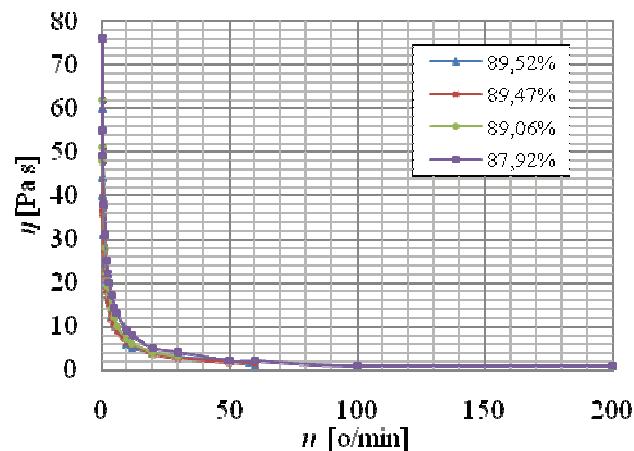
Tabela 2. Apsolutne vlažnosti uzoraka kaše jagode Sengane

R.br.	Vrsta uzorka	Apsolutna vlažnost [%]
1.	Čista kaša	89,52
2.	Kaša konzervisana natrijum benzoatom	89,47
3.	Kaša zagrevana 5 minuta na 50 °C	89,06
4.	Kaša zagrevana 5 minuta na 90 °C	87,92

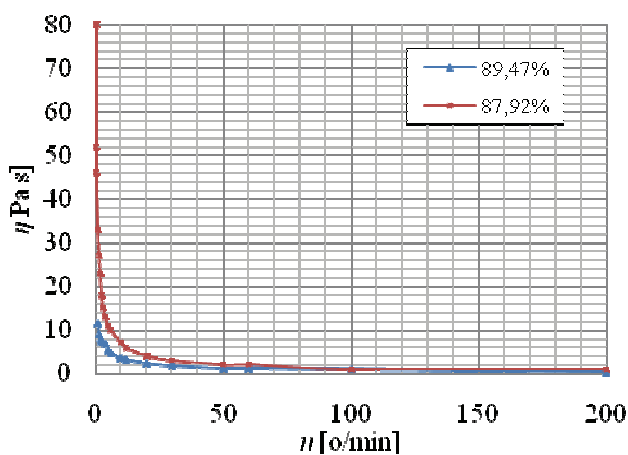
Pri analizi rezultata merenja reoloških krivih uočena je pojava histerezisne petlje (Slika 5.). Merenja su rađena po proceduri prvo napred pa nazad, povećanjem brzine smicanja odnosno smanjenjem. Rezultati merenja za sve reološke krive prikazani su kao srednje vrednosti merenja sa povećanjem i smanjenjem brzine smicanja.



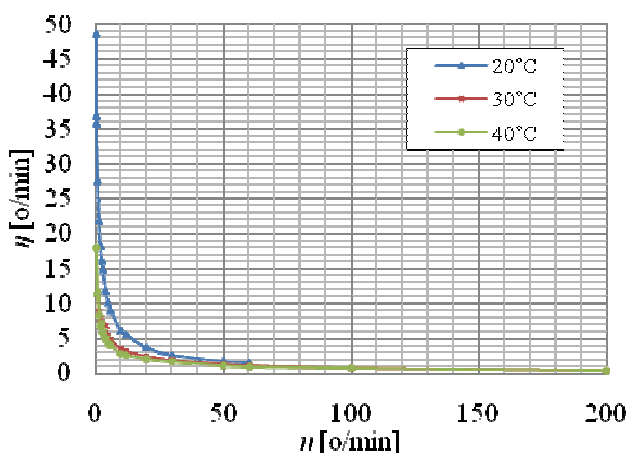
Slika 4. Zavisnost prividne viskoznosti kaše jagode vlažnosti 89,47 % i temperature 20°C od brzine smicanja



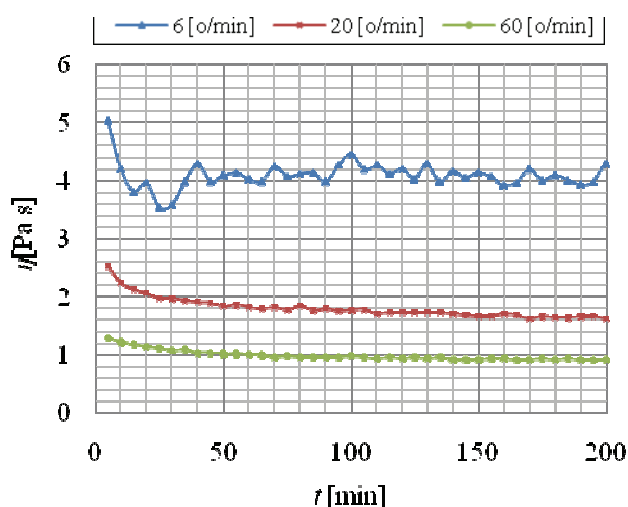
Slika 5. Zavisnost prividne viskoznosti kaše jagode vlažnosti 89,52 %, 89,47 %, 89,06 % i 87,92 % od brzine smicanja pri temperaturi kaše 20°C



Slika 6. Zavisnost prividne viskoznosti kaše jagode vlažnosti 89,47 % i 87,92 % od brzine smicanja pri temperaturi 30°C



Slika 7. Zavisnost prividne viskoznosti kaše jagode vlažnosti 89,47 % od brzine smicanja pri temperaturama 20°C, 30°C i 40°C



Slika 8. Vremenska zavisnost prividne viskoznosti kaše jagode vlažnosti 89,47 % i temperature 20°C

Na slikama 6 i 7 uočeno je da se kaša jagode svih razmatranih vlažnosti i na obe razmatrane temperature (20 °C i 30 °C) ponaša kao nenjutnovski pseudoplastični fluid, kod koga se prividna viskoznost smanjuje sa porastom brzine smicanja. Uočeno je i da prividna viskoznost opada sa povećanjem vlažnosti kaše.

Na slici 8 uočeno je da prividna viskoznost kaše opada sa povećanjem temperature.

Na slici 9 prikazana je vremenska zavisnost prividne viskoznosti kaše jagode vlažnosti 89,47 % i temperature 20 °C, za različite vrednosti brzine smicanja 6 o/min, 20 o/min i 60 o/min. Uočava se da su promene vrednosti prividne viskoznosti tokom perioda od 5 sati, male, gotovo nezatne. Ne postoji značajna tendencija promene prividne viskoznosti tokom vremena, te se može smatrati da je kaša jagode nenjutnovski, vremenski nezavisni fluid.

5. ZAKLJUČAK

U okviru istraživanja došlo se do sledećih zaključaka:

- zagrevanje kaše prilikom pripreme utiče na relativnu vlažnost kaše jagode, vlažnost opada sa povećanjem temperature,
- izborom adekvatnog cilindra i brzine smicanja dobijaju se glatke reološke krive sa malim histerezisom,
- kaša jagode ponaša se kao nenjutnovski pseudoplastični fluid, kod koga se prividna viskoznost smanjuje sa porastom brzine smicanja,
- prividna viskoznost opada sa povećanjem vlažnosti kaše,
- prividna viskoznost opada sa porastom temperature kaše i
- kaša jagode se ponaša kao nenjutnovski, vremenski nezavisni fluid.

6. LITERATURA

- [1] F. Balestra, E. Cocci, G. Marsilio, M. Dalla Rosa, "Physico-chemical and rheological changes of fruit purees during storage", *Procedia Food Science*, pp. 576-582, 2011.
- [2] S. Sahin, S.G. Sumnu, "Rheological Properties of Foods", Pogl.2 u *Physical Properties of Foods*, Food Science Text Series, pp. 45-48, 2006.
- [3] Myr Rotational Viskometer, uputstvo proizvođača Viscotech Hispania, 2006.

Kratka biografija:



Ksenija Jocić rođena je u Staroj Pazovi 1972. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mašinstvo, energetska i procesna tehnika odbranila je 2012. god.

ISTRAŽIVANJE MOGUĆNOSTI RAZVOJA NOVOG REŠENJA TEHNOLOŠKOG PROCESA IZRADE KUĆIŠTA VENTILA**RESEARCH OF DEVELOPMENT POSSIBILITIES FOR NEW SOLUTION OF TECHNICAL PROCES OF VALVE BODY PRODUCTION**

Miodrag Antić, Velimir Todić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – MAŠINSTVO

Kratak sadržaj – Predmet istraživanja ovog rada se odnosi na istraživanje mogućnosti razvoja novog rešenja tehnološkog procesa izrade kućišta ventila kao i na granice primene mogućih tehnoloških rešenja. Akcentat je dat na konceptualnom i mikro projektovanju tehnoloških procesa. Opisani su i tehnološki aspekti primene Pro/NC modula programskog sistema Pro/E.

Abstract – The subject of this research is related to researching possibilities for new solution developing of process plan of valve body production and the application limits of the possible process plans. The accent is based on conceptual and micro process planings. Technological aspects of Pro/NC module application, which is part of Pro/E, is also described.

Ključne reči: Tehnološki proces, Kućište ventila, Pro/E

1. UVOD

Ranije je proizvodnja inicirala potrošnju, dok je u današnjim uslovima prisutna suprotna tendencija, u smislu kako zadovoljiti sve veće zahteve za različitim proizvodima koje postavlja tržište. Savremena tržišno orjentisana proizvodnja diktira sve strožije kriterijume u pogledu odnosa kvaliteta i cene proizvoda, uz kraće vreme izrade i isporuke proizvoda. Zbog toga mnoge kompanije teže ka uvođenju i CAD/CAM sistema u procese projektovanja proizvoda kao i pri projektovanju tehnoloških procesa, radi povećanja proizvodnosti i smanjenja troškova obrade [2].

Cilj ovog rada se odnosi na projektovanje optimalnog tehnološkog procesa izrade jednog proizvoda iz programa proizvodnje firme UNIMET d.o.o. sa sedištem u Kaču. Metode koje su korišćene u radu su analiza, sinteza i informacione tehnologije.

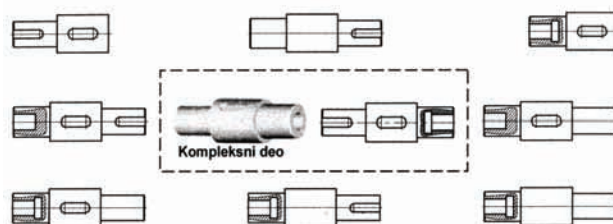
2. SISTEMI PROJEKTOVANJA TEHNOLOŠKIH PROCESA

U savremenim proizvodnim sistemima, tehnološka priprema proizvodnje se mora zasnivati na primeni savremenih sistema projektovanja tehnoloških procesa, koji se baziraju na naučnim prilazima i informacionim tehnologijama. Postoje tri različita sistema projektovanja tehnoloških procesa, odnosno tri različita koncepta:

- Sistem individualnog projektovanja,
- Projektovanje na principima grupne tehnologije i
- Projektovanje na principima tipske tehnologije.

Individualni tehnološki proces se projektuje i primenjuje za izradu samo jednog određenog dela, prema njegovom crtežu, veličini serije, raspoloživim resursima i drugim tehničkim uslovima koji su na raspolaganju projektantima u proizvodnom sistemu.

Grupni tehnološki proces ili grupna operacija izrade, projektuje se i realizuje u proizvodnji, za formiranu tehnološku grupu delova, odnosno operacijske grupe, za čiju obradu su potrebni obradni sistemi istog tipa, zajednički pribori, alati i merila, uz jednu njihovu osnovnu pripremu. Da bi se po grupnom konceptu mogli obrađivati svi delovi iz jedne grupe, grupni tehnološki ili grupna operacija mora obuhvatiti sve operacije i/ili zahvate, kojima će se obraditi sve površine delova iz grupe. Zbog toga se projektovanje grupnog tehnološkog procesa vrši za predstavnika grupe koji se naziva kompleksan deo. Kompleksni deo treba da sadrži sve geometrijske elemente ili tipske oblike delova iz grupe, tako da projektovani tehnološki proces za njega može da se primeni za izradu bilo kog dela iz grupe. Na slici 1 dat je primer operacijske grupe.



Slika 1. Primer operacijske grupe i kompleksnog dela [3]

Tipski tehnološki procesi su definisani tehnološkim procesom čija je karakteristika jedinstvo tehnoloških procesa, odnosno zajednički sadržaj i redosled većine operacija i zahvata obrade, za delove sa zajedničkim konstrukcionim karakteristikama koji pripadaju istom tipu [5].

U proizvodnim sistemima gde se proizvode veće količine proizvoda koji se mogu sistematizovati i grupisati u istu grupu tipskih delova, projektovanje tipskih tehnoloških procesa je skoro neophodno jer omogućuje primenu najprogresivnijih načina obrade, čime se osigurava visoka proizvodnost i najpovoljnije iskorišćenje raspoložive tehnološke opreme, odnosno proizvodnih resursa u celini.

NAPOMENA:

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

3. OSNOVE PROJEKTOVANJA TEHNOLOŠKIH PROCESA

Projektovanje tehnoloških procesa obrade obuhvata transformaciju polaznog materijala ili priprema u gotov deo, uz potrebnu promenu njegovog: oblika, dimenzija, estetskog izgleda, unutrašnjih svojstava materijala obratka i kontolu obrade [4]. Osnovne elemente tehnološkog procesa obrade čine:

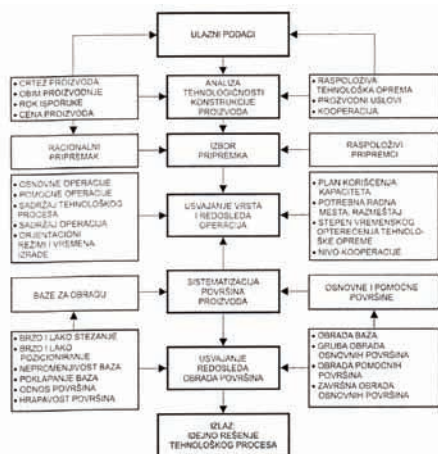
- Sadržaj tehnološkog procesa,
- Operacije, odnosno podoperacije,
- Zahvati,
- Prolazi i
- Pokreti.

3.1 Konceptualno projektovanje tehnoloških procesa

Da bi se projektovao kvalitetan tehnološki proces, odnosno da bi doneo kvalitetne odluke, projektant tehnoloških procesa, odnosno tehnolog treba da poseduje određena znanja ili sposobnosti [1].

- Sposobnost analize tehnološkičnosti proizvoda,
- Potrebna znanja o obradnim procesima,
- Potrebna znanja za izbor priprema,
- Znanje o obradnim i tehnološkim sistemima,
- Znanje o reznim alatima, priborima i mernim sistemima,
- Potrebna znanja za definisanje parametara obrade,
- Potrebna znanja za definisanje vremena i troškova obrade,
- Poznavanje metoda i tehnika tehnoekonomske optimizacije,
- Poznavanje procesa proizvodnje i iskustvo u radu, itd.

Na slici 2 prikazan je osnovni tok projektovanja idejnog rešenja tehnološkog procesa.



Slika 2. Osnovni tok projektovanja rešenja tehnološkog procesa [7]

3.2 Mikro projektovanje tehnoloških procesa

Na osnovu sadržaja tehnološkog procesa obrade i karti operacija prelazi se na detaljnu razradu svih zahvata i njihovu optimizaciju, što se naziva mikro projektovanje tehnoloških procesa.

Kao što je prethodno navedeno, projektovanje tehnoloških procesa je kompleksan i odgovoran posao koji zahteva poznavanje savremenih metoda obrade, obradnih i tehnoloških sistema, alata, pribora i merila, određivanje parametara obrade, kao i metoda optimizacije tehnoloških procesa izrade proizvoda.

Mikro projektovanje tehnoloških procesa zahteva niz aktivnosti koje treba izvršiti, a to su:

- Izbor pribora,
- Izbor alata,
- Način kretanja (putanje) alata,
- Izbor režima obrade i
- Izrada upravljačkog programa.

4. TEHNOLOŠKI ASPEKTI PRIMENE Pro/NC MODULA PROGRAMSKOG SISTEMA Pro/E ZA PROJEKTOVANJE TEHNOLOŠKIH PROCESA

Upravljanje CNC mašinama, odnosno formiranje izvršnih datoteka, jedan je od praktičnih ciljeva rada u Pro/E-u. Lanac interaktivno povezanih modula, od 3D modela, preko alata za analizu, simulaciju i ispitivanje modela, logički se završava formiranjem izvršnog programskog koda za upravljane CNC mašinama. Pro/NC modul je jedan od modula Pro/E-a koji omogućuje interaktivno projektovanje tehnoloških procesa obrade uz pomoć računara. Tačnije u Pro/NC modulu se projektuju operacije obrade na svim potrebnim zahvatima u okviru njih [6].

Na pitanje izbora vrsta i redosleda operacija Pro/NC modul nudi ukupno četiri moguće operacije obrade, a to su:

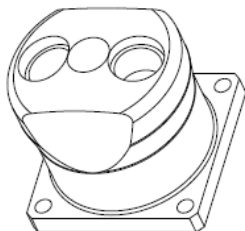
- 2,5, 3, 4 i 5-osno glodanje sa bušenjem,
- 2 i 4-osno struganje sa bušenjem,
- Glodanje, struganje i bušenje na obradnim centrima i
- 2 i 4-osnu elektroerozivnu obradu žicom.

Struktura definisanja (.mfg) modela naziva se **Manufacturing Proces** i može se definisati u četiri faze:

- Faza definisanja modela obrade,
- Faza izbora i podešavanja karakteristike mašine (**Workcells**), tipova i geometrije alata (**opcija Tools**), oblika steznog pribora (**opcija Fixtures**) i opštih referentnih geometrijskih parametara, nule radnog koordinatnog sistema (**Machine Zero**) i ravni izvlačenja alata za sledeći zahvat (**Retract Surface**),
- Faza definisanja zahvata (**Sequences**) izabranom logikom i redosledom, na osnovu ponuđenih opcija, udruženih u grupu na nivou „jednog stezanja“, odnosno postprocesiranje prema izabranom tipu upravljačke jedinice konkretne mašine, tj. formiranje izvršne upravljačke datoteke,
- Faza simulacije kretanja alata, odnosno analiza definisanih putanja, broja prolaza, pozicija izvlačenja alata, ulazne i izlazne putanje iz radnog hoda i drugo.

5. PROJEKTOVANJE TEHNOLOŠKOG PROCESA IZRADA KUĆIŠTA VENTILA

Tehnološki proces izrade kućišta ventila, slika 3, projektovan je u uslovima preduzeća UNIMET d.o.o. za slučaj kada je pripremak šipka kružnog poprečnog preseka $\varnothing 184 \times 4000$ mm, za obim proizvodnje od 30 kom/god.



Slika 3. 3D model kućišta ventila

Rešenje ovog tehnološkog procesa izrade detaljno je prikazano u master radu.

5.1 Unapređenje tehnološkog procesa izrade kućišta ventila

Za određivanje novog rešenja tehnološkog procesa izrade neophodno je analizirati efekte primene različitih pripremak, na osnovu čega se može odrediti najpovoljnije rešenje tehnološkog procesa izrade.

Na osnovu crteža kućišta ventila i usvojenih dodataka za obradu, izabrane su tri vrste pripremake:

- Šipka i
 - kružnog poprečnog preseka
 - kvadratnog poprečnog preseka
- Odlivak u pesku.

Da bi se odredila najpovoljnija vrsta pripremake potrebno je odrediti njegovu cenu i troškove obrade rezanjem.

Sadržaj tehnološkog procesa izrade kućišta ventila za slučaj kada je pripremak kvadratna šipka prikazan je na slici 4, a za slučaj kada je pripremak odlivak, na slici 5.

Bir. op.	Naziv operacije	Skica i opis operacije
10	ODREĐIVANJE NA DUŽINU	
20	STRUGANJE DESNE STRANE	<ul style="list-style-type: none"> - Poravnati čelo - Grubo strugati spolja - Završno strugati spolja

Slika 4. Sadržaj tehnološkog procesa za slučaj kada je pripremak šipka

Bir. op.	Naziv operacije	Skica i opis operacije
30	STRUGANJE, BUŠENJE I GLOĐANJE LEVE STRANE	<ul style="list-style-type: none"> - Poravnati čelo - Zav. str. spolja - Bušiti rupu - Poravnati rupu - Grubo strugati unutra - Zav. strugati unutra - Zabušiti četiri otvora - Bušiti četiri otvora - Glođati kvadratni vance po obimu
40	KONTROLA	Kontrolisati dimenzije prema crtežu
50	GLOĐANJE I BUŠENJE DESNE STRANE	<ul style="list-style-type: none"> - Glođati dva otvora sa upustima - Završno bušiti dva otvora sa upustima - Glođati dva unutrašnja čela - Glođati spolja pod uglom
60	KONTROLA	Kontrolisati dimenzije prema crtežu

Slika 4. Sadržaj tehnološkog procesa za slučaj kada je pripremak šipka (nastavak)

Bir. op.	Naziv operacije	Skica i opis operacije
10	STRUGANJE DESNE STRANE	<ul style="list-style-type: none"> - Poravnati čelo - Završno strugati spolja
20	STRUGANJE, BUŠENJE I GLOĐANJE LEVE STRANE	<ul style="list-style-type: none"> - Poravnati čelo - Završno strugati spolja - Završno strugati unutra - Glođati kvadratni vance po obimu - Zabušiti četiri rupu - Bušiti četiri otvora
30	KONTROLA	Kontrolisati dimenzije prema crtežu
40	GLOĐANJE I BUŠENJE DESNE STRANE	<ul style="list-style-type: none"> - Glođanje dva otvora sa upustima - Završno bušiti dva otvora sa upustima - Glođati dva unutrašnja čela - Glođati spolja pod uglom
50	KONTROLA	Kontrolisati dimenzije prema crtežu

Slika 5. Sadržaj tehnološkog procesa za slučaj kada je pripremak odlivak

5.2 Određivanje granice primenljivosti izabranih varijanti pripremake

Pošto su usvojene dve varijante pripremake, granica primenljivosti varijanti tehnoloških rešenja će se odrediti na osnovu troškova. U granici primenljivosti tehnoloških rešenja, troškovi jednostruke tehnološke pripreme su

približno jednaki za oba slučaja. Zbog toga se oni neće koristiti u proračunima.

Za šipku kvadratnog poprečnog preseka ukupni troškovi iznose:

$$U_I = (Uk_1)_I + (Uk_2)_I + (Uk_3)_I + Cp_I \quad (1)$$

gde su:

U_I - ukupni troškovi,

$(Uk_1)_I$ - troškovi vezani za operaciju koje se izvode na trakastoj testeri kada je pripremak šipka,

$(Uk_2)_I$ - troškovi vezani za operacije koje se izvode na obradnom centru za stuganje kada je pripremak šipka,

$(Uk_3)_I$ - troškovi vezani za operaciju koja se vrši na obradnom centru za glodanje kada je pripremak šipka i

Cp_I - cena priprema odsečenog iz šipke.

Za odlivak u pesku ukupni troškovi iznose:

$$U_{II} = (Uk_1)_{II} + (Uk_2)_{II} + Cp_{II} + \frac{CA}{Q} \quad (2)$$

gde su:

U_{II} - ukupni troškovi,

$(Uk_1)_{II}$ - troškovi vezani za operacije koje se izvode na obradnom centru za stuganje kada je pripremak odlivak,

$(Uk_2)_{II}$ - troškovi vezani za operaciju koja se vrši na obradnom centru za glodanje kada je pripremak odlivak,

Cp_{II} - cena odlivka,

CA - cena drvenog modela za kalupovanje i

Q - granična veličina obima proizvodnje.

Da bi se dobila granica primenljivosti varijanti tehnoloških rešenja potrebno je izjednačiti troškove za obe varijante priprema:

$$U_I = U_{II} \quad (3)$$

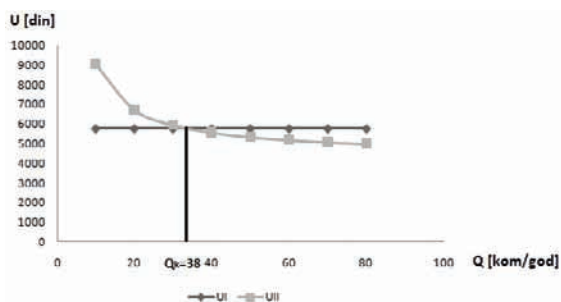
iz toga proizilazi da je granična veličina obima proizvodnje:

$$Q = \frac{CA}{(Uk_1 + Uk_2 + Uk_3 + Cp)_I - (Uk_1 + Uk_2 + Cp)_{II}} [kom] \quad (4)$$

$$Q = \frac{46000}{(153 + 929 + 1608 + 2923) - (574.6 + 1608 + 2224)}$$

$$Q = 38.13 [kom]$$

Iz toga proizilazi da je granična veličina obima proizvodnje $Q_k = 38$ kom, a to znači da ako broj komada u seriji bude ispod 38 pripremak je šipka i obrnuto. Na slici 6 prikazana je granica posmatranih varijanti tehnoloških rešenja za kućište ventila.



Slika 6. Granica primenljivosti varijanti tehnoloških rešenja za kućište ventila

Za zadatu godišnju količinu proizvodnje kućišta ventila, $Q=30$ kom/god usvojen je pripremak od šipke kvadratnog poprečnog preseka jer je $Q < 38$ kom. i projektovan je detaljan tehnološki proces izrade.

6. ZAKLJUČAK

Savremeni zahtevi tržišta nameću stalnu potrebu uvođenja novih metoda i prilaza u projektovanju tehnoloških procesa izrade proizvoda.

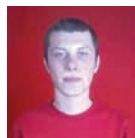
Brze promene na tržištu i stalni porast konkurencije nameću potrebu unapređenja i razvoja postojećih tehnoloških procesa izrade proizvoda, koje karakterišu konkurentne cene, kratki rokovi isporuke i stalno povećanje kvaliteta.

Iz određivanja granice primenljivosti izabranih varijanti priprema se vidi da je granični obim proizvodnje za izradu kućišta ventila 38 kom., što znači da se tehnologija livenja konkurentna za obim proizvodnje veći od 38 kom/god.

7. LITERATURA

- [1] Chang, T-C., Wysk, R.A., Wang, H-P., "Computer-aided manufacturing", 2nd edition, New York, Prentice Hall Inc., 1998.
- [2] Lukić, D., "Razvoj sistema za automatizovano projektovanje tehnoloških procesa izrade alata za brizganje plastike", Magistarska teza, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2007.
- [3] Lukić, D., Todić V., Milošević, M., "Jedan prilaz automatizaciji projektovanja proizvoda i tehnoloških procesa primenom Pro/E", 7. Međunarodno savetovanje o dostignućima elektro i mašinske industrije DEMI, Zbornik radova, str. 237-242., Mašinski fakultet, Banja Luka, Bosna i Hercegovina, 2005.
- [4] Matalin, A.A., "Tehnologija mašinstrojenja", Mašinstrojenje, Lenjingrad, 1986.
- [5] Mitrofanov, P. S., "Naučnaja organizacija mašinstroiteljnoga proizvodstva", Mašinstrojenje, Lenjingrad, 1976.
- [6] Ogrizović, M., "Upravljanje CNC mašinama iz Pro/ENGINEER-a Wildfire", Kompijuter Biblioteka, Čačak, 2007.
- [7] Todić, V., "Projektovanje tehnoloških procesa", Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2008.

Kratka biografija:



Miodrag Antić, rođen je u Vinkovcima 1988 godine, Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mašinstvo-Računarom podržane tehnologije odbranio je 2012 godine.



Velimir Todić, dipl. mašinski inženjer, doktorirao je 1987 godine, a od 1998 je u zvanju redovni profesor. Oblasť interesovanja su Tehnološki procesi, Tehnoekonomska optimizacija i Virtuelno projektovanje.

VRELOVODNI KOTAO SA CIKLONSKIM PREDLOŽIŠTEM 18 MW ZA GRIJANJE GRADA SREMSKA MITROVICA**HOT WATER BOILER WITH CYCLONE PRE-FURNACE 18 MW FOR DISTRICT HEATING OF SREMSKA MITROVICA TOWN**

Dordije Doder, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – MAŠINSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu se govori o osnovama sagorijevanja u ciklonskim predložoštima, kao i o problematici njihove eksploatacije uopšte, s posebnim osvrtom na sagorijevanje biomase. Detaljnije je opisan proces sagorijevanja suncokretove ljuske u vrelovodnom kotlu 18 MW TE-TO Sremska Mitrovica.

Abstract – In this paper talking about fundamentals of cyclone furnace combustion, and also about exploitation issues generally, with special focus on biomass combustion. Process of combustion of the sunflower husk in hot water boiler 18 MW Sremska Mitrovica is more detailed described.

Ključne reči: Ljuska suncokreta, biomasa, ciklonsko ložište, vrelovodni kotao

1. UVOD

Stalan rast energetskih potreba, kao i potreba za energijom iz ekološki prihvatljivih resursa, podstakli su i sve obimniju primjenu raznih vrsta biomasa. Kao jedan od najdostupnijih i za ove prostore jedan od najrasprostranjenijih resursa je biomasa iz ostataka poljoprivredne proizvodnje. Svaka vrsta biomase ima svoje specifičnosti, a postrojenja za njihovo korišćenje su vrlo raznovrsna i u stalnom razvoju.

U radu je opisan sistem sagorijevanja suncokretove ljuske u ciklonskom predložištu koji je primenjen u [1]. Ovo gorivo kod nas još uvijek nema formiranu tržišnu vrijednost, međutim u Vojvodini predstavlja značajan resurs (uljare). Sa druge strane, specifičnosti sagorevanja ovog goriva u vrtložnim ložištima nose sa sobom brojne nerasčišćene nedoumice.

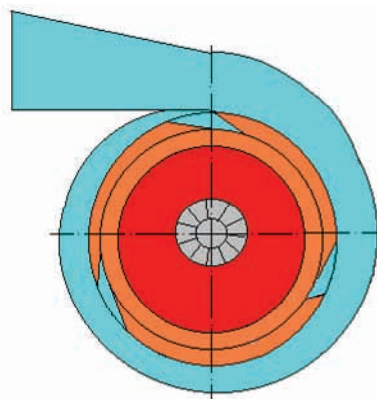
2. SAGORIJEVANJE USITNJENOG GORIVA U VRTLOGU

Karakterističan oblik ciklonskog ložišta je cilindrična komora. Osnovni vazduh koji generiše vrtlog, uvodi se kroz tangencijalno raspoređene mlaznice po obodu omotača (slika 1.) sa vrlo velikim brzinama koje dostižu i do 200 m/s [2]

Usitnjeno gorivo se ubacuje sa tzv primarnim vazduhom (u osu ili tangencijalno), koji ovde ima funkciju transportnog vazduha, a njegova količina predstavlja 10 – 15% od ukupne količine vazduha koji se ubacuje.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio prof. dr Ivan Pešenjanski.



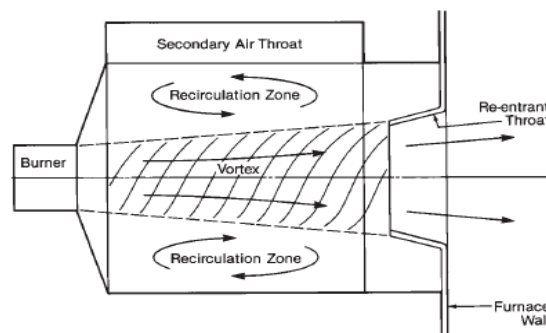
Slika 1: Čeoni pogled i presek ložišnog prostora [3]

Prisustvo usijanog ozida i/ili prethodno stvoreno jezgro plamena izaziva palenje smeše koja se ubacuje.

Formiranjem vrlo intenzivnog vrtloga dobija se polje strujanja koje veoma ubrzava sagorijevanje. Efekat vrtloga manifestuje se osim intenzivnom turbulencijom koja značajno poboljšava mješanje goriva i oksidansa, intenzivnom kinetičkom energijom u zavojnoj putanji baca čvrste čestice goriva i čvrsti ostatak pirolitičke reakcije ka unutrašnjoj površini ciklona, gdje (u graničnom pojasu, ili prilepljene na zidu) dovršavaju sagorijevanje.

Kod naprednijih konstrukcija uvodi se i tercijarni vazduh u osu ciklona sa čela neposredno u centar (oko). On pomaže da se stabilizuje vakuum u vrtlogu, koji indirektno pozicionira glavne zone sagorijevanja po prstenu bliže zidu (recirkulacione zone), što takođe stabilizuje temperaturski režim.

Na slici 2 prikazane su zone recirkulacije i vrtloga.



Slika 2: Recirkulacija i vrtlog u ciklonskom ložištu [1]

Teorija procesa u ciklonu je vrlo složena čak i sa današnjim stanjem nauke i tehnike i nije tema ovog rada.

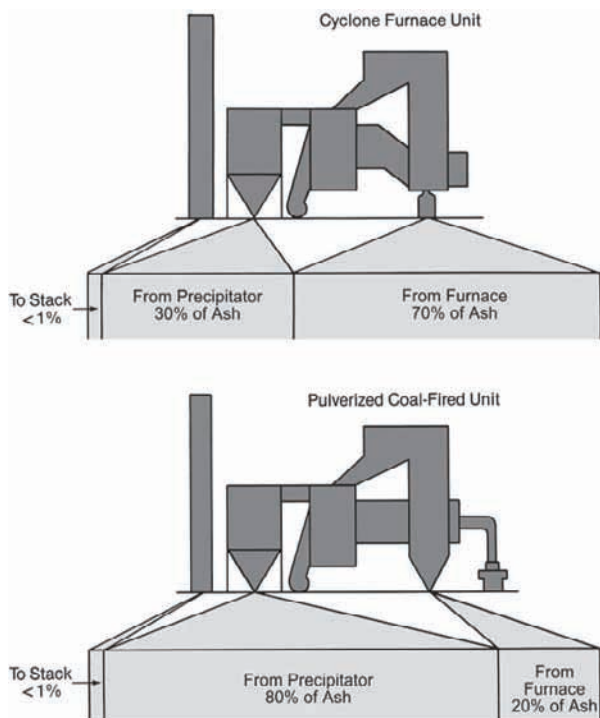
Praksa je u mnogome bazirana na pretpostavkama i relativno značajnim uprošćenjima koje se izlažu na pr. u [4]. Teorijski koncept formiran na osnovu sličnosti sa izotermkim vizuelizacijama daje se u [5].

3. TEHNIČKA OPREMA CIKLONSKIH LOŽIŠTA

Ciklonska ložišta počela su se razvijati s početka prošlog vijeka, a u širu upotrebu ulaze iza 1940-ih (B&W, [2]). Razvijana su sa ciljem da se omogući vezivanje i izdvajanje pepela u ložištu pri sagorevanju usitnjenog uglja u prostoru. Kod nekih vrsta ugljeva pepeo ima nisku temperaturu topljenja i prilikom dospjeća u konvektivne pakete uzrokuje zašljakivanje i začepljenje protočnih preseka. Ciklonska ložišta rešavaju ovaj problem realizacijom temperatura viših od tačke topljenja pepela (tečni režim) čime se pepeo vezuje u ciklonskom predložištu i gravitacionim putem sliva u sabirnu kupku.

Globalno posmatrajući ciklonski sistemi su prvobitno projektovani da bi se postigli sledeći ciljevi:

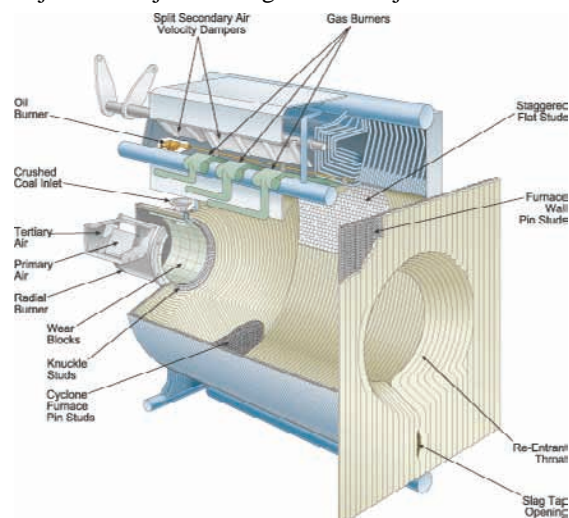
1. niži kapitalni i operativni troškovi pripreme goriva (samo sjeckalica ili drobilica - za razliku od sagorijevanja u prostoru koje zahtjeva krupne i snažne mlinove i fino usitnjeno gorivo),
2. manji gabariti ložišta i
3. manja količina iznošenja letećeg pepela iz ložišta i time manje prljanje konvektivnih kanala (od 15 do 30% pepela goriva odlazi u konvektivne prolaze, umjesto i više od 80 % kao pri klasičnom sagorijevanju u prostoru – slika 3.)



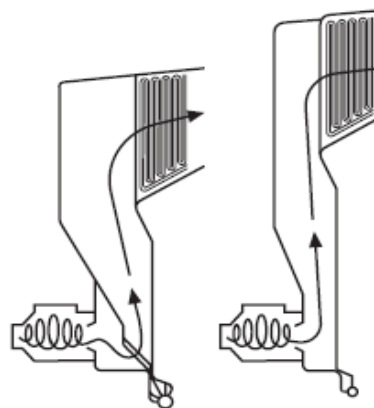
Slika 3: Struktura deponovanja pepela kod postrojenja sa ciklonom (gore) i sagorevanja u prostoru (dole).

Bitno je istaći to da se prilikom korišćenja termina ciklonsko ložište u stvari podrazumijeva predložište. U tom kontekstu glavno ložište služi kao rashladna komora. Takođe, često se koriste i nazivi "sagorijevanje u intenzivnom vrtlogu" ili "torziona ložište prema zavojnom obliku strujnice".

Ciklonsko ložište prema B&W [2] sastoji se od horizontalne cilindrične konstrukcije (oblik bačve) koja se montira na bočnu stranu osnovnog ložišta. Konstrukcija se izvodi sa vodom hlađenim cijevima (obično niskopritisna omekšana voda). Za razliku od klasičnih ekranskih zidova ložišta ovdje cijevi služe za hlađenje konstrukcije koja nosi vatrostalni ozid. Na površinu cijevi unutar ciklona zavaruju se kratki pin-držači/stubići u veoma gustom rasporedu. Između stubića nanosi se obloga od vatrostalnog materijala. Ova izolacija održava ciklon na dovoljno visokoj temperaturi omogućavajući skupljanje i slivanje šljake prema odvodnom kanalu. U šljaci se zadržava takođe i korodivni materijal čime se značajno redukuju i ovi negativni uticaji.

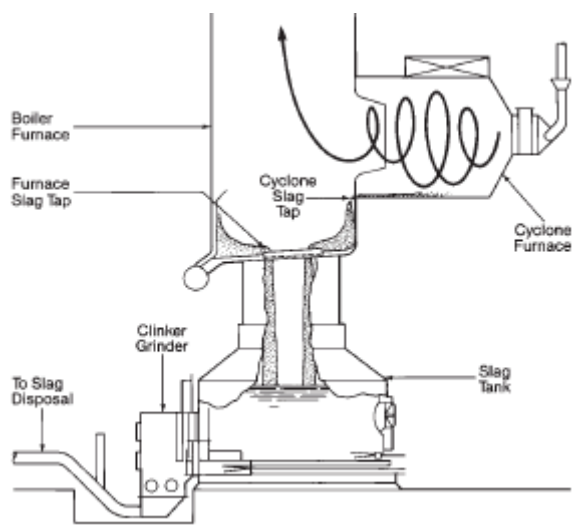


Slika 4: Konstrukcija ciklonskog ložišta B&W [2]



Slika 5: Priključenje ciklona na osnovno ložišta sa cevnom zavesom (levo) ili neposredno (desno) [2].

Ciklonske konstrukcije sa tečnim odvodom šljake karakteriše prisustvo sistema za sakupljanje i odlaganje šljake koja ističe iz glavnog ložišta (slika 6). Rastopljena šljaka teče kroz podnu slavinu ložišta u niže postavljenu sud sa vodenom kupkom gdje se nedogorele čestice gase, a šljaka se hladi i stvrdnjava. Akumulirana šljaka se u određenim vremenskim intervalima odstranjuje iz sabirnika, potom drobi u postavljenom mlinu i uklanja. Drobljena šljaka se deponuje mnogo bezbjednije od letećeg pepela i može se koristiti u građevinarstvu. Ako se sagorijeva čista biomasa ovaj pepeo je sa dodatkom azotnih jedinjenja i uz eventualno druge dodatke pogodan i kao đubrivo u poljoprivredi.



Slika 6: Ustrojstvo sistema odvođenja šljake u tečnom stanju [2]

4. SAGORIJEVANJE LJUSKE SUNCOKRETA U CIKLONU VRELOVODNOG KOTLA 18 MW U TE-TO SREMSKA NITROVICA

U Srbiji je od kraja 60-tih godina na ovamo izgrađeno desetak postrojenja za sagorijevanje biomase u ciklonskim predložistima (najčešće ljuske od suncokreta u uljarama). Sve ove konstrukcije su projektovane za suvi režim otpeljavanja što se u praksi ne dešava u potpunosti (šljakovanje u ložištu), a koje ne sprječava intenzivno zaprljanje konvektivnih cijevnih paketa, što povlači sa sobom probleme sa čišćenjem (potreba za zaustavljanje pogona i utrošak vremena za hlađenje ložišta) i nedozvoljenom emisijom praškastih materija. Ovo dakle rezultira zastojima pogona i problemima sa nedozvoljenom emisijom štetnih materija.

Sagorijevanje biomase u ciklonskim ložištima odvija se na sličan način kao sagorijevanje uglja, s tim što je prisutno znatno više isparljivih komponenti. Isto tako, više pažnje treba posvetiti transportu i skladištenju zbog značajnijeg uticaja vlažnosti (lepljenje, sabijanje).

Kao primjer korišćenja ciklonskog ložišta zadatkom je definisan vrelovodni kotao TE-TO Sremska Mitrovica snage 18 MW. Kotao je u celosti isprojektovan i nalazi se u izgradnji, a kao glavno gorivo predviđena je suncokretova ljuska. Pomoćno gorivo za zagrevanje ciklona je prirodni gas.

Osnovni podaci o kotlu :

- Nominalna produkcija kotla 18 MW
- Temperaturski režim rada kotla 110/70°C
- Radni natpritisak u kotlu, ulaz/izlaz 13/11 bar
- Glavno gorivo - suncokretova ljuska, Hd = 16,99 MJ/kg
- Način sagorijevanja - sagorijevanje u vrtlogu (ciklonsko predložiste) sa suvim režimom odvođenja pepela.

Karakteristike goriva - ljuske suncokreta:

Tehnička analiza

- Vlaga	8,97 %
- Pepeo	2,40 %
- Sumpor	0,01 %

- Koksni ostatak 22,67 %
- Isparljivo (vol.) 68,36 %

Elementarna analiza

- Ugljenik (C) 43,00 %
- Vodonik (H₂) 3,60 %
- Sumpor sag.(S_g) 0,01 %
- Azot+kis. (N₂+O₂) 42,02 %
- Donja toplotna moć 17,68 MJ/kg

Topivost pepela

- Temperatura sinterovanja 790 °C
- Temperatura omekšavanja 940 °C
- Temperatura polulopte 1150 °C
- Temperatura razlivanja 1230 °C

Opis konstrukcije

Kotao je "II" izvedbe sa uravnoteženom promajom (natpritisak u ciklonu, potpritisak u konvektivnom kanalu).

Ciklon je smešten na čelo osnovnog ložišta koji je ovde u funkciji rashladne komore. Dimni gasovi se iz ložišta izuzimaju pri vrhu zadnjeg ekrana kroz cevnu rešetku. U vertikalnom konvektivnom kanalu smešteno je pet cevnih paketa preko kojih struje dimni gasovi u silaznoj putanji (suprotnosmerno strujanje u odnosu na vodu). Gasovi napuštaju kotao na donjem kraju kanala.

Cevna konstrukcija je izvedena sa membranskim panelima.

Fotografija kotla u izgradnji prikazuje se na slici 7.

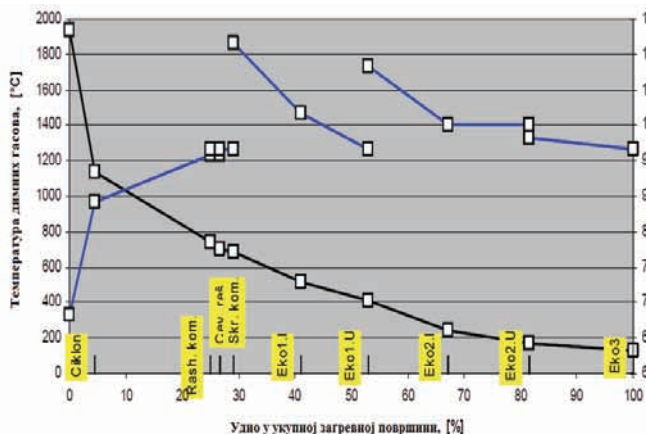


Slika 7. Vrelovodni kotao 18 MW sa ciklonom u TE-TO Sremska Mitrovica (u izgradnji)

Rezultati termičkog proračuna

Termički proračun je sproveden prema normativnom metodu CKTI [4] za prosečne i očekivane uslove deponovanja pepela (zašljakovanje). Rezultati se nalaze u okvirima očekivanih. U literaturi [1] može se naći detaljan tehnički opis postrojenja, kao i više detalja kontrolnog termičkog i aerodinamičkog proračuna za razne režime.

Na sledećem grafiku (slika 8.) dat je dijagramski prikaz temperaturskog rasporeda fluida u kotlu duž zagrevnih površina za maksimalno opterećenje kotla (18 MW). Treba zapaziti da su temperature gasa nanete na levoj, a vode na desnoj ordinati i da razmere nisu iste.



Slika 8: Dijagramski prikaz temperatura dimnih gasova i vode po zagreivnim površinama kotla 18 MW [1]

Značajna karakteristika ovako izračunatog temperaturskog režima je da se pri maksimalnom opterećenju u ciklonu realizuje oko 47% ukupne toplotne razmene (snage) u kotlu. Nasuprot tome, u rashladnoj komori se predaje svega oko 20 % toplotne razmene kotla. Fizičke proporcije su obrnute i ovo je pokazatelj izvesne nesrazmere u konstrukciji kao celine (predimenzionisanost ložišta).

Izlazna temperatura gasova iz ciklona je 1140 °C, što značajno prekoračuje temperaturu sinterovanja (790 °C), pa i omekšavalja (940 °C). Iz tog razloga se očekuje pojačano taloženje šljake posebno u ciklonu, ali i u rashladnoj komori. Šljakovanje konvektivnih paketa se ne očekuje.

Koeficijent viška vazduha (projektovani) u ciklonu je 1,4 pa se očekuje i pojačana emisija azotnih oksida. Kao mera protiv pojačane emisije NO_x u literaturi [2] se za predložite preporučuje redukcionni režim nepotpunog sagorevanja, sa dogorevanjem u rashladnoj komori (stupnjevito doziranje vazduha sa što nižim ukupnim koeficijentom viška vazduha).

Izlazna temperatura dimnih gasova je 167 °C što rezultuje visokim termičkim stepenom korisnosti (velika efikasnost kotla) od čak 91,2 %. Ovako veliko iskorišćenje kod biomase je neuobičajeno.

Pošto je kotao vrelovodni i pošto se gradi za potrebe grejanja grada, treba ukazati da će u pogonu raditi u funkciji oscilacija spoljne temperature i da će maksimalna opterećenja biti potrebna samo vrlo ograničeno vreme (godišnje ne više od 10-tak dana). Dakle, najčešći režimi će biti znatno ispod maksimalnog što ne opravdava ovakvu predimenzionisanost konstrukcije.

5. ZAKLJUČAK

Na osnovu podataka dobijenih termičkim proračunima za opterećenje od 18 MW, ugrađena zagreivna površina zadovoljava u potpunosti.

Stepen korisnosti kota (efikasnost) pri maksimalnom opterećenju iznosi 91,2 %, što ukazuje na predimenzionisanost kotla. Najčešći režimi pogona toplanskih kotlova su znatno ispod maksimalnog, što ne opravdava izbor ovih dimenzija.

Na osnovu rezultujućih temperatura termičkog proračuna može se zaključiti to da se pri opterećenju kotla od 100% očekuje zašljakivanje ciklona. Ova pojava može imati značajnije posledice tek onda kada počne da se mijenja geometrija ciklona. U donjem dijelu rashladne komore očekuje se umjereno zašljakivanje ekranskih površina, a zašljakivanje konvektivnih kanala se ne očekuje.

Iz opštih razmatranja proizilazi da su ciklonska ložišta pogodna za korišćenje usitnjene biomase. Ono što ih naročito preporučuje je kompaktnost koja omogućava realizaciju prostorno manjih i jeftinijih jedinica. U datom primjeru nije iskorišćena ova prijednost.

6. LITERATURA

- [1] Pešenjanski, I., Stepanov, B., Miljković, B.: Elaborat o kontrolnim termičkim i aerodinamičkim proračunima kotla na ljusku suncokreta 18 MW, FTN, Novi Sad 2012.
- [2] Kitto, J.B., Shultz S.C.: Steam - The Babcock & Wilcox Company, 2005. p.15-1 - 15-14.
- [3] Shtim, A.N, Shtim, K.A, Vorotnikov, E.G, Rasputin, O.V: Resyrch and Development of Vortical Technology of Burning Fuel. Vestnik DVG TU, No.2(4), 2010.
- [4] Gulić, M., Brkić, T., Perunović, P.: Parni kotlovi, Mašinski fakultet Beograd, 1991. s. 202-210.
- [5] Niessen, W.R: Combustion and Incineration Processes. Marcel Dekker Inc., New York, 2002. Ch 6.

Kratka biografija:

Dordije Doder rođen je u Trebinju 1988. god. Master rad odbranio je 2012. godine na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mašinstva – Energetika i procesna tehnika.

**ZAVARIVANJE TRENJEM SA MEŠANJEM LEGURE ALUMINIJUMA I
MAGNEZIJUMA SA TROUGLASTIM OBLIKOM TRNA****FRICITION STIR WELDING OF ALUMINIUM ALLOYS AND TRIANGULAR SHAPE OF
THE MANDREL**Zdravko Mijatović, Sebastian Baloš, *Fakultet tehničkih nauka Novi Sad***Oblast – MAŠINSTVO**

Kratak sadržaj – U radu je prikazan postupak zavarivanja legure Al5052 H32 debljine 3 mm, postupkom zavarivanja trenjem sa mešanjem „ZTM“, sa trouglastim oblikom trna „Tivex“. Izvršeno je eksperimentalno zavarivanje pri čemu je varirana brzina obrtaja i brzina zavarivanja. Izvršeno je vizuelno ispitivanje zvarenog spoja, ispitivanje zatezanjem i savijanjem, kao i ispitivanje tvrdoće i metalografsko ispitivanje poprečnih preseka u zoni šava. Ključni uticaj na mehaničke osobine ima tunel unutar šava zvarenog spoja, jer od njegove veličine i oblika zavise dobijene mehaničke osobine. Najveća postignuta efikasnost zvarenog spoja iznosi 75% prema zateznoj čvrstoći i 84% prema naponu tečenja, uprkos postojanju tunela.

Abstract – In this paper, friction stir welding of 3 mm Al5052 H32 plates is shown, by using a triangular probe. Experimental welding was done at various tool rotation and traverse speeds. Welds were visually tested, their tensile and bending properties were determined, as well as their hardness profiles. Furthermore, metallographic examination was conducted. It was found that mechanical properties depend mainly on size and shape of the tunnel developed in the weld. The highest weld effectiveness was found to be 75 % and 84 %, in relation to tensile strength and yield strength, even with an existing tunnel.

Ključne reči: Zavarivanje trenjem sa mešanjem, optimizacija parametara

1. UVOD

Zavarivanje je postupak spajanja dva ili više istorodnih ili raznorodnih materijala, sa ili bez dodavanja dodatnog materijala, na način da se dobije homogeni spoj. Zavarivanje je jedan od najvažnijih tehnoloških procesa u savremenoj industriji. Zavarivanja možemo podeliti u 5 grupa i to: elektrolučno, elektrootporno, gasno, zavarivanje u čvrstom stanju, drugi postupci zavarivanja [1].

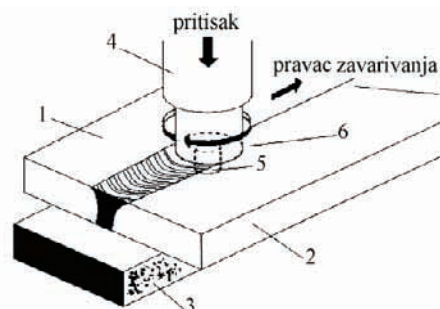
1.1. Zavarivanje trenjem sa mešanjem „ZTM“

Zavarivanje Trenjem sa Mešanjem „ZTM“ (eng. *Friction stir welding* “FSW”) je specifičan postupak zavarivanja trenjem koji se koristi za spajanje limova i cevi.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio doc. dr Sebastian Baloš.

Ostvarivanje zavarenog spoja se realizuje na sledeći način: limovi (1) i (2) su sučeono pritisnuti i čvrsto fiksirani za pribor (3) koje može horizontalno translatorno da se kreće (slika 1). Za generisanje toplote služi specijalni alat cilindričnog oblika, koji se sastoji od tela (4) većeg prečnika i trna (5) manjeg prečnika. Prelaz između tela (4) i trna alata (5) je udubljena prstenasta površina, tzv. čelo alata (6). Alat je pozicioniran iznad postolja tako da je njegova osa normalna na liniju dodira limova (7). U tom položaju on dobija rotaciono i translatorno kretanje naniže, trn alata (5) prodire istovremeno kroz oba lima pri čemu se usled trenja generiše toplota, material limova se zagreva blizu tačke topljenja i postaje plastičan. U momentu kada čelo alata (6) dodirne gornje površine limova, trn alata se nalazi u blizini postolja, kretanje alata naniže se prekida i počinje horizontalno translatorno kretanje postolja [2].



Slika 1. Princip rada zavarivanja trenjem sa mešanjem [2].

Najvažniju ulogu u celom procesu ima trn alata. Trn alata može da ima različite geometrije alata i na različite uticaje deluje na obrazovanje šava. Geometrija Trivex alata prikazana je na slici 2.



Slika 2. Različiti oblici geometrije Trivex alata [3].

Postupak zavarivanja odvija se na specijalni uređajima namenjenim za ZTM, ili na adaptiranim mašinama glodilacama. Parametri kod ZTM postupka su: aksijalna sila, broj obrtaja alata i translatorna brzina. Kao prednosti postupka mogu se navesti: automatizaciju procesa, zavarivanje raznorodnih materijala, dobijanje slojeva otporni na pojavu krtog loma i koroziju, i dr. U ekonomskom pogledu ZTM najefikasniji, a sa gledišta

utroška energije je apsolutno čist postupak zavarivanja, bez prisustva troske, gasova i karakterističnog bljeska. Zavarivanja trenjem sa mešanjem je postupak koji se sve više primenjuje u inženjerskoj praksi. Brodogradnja je prvi sektor u kome je ZTM dobio punu potvrdu svojih mogućnosti.

U ovoj industrijskoj grani ZTM se koristi u izgradnji palube, stranica, podova, pregrada, itd. zaključno sa platformama za sletanje helikoptera na brodovima. Poslednjih godina ZTM se intenzivno koristi u proizvodnji železničkih vagona, vagona cisterni, putničkih vagona, kontejnera, itd.

Pri izradi vozova najnovije generacije noseće konstrukcije, stranice, krovovi, podovi i mnogi drugi elementi [4].

2. EKSPERIMENTALNI RAD

Za eksperimentalna ispitivanja korišćene su ploče od legure Al 5052 H32, debljine 3 mm, čiji je hemijski sastav prikazan u tabeli 1, a mehaničke osobine u tabeli 2.

Tabela 1. Hemijski sastav legure Al5052 H32.

	Cu	Mn	Mg	Si	Fe	Zn	Ti
Sadržaj u [%]	0,04	0,1	2,46	0,19	0,73	0,06	0,01

U tabeli 2. Mehaničke osobine legure Al5052 H32.

	Rp _{0,2} [MPa]	Rm[MPa]	A[%]	Tvrdoća HV5
Sr.vrednost	157	214	20	67

Alat je urađen sa rezervoarom, i trouglastim oblik trna „Trivex,. Materijal od koga je izrađen alat zazavarivanje je X38CrMoV5-1 (Č 4751, odnosno UTOP MO1). Ovaj čelik je namenjen za alate za rad na toplo (alati za presovanje, livenje pod pritiskom i dr).

Hemijski sastav čelika za alat je prikazan u tabeli 3. Izgled alat za ZTM postupak je prikazan na slici 3.

Tabela 3. Hemijski sastav čelika za alat.

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V
Sadržaj u [%]	0,37	1,01	0,38	0,017	0,0005	4,85	1,23	0,32



Slika 3. Alat sa trouglastim oblikom trna "Trivex".

Zavarivanje je izvršeno na univerzalnoj horizontalnoj glodalici Prvomajska „UHG-200“, bez NC upravljanja, snage za pogon kretanja glavnog vretena 5,2 kW. Brojevi obrtaja vretena koji su korišćeni su: 1230 o/min na brzohodnoj vertikalnoj glavi, i 925 o/min na univerzalnoj vertikalnoj glavi, a posmak je kombinovan u više varijanti iz opsega 5-250 mm/min (spori), i 12-695 mm/min (normalni) hod.

Pribor je namenski urađen za ovaj postupak, sa dimenzijama 400x370x35 mm, a na gornjoj strani je

izveden žleb širine 130 mm i dubine 5 mm po celoj dužini ploče. Dodatno, korišćene su i šape za stezanje limova. Faze zavarivanja izvedene su u nekoliko koraka, što je prikazano u tabeli 4.

Tabela 4. Faze postupka ZTM.

1)odabir alata
2)izbor brzine rotacije alata i brzine zavarivanja
3)zadavanje rotacionog kretanja alatu
4)primicanje uzorka radnom stolu do kontakta sa alatom
5)prodiranje alata u uzorkedo kontakta čela alata sa uzorcima
6)zadržavanje u početnom položajuprva tri uzorka, i puštanje alata u rad bez zadržavanja
7)zadavanje translatornog kretanja alatu
8)prekid kretanja i izvlačenje alata iz uzorka

Tokom svih faza izvođenja eksperimenta posmatrane su pojave nastale usled:

- različite brzina zavarivanja,
- različitog broja obrtaja alata,
- vreme zadržavanja.

Zavarivanje je izvedeno na pet uzoraka, sa sledećim parametrima:

uzorak 1 - br.obrtaja. 1230 o/min, posmak 17 mm/min,
uzorak 2 - br.obrtaja. 1230 o/min, posmak 12 mm/min,
uzorak 3 - br.obrtaja. 1230 o/min, posmak 23 mm/min,
uzorak 4 - br.obrtaja. 925o/min, posmak 68 mm/min,
uzorak 5 - br.obrtaja. 925 o/min, posmak 91 mm/min.

Nakon izvedenog postupka zavarivanja, izvršena su ispitivanja zavarenih spojeva i to u pogledu: vizuelne kontrole, ispitivanja na zatezanje, ispitivanja na savijanje, ispitivanja tvrdoće i metalografsko ispitivanje.

Vizuelna kontrola je vršena u procesu izrade spoja i nakon vađenja iz pribora, kao i deformaciona kontrola. Ispitivanje zatezanjem rađeno je na mehaničkoj kidalici WPM, ZDM 5/91 na po tri epruvete koje su pripremljene prema standardu ASTM E-8M, i to iz svakog od 5 uzoraka na kojima je izvedeno zavarivanje. Savijanje je vršeno do pojave prve prsline, a zatim i do ugla od 180°, nakon čega je ustanovljeno da li se javlja lom.

Ispitivanje tvrdoće rađeno je po Vickersovoj metodi sa silom od 5 kg. Izvršeno je linijsko ispitivanje po poprečno u odnosu na šav sa rastojanjima između otisaka 1,5 mm. Metalografskim ispitivanjem snimljene su strukturne promene i tok materijala u šavu, na svetlosnom mikroskopu Leitz Orthoplan. Pre snimanja izvršena je standardna priprema uzoraka, i to:

- isecanje pločice (rađeno na ručnoj testeri za metale),
- zatapanje isečenih delića u autopolimerizujući akrilat
- brušenje uzoraka, sa brusnim papirima različite granulacije zrna (od 180 - 2500)
- poliranje uzoraka, dijamantskom pastom (6 μm, 3 μm, 1 μm, 1/4 μm)
- nagrizanje (10%-na fluorovodinična kiselina).

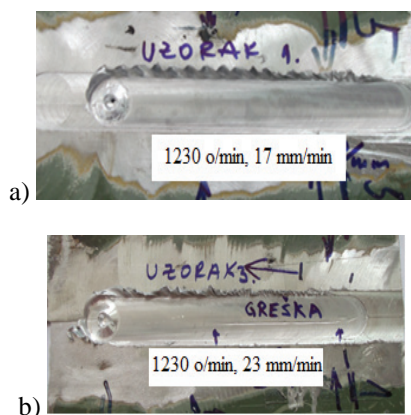
3. REZULTATI ISPITIVANJA

Rezultati ispitivanja prikazani su kroz sledeće celine:

- Vizuelna kontrola
- Rezultati ispitivanja zatezanjem
- Rezultati ispitivanja savijanjem
- Rezultati ispitivanja tvrdoće
- Rezultati metalografskih ispitivanja

Vizuelnom kontrolom izvršena je selekcija uzoraka sa i bez spoljašnje greške.

Spoljašnja greška uočene na pojedinim mestima kod uzoraka 3,4 i 5, za razliku od uzoraka 1 i 2 gde nema greške na licu šava. Na slici 4 prikazan je šav sa i bez spoljašnje greške.



Slika 4. Uzorak lica šava: a) bez greške, b) sa greškom.

Rezultati dobijeni ispitivanjem na zatezanje su prikazani u tabeli 5.

Najveće vrednosti napona tečenja dobijene su na uzorku 1, a zatezna čvrstoća na uzorku 2, dok su najmanje vrednosti dobijene na uzorku 5.“

Tabela 5. Rezultati ispitivanja na zatezanje (srednje vrednosti).

	Rp [MPa]	Rm [MPa]	A [%]
U1	118	137	11,2
U2	117	138	10,6
U3	117	120	10,2
U4	105	109	8,7
U5	96	101	8,7

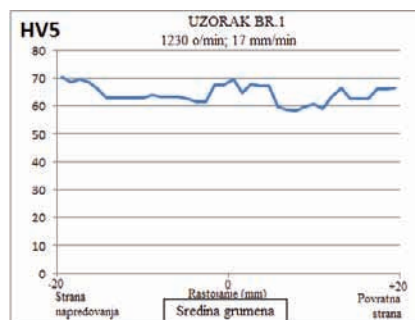
Rezultati ispitivanja na savijanje prikazani su u tabeli 6. Najveći ugao pri pojave prsline dobijen je na uzorku 1, a najmanji na uzorku 5.

Ni najednom uzorku nije došlo do loma pri savijanju pri uglu 180°.

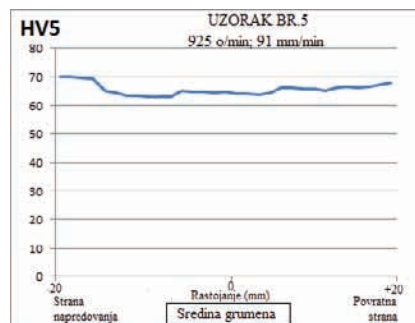
Tabela 6. Rezultati ispitivanja na savijanje.

	Pojava prve prsline	Pojava loma uzorka pri 180°
U1	42°30'	Nema loma
U2	18°	Nema loma
U3	29°	Nema loma
U4	30°	Nema loma
U5	7°30'	Nema loma

Na slikama 5 i 6 prikazane su dobijene vrednosti za optimalni uzorak 1, te uzorak 5 koji ima najniže rezultate zateznih karakteristika.

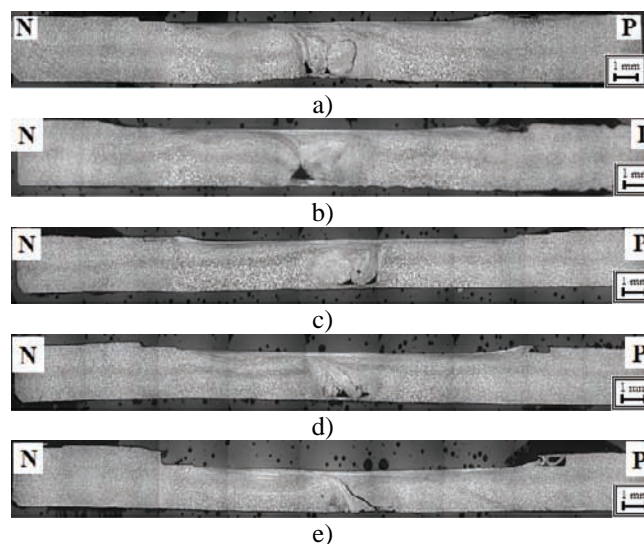


Slika 5. Dijagram ispitivanja tvrdoće za uzorak 1.



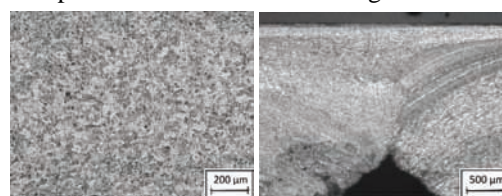
Slika 6. Dijagram ispitivanja tvrdoće za uzorak 5.

Metalografijom su snimljeni uzorci koji su prikazani na slici 7.



Slika 7 Makroskopski izgled uzoraka 1-5, respektivno a-e

Na slici 8 prikazane su makrostrukture grumena i ZUT-a.



Slika 8 Makrostruktura uzorka 2: a) ZUT-a, b) grumena.

4. DISKUSIJA

Cilj ovog rada je da se spoje dva lima debljine 3mm zavarivanjem trenjem sa mešanjem i da postupak bude prihvatljiv u pogledu rezultata ispitivanja.

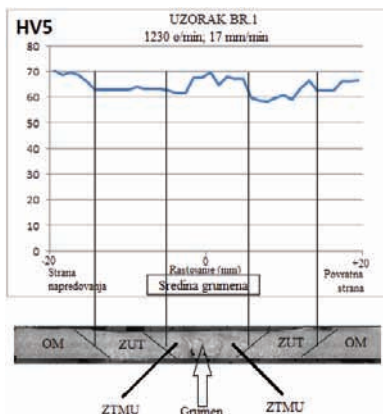
Vizuelnom kontrolom je izvršeno razdvajanje uzoraka koji: nemaju grešaka na licu šava (uzorci 1 i 2) i oni kod kojih se javlja mestimični spoljašnji tunel (uzorci 2 - 5).

Metalografskim ispitivanjem je ustanovljena pojava unutrašnjeg tunela na svim uzorcima. Pojavom tunela u unutrašnjosti šava uzrokovano je smanjenje zatezних karakteristika šava u odnosu na osnovni materijal. Srednje vrednosti efikasnosti zavarenog spoja prema R_m i $R_{p0,2}$, kao i minimalne vrednosti efikasnosti zavarenog spoja prema tvrdoći date su u tabeli 7.

Tabela 7. Vrednosti efikasnosti spoja (srednje vrednosti)

	Efik.spoja prema R_m [%]	Efik.spoja prema $R_{p0,2}$ [%]	Efik.spoja prema HV5 [%]
Uzorak 1	63,9	75,4	87
Uzorak 2	64,3	75,2	87,3
Uzorak 3	55,9	75,2	90,6
Uzorak 4	50,9	67,2	94,9
Uzorak 5	46,1	61,8	93,9

Najveće vrednosti pojedinačnih efikasnosti zavarenih spojeva su 75 % prema zateznoj čvrstoći i 84% prema naponu tečenja na uzorku 2, što je značajno više u odnosu na srednju vrednost. Vrednosti efikasnosti zavarenog spoja po zateznim karakteristikama od preko 60 % za ovu leguru su zadovoljavajuće [3]. To upućuje na konstataciju da je tunel mestimičnog tipa. Takođe na mehaničke osobine zavarenog spoja veliki uticaj ima veličina tunela, kao i njegov profil. Za razliku od uzorka 1 i 2, na uzorcima 4 i 5 tunel prelazi u prslinu, što je osnovni razlog zbog čega uzorci 4 i 5 imaju malu efikasnost spojeva prema zateznoj čvrstoći i naponu tečenja. Iz tabele 7, vide se približno ujednačene vrednosti tvrdoće, mada najveće vrednosti su određene na uzorcima 4 i 5. Na slici 9 prikazana su vrednosti tvrdoće osnovnog materijala, ZUT-a, ZTMU-a, i grumena, u pojedinim zonama, gde se vidi da je najveća tvrdoća u oblasti grumena, u oblasti grumena, zbog prisutnog procesa rekristalizacije i usitnjavanja strukture, dok je najmanja tvrdoća u zoni ZUT-a.



Slika 9 Vrednosti tvrdoće HV5 za pojedine zone.

Kod uzorka 5, slika 6, tvrdoće poprečno u odnosu na šav su približno jednake, što se objašnjava nedovoljnim unosom toplote, koja nije dovoljna za rekristalizaciju u zoni ZUT-a. Profil tunela ima veliki uticaj i na rezultat ugla savijanja. Najveći ugao savijanja do pojave prve prsline je dobijen na uzorku 1. Najmanja vrednost je dobijena kod uzorka 5, gde je ugao do pojave prve prsline svega $7^{\circ}30'$, što se objašnjava vrlo nepovoljnim oblikom tunela koji prelazi u prslinu.

5. ZAKLJUČCI

Optimalne mehaničke karakteristike ima uzorak 1 sa parametrima: broj obrtaja $n=1230$ o/min, posmak 17 mm/min, i vršeno je zadržavanje alata u početnom položaju zavarivanja $t=2$ min

Postignuta je efikasnost zavarenog spoja po naponu tečenja $R_{p0,2}$ 75,4 %, po zateznoj čvrstoći R_m 63,9 %, i po tvrdoći HV5 95,7 %. Može se zaključiti da alat Trivex treba koristiti pri manjim brzinama zavarivanja (uz odgovarajuću opitimizaciju parametara), i da u odnosu na alat sa zavojnicom, ima duži radni vek, zbog geometrije trna alata, jer nema zarez koji su koncentratori napona. Profil alata ima presudan uticaj na mehaničke karakteristike, i u uzorcima 4 i 5 se jasno vidi tunel tipa prsline, koji daje relativno loše rezultate mehaničkih osobina.

Na osnovu iskustva dobijenog tokom izrade eksperimentalnog rada, za otklanjanje tunela se preporučuje alat sa manjim rezervoarom, koji bi na bolji način vršio raspodelu materijala pri formiranju šava.

LITERATURA

- [1] V. Palić; Zavarivanje, Fakultet tehničkih nauka NoviSad, 1987
- [2] M. Mijajlović, D. Milčić, M. Đurđanović, V. Grabulov, A. Živković, M. Perović; Osnovni pojmovi kod postupaka zavarivanjem trenjem sa mešanjem, Zavarivanje i zavarene konstrukcije (2/2012), str.61-68, 2012
- [3] A. Živković, Uticaj geometrije alata za postupak FSW, Doktorska disertacija, Beograd
- [4] D.Stamenković, M.Đurđanović,D.Mitić, Zavarivanje postupkom "FSW", Zavarivanje i zavarene konstrukcije (2/2006), str.59-66, 2006

Kratka biografija:



Zdravko Mijatović rođen je u Bijeljini 1988. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mašinstva – Savremene tehnologije obrade materijala (Savremene tehnologije spajanja materijala), odbranio je 2012.god.



Sebastian Baloš rođen je u Somboru 1974. god. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 2010.god., iz oblasti Materijali i tehnologije spajanja. 2011.god. stekao zvanje Docenta. Oblast interesovanja su: Mašinski materijali, Savremene tehnologije spajanja materijala i dr.

**ZAVARIVANJE TRENJEM SA MEŠANJEM LEGURE ALUMINIJUMA AL 5052
ALATOM SA ZAVOJNICOM****FRICION STIR WELDING OF AL 5052 H38 ALUMINIUM
ALLOYS WITH WHORL TOOL**Dalibor Mihajlov, Sebastian Baloš; *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – MAŠINSTVO**

Kratak sadržaj – U radu je prikazan postupak zavarivanja trenjem sa mešanjem (ZTM) ploča debljine 8 mm izrađenih od legura aluminijuma i magnezijuma Al 5052 H38. U procesu zavarivanja korišćen je alat sa zavojnicom na trnu. Izvršeno je eksperimentalno zavarivanje pri čemu je variran broj obrtaja alata, brzina zavarivanja, smer obrtanja alata i vreme zadržavanja u početnoj tački. Nakon procesa zavarivanja izvršena su ispitivanja zateznih karakteristika, ispitivanje na savijanje, tvrdoće i metalografsko ispitivanje. Ustanovljeno je da najveći uticaj na mehaničke osobine šava ima prisustvo tunela, odnosno njegova veličina i oblik. Najveće srednje vrednosti efikasnosti zavarenog spoja dobijene ovom metodom su 63 % po naponu tečenja, 57 % po zateznoj čvrstoći, što može biti smatrano zadovoljavajućim.

Abstract – In this paper, friction steel welding of 8 mm aluminium-magnesium Al5052H38 plates was conducted. Welding was done by using a whorl probe. Welds were visually tested, their tensile, bending and hardness properties were determined, as well as welds' macroscopic properties. It was found that mechanical properties are strongly dependant on the size and shape of the tunnel in the weld. The highest average weld tensile strength effectiveness was found to be 57 %, while its yield strength effectiveness was 63 %, in relation to tensile strength and yield strength, which can be considered as satisfactory.

Ključne reči: Zavarivanje trenjem sa mešanjem (ZTM), parametari procesa

UVOD

Zavarivanje je jedan od najvažnijih tehnoloških procesa u savremenoj industriji. Iako su razvijene mnoge tehnologije spajanja materijala, zavarivanje se izdvojilo, jer je najjeftiniji način spajanja. Postupci zavarivanja dele se u dve grupe: zavarivanje pritiskom i zavarivanje topljenjem [1].

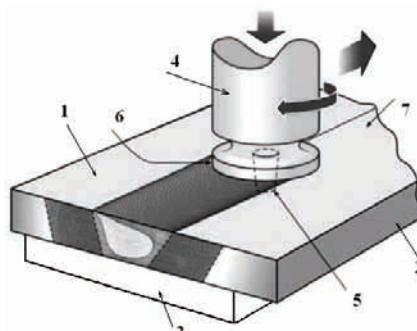
1.1. Zavarivanje trenjem sa mešanjem „ZTM“

Zavarivanje Trenjem sa Mešanjem (eng. *Friction Stir Welding* - FSW) patentirano je 1991. godine u Velikoj Britaniji.

NAPOMENA:

Ovaj rad proiztekao je iz master rada čiji mentor je dr Sebastijan Baloš, docent.

Zavarivanje se vrši na sledeći način: limovi (1) i (2) su sučeono pritisnuti i čvrsto fiksirani za pribor (3) koje može horizontalno translatorno da se kreće, slika 1. Za generisanje toplote služi specijalni alat cilindričnog oblika, koji se sastoji od tela (4) većeg prečnika i trna (5) manjeg prečnika. Prelaz između tela (4) i trna alata (5) je udubljena prstenasta površina, tzv. čelo alata (6). Alat je pozicioniran iznad postolja tako da je njegova osa normalna na liniju dodira limova (7). U tom položaju alat dobija rotaciono i translatorno kretanje naniže, kada trn (5) prodire istovremeno kroz oba lima pri čemu se usled trenja generiše toplota, material limova se zagreva blizu tačke topljenja i postaje plastičan. U momentu kada čelo alata (6) dodirne gornje površine limova, trn alata se nalazi u blizini pribora, kretanje alata naniže se prekida i počinje horizontalno translatorno kretanje pribora [2].



Slika 1. Princip rada zavarivanja trenjem sa mešanjem [2].

Najvažniju ulogu u celom procesu ima alat. Od geometrije trna alata zavisi kvalitet zavarenog spoja tako da danas postoje mnoga konstruktivna rešenja alata. Na slici 2 prikazan je Flared - Trifute™ alat.



Slika 2. Whorl™ alat [3].

Prva istraživanja u vezi sa zavarivanja trenjem sa mešanjem su vršena na glodalicama, dok su današnji uređaji visoko automatizovani. Prednosti ZTM postupka su odličan kvalitet zavarenog spoja, postupak je ekološki

prihvatljiv (nema zavarivačkih gasova i prskanja elektrode, niti intenzivnog svetla iz električnog luka). Takođe, bitno je naglasiti da su deformacije i zaostali naponi nastali zbog uticaja toplote vrlo mali. Od industrijskih sektora, brodogradnja i pomorska industrija su prve usvojile proces ZTM u komercijalnoj primeni. Danas se ZTM primenjuje u mnogim granama industrije, među kojima naročito mesto pripada brodogradnji i proizvodnji železničkih vagona, naročito vozova najnovije generacije [4].

2. EKSPERIMENTALNI RAD

Za materijal za zavarivanje izabrana je legura na bazi aluminijuma, aluminijum - magnezijum AL 5052 H38 čiji je hemijski sastav prikazan u tabeli 1. Za zavarivanje korišćene su ploče debljine 8 mm, dimenzija 250 x 65 mm.

Tabela 1. Hemijski sastav legure Al 5052 H32.

	Cu	Mn	Mg	Si	Fe	Zn	Ti
Sadržaj [%]	0,03	0,29	2,33	0,19	0,29	0,011	0,022

Kao uređaj za zavarivanje korišćena je univerzalna glodalica Prvomajska "UHG 200". Za izvođenje ZTM izabran je alat sa zavojnicom na trnu sa velikim rezervoarom, slika 3. Alat za zavarivanje izrađen je od čelika X38CrMoV5-1 (Č 4751, UTOP MO1), hemijskog sastava kao u tabeli 2.

U toku izvođenje procesa zavarivanja, pribor, se koristi za pozicioniranje i stezanje ploča koje se zavaruju. Dimenzije pribora su bile 400x370x35 mm, a na gornjoj strani je izrađen žleb širine 130 mm i dubine 5 mm po celoj dužini, radi boljeg stezanja ploča koje se zavaruju. Za stezanje ploča koriste se šape za stezanje. U tabeli 3 prikazani su parametri zavarivanja

Tabela 2. Hemijski sastav čelika za alat.

	C	Si	P	S	Cr	Mo	V
Sadržaj [%]	0,37	1,01	0,017	0,0005	4,85	1,23	0,32



Slika 3. Alat za ZTM sa zavojnicom.

Tabela 3. Prikaz parametara variranih pri zavarivanju

Redni broj uzorka	Parametri zavarivanja			
	n [o/min]	S [mm/min]	Zadržavanje u početnoj tački [min]	Obrtanje zavojnice
Uzorak 1	645	5	5	Na gore
Uzorak 2	645	5	0	Na gore
Uzorak 3	645	5	0	Na dole
Uzorak 4	645	12	0	Na dole
Uzorak 5	645	49	0	Na dole

Vizuelna kontrola materijala je vršena u toku procesa zavarivanja, a potom i po završetku ZTM postupka, radi kontrole lica i korena šava, kao i deformacija.

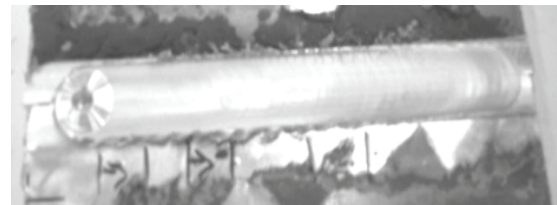
Ispitivanje zatezanjem rađeno je na mehaničkoj kidalici WPM, ZDM 5/91 prema ASTM E-8M standardu. Savijanje je vršeno do pojave prve prsline, a zatim i do ugla od 180°, pri čemu se utvrđuje da li je došlo do loma. Epruvete su izrađene prema standardu SRPS C.T3.051.

Ispitivanje tvrdoće vršeno je na aparatu VEB HPO 250 sa opterećenjem od 5 kg, prema standardu SRPS C.T3.051. Rastojanje između otisaka je 1,5 mm, a merenje je vršeno od strane napredovanja ka povratnoj strani, na poprečnom preseku uzorka.

Strukturne promene ispitane su na svetlosnom mikroskopu Leitz Orthoplan. Pre snimanja izvršena je standardna priprema metalografskih uzoraka (isecanje, montiranje, brušenje, poliranje), a zatim su uzorci nagrizani 10 % fluorovodoničnom kiselinom.

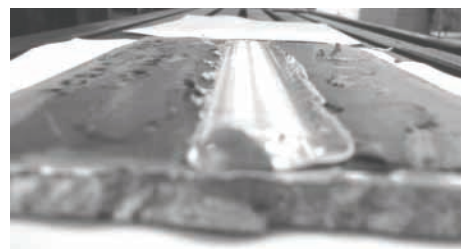
3. REZULTATI ISPITIVANJA

Vizuelna kontrola pokazala je odsustvo spoljašnjih grešaka tipa tunela, prsline ili neprovara, slika 4.



Slika 4. Izgled lica šava uzorka 4.

Vizuelna kontrola je pokazala da uzorci zavareni postupkom zavarivanjem trenjem sa mešanje nemaju plastičnu deformaciju ni u jednoj ravni, slika 5.



Slika 5. Izgled lica šava uzorka 3.

Rezultati srednjih vrednosti zatezanih karakteristika prikazani su u tabeli 4. Najveću vrednost zateznih karakteristika ima uzorak 4, a najmanje kod uzorka 1 i 5.

Tabela 4. Rezultati zateznih karakteristika

Redni broj uzorka	Rp0.2% [MPa]	Rm [MPa]
Uzorak 1	82	96
Uzorak 2	92,5	108,5
Uzorak 3	112	127,5
Uzorak 4	127,5	140
Uzorak 5	82,5	89

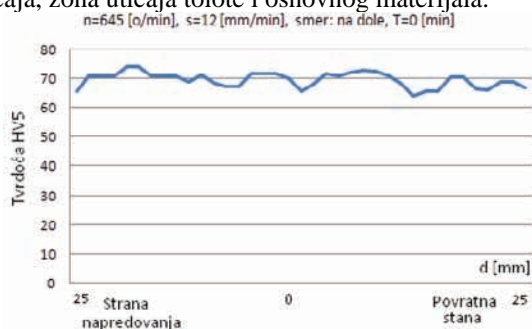
Rezultati ispitivanja savijanjem dati su u tabeli 5.

Tabela 5. Rezultati ispitivanja na savijanje.

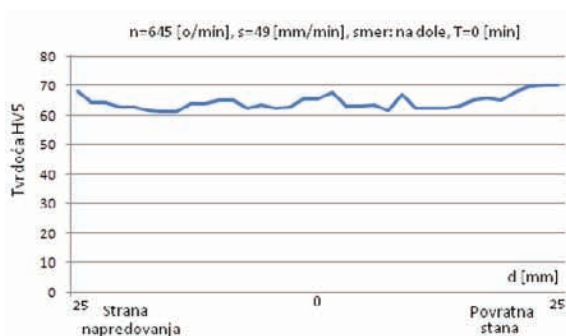
Redni broj uzorka	Ugao pri nastanku prve prsline	Ugao preloma
Uzorak 1	6°	136°
Uzorak 2	6° 30'	Nema loma (180°)
Uzorak 3	10° 30'	Nema loma (180°)
Uzorak 4	19° 30'	Nema loma (180°)
Uzorak 5	25°	134°

Rezultati ispitivanja tvrdoće prikazani su na slici 6 i 7. Na slici 6 prikazan je uzorak 4 koji generalno ima najviše mehaničke osobine i uzorak 5 koji ima najniže mehaničke osobine.

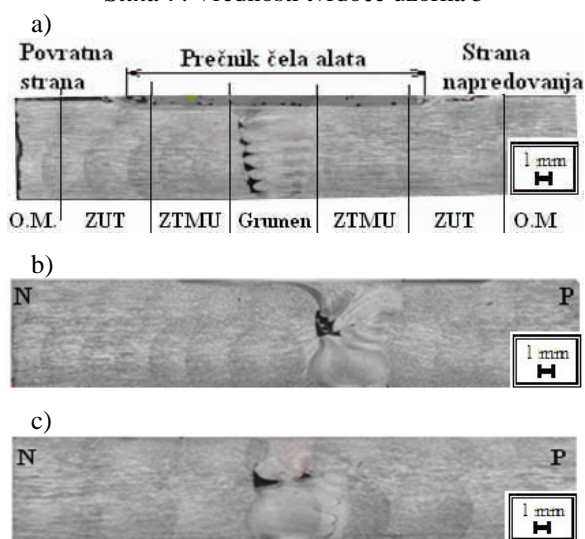
Na slici 8 prikazane su makrostrukture zavarene legure aluminijuma AL 5052 H38 postupkom zavarivanja trenjem sa mešanjem alatom sa zavojnicom. Na slikama se mogu videti zone grumena, zona termomehaničkog uticaja, zona uticaja tolote i osnovnog materijala.



Slika 6. Vrednosti tvrdoće uzorka 4



Slika 7. Vrednosti tvrdoće uzorka 5



Slika 8. Mikrostrukture a) Uzorka 1. b) Uzorka 4. c) Uzorka 5.

4. DISKUSIJA

U tabeli 6 prikazani su efikasnosti spoja po naponu tečenja, po zateznoj čvrstoći i po tvrdoći

Tabela 6. Efikasnost zavarenog spoja

	Po naponu tečenja [%]	Po zateznoj čvrstoći [%]	Po tvrdoći HV5 [%]
Uzorak 1	40	39	70
Uzorak 2	45.5	44	72
Uzorak 3	55	52	66
Uzorak 4	63	57	68
Uzorak 5	40	36	71

Efikasnost spoja po naponu tečenja i po zateznoj čvrstoći najviša je kod četvrtog uzorka, dok je najniža kod 5. uzorka. Efikasnost spoja po tvrdoći najviša je kod 2. uzorka, a najniža kod 3. Treba napomenuti da su razlike u efikasnosti spoja po naponu tečenja i po zateznoj čvrstoći značajno veće u odnosu na razliku efikasnosti spoja po tvrdoći. Osnovni razlog leži u činjenici da je prisutan unutrašnji tunnel koji je pri merenju tvrdoće izbegnut. Naročito nepovoljan uticaj na zatezne karakteristike ima višestruki tunnel na uzorku 1, kao i tunnel i prslina na uzorku 5. Upravo ovi uzorci imaju najniže zatezne karakteristike kao i efikasnost spoja po naponu tečenja i zateznoj čvrstoći.

Tunnel i prslina imaju negativan uticaj i na rezultate ispitivanja savijanjem, tako na uzorcima 1 i 5 se javlja lom pri uglu od 136° i 134° dok se kod ostalih uzoraka ne javlja ni pri 180°. S druge strane samo uzorak 4 zadovoljava ukupne savojne karakteristike, jer se prva prslina javlja pri uglu od 19° 30'. Naime prema podacima iz drugih literatura [4] rezultat 19° 30' se može smatrati zadovoljavajućim, s obzirom da je najmanja vrednost ugla pri pojavi prve prsline 15°.

Može se konstatovati da uzorci koji su imali najniže zatezne karakteristike imaju najniže i savojne karakteristike.

5. ZAKLJUČCI

Najviše mehaničke karakteristike ima uzorak 4 kod koga je efikasnost zavarenog spoja po naponu tečenja 63 %, po zateznoj čvrstoći 57 % i po tvrdoći 68 %. Na osnovu literalnih podataka ovi rezultati su zadovoljavajući za leguru aluminijuma koja je korišćena u procesu zavarivanja (AL 5052 H38) [4].

Alatom sa zavojnicom se postižu kvalitetniji zavareni spojevi kada je brzina zavarivanja bila veća, gledano u opsegu ispitivanja, nego u slučajevima kada je korišćena relativno mala brzina zavarivanja. Pored toga smer obrtanja alata, odnosno transport materijal prema pole pruža efikasniji zavareni spoj, odnosno kvalitetnije popunjavanje šava.

Presudan uticaj na niže rezultate zateznih i savojnih karakteristika ima veličina i oblik tunela. Najnepovoljniji oblik tunela je kada tunnel prelazi u prslinu, tako da se u šavu javlja koncentracija napona.

Za eliminaciju tunela i prslina potrebno je koristiti alat sa korigovanom geometrijom rezervoara, kako bi se poboljšalo tečenje materijala i omogućilo kvalitetnije

popunjavanje šava. Na osnovu iznetog preporučuje se korekcija geometrije alata u pravcu smanjenja rezervoara alata. Ovo ujedno predstavlja i preporuku za dalja istraživanja.

LITERATURA:

1. Dr A. Blagovević – Dr O. Pešić, Zavarivanje, lemljenje, lepljenje, Mostar, 1991.
2. D. Stamenković, M. Đurđanović, D. Mitić, Zavarivanje i zavarene konstrukcije, 2/2006 str 59 ÷ 66, Zavarivanje postupkom “FSW”, 2006.
3. Student Marko Ristić, Mentor V. Đokić, G. Radenković, doktorske studije, Izabrana poglavlja iz zavarenih konstrukcija, Niš, 2011.
4. A. Živković, doktorska disertacija, Uticaj geometrije alata za postupak FSW, Beograd, 2012.

Kratka biografija:



Dalibor Mihajlov rođen je 1987. godine u Zrenjaninu. Diplomirao 2011. godine na fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, stekao zvanje dip. mašinski inženjer. Master rad odbranio 2012. god iz oblasti zavarivanje trenjem sa mešanjem.



Sebastian Baloš rođen u Somboru 1974. god. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 2010. god. iz oblasti Materijali i tehnologije spajanja. 2011.god. stekao zvanje Docenta. Oblast interesovanja su: Mašinski materijali, Savremene tehnologije spajanja materijala i dr.

UTICAJ PRIKLJUČENJA MALIH SOLARNIH ELEKTRANA NA DISTRIBUTIVNU MREŽU**CONNECTION IMPACT OF SMALL SOLAR POWER GENERATORS TO THE ELECTRICAL DISTRIBUTION GRID**

Stevan Zeljković, Vladimir Katić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast - ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj - U ovom radu opisan je uticaj priključenja malih solarnih elektrana na distributivnu mrežu. Ovo podrazumeva vršenje klasifikacije, određivanje načina priključenja, tehničkih uslova i mera zaštite malih elektrana. Osim toga sagledani su mogući negativni uticaji malih solarnih elektrana na kvalitet elektrine energije. Kao dodatak prethodnom istraživanju prikazani su rezultati merenja i analiza kvaliteta električne energije fotonaponske elektrane na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu.

Abstract – This work describes connection impact of small solar power generators to the electrical distribution grid. This includes performing of classification, connection method, technical conditions and protective measures. Also, any possible negative influence of small solar power generators on quality of electrical energy is taken into care. As a complement to previous research this work presents results of measurements and analysis of electrical energy quality from photovoltaic generator built at the Faculty of Technical Sciences in Novi Sad.

Ključne reči: obnovljivi izvori energije, male elektrane, male solarne elektrane.

1. UVOD

Električna energija predstavlja univerzalni vid energije bez kojeg se ne može zamisliti funkcionisanje savremenog društva. Ona predstavlja i poseban vid robe. Njena specifičnost se sastoji u tome što je skladištenje u fizičkom i ekonomskom smislu teško, već se mora proizvoditi tačno onoliko koliko potrošači zahtevaju.

Obnovljivi i alternativni izvori energije se u poslednje vreme ubrzano razvijaju i mogu se klasifikovati u grupu distribuirane proizvodnje. Generatori se povezuju pomoću odgovarajućih energetske pretvarača (AC(DC/AC) na postojeći elektroenergetski sistem [2,7]

Kapacitet resursa distribuirane proizvodnje je često ograničen. Problemi koji se javljaju su održavanje, pouzdanost, obezbeđivanje javne bezbednosti, sprečavanje kvarova opreme, kao i izbegavanje nepotrebnih poremećaja kod potrošača. Njihovo prisustvo u distributivnoj mreži utiče na uobičajen rad radijalnog fidera, jer se obim i tokovi aktivne i reaktivne snage drastično menjaju tokom vremena.

NAPOMENA:

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

To se može dalje pogoršati ukoliko postoji potreba za rekonfiguracijom fidera u slučaju ispada opreme usled kvara ili redovnog održavanja. Dalje, potrebno je obezbediti zaštitu svakog njegovog elementa (generator, transformator, vod, motor, itd.), a takođe i pojedinih celina u okviru elektroenergetskog sistema od kvarova. Takođe, pitanje kvaliteta električne energije je važno za pravilan rad svih potrošača.

U radu je razmatran problem adekvatnog priključenja ovakvih generatora i razmatrani su uslovi koje oni moraju da zadovolje.

2. PRIKLJUČENJE MALIH ELEKTRANA

U ovom poglavlju detaljno su obrađeni uslovi za priključenje malih elektrana (ME) snage do 10 MVA. Tehnički uslovi priključenja se utvrđuju na osnovu rezultata analiza i tehničkih proračuna u zavisnosti od zahtevane snage, broja generatora i naponskog nivoa mreže na koju se zahteva priključenje, koji bi ukazali na eventualnu potrebu ispunjavanja dodatnih tehničkih uslova uzrokovanih uticajem elektrane na DS na mestu priključenja [8].

Propisani tehnički uslovi za priključenje ME treba da omogućе da distributer obezbedi traženi nivo usluga proizvođačima, adekvatan rad distributivnog sistema (DS) i definisani standard usluge drugim korisnicima DS.

ME se klasifikuju prema instalisanosti, načinu rada i vrsti generatora, naponskom nivou generatora i naponskom nivou priključka. Priključak ME po opštoj šemi mora biti izveden tako da, pri radu sa maksimalnom snagom i sa faktorom snage $\cos \varphi = 0,95$, pad napona između ME i pridružene transformatorske stanice (TS) ne prelazi 2% nazivnog napona generatora. Za priključenje i bezbedan paralelan rad ME sa DS, ME mora da zadovolji sledeće kriterijume [8]:

- kriterijum dozvoljenog odstupanja (promene) napona,
- kriterijum snage kratkog spoja
- kriterijum flikera,
- kriterijum dozvoljenih struja viših harmonika,
- bezbedne sinhronizacije,
- kriterijum maksimalno dozvoljenog injektiranja jednosmerne struje,

3. ZAŠTITA FOTONAPONSKIH ELEKTRANA

Zaštita se vrši za sve elemente fotonaponskih (FN) elektrana u svrhu sprečavanja neželjenih vrednosti struja i napona. Zaštita elemenata se vrši od nenormalnih stanja: stanja sa kvarovima i opasnih pogonskih stanja [5, 6, 8].

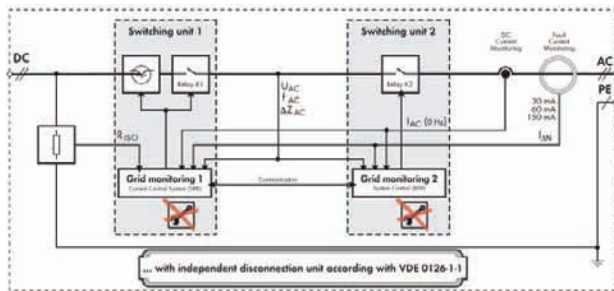
Osnovni cilj primene relejne zaštite je najbrže moguće isključenje elemenata i/ili dela elektroenergetskog sistema sa kvarom uz očuvanje funkcionalnosti ostalog dela sistema. Po Evropskim standardima za zaštitu distributivnih električnih mreža postoji tri osnovne izvedbe zaštite. Zaštita generatora i elemenata rasklopne aparature ME od mogućih havarija i oštećenja usled kvarova i poremećaja u DS (kratak spoj, zemljospoj, promena napona i/ili promena frekvencije), u uslovima paralelnog rada.

Obuhvaćene su sledeće zaštite:

- sistemska zaštita
- zaštita priključnog voda

Delovanjem ovih zaštita, mora na spojnom prekidaču da se automatski prekine paralelan rad generatora sa DS i izvrši havarijsko zaustavljanje generatora (brzo razbuđivanje i brzo zaustavljanje), ukoliko nije predviđen automatski prelazak ME u izolovan rad.

Kod invertora [3], to odvajanje od mreže se vrši automatskim uređajem za isključenje prikazanim na slici 1, kao MSD (Mains monitoring with allocated Switching Devices).



Slika 1. Prikaz MSD

U ovom aktivnom obliku monitoringa mreže, uređaj za automatsko isključenje se sastoji iz dva MSD-a, koji su nezavisni jedan od drugog i vezani serijski. Svaki od ova dva uređaja neprekidno nadgleda kvalitet povezane mreže tako što proverava napon, frekvenciju i impedansu. Ovde mora biti garantovano da sve radi u slučaju kvara, tako da testovi redovne funkcionalnosti nisu potrebni.

Pored zaštite od poremećaja u DS, FN elektrane imaju izaštitu DC kablova od struje kratkih spojeva i od preopterećenja [2].

Gromobranska instalacija ne može sprečiti nastanak atmosferskog pražnjenja, već je njen cilj da pražnjenje kao prirodna pojava ima što manje posledica na mestima gde do njega dolazi [9].

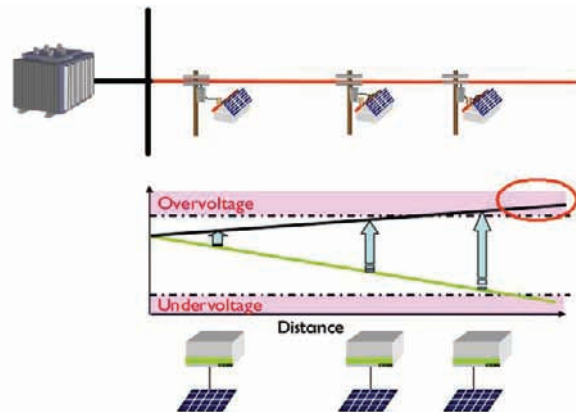
4. MOGUĆI UTICAJ MALIH FN ELEKTRANA NA KVALITET ELEKTRIČNE ENERGIJE

Problem FN elektrana kao i obnovljivih izvora jeste što njihova izlazna snaga nije kontinualna već ima značajne oscilacije. Što više ovakvih elektrana je povezano na sistem dolazi dolazi do raznih problema sa kvalitetom električne energije i stabilnosti.

Kvalitet električne energije je opšti naziv za skup indeksa koji opisuju uticaj na korisnike električne energije zbog odstupanja od propisanih granica sinusoidnog napona u amplitudi, frekvenciji, fazi i talasnom obliku [1, 4].

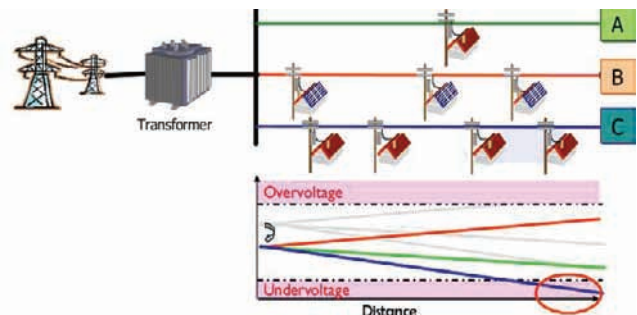
Kada je u potrošačkom čvoru proizvodnja FN generatora veća od potrošnje, višak električne energije će teći nazad u

među. Struja menja smer, a kako se ide ka kraju fidera napon raste. Ovo nije problem u urbanim sredinama koje su okarakterisane jakim mrežama sa visokim impedansama i ograničenim kapacitetom FN elektrane. Međutim, kada FN elektrana povećava proizvodnju, a priključena je na ruralnu mrežu sa manjom impedansom napon može preći gornju granicu. Ovaj problem se zove prenapon i šematski je dat na slici 2.



Slika 2. Dijagram prenapona

U izvesnoj meri regulaciju (smanjenje) napona je moguće izvršiti na transformatoru. Međutim, moguće je da dodje do podnapona u drugim vodovima, koji su povezani na isti transformator, kao što je prikazano na slici 3.

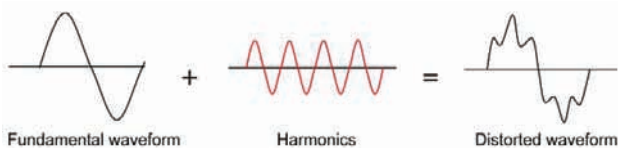


Slika 3. Podnaponski problem

Trenutna promena napona može se dogoditi i kada se pod određenim uslovima distribuirani AC generatori spoje na mrežu. Kod sinhronih generatora, u slučaju ako generatori nisu ispravno sinhronizovani sa mrežom, može doći do promene napona tokom procesa priključenja. Kod asinhronih generatora, trenutna vrednost struje može biti 5 do 6 puta veća od normalne vrednosti struje, što može izazvati propad napona.

Neravnoteža napona je stanje u kom se amplituda svake faze napona razlikuje u trofaznom sistemu ili je razlika između faza drugačija od 120 °.

Harmonik talasa je definisan kao komponenta frekvencije signala koja je celobrojni umnozak fundamentalne frekvencije. Mrežna opterećenja koriste tehnologije energetske elektronike da promene AC do željenog talasnog oblika struje. U ovom procesu, uređaji stvaraju harmonike, koji mogu narušiti talasni oblik mreže, kao što je prikazano na slici 4.



Slika 4. Harmonici signala

Ukupna i individualna harmonijska distorzija napona ili struje su faktori kojima se vrednuju viši harmonici. Individualna harmonijska distorzija (HD_n) se definiše kao odnos efektivnih vrednosti n-tog harmonika i osnovnog (50 Hz ili 60Hz), gde je n red harmonika. On se izražava u procentima:

$$HDU_n = \frac{U_n}{U_1} \cdot 100 [\%] \quad HDI_n = \frac{I_n}{I_1} \cdot 100 [\%] \quad (1)$$

Ukupna harmonijska distorzija (THD) se definiše kao kvadratni koren odnosa sume kvadrata efektivnih vrednosti pojedinačnih harmonijskih komponenti efektivne vrednosti fundamentalnog harmonika i takođe se izražava u procentima:

$$THDU = \sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} \frac{U_n^2}{U_1^2}} \cdot 100 [\%]; \quad THDI = \sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} \frac{I_n^2}{I_1^2}} \cdot 100 [\%] \quad (2)$$

Neželjeni ostrvski rad je električno stanje u kome posle ispada dela mreže sa transformatora FN sistem ga i dalje napaja. Kada su isključeni sa glavnog transformatora, FN sistemi su dizajnirani tako da otkriju abnormalne električne promene u naponu, frekvenciji i impedanse te se odmah isključe sa mreže. Međutim, ako se napajanje generiše iz FN sistema i potrošnja ostane ista, FN sistem možda neće biti u mogućnosti da otkrije neželjeni ostrvski rad i nastaviće sa snabdevanjem.

Čuvanje struje je teško u ekonomskom i fizičkom smislu, sa druge strane proizvodnja treba da zadovolji potrošnju. Poremećaj između proizvodnje i potrošnje dovodi do kolebanja frekvencije. Frekvencija je jedna od najvažnijih faktora kvaliteta električne energije i ona se mora održavati u tačno određenim granicama za celokupni sistem. Sa povećanjem broja povremenih izvora energije kao što su vetro i solarne elektrane, preduzećina za distribuciju je sve teže da kontrolišu kvalitet napajanja. Fluktuacije od FN sistema su mnogo manje nego iz vetrogeneratora.

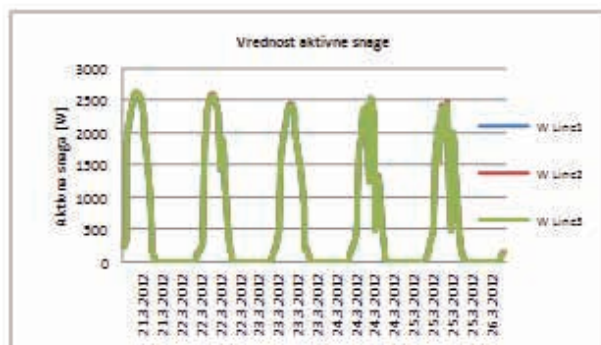
Invertori su uređaji koji se koriste za transformaciju energije u FN sistemima, teži se da se smanje gabariti invertors, DC komponenta se ne može u potpunosti eliminisati. Alternativno, u cilju sprečavanja većih proticanja DC komponente na AC stranu, FN sistemi su opremljeni za detekciju DC komponente i u slučaju većeg proticanja da isključe FN sistem sa mreže.

5. MERENJE KVALITETA ELEKTRIČNE ENERGIJE FN PANELA NA FTN-u

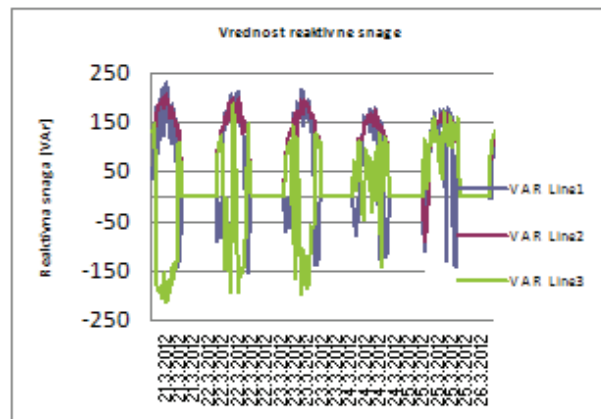
Merenje je sprovedeno u objektu Fakulteta tehničkih nauka u holu između amfiteatara i nastavnog bloka, gde se nalazi razvodni ormar sa invertorom FN elektrane "FTN Novi Sad". Merenje je izvršeno u periodu od 21.3.2012. do 26.3.2012. Aparatura za merenje je bila

postavljena na izlazne kablove iz invertora i merila je kvalitet električne energije koji invertor predaje mreži. Merenje harmonijskog spektra je vršeno na klemama gde je invertor povezan na distributivnu mrežu. Odbirci su uzimani na svakih 2 minuta u periodu od 5 dana (plus dodatni period gde su odbirci uzimani na svakih 5 minuta). Posmatrane su i memorisane vrednosti napona i struja, te snaga aktivnih, reaktivnih i prividnih sa dodatkom faktora snage.

Na slikama 5 i 6 prikazani su rezultati merenja aktivne i reaktivne snage. Sa grafikona se jasno vidi da postoje periodi kada invertor predaje energiju mreži, kao i periodi kada ne postoji proizvodnja (noćni). Sa slike 5 se jasno vidi da se aktivna snaga fotonaponske elektrane kreće do 2.6 kW i da je simetrična u sve tri faze za dati ciklus merenja, nezavisno da li je proizvodnja kontinualna ili promenjiva u toku dana. Ova vrednost je niže od nominalne snage (8 kW), jer su merenja rađena u zimskim uslovima kada je solarna radijacija mala. Što se tiče reaktivne snage (slika 6), sa grafika se uočava da je ona znatno manjeg inteziteta od aktivne, da je nesimetrična i promenjiva u toku vremena.



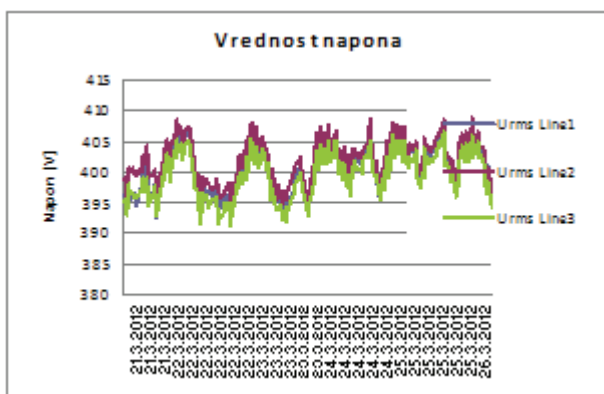
Slika 5. Vrednost aktivne snage tokom ciklusa merenja



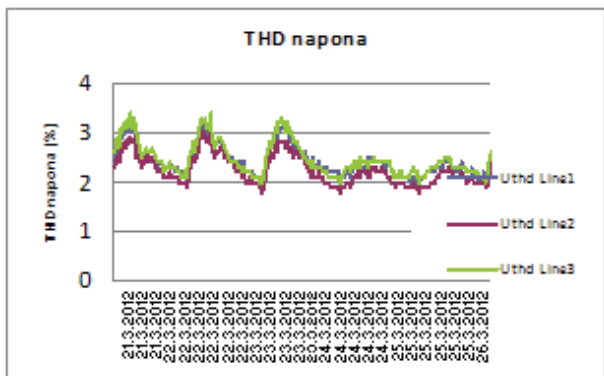
Slika 6. Vrednost reaktivne snage tokom ciklusa merenja

Fotonaponska elektrana je priključena na niskonaponsku mrežu 0,4kV promena napona na mernom mestu je prikazana na slici 7. Na slici 8. je prikazano totalno harmonijsko izobličenje napona za dati ciklus merenja. Totalno harmonijsko izobličenje struje je prikazano na slici 9.

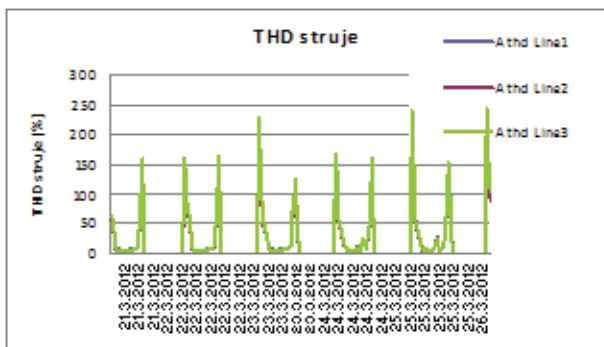
Harmonijski spektar struje i napona je prikazana na slikama 10 i 11, respektivno za maksimalnu proizvodnju. Kao što se sa slika uočava, harmonijsko izobličenje nije veliko, a peti i sedmi harmonik su dominantni.



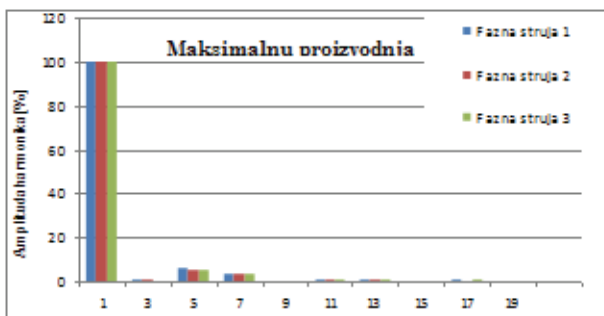
Slika 7. Vrednost napona tokom ciklusa merenja



Slika 8. Vrednost THD napona tokom ciklusa merenja



Slika 9. Vrednost THD struje tokom ciklusa merenja

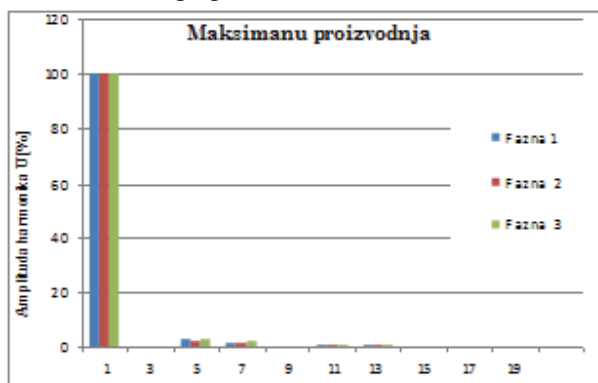


Slika 10. Harmonijski spektar struje sve tri faze.

6. ZAKLJUČAK

U radu je razmatran uticaj priključenja malih elektrana snage do 10 MVA, kao i poštovanje svih tehničkih uslova datih za ME. Kompletnu analiza uticaja priključenja malih FN elektrana na distributivnu mrežu moguće je jedino izvesti merenjem i to posle priključenja. Merenjem je pokazano da naponske prilike diktira distributivna mreža, dok izobličenje struje raste sa smanjenjem

proizvodnje. Vrednost THDi isključivo zavisi od snage, kao i harmonijski spektar izobličenja. Ipak, mali je uticaj priključenja malih FN elektrana, ako su zadovoljeni svi tehnički uslovi i preporuke.



Slika 11. Harmonijski spektar napona sve tri faze

7. LITERATURA

- [1] Vladimir Katić „Kvalitet električne energije viši harmonici“, Monografija, FTN, Novi Sad, 2002.
- [2] ABB, „Technical Application Papers No. 10 – Photovoltaic plants“, 2010.
- [3] SMA grid guard® 2 Certified in Accordance with VDE 0126-1-1
- [4] Overcoming PV grid issues in the urban areas, Report IEA-PVPS T10-06-2009
- [5] Duško Bekut: „Relejna zaštita“, FTN Izdavaštvo, Novi Sad, 1999.
- [6] Elektrovojvodina d.o.o., „Pravilo o radu distributivnog sistema“ verzija 1.0, Novi Sad, 2010
- [7] Power generation systems connected to the low-voltage distribution network VDE-AR-N4105:2011-08
- [8] JP EPS Direkcija distribuciju električne energije Srbije, “Tehnička preporuka br.16 Osnovni tehnički zahtevi za priključenje malih elektrana na distributivni sistem- II izdanje“, Beograd, 2011.
- [9] Vulić Gojko “Projektovanje električnih instalacija stambenih zgrada”, Dipl. rad, FTN, Novi Sad 2002.

Kratka biografija:



Stevan Zeljković rođen je u Drvaru 1984. god. Diplomski-master rad odbranilo je oktobra 2012. godine na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Elektroenergetika



Vladimir A. Katić rođen je u Novom Sadu 1954. god. Diplomirao je na FTN u Novom Sadu 1978., a doktorirao na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta u Beogradu 1991. god. Od 2002. god. je redovni profesor Univerziteta u Novom Sadu. Oblasni interesovanja su Energetska elektronika, Obnovljivi izvori električne energije i Kvalitet električne energije.

ANALIZA ŠIROKOPOJASNIH TELEKOMUNIKACIJA U BIH-RS**THE ANALYSIS OF THE BROADBAND TELECOMMUNICATIONS IN BaH-RS**Dragan Pajić, Željens Trpovski, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – analiza širokopojasnih telekomunikacija u BiH-RS sa aspekta ponude, potražnje, zastupljenosti, te razvoja unutar BiH. Prilikom prikaza analize bazirati ćemo se na tri najvažnija BiH telekomunikaciona operatera i to Telekom Srpske, BH Telekom i HT Mostar.

Abstract – The analysis of the broadband telecommunications in BaH-RS from the aspect of the offer, demand, representation and development within BaH. While demonstrating the analysis we will focus on the three most important BaH telecommunication operators which are Telekom Srpske, BH Telekom and HT Mostar.

Ključne riječi: analiza, širokopojasne telekomunikacije, tržište, prihod, regulatorna agencija

1. UVOD

U strogo tehničkom smislu, širokopojasna je ona telekomunikaciona mreža koja za prenos signala koristi različite medije i tehnike tako da se korisnicima omogućava dopremanje servisa zasnovanih na širokom frekventijskom opsegu. Razvojem tehnologije povećava se širina raspoloživog opsega. Jednovremeno, međutim, multimedijalni servisi postaju bogatiji, pa time i zahtjevaju veći protok. Stoga je nemoguće odrediti koje su gornje granice protoka. Time se i definicija širokopojasnog pristupa mijenja u zavisnosti od perioda u kome je data.

Zbog ratnih dešavanja na prostoru Bosne i Hercegovine od 1992-1995 godine, telekomunikaciona mreža je bila u veoma lošem stanju, te se nakon potpisivanja Dejtonskog mirovnog sporazuma krenulo u obnovu porušene mreže, tako što se krenulo sa ugradnjom digitalnih centrala i primjene najsavremenije opreme na evropskom tržištu. Danas se uveliko ugrađuju decentralizovani sistemi sa ugradnjom takozvanih MSAN(eng. *multi-service access network*) uređaja, prilikom čega se smanjuje preplatnička petlja.

Primjenom tehnologije prenosa širokopojasnih servisa preko bakarne parice na malim udaljenostima, došlo se do velike prednosti u rekonstrukciji fiksnih mreža, tako što su se dijelovi fiksne mreže prilagodili za širokopojasne usluge, prvenstveno interneta i televizija. Trend širokopojasnih telekomunikacija je da se propusna moć što više poveća, tako da se sa optikom ide i do krajnjeg korisnika gdje god je to moguće, ugradnjom miniMSAN-ova. Ovo je karakteristično za stambene objekte u bilzini optičkih privoda. Internet i televizija se realizuju preko broadband tehnologija za širokopojasnu vezu.

NAPOMENA:

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

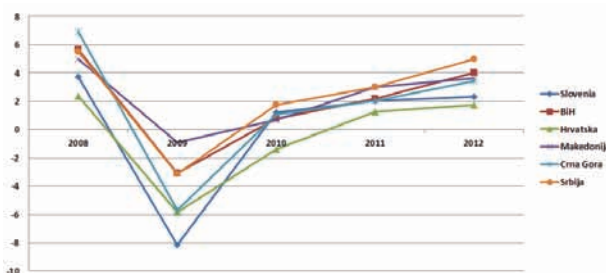
2. ANALIZA OPŠTEG OKRUŽENJA (BIH-RS)**2.1. Političko i pravno okruženje**

Bosna i Hercegovina je administrativno podijeljena na dva entiteta, Republiku Srpsku (49%) i Federaciju Bosne i Hercegovine (51%) i Distrikt Brčko, koji je do nedavno bilo pod međunarodnom supervizijom.

2.2. Makroekonomsko okruženje

Kao i u svim zemljama šireg okruženja (SEE), sa posebnim akcentom na zemlje bivše SFRJ, 2009. godina je dominantno bila pod uticajem ekonomske krize, koja je negativno uticala i na finansijski i na realni sektor, ali i same građane Bosne i Hercegovine. U kontekstu glavnih ekonomskih indikatora, 2010. godinu je okarakterisala stopa rasta BDP-a od +0.8%, rast nezaposlenosti od 3.1%, koja sada iznosi 27.2%, porast uvoza 2.65%, pad izvoza 7.26% (u 2009. 17%), pri čemu je godišnja inflacija u januaru 2011. iznosila 2.7%.

BDP Bosne i Hercegovine je u 2010. godini iznosio 24.853 milijarde KM, što je za 3.6% više u odnosu na 2009. godinu. Projekcije do 2012. godine ukazuju na oporavak privreda zemalja u okruženju, uključujući i Republiku Srpsku i Federaciju BiH, pojedinačno, kao što je prikazano na slici 1.



Slika 1. Rast BDP-a za BiH i zemlje okruženja

3. ANALIZA TRŽIŠTA TELEKOMUNIKACIJA U BIH**3.1. Pravni okvir**

Pravni okvir definisan je preko regulatorne agencije za telekomunikacije (RAK). RAK je nezavisna institucija koja na nivou države BiH reguliše polja telekomunikacija i elektronskih medija, te je isti uspostavljen Odlukom Visokoga predstavnika, 2. marta 2001. godine, spajanjem nadležnosti Nezavisne komisije za medije (emitovanje) i Regulatorne agencije za telekomunikacije, koje su do tada radile odvojeno, a 21. oktobra 2002. godine na snagu stupa Zakon o komunikacijama (Sl. glasnik BiH, br. 31/03), koji konačno definiše mandat i oblasti regulacije RAK-a.

U Agenciji djeluju tri sektora:

- Sektor za telekomunikacije
- Sektor za emitovanje
- Sektor za opšte i pravne poslove.

Politika sektora telekomunikacija je definisana kroz dokument *Politika sektora telekomunikacija Bosne i Hercegovine za period 2008. - 2012. godine*, koji je Savjet ministara BiH usvojilo 18. decembra 2008. godine, u okviru koje su ciljevi razrađeni kroz pojedine cijeline koje čine strukturu politike:

- Infrastruktura i usluge
- Tržište i regulativa
- Veze sa okruženjem/harmonizacija
- Implementiranje

3.2. Ekonomske karakteristike djelatnosti

Tržište telekomunikacija u Bosni i Hercegovini je neminovno pod uticajem opštih prilika u zemlji, ali ga ipak karakterišu propulzivnost, dinamičnost i intenzitet tržišnih odnosa, te je bitno istaći da isto učestvuje u u ostvarenom BDP-u Bosne i Hercegovine sa cca. 6%.

Bitno je istaći da telekomunikacione usluge karakterišu brojne inovacije i kratak tehnološki ciklus, što je uzrok intenzivne konkurencije na razvijenim tržištima i stalne težnje ka kreiranju diferentne prednosti od strane pojedinih operatora.

Istovremeno, u posljednjih nekoliko godina prisutan je trend integracije i konvergencije pojedinih telekomunikacionih usluga, a kao rezultat težnje velikih operatora da obezbijede vodstvo u troškovima, te kroz integraciju usluga i superiornost svoje ponude.

Tržišta Internet usluga, mobilne i fiksne telefonije u Republici Srpskoj i Bosni i Hercegovini karakterišu odgovarajuće razlike, ali i niz sličnosti sa aspekta ekonomskih karakteristika, konkurentne strukture, pokretačkih snaga i kritičnih faktora uspjeha.

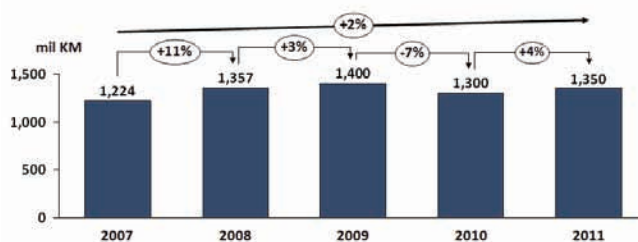
Istovremeno tržište prenosa podataka u fiksoj mreži je u ekspanziji, sa posebnim akcentom na rast segmenta broadband usluga, mada je i dalje evidentan nedostatak odgovarajuće percepcije značaja ove vrste usluga u svakodnevnom djelovanju, a što je posebno karakteristično za segment pravnih lica.

Posebno treba istaći ulazak dominantnih operatora na tržište distribucije programskog sadržaja (Telekom Srpske i BH Telecom), što će značajno usložiti dosadašnje tržišne odnose u ovome segmentu, te uticati na restrukturiranje tržišnog stanja, ali i preraspodjelu tržišnog učešća u korist dominantnih operatora.

Tržište mobilne telefonije u BiH je ušlo u fazu zrelosti, ukoliko isto posmatramo sa generičkog aspekta, međutim isto će, odnosno pojedine usluge mobilne telefonije, posebno naglašavajući segment prenosa podataka, koji je u fazi uvođenja na tržište, i u narednom periodu predstavljati driver daljeg rasta i razvoja pojedinih pružaoca usluga, kao i izvor novih prihoda.

Ukupna vrijednost tržišta telekomunikacija u BiH, prema procjeni Regulatorne agencije za komunikacije, je u 2011. godini iznosila 1.350.000.000 KM, što je 4% više nego u 2010. godini, odnosno prosječna stopa rasta u periodu 2007- 2011. je iznosila 2%, pri čemu navedeni prihod čini 5.85% BDP-a Bosne i Hercegovine (Slika 2.).

Ostvareni prihodi na tržištu telekomunikacija u BiH 2007.-2011.



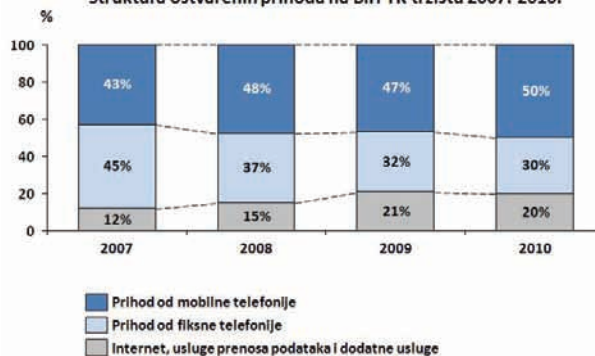
Slika 2. Ostvareni prihodi na tržištu telekomunikacija u BiH (2007.-2011.)

Bitno je konstatovati, da se struktura ostvarenih prihoda na TK tržištu kontinuirano mijenja u korist usluga mobilne telefonije i prenosa podataka u fiksoj mreži, odnosno da prihodi od usluga fiksne telefonije padaju, kao rezultat navedenog trenda smanjenja broja pretplatnika, ali i postojećeg regulatornog okvira koji tretira ovaj segment usluga, odnosno primjene Pravila o rebalansu cijena govornih usluga u fiksoj telefoniji.

Treba istaći da ne postoje odgovarajući podaci o strukturi ukupnih prihoda TK tržišta u Bosni i Hercegovini, izuzev podataka koji se odnose na ostvareni prihod od usluga fiksne i mobilne telefonije, što generalno ukazuje na odsustvo adekvatnog upravljanja tržištem sa institucionalnog aspekta.

Shodno tome, a i kako je prethodno pomenuto, prihod od usluga mobilne telefonije u 2010 godini je iznosio 646 miliona KM ili 50% u ukupno procijenjenim prihodima tržišta.

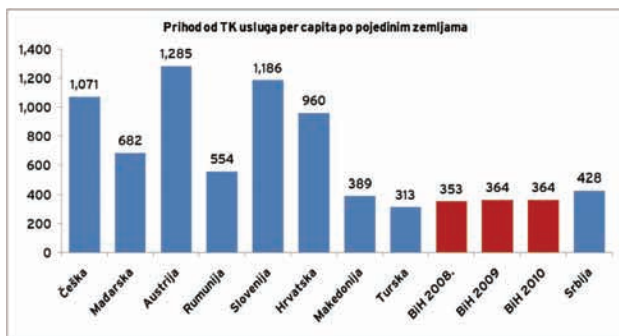
Struktura ostvarenih prihoda na BiH TK tržištu 2007.-2010.



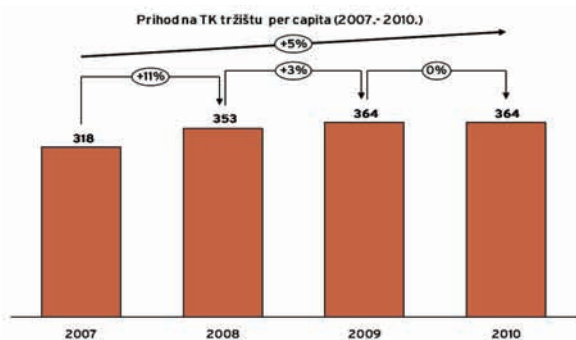
Slika 3. Struktura ostvarenih prihoda na BiH TK tržištu (2007.-2010.)

Ukoliko prezentovani prihod stavimo u odnos sa brojem stanovnika, moguće je konstatovati da je među zemljama bivše Jugoslavije ukupna potrošnja stanovništva za telekomunikacione usluge na godišnjem nivou najniža u Bosni Hercegovini, 364KM, dok u Sloveniji i Hrvatskoj iznosi 1,186 i 960 KM, respektivno, što je na nivou zemalja Evropske unije (Slika 4.).

U periodu 2007.-2010. godina, uvažavajući podatke Regulatorne agencije za komunikacije o ostvarenim prihodima na TK tržištu, te projekcije broja stanovnika, prihod od telekomunikacionih usluga per capita je porastao sa 318 KM u 2007. godini na 364 KM u 2010. godini (Slika 5.).



Slika 4. Prihod telekomunikacionih usluga per capita u izabranim zemljama na kraju 2008. godine i BiH u periodu 2008.-2010.



Slika 5. Prihod od TK usluga per capita u BiH

3.3. Socio-demografski faktori

Kulturni i ekonomski faktori doveli su do značajne promjene u obrascima potrošnje domaćinstva i u tom kontekstu bitno je istaći da učešće ICT-a u potrošačkoj korpi kontinuirano raste, pri čemu je u 2009. godini došlo do generalnog smanjenja troškova domaćinstva, pa i u učešća ICT usluga, prevashodno zbog privredne krize i smanjenja diskrecionog dijela dohotka stanovništva.

Posmatrajući EU i izabrane zemlje okruženja, može se konstatovati da najveći obim potrošnje u komunikacionom segmentu 5,7% ima Crna Gora, BiH ima samo 2,8% potrošnje u komunikacijama, što je značajno manje u odnosu na Hrvatsku 4,2% i Srbiju 4%.

Opšta struktura potrošačkog segmenta ukazuje da je broj muškaraca i žena približno jednak, 51% i 49% respektivno, te da 54% stanovništva spada u starosni razred od 12 do 49 godina, kao što je prikazano na slici 6.



Slika 6. Struktura potrošačkog segmenta po starosnim razredima

3.4. Tehnološko okruženje

Tehnološko okruženje čine fiksna mreža, mobilna telefonija i internet.

Kod fiksne mreže možemo spomenuti implementaciju NGN arhitekture na nivou komutacije, realizacija IPTV usluge, digitalizacija i dvojničke linije.

Kod mobilne telefonije svi operatori nude već standardne usluge kao što su Multi-media Messaging Services (MMS), General Packet Radio Service (GPRS) i WAP, Virtual Private Network (VPN), Conference Calling, Wallpapers Animated pictures, Polyphonic ring tones, govornu poštu, razne usluge za kompletiranje poziva, po niskim tarifama. Nastavljen je trend uvođenja novih tarifnih modela i novih usluga kod svih GSM operatora, što svakako doprinosi daljem razvoju ovog segmenta telekomunikacijskog tržišta.

U 2009. godini je nastavljen trend porasta broja korisnika kablovskog Internet pristupa. Usluga kablovskog Internet pristupa u Bosni i Hercegovini dostupna je sa pristupnim brzinama u rasponu od 128 kb/s do 4096 kb/s. U ponudi su paketi sa ograničenjem prometa, kao i tzv. flat rate modeli.

Bežični Internet pristup se na bh. tržištu pruža sa pristupnim brzinama u rasponu od 64kb/s do 4096 kb/s, u paketima sa i bez ograničenja prometa.

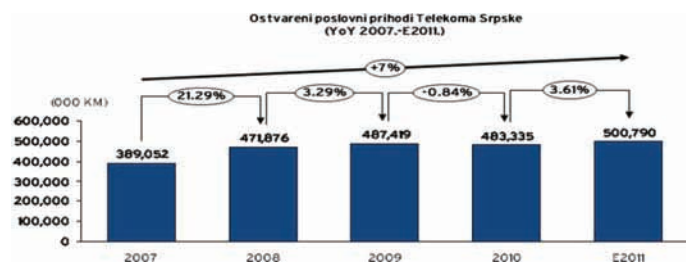
Internet konekciju u Bosni i Hercegovini moguće je uspostaviti i putem iznajmljenih linija (leased lines) što je najčešći oblik Internet povezivanja poslovnih subjekata. Pored usluga Internet pristupa, pružaoци Internet usluga u Bosni i Hercegovini u svojoj ponudi imaju i dodatne usluge.

Tako 71% kompanija pruža usluge web mail-a, 49% web hosting-a, 35% Game Server-a, 48% FTP servera i 36% usluge Foruma.

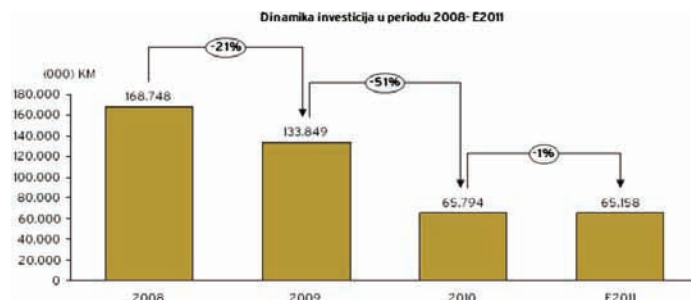
4. INTERNA ANALIZA TELEKOMA SRPSKE

4.1. Finansijski aspekti poslovanja

Za finansijski aspekt karakteristični su poslovni prihodi i investicije. Na slici 7. prikazani su poslovni prihodi Telekomu Srpske, a na slici 8. Dinamika investicija u periodu od 2008-2011. Godine



Slika 6. Ostvareni poslovni prihodi Telekomu Srpske u periodu 2007.-2011. godina



Slika 7. Dinamika investicija u periodu 2008.-2011. godine

5. ZAKLJUČAK

Za zakonske regulative, i za kreiranje budućih standarda na nivou Bosne i Hercegovine zadužena je državna agencija za telekomunikacije, i ona je ta koja nameće kako obaveze tako i određena ograničenja za telekomunikacione operatere. Kako smo vidjeli, ona je zadužena i za regulaciju međusobnih odnosa između operatera telekomunikacionih usluga u BiH, i za nadgledanje i sprovođenje primjene daljih inovacija i tehničkih rešenja. U mogućnosti je da sankcioniše rad onih operatera koji ne ispunjavaju zakonske norme, u cilju ispunjavanja propisanih standarda.

Možemo zaključiti da je sa stanovništva širokopojasnih telekomunikacija, tržište u različitim fazama u zavisnosti od različitih usluga. Mobilna telefonija je u fazi zrelosti, dok su internet i televizija u fazi uvođenja na tržište, i tu se upravo bilježi veliki rast korisnika kao i prihoda. U ovim granama se i bilježe najveća ulaganja, što se ogleda u izgradnji decentralizovanih digitalnih centrala (MSAN), što smanjuje preplatničku petlju ka krajnjem korisniku. Kao rezultat imamo sve veći prostor pokriven širokopojasnim servisima, sa tendencijom dostizanja evropskih standarda u pogledu iskorištenosti i primjene usluga. Za korisnika to predstavlja kvalitetniju i jeftiniju uslugu, a za telekomunikacionog operatera jeftinije održavanje, te kvalitetniji nastup na tržištu.

6. LITERATURA

- [1] Telekomunikacije RS a.d. Banja Luka „Analiza opšteg, konkurentnog okruženja i internog okruženja Telekoma Spske“ .
- [2] Regulatorna agencija za komunikacije „Ocjena stanja tržišta u BiH“.
- [3]
- [4] Regulatorna agencija za komunikacije „Telekomunikacijski pokazatelji Bosne i Hercegovine za 2011. godinu“.
- [5] <http://www.cra.ba>- Regulatorna agencija za komunikacije
- [6] <http://www.eutelsat.com/products/pdf/cable-satellite-survey-2010.pdf>
- [7] <http://www.bhtelecom.ba> – BH Telekom
- [8] www.ht.ba – HT Mostar
- [9] www.mtel.ba – Telekom Srpske

Kratka biografija



Dragan Pajić rođen je 11.11.1976. god. u Žegaru opština Obrovac, Republika Hrvatska. Srednju školu završio u Kninu. Osnovne studije Elektrotehničkog fakulteta pohađao na prištinskom Univerzitetu do 2002. godine. Master studij nastavio na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu. Trenutno obavlja funkciju rukovodioca Izvršne jedinice Trebinje, u kompaniji Mtel, u RS-BiH. Oženjen, otac četvoro djece.



Željen Trpovski rođen je u Rijeci 1957. godine. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 1998. god. Od 2004. ima zvanje vanrednog profesora. Oblast interesovanja su telekomunikacije i obrada signala.

**ТЕХНИКЕ РЕПЛИКАЦИЈЕ ПОДАТАКА ЗАСНОВАНЕ НА ПРИСТУПИМА
УПРАВЉАЊА ТОКОВИМА ПОДАТАКА****DATABASE REPLICATION TECHNIQUES BASED ON DATA STREAM
MANAGEMENT APPROACHES**

Драган Торбица, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област – ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И РАЧУНАРСТВО

Кратак садржај – Рад се бави репликацијом података у дистрибуираном систему база података. У раду је представљена Oracle Streams репликациона технологија. Такође су кратко представљене и теоријске основе Data Streams Management System (DSMS) - система за управљање током података. Рад се бави концептима и процесима који сачињавају Oracle Streams репликациони систем, као и карактеристичним топологијама репликационих система. Представљене су имплементације две карактеристичне топологије Oracle Streams репликационих система које се могу наћи у употреби као подршка раду различитих организација.

Abstract – In the paper we consider techniques of data replication in distributed database environment. We present the Oracle Streams replication technology and theoretical basis of Data Streams Management Systems (DSMS). We present the concepts and processes of the Oracle Streams replication system, as well as distributed topologies of these systems. We also present an implementation of two specific Oracle Streams topologies that may be used in support of different organization processes.

Кључне речи: Репликација, дистрибуирано окружење, DSMS, топологије дистрибуираних окружења, Oracle Streams репликациона технологија.

1. УВОД

Историјски гледано, са појавом првих клијент/сервер дистрибуираних система база података, стручњаци из информационог сектора нису одмах препознали потребу за репликацијом података. Прве организације које су увиделе повољности које могу да проистекну као последица примене репликационе технологије у пословању биле су из финансијског сектора. Убрзо после њих и компаније из других сектора индустрије почеле су са коришћењем дистрибуираних система. Већина решења, посебно у првим годинама развоја технологије су пропала. Проблеми су били концептуалне природе, пре свега у смислу приступа самом решењу проблема. Концепти који су поред копирања података, поседовали особине као што су: транспортни протокол отпоран на отказе, механизам за разрешавање конфликта услед дивергенције података, ефикасност и брзину транспорта података и посебно флексибилност да одговори на различите захтеве клијената, нашли су своју примену у пословању и опстали на тржишту.

Циљ овог рада јесте анализа и примена концепата и техника Oracle Streams репликације у практичним

условима, са акцентом на топологије репликационих окружења. Концепт Oracle Streams је настао комбинавањем теоријских основа Oracle Advanced Replication дистрибуираног окружења и механизма обухвата промена уписаних у redo log фајлове употребом Oracle Log Miner алата. Предност оваквог концепта је што омогућава имплементацију флексибилније репликационе архитектуре. То се односи на обухват података на једној локацији, пропацију до друге и примену промена на другој локацији са могућношћу трансформација над подацима. Oracle Streams репликациони систем описан и имплементиран у овом раду треба да подржи рад два типа организација: осигуравајуће компаније и генеричког позивног центра.

**2. ТЕОРИЈСКЕ ОСНОВЕ РЕПЛИКАЦИЈЕ
ПОДАТАКА И ДИСТРИБУИРАНИХ СИСТЕМА
БАЗА ПОДАТАКА**

Један од основних појмова који ће бити изложен у овом раду је концепт репликације података. Репликација података представља процес копирања података са једне инстанце базе податка на другу, при чему се мора водити рачуна о томе да копије податка на обе инстанце буду идентичне. Репликација података може бити мануелна или аутоматска, при чему је ова последња препоручљива. Реплицирање и дељење података представља основну намену дистрибуираних система база података. Репликација података представља један од основних механизма на који се ослања рад дистрибуираног система база података. Компоненте из којих је састављена архитектура репликационог окружења представљају објекти и локације. Објекти представљају предмет репликације између локација, а локације су описане улогом коју имају у систему. Локација може имати једну од три улоге:

- **Објекат базе података:** Објекат базе података представља предмет репликације. У случају табеле или материјализованог погледа, реплицира се и структура објеката и подаци. У случају других типова података реплицира се дефиниција објекта.

- **Примарна локација:** локација која представља базу податка која садржи објекте који представљају извор за реплицирање промена на друге локације у систему.

- **Секундарна локација:** локација која се односи на базу податка која садржи копије објеката са примарних локација. Ова локација може да представља примарну локацију за неке друге локације у репликационом окружењу. Услов који секундарна локација мора да испуни јесте да сваки конфликт који настане као последица репликације података са примарне локације, разрешава се тако што локалне промене на секундарној локацији бивају преписане променама са примарне локације.

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор др Иван Луковић, ред. проф.

Методe репликације представљају начин на који се подаци реплицирају између локација. Односе се на синхронизацију репликације података између локација (енг. *commit synchronization*) и смер тока репликације (енг. *directional flow*). Синхронизација репликације се односи на примену промена података након завршетка трансакција на некој локацији у оквиру система. Разликују се два начина синхронизације репликације: синхрон и асинхрон.

Синхронa репликација захтева да све локације унутар система могу да сачувају (енг. *commit*) све промене настале на изворишној локацији, пре него што оне могу бити сачуване на изворишној локацији.

Асинхорна репликација дозвољава да се трансакција успешно заврши на изворишној локацији, без обзира на то да ли су реплициране промене над подацима успешно сачуване на одредишним локацијама.

Смер тока репликације се односи на смер у којем се репликационе промене преносе између две локације. Разликују се унидирекциони (енг. *unidirectional*) и бидирекциони (енг. *bidirectional*, односно генералније вишедирекциони *N-Way*) смер тока репликације. Унидирекциони смер репликације подразумева да промене теку само у једном смеру од једне локације ка другој.

Промене настале на секундарним локацијама, под условом да су уопште дозвољене, се не дистрибуирају на примарну локацију. Бидирекциони (вишедирекциони) смер репликације значи да промене могу да теку од једне локације према другој и обрнуто, унутар дистрибуираног система. У наставку су наведене могуће конфигурације репликационог окружења које могу бити имплементирани:

- Дистрибуирано окружење које има две или више локација које представљају извориште промена које треба да буду реплициране. Ове локације пропагирају промене на друге одредишне локације, али у исто време представљају и одредиште за реплицирање промена насталих на другим изворишним локацијама. Ова конфигурација представља **окружење са више примарних и изворишних локација, са вишедирекционим смером тока репликације, при чему репликација може да тече између две примарне локације** (енг. *N-Way/Master-to-Master/Multi-Source*).
- Дистрибуирано окружење где је једна локација извор промена, тј. примарна локација, која пропагира промене и реплицира их ка одредишним, односно секундарним локацијама. Обрнут смер тока репликације није дозвољен. Ова конфигурација може бити окарактерисана као **окружење са унидирекционим смером тока репликације од примарне локације ка секундарној, са једним извориштем и једним одредиштем за репликацију** (енг. *Unidirectional/Master-to-Secondary/Single-Source*).
- Хибридно дистрибуирано окружење које представља комбинацију претходних конфигурација.

3. СТРУКТУРА ORACLE 11G STREAMS ОКРУЖЕЊА

Oracle Streams обезбеђује флексибилну дистрибуирану архитектуру засновану на технологији *Oracle Advanced Queuing*. Оно што *Oracle Streams* технологија пружа као додаток на темељима *Oracle Advanced Queuing* технологије јесте могућност усмеравања тока података у

систему и манипулацију и трансформацију податка док подаци теку кроз дистрибуирано окружење.

3.1. Појам *Oracle Streams* порука

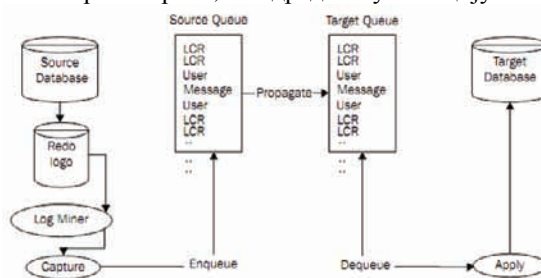
Поруке су у *Oracle Streams* терминологији дефинисане као основне јединице дељене информације унутар *Oracle Streams* окружења. По типу, порука може бити: *Logical change record (LCR)* или *Data Definition Language (DDL) LCR*.

3.2. Појам *Oracle* правила

Правила представљају објекте базе података који омогућавају, или онемогућавају клијента да изврши одређену акцију када се догоди одређени догађај, у зависности од тога да ли је услов дефинисан у правилу задовољен или не. Дефинисани услов представља логички израз чија вредност може бити тачна, нетачна или непозната. Могуће је дефинисати скуп одређених правила везаних за објекте и одређене процесе у бази података, врши трансформације над подацима у зависности од резултата провере услова правила на догађају и слично. *Oracle* обезбеђује уграђену компоненту названу *rules-engine* за евалуацију правила.

3.3. Ток *Oracle Streams* репликационог процеса

Процес репликације (слика 1) започиње обухватом (енг. *capture process*) промена насталих над подацима у бази података, које су оследица извршавања или DML (*Data Manipulation Language*) или DDL наредби. Након успешног обухвата промене се трансформишу у LCR поруке. Ове поруке се чувају у специјализованим редовима, у овом случају названим изворишни редови. Када је порука смештена, спремна је да буде послата, односно пропагирана, на одредишну локацију.



Слика 1. Графички приказ тока *Streams* репликације

3.4. Редови

Редови представљају меморијске структуре и разликују се два типа: баферовани редови у оперативној меморији (*in-memory*) и редови у табелама смештеним на дисковима који се називају перзистентни редови (енг. *persistent queues*). Баферовани редови су такозвани ANYDATA редови јер могу да садрже податке типа SYS.ANYDATA. За разлику од њих, перзистентни редови могу да буду још и типизирани, тј. TYPED ред који може да садржи податке специфичног типа, као на пример VARCHAR2, CLOB и тсл.

3.5. Процес за обухват промена над подацима

Процес за обухват промена (енг. *Capture process*) представља *Streams* специфични позадински процес инстанце базе података. Процес за обухват промена користи услуге *LogMiner* алата, који периодично скенира *redo log* фајлове за насталим променама ради њиховог обухвата. Након успешног обухвата одговарајућих промена, врши се њихово форматирање у одговарајући тип LCR поруке. Тако формирана порука бива смештена у изворишни ред. Углавном се ради о баферованом реду. Разликују се два типа процеса за обухват промена: имплицитни и експлицитни. Разлика између ова два процеса јесте у томе што

експлицитни процес омогућава да корисник генерише сопствене поруке за пропагацију.

3.6. Процес за пропагацију порука

Процес за пропагацију порука је задужен за пренос порука између изворишне и одредишне локације, тј. прецизније између изворишног и одредишног реда. Постоје два начина конфигурације овог процеса, *queue-to-queue* и *queue-to-dblink*. Први начин конфигурације подразумева да сваки пропагациони процес има сопствени *propagation job*. Други начин конфигурације подразумева постојање једног дељеног *propagation job*-а. *Oracle Streams* репликационо окружење гарантује механизам пропагације порука који је отпоран на отказе.

3.7. Процес за чување промена

Након што пропагациони процес изврши транспорт LCR порука до одредишног реда, процес за чување промена дефинисан на одредишној локацији прво преузима једну поруку из одредишног реда. Затим може да се изврши једна од две ствари. Или ће процес аутоматски снимити промене из LRC поруке у одговарајући објекат на одредишној бази података или ће предати LRC поруку тзв. руковоацу за чување порука. Руковалац за чување порука представља кориснички дефинисану процедуру која преузима LRC поруку као улаз и врши додатно процесирање над подацима из поруке пре него што они буду сачувани. Као и код осталих процеса и процес за чување промена врши евалуацију LRC порука у односу на скуп дефинисаних правила. Процес за чување промена се састоји из три процеса:

- **Reader server:** Преузима LCR поруке и претвара их у трансакције, при чему је сачуван трансакциони поредак реплицираних наредби и међузависности објеката.
- **Coordinator process:** Преузима формиране трансакције и шаље их следећој компоненти (*Apply server*). Овај процес надгледа *Apply server* процес и брине се да све трансакције буду извршене у правилном редоследу.
- **Apply server:** Извршава трансакције, тј. има функцију чувања промена у одговарајућим објектима на одредишној бази података. Осим тога у случају неуспешног чувања промена ставља LCR поруке у ред за грешке.

4. ПРЕГЛЕД ТОПОЛОГИЈА STREAMS ОКРУЖЕЊА

Различите топологије *Streams* репликационог окружења добијају се комбинавањем различитих репликационих конфигурација са током података унутар репликационог процеса. Иако је на овај начин могуће добити на варијетету топологија, нису баш све погодне са становишта употребљивости, искористивости и перформанси.

4.1. Топологије са једном изворишном локацијом

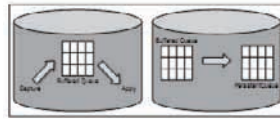
Оваква врста топологије подразумева постојање једне локације која је извориште промена које се реплицирају употребом *Streams* технологијом на друге локације унутар дистрибуираног окружења.

4.1.1. Топологија са једном инстанцом базе података

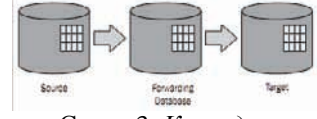
Топологија са једном инстанцом базе података подразумева да та инстанца садржи и процес за обухват промена над подацима и процес за чување промена. Постојање пропагационог процеса је сувишно.

4.1.2. Топологије са више локација

Најједноставнија топологија репликационог окружења садржи две локације од којих је једна изворишна, а друга одредишна. Графички приказ овакве конфигурације је приказан на слици 2. У наведену конфигурацију може да се уведе једна локација између изворишне и одредишне локације (слика 3).

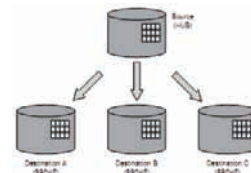


Слика 2. Топологија са једном изворишном и одредишном локацијом



Слика 3. Каскадна топологија

Топологија *Hub-and-Spoke* у окружењу са једом изворишном локацијом подразумева једнодирекциону репликацију података према више одредишних локација. Изворишна локација је у овом случају означена као *hub*. Сваки *hub* има више *spoke* локација. Графички приказ овакве конфигурације је приказан на слици 4.



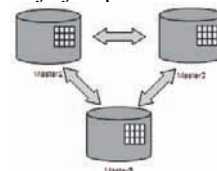
Слика 4. Топологија *Hub-and-Spoke* са једним извором

4.2. Топологије са више изворишних локација

Код топологија са више изворишних локација промене над дељеним подацима могу настати на више места у систему.

4.2.1. Бидирекциона/N-Way/Master-to-Master топологија

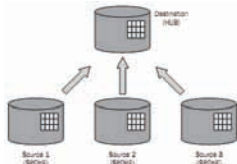
У овој топологији могуће је правити промене над дељеним подацима на свим локацијама у систему. Свака од локација је потенцијално извор промена, односно свака локација је примарна (*master site*). Истовремено свака локација представља и одредиште за реплициране промене (одатле *Master-to-Master* одредница у имену ове топологије), јер се промене пропагирају на сваку од локација у окружењу, с обзиром да се ради о *N-Way* типу тока репликације. Уз то између сваке две локације промене теку у оба смера, па је на том нивоу бидирекциони тип тока репликације. Графички приказ овакве конфигурације је приказан на слици 5.



Слика 5. Бидирекциона/N-Way/Master-to-Master топологија

4.2.2. *Hub-and-Spoke* топологија са једнодирекционим током репликације

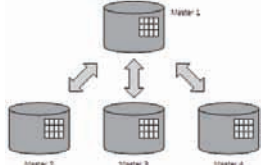
У овој конфигурацији *hub* је секундарна локација на којој је дефинисан по један процес за чување промена и одредишни ред за сваку *spoke* локацију, која је у овом случају примарна локација. На *spoke* локацији дефинисан је процес за обухват промена над подацима и изворишни ред. Графички приказ овакве конфигурације је приказан на слици 6.



Слика 6. Hub-and-Spoke топологија једнодирекционим током репликације

4.2.3. Hub-and-Spoke топологија са бидирекционим током репликације

Ова топологија представља проширење Hub-and-Spoke топологије са једнодирекционим током репликације, која омогућава да hub такође буде и извориште промена које онда шаље свакој spoke локацији. Графички приказ овакве конфигурације је приказан на слици 7.



Слика 7. Hub-and-Spoke топологија бидирекционим током репликације

5. КРАТАК ОПИС ИМПЛЕМЕНТИРАНИХ РЕПЛИКАЦИОНИХ ТОПОЛОГИЈА

У наставку је дат кратак опис дистрибуираних система осигуравајуће компаније и позивног центра, као и Oracle Streams репликационих топологија који пружају подршку раду наведених система. Први тип организације представља систем са једном централом и два представништва и као пример такве организације узета је хипотетичка осигуравајућа компанија. Други тип организације представља систем сачињен од неколико испостава од којих свака послује као засебна јединица, али се на вишем новоу хијерархије могу посматрати као једна целина која располаже истоветним подацима. Оваква организациона структура у овом раду реализована је на примеру три испоставе позивног центра техничке подршке неке компаније. Спецификација дистрибуираног система осигуравајуће компаније имплицира употребу Hub-and-Spoke топологије са једнодирекционим током репликације. Спецификација дистрибуираног система позивног центра имплицира употребу бидирекционе/N-Way/Master-to-Master топологије.

6. ПРИКАЗ РЕЗУЛТАТА ИМПЛЕМЕНТИРАНИХ РЕШЕЊА

За потребе реализације дистрибуираног система осигуравајуће компаније и позивног центра инсталиране су по три виртуалне машине. Имплементирана је мрежна инфраструктура. Инсталиран је Oracle 11g Release 1 програмски пакет. Прво су оцигулисани Oracle Net фајлови, конкретно tnsnames.ora и listener.ora. Такође је извршена конфигурација параметара иницијализације: GLOBAL_NAMES, LOG_ARCHIVE_DEST_n и параметара MEMORY_MAX_TARGET и MEMORY_TARGET. На тај начин омогућен је рад са stream-овима. Затим је база података постављена да ради у archive log моду. Још два кључна корака реализована су у процесу припреме окружења за имплементацију наведених дистрибуираних репликационих система. Најпре су креирана два посебна tablespace-а. Један за LogMiner и други за Streams администратора. Следећи корак јесте

креирање корисника који ће бити Streams администратор. Приликом креирања репликационог окружења за оба система потребно је креирати корисника који је Streams администратор. Тај корисник има привилегије да креира одговарајуће процесе и компоненте које сачињавају репликациони процес. За осигуравајућу компанију креирани су по два процеса за обухват података, два процеса за пропацију промена и један процес за чување промена. Такође креирана су два изворишна реда и један одредишни ред. За генерички позивни центар креирана су по три процеса за обухват, пропацију и чување. Такође, на свакој од локација је креирано по три пара изворишних и одредишних редова. Резултат након додавања једног слога у базу података осигуравајуће компаније јесте да је тај слог реплициран на hub локацију. Резултат након додавања слога у базу података генеричког позивног центра јесте да је тај слог реплициран на преостале две локације у систему.

7. ЗАКЉУЧАК

Oracle Streams пружа стабилну и флексибилну технологију за развој дистрибуираних репликационих окружења. Велики избор топологија омогућава подршку раду организацијама из различитих области пословања. Правац даљег истраживања се може пронаћи у предпоставци да је у реалним дистрибуираним системима за очекивати да је састављен од различитих инстанци база података. Напоградња овог рада би ишла у смеру анализе понашања Streams-а у таквом систему. Ту су и софтверска решења као што је Sybase Replication Server који управо пружа подршку употреби различитих база података, гарантује брзу репликацију промена и у многоме олакшава администрацију дистрибуираног система.

8. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Eric Yen, Ann L. R. McKinnell, *Oracle 11g Streams Implementer's Guide Design, implement, and maintain a distributed environment with Oracle Streams*. Packt Publishing Ltd., 32 Lincoln Road Olton Birmingham, B27 6PA, UK, 2010. ISBN 978-1-847199-70-6
- [2] Kirtikumar Deshpande, *Oracle 11g Streams Data Replication*. The McGraw-Hill Companies, Inc., 2011. ISBN 978-0-07-175912-0
- [3] Rajeev Motwani, Jennifer Widom, Arvind Arasu, Brian Babcock, Shivantah Babu, Mayur Datar, Gurmeet Manku, Chris Olson, Justin Rosentstein, Rohit Varma, *Query Processing, Resource Management, and Approximation in a Data Stream Management System*. Stanford University, <http://infolab.stanford.edu/stream/>

Кратка биографија:



Драган Торбица рођен је у Сиску 27. 03. 1987. године. Факултет техничких наука уписао је 2006. године. Основне академске студије првог степена је завршио 2011 године. Мастер студије уписује исте године и успешно их завршава 2012 године.



EKVIVALENTIRANJE DELA PRENOSNE ELEKTROENERGETSKE
MREŽE WARD-OVIM EKVIVALENTOM

WARD EQUIVALENT FOR A PART OF POWER TRANSMISSION NETWORK

Milan Katić, Vladimir Strezoski, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – Rad obrađuje ekvivalentiranje prenosne elektroenergetske mreže statičkim Ward-ovim ekvivalentom. Svrha ekvivalentiranja je zamena delova kompleksnih prenosnih sistema jednostavnim ekvivalentom u cilju lakše analize dela prenosnog sistema koji nam je od interesa. Detaljno je opisan postupak formiranja Ward-ovog ekvivalenta. Opisana je funkcija za ekvivalentiranje prenosnih elektroenergetskih sistema i prikazani rezultati implementacije razvijene funkcije na odabranom modelu.

Abstract – This thesis deals with modeling of static Ward equivalent for a part of transmission power network which is not of interest. Basics of modeling Ward equivalent are described in detail. The developed function for creating of Ward equivalent is also described, as well as implementation of the function on a model of a simple transmission network.

Ključne reči: Ekvivalent, prenosna elektroenergetska mreža, tokovi snaga, Ward

1. UVOD

Redukcija ili ekvivalentiranje elektroenergetske mreže je postala vrlo bitna iz više razloga i u više različitih aplikacija. Elektroenergetski sistemi širom sveta beleže stalne poraste u veličini i kompleksnosti, koja je prouzrokovana potrebom za boljom povezanošću i komunikacijom pojedinačnih elektroenergetskih sistema. Potreba za analizom elektroenergetskih sistema velikih razmera u stalnom je porastu. Na ovo pre svega utiču razmene električne energije na velikim udaljenostima, široko rasprostranjena tržišta električne energije, kao i jaka povezanost interkonektivnih oblasti. Kontrola tako složenog sistema u realnom vremenu zahteva vrlo jaku računarsku podršku za izvršavanje proračuna, koji obezbeđuju informacije o sigurnosti rada i isporuke električne energije.

Proračun tokova snaga, kao i optimalni energetski proračuni elektroenergetskih mreža velikih dimenzija (evropska mreža sadrži oko 10000 čvorova i preko 13000 grana) su neophodni za analizu i planiranje razvoja mreže.

Prilikom analize velikih sistema, inženjeri su obično zainteresovani samo za određeni deo sistema. Taj deo sistema predstavlja interni deo, ili deo od interesa, dok ostatak sistema, koji nam nije od interesa, predstavlja eksterni sistem. Ekvivalentiranjem razmatranog velikog

sistema dobija se modifikovan eksterni sistem, zamenjen odgovarajućim ekvivalentom. Dobijeni ekvivalent je mnogo manjih dimenzija i mnogo jednostavniji od originalnog eksternog sistema, ali zadržava uticaj eksternog sistema na sistem od interesa, pri čemu se postiže zadovoljavajuća tačnost tog uticaja. U ovom radu je obrađeno ekvivalentiranje dela prenosne elektroenergetske mreže Ward-ovim ekvivalentom.

2. STACIONARNI TOKOVI SNAGA

Tokovi snaga predstavljaju jedan od osnovnih proračuna koji se koriste za analizu elektroenergetskih sistema. Rezultati tokova snaga se koriste prilikom planiranja pogona kako bi se izbeglo preopterećenje na specificiranim elementima u razmatranoj mreži, čime se osigurava stabilnost elektroenergetskog sistema i njegovog režima. Problem stacionarnih tokova snaga, ili jednostavnije problem tokova snaga, u suštini se odnosi na problem bilansa električne energije u elektroenergetskim sistemima (prenosno-proizvodne mreže ili delovi (cele) distributivne mreže). Pod tim problemom se podrazumeva sledeće: kako opteretiti izvore u jednoj (poznatoj) mreži (elektrane u prenosno-proizvodnoj mreži, napojne stanice ili distributivne transformatore u distributivnoj mreži) kada je poznata potrošnja svih potrošača (potrošači osmog nivoa u prenosnim mrežama, distributivne TS ili individualni potrošači u distributivnoj mreži).

Bilans energije je najvažnije pitanja u svakoj energetici (uglju, nafti, gasu, ...), pa i u elektroenergetici. Za razliku od ostalih energenata, problem elektroenergetskog bilansa je karakterističan po sledećem:

1. Umesto jedne dimenzije (energija), elektroenergetski bilans ima dve dimenzije (aktivna i reaktivna energija);
2. Električna energija se ne može akumulirati u značajnim količinama, pa se u svakom trenutku mora proizvoditi onoliko koliko se troši, što primarno implicira bilans snaga, a bilans energije se dobija integralom prethodnog. Ovaj se problem kod nas ponekad naziva i *problemom proračuna tokova snaga i naponskih stanja*, a u anglosaksonskoj literaturi *Load Flow* ili *Power Flow*. Globalna postavka problema tokova (bilansa) snaga glasi: za zadate potrošnje (zadate aktivne i reaktivne snage) svih potrošača i zadate *dovoljne mogućnosti za proizvodnju* (aktivne i reaktivne) snage svih generatora, koristeći se zadatom *mrežom dovoljnih prenosnih mogućnosti*, odrediti angažovanje svih generatora (po aktivnoj i reaktivnoj snazi), tako da se zadovolji zadata potrošnja aktivne i reaktivne snage svih potrošača, *sa odgovarajućom učestanošću i naponima*. Postavljeni problem tokova snaga se rešava na odgovarajućem

NAPOMENA:

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

matematičkom modelu razmatranog elektroenergetskog sistema. Problem tokova snaga čine tri komponente:

- postavka problema tokova snaga;
- (matematički) model tokova snaga
- proračun (modela) tokova snaga

Matematički model se razvija na osnovu linearnog, a zatim nelinearnog opisa ekvivalentnih šema elektroenergetskih sistema, primenom standardnih zakona elektrotehnike koji važe za kola naizmjenične struje. Za rešavanje sistema nelinearnih jednačina, kada su u pitanju modeli tokova snaga upetljenih prenosnih mreža elektroenergetskih sistema, najpogodnijim se pokazuje Newton/Raphson-ov iterativni metod. Taj metod se zasniva na linearizovanju sistema nelinearnih jednačina koje se rešavaju, oko unapred izabrane tekuće (h -te) aproksimacije njihovog rešenja; tako dobijen sistem linearnih jednačina rešava se po korekcijama tekuće aproksimacije rešenja; korigovana tekuća aproksimacija predstavlja novu – “bolju” aproksimaciju rešenja sistema nelinearnih jednačina. Prva – početna aproksimacija rešenja ($h=1$) bira se intuitivno, ili se generiše nekim jednostavnim postupkom. Od kvaliteta izbora te aproksimacije zavisi brzina rešenja razmatranog sistema nelinearnih jednačina. Što je izabrana aproksimacija bolja – “bliža” rešenju sistema jednačina, to se Newton/Raphson-ov postupak završava (konvergira) u manje iteracija. Upravo u ovom efektu leži napred pomenuta pogodnost ovog metoda kada su u pitanju modeli upetljenih prenosnih mreža elektroenergetskih sistema. Naime, praktično svi režimi tih sistema se nalaze “u opsegu” od desetak procenata oko nominalnih vrednosti modula napona čvorova sistema, a ni uglovi tih fazora se međusobno ne razlikuju mnogo, odnosno ne razlikuju se mnogo od faznog stava fazora napona referentnog čvora s obzirom na uglove (oko desetak stepeni).

3. WARD-OV EKVIVALENT

Ovaj ekvivalent nastao je 1949. godine i naziv je dobio po svom autoru, a predstavlja jedan od osnovnih principa ekvivalentiranja. Zasniva se na jedinstvenom pristupu redukcije matrice admitansi i svodenju injektiranja spoljnog sistema na granične čvorove

3.1 Ekvivalentiranje elektroenergetskih sistema

U teoriji nije stvoren egzaktni model za ekvivalentiranje delova složenih elektroenergetskih sistema, čijim bi se rešavanjem dobila reakcija ekvivalentiranog dela sistema, na promene u delu sistema od interesa, ista stvarnoj reakciji ekvivalentiranog dela sistema u originalnom stanju. Ovde će se pod ekvivalentiranjem podrazumevati zamena dela sistema koji nije od interesa “dovoljno dobrim” fiktivnim – ekvivalentnim sistemom znatno manjih dimenzija.

Svi do sada razvijeni statički modeli za ekvivalentiranje su prilično dobre aproksimacije ekvivalentiranih delova elektroenergetskih sistema. Do sada razvijeni modeli za ekvivalentiranje delova složenih sistema uglavnom odgovaraju potrebama analize statičke sigurnosti nakon topološkog poremećaja i poremećaja u bilansu reaktivnih snaga sistema u kojem se vrši analiza sigurnosti. Vrlo malo pažnje je posvećeno najsloženijim poremećajima

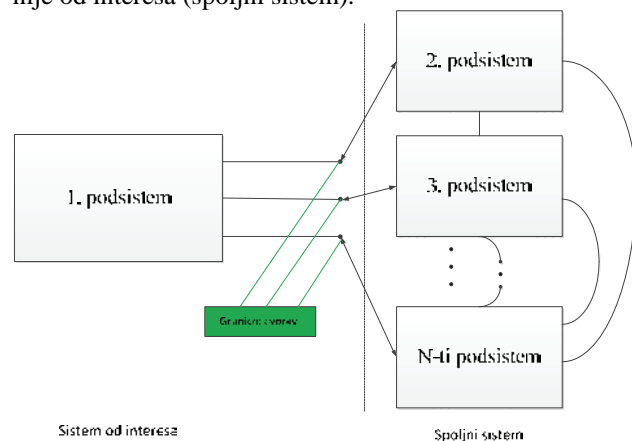
kakvi su ispadi većih generatorskih jedinica u jednom ili više podistema povezanog sistema, koji nisu u stanju da svojim rezervama pokriju sopstvene deblanse aktivne snage. Modeli za ekvivalentiranje delova elektroenergetskih sistema koji su u svetu razvijeni i koji se i dalje razvijaju uglavnom se zasnivaju na dva osnovna ekvivalenta:

1. Ward-ov ekvivalent
2. Dimo-ov REI (Radial, Equivalent, Independent) ekvivalent

Oni su razvijeni četrdesetih i pedesetih godina, respektivno. Svi kasniji radovi uglavnom predstavljaju njihove modifikacije, gde su modifikacije napravljene da bi se modeli prilagodili specifičnim zahtevima korisnika ili specifičnostima elektroenergetskih sistema koji se obrađuju. Osnovna razlika između pomenuta dva modela za ekvivalentiranje je ta što je za izradu Ward-ovog ekvivalenta potrebno poznavati topologiju i parametre dela sistema koji se ekvivalentira, dok je za Dimo-ov ekvivalent potrebno i poznavanje celokupnog osnovnog stanja u tom delu sistema.

Navedeni modeli, kao i njihove varijacije, imaju dva zajednička nedostatka. Prvi se sastoji u tome da se ne uvažava dejstvo čvorova tipa PV u delu sistema koji se ekvivalentira, što za posledicu ima pasivnost ekvivalenta na promenljive zahteve za reaktivnom snagom u sistemu od interesa. Drugi nedostatak predstavlja neuvažavanje elektrana iz primarne i sekundarne regulacije iz dela sistema koji se ekvivalentira, što znači da su navedeni ekvivalenti pasivni i s obzirom na promenljive zahteve za aktivnom snagom u sistemu od interesa.

Na Sliku 0.1. je prikazan jedan povezan (interkonektivan) elektroenergetski sistem sastavljen od N podistema. Prvi podsystem je proglašen sistemom od interesa. Ostali podsystemi predstavljaju deo sistema koji nije od interesa (spoljni sistem).



Slika 0.1 Principski prikaz složenog – povezanog elektroenergetskog sistema sastavljenog od N podistema
Prvi podsystem (sistem od interesa) je, u opštem slučaju, povezan sa svim ostalim podsystemima (spoljni sistem) preko graničnih čvorova. Granični čvorovi su čvorovi koji pripadaju sistemu od interesa, ali se za potrebe izrade Ward-ovog ekvivalenta kvalifikuju kao deo graničnog sistema. Povezne grane između sistema od interesa i spoljnog sistema označene su dvosmernim strelicama, a razmena električne energije može se meriti na bilo kojem kraju povezanih grana.

3.2 Modelovanje Ward-ovog ekvivalenta

Za potrebe izvođenja ovog ekvivalenta, čvorovi elektroenergetskog sistema se dele na tri grupe: interni sistem, granični sistem, spoljašnji sistem. Čvorovi se grupišu tako da ne postoji nijedna grana (vod ili transformator) koja direktno povezuje interni i spoljašnji sistem, već su interni sistem i spoljašnji sistem povezani preko graničnih čvorova. Ako se oznake S, G i I pridruže skupovima indeksa čvorova spoljašnjeg sistema, graničnih čvorova i internog sistema, respektivno, linearni model elektroenergetskog sistema, napisan saglasno sa metodom nezavisnih potencijala čvorova, može se prikazati u sledećem matricnom obliku:

$$\begin{bmatrix} I \\ -S \\ I_G \\ - \\ I_I \\ - \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y & Y & 0 \\ -SS & -SG & \\ Y & Y & Y \\ -GS & -GG & -GI \\ 0 & Y & Y \\ -IG & -II & \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} E \\ -S \\ E \\ -G \\ E \\ -I \end{bmatrix} \quad (3.2.1)$$

I_{-S}, I_{-G}, I_{-I} - subvektori vektora injektiranih fazora struja u čvorovima eksterne, granične, interne oblasti povezanog elektroenergetskog sistema, E_{-S}, E_{-G}, E_{-I} - subvektori vektora fazora napona u čvorovima eksterne, granične, interne oblasti povezanog elektroenergetskog sistema, $Y_{-SS}, Y_{-SG}, Y_{-GS}, Y_{-GG}, Y_{-GI}, Y_{-IG}, Y_{-II}$ - submatrice kompleksne matrice admitansi kompletnog povezanog elektroenergetskog sistema,

Nule u krajnjim pozicijama sporedne dijagonale govore o tome da čvorovi sistema od interesa i spoljašnjeg sistema nisu direktno povezani, već samo preko graničnih čvorova. Gauss-ovom eliminacijom (redukcijom) submatrice Y_{-GS} ,

relacija (3.1.1) dobija oblik:

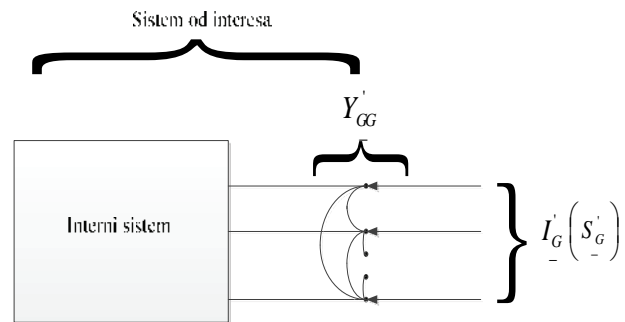
$$\begin{bmatrix} I' \\ -S \\ I' \\ -G \\ I \\ -I \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y & Y' & 0 \\ -SS & -SG & \\ 0 & Y' & Y \\ -GS & -GG & -GI \\ 0 & Y & Y \\ -IG & -II & \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} E \\ -S \\ E \\ -G \\ E \\ -I \end{bmatrix} \quad (3.2.2)$$

Zbog pogodnog rasporeda nulnih submatrica, prilikom izvođenja pomenute redukcije promene doživljavaju samo injektirane struje u spoljnim i graničnim čvorovima, I_{-S} prelazi u I'_{-S} , I_{-G} prelazi u I'_{-G} i submatrice Y_{-SS} u Y'_{-SS} (gornja trougaona matrica), Y_{-SG} u Y'_{-SG} i Y_{-GG} u Y'_{-GG} .

Saglasno matricnoj relaciji (3.2.2), novi (fiktivni) sistem, sačinjen od graničnih čvorova i čvorova internog sistema, može se raspregnuti i odvojiti od spoljnog sistema u obliku:

$$\begin{bmatrix} I' \\ -G \\ I' \\ -I \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y' & Y \\ -GG & -GI \\ Y & Y \\ -IG & -II \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} E \\ -G \\ E \\ -I \end{bmatrix} \quad (3.2.3)$$

Ekvivalentna šema sistema, saglasna sa matricnom relacijom (3.2.3) prikazana je na slici ispod:



Slika 0.2 Ward-ov ekvivalent povezanog elektroenergetskog sistema

Promene topologije mreže uvažene su pojavom fiktivnih grana između graničnih čvorova, koje se manifestuju preko novogenerisanih elemenata u submatrici Y'_{-GG} , kao i novim, fiktivnim injektiranjima struja u graničnim čvorovima. I'_{-G} .

Proračun subvektora struja I'_{-G} se vrši preko relacije:

$$I'_{-G} = Y'_{-GG} \cdot E_{-G} + Y_{-GI} \cdot E_{-I} \quad (3.2.4)$$

Nove, fiktivne injektirane kompleksne snage u graničnim čvorovima moguće je izračunati preko relacije:

$$S'_{-k} = E_{-k}^* \cdot \sum_{i \in (I \cup G)} (E_{-i} \cdot Y'_{-ki}) \quad , \quad k \in G, \quad (3.2.5)$$

Ward-ov ekvivalent (Slika 0.2) potpuno je poznat, jer se poznaju nove (fiktivne) grane između graničnih čvorova i nova (fiktivna) injektiranja u graničnim čvorovima. Ward-ov ekvivalent se sastoji od onoliko čvorova koliko ima graničnih čvorova. U opštem slučaju, oni su svi međusobno povezani.

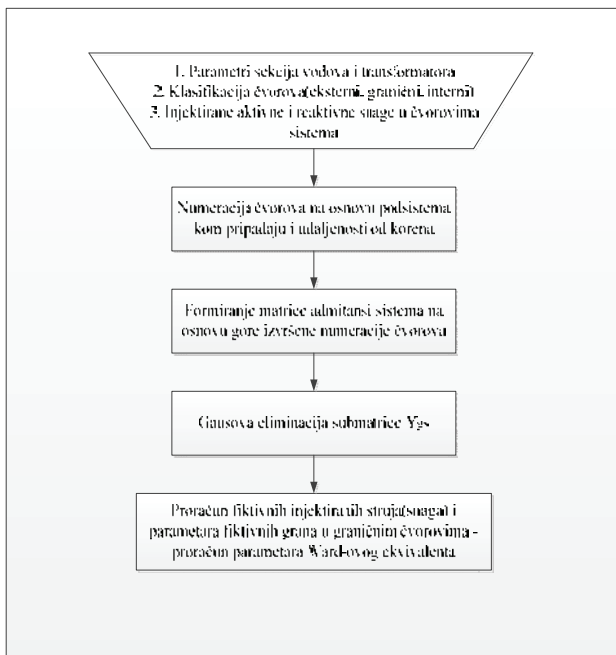
Nezavisno od promenjenih zahteva za aktivnom i reaktivnom električnom energijom u sistemu od interesa, nova-fiktivna injektiranja kompleksnih snaga u graničnim čvorovima. Zbog toga, primena ovog ekvivalenta ostaje u domenu analize sigurnosti u sistemu od interesa nakon ispada prenosnih i proizvodnih kapaciteta koji se mogu nadoknaditi dejstvom sekundarne regulacije. Proračun ovako ekvivalentiranog sistema daje identične rezultate kao i proračun celog sistema za osnovno stanje.

4. IMPLEMENTACIJA WARD-OVOG EKVIVALENTA

Za potrebe izrade Ward-ovog ekvivalenta razvijena je u programskom jeziku C++ funkcija za ekvivalentiranje dela prenosne elektroenergetske mreže Ward-ovim ekvivalentom.

4.1 Algoritam funkcije za ekvivalentiranje

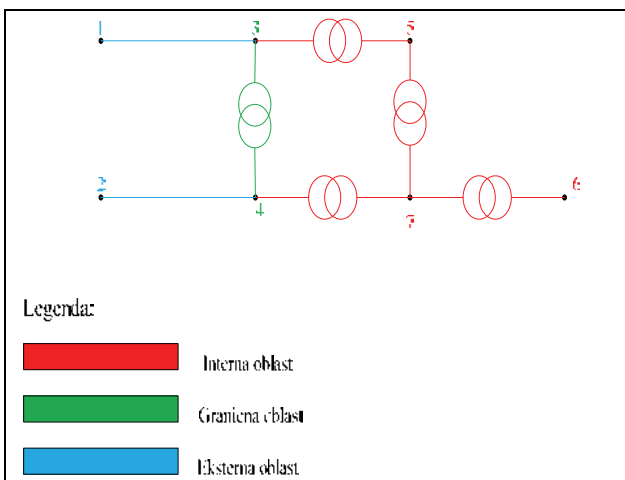
Globalni algoritam na kom se zasniva funkcionisanje i rad funkcije koja služi za zamenu dela razmatrane elektroenergetske mreže odgovarajućim Ward-ovim ekvivalentom prikazan je na Slika 0.1.



Slika 0.1 Opšti algoritam za zamenu dela elektroenergetskog sistema Ward-ovim ekvivalentom

4.2 Ekvivalentiranje dela jednostavnog elektroenergetskog sistema

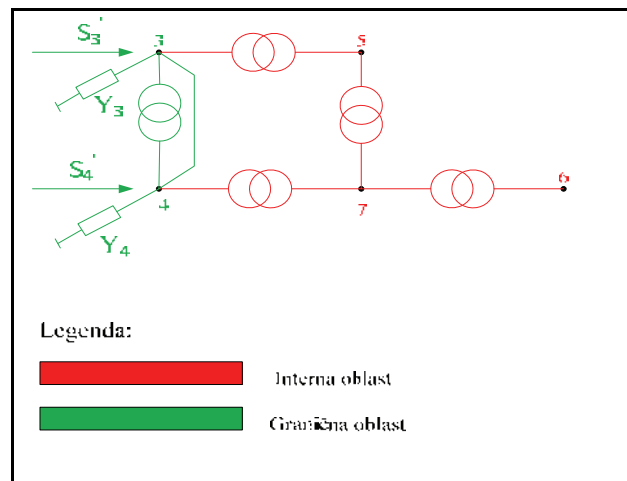
Rezultat primene razvijene funkcije za ekvivalentiranje prikazan je na primeru modela jednostavne elektroenergetske mreže koja se sastoji od 7 čvorova, koji su međusobno povezani granama (2 voda i 5 transformatora). Balansni čvor je čvor broj 5. Model originalne i ekvivalentirane mreže prikazan je slici 4.2 i 4.3. respektivno.



Slika 0.2 Model jednostavne mreže sa definisanim oblastima

Redukovani model ne sadrži eksterne čvorove, ali se uticaj eksternog sistema uvažava preko otočnih admitansi priključenih u graničnim čvorovima, fiktivne grane između graničnih čvorova, kao i injektivanih snaga u graničnim čvorovima.

Validnost dobijenog ekvivalenta se može potvrditi proračunom tokova snaga u originalnoj i ekvivalentiranoj mreži, pri čemu će se dobiti identični rezultati, što je i cilj.



Slika 0.3 Redukovani model jednostavne mreže sa definisanim oblastima

5. ZAKLJUČAK

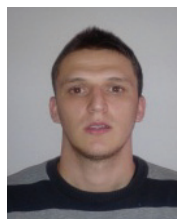
Nepoznavanje susednih modela predstavlja glavni razlog primene Ward-ovog ekvivalenta. Korisniku je na taj način omogućeno da lakše i brže sprovedi analizu dela elektroenergetskog sistema od interesa, pri čemu ne mora da vodi računa o parametrima sistema koji se ekvivalentira (eksterni sistem). Značaj razvijene funkcije za proračun Ward-ovog ekvivalenta se ogleda u činjenici da Ward-ov ekvivalent predstavlja jedan od osnovnih modela za ekvivalentiranje i mnogi kasniji radovi predstavljaju modifikacije sa cijenom da se ispune specifični zahtevi istraživača.

Modifikacijama i daljim razvojem postojeće funkcije za ekvivalentiranje obezbediće se i proračun složenijih statičkih ekvivalenata koji nisu pasivni s obzirom na promenljive zahteve za aktivnom i reaktivnom snagom u sistemu od interesa. Modelovanjem reakcije spoljnog sistema na promenjene zahteve za reaktivnom snagom (promenjene naponske prilike) dobija se Monticelli-jev ekvivalent, a modelovanjem i reakcije spoljnog sistema na promenjene zahteve za aktivnom snagom u sistemu od interesa dobija se model aktivnog ekvivalenta.

6. LITERATURA

- [1] V. Strezoski: *Prilog metodima za analizu stacionarnih stanja povezanih elektroenergetskih sistema u uslovima strukturnih poremećaja*, doktorska disertacija, Elektrotehnički fakultet Beograd, 1985
- [2] V. Strezoski: *Analiza elektroenergetskih sistema 2*, Novi Sad

Kratka biografija:



Milan Katić rođen je u Rumi 1987. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Elektroenergetski sistemi odbranio je 2012.god.

METODOLOGIJA ZA UPRAVLJANJE IMOVINOM BAZIRANO NA RIZIKU

METHODOLOGY FOR A RISK BASED ASSET MANAGEMENT

Kamenko Buha, Miroslav Nimrihter, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast - ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U radu su predloženi metodi koje mogu da se primenjuju o okviru upravljanja imovinom baziranog na riziku.

Abstract – The paper proposes methods that can be applied on the risk based asset management.

Ključne reči: upravljanje imovinom (asset menadžment), rizik, Bajesove mrežama uverenja.

1. UVOD

U kontekstu konkurencije u kojoj je profitabilnost od najvećeg značaja Elektrodistribucija Francuske (EDF) pokušava da poboljša politiku svog asset menadžmenta. Da bi ostvario tu profitabilnost EDF kao operater distributivne mreže (DNO) kroz procenu pouzdanosti i životnog veka elemenata mreže pokušava da mreži omogući što duži životni vek uz smanjeni intenzitet ulaganja (obnavljanja i renoviranja). Zadatak elektrodistributivnih kompanija jeste da identifikuju kritične aktuelne rizike i da procene dalji razvoj izloženosti riziku. Faktori rizika moraju da budu uzeti u obzir u načinu na koji se balansira između kratkoročnih i dugoročnih poslovnih ciljeva kompanije. Politika EDF-a kao DNO-a je fokusirana na pet glavnih faktora rizika: kvalitet, sigurnost, životnu sredinu, ekonomičnost i reputaciju.

Rad je fokusiran na asset menadžment baziran na riziku, što podrazumeva da će se u radu rizik uvek razmatrati kao nešto što utiče na imovinu, kada se ostvari. Rizik je definisan kao: „Verovatnoća ili kombinacija verovatnoće pojave opasnog događaja i njegova posledica“. Analiza rizika pokušava da odgovori na tri osnovna pitanja: šta može da krene naopako, kolika je verovatnoća da se to dogodi i koje su posledice?

2. METODOLOGIJA

Svrha je da se pokaže da mrežni menadžment može da se vrši na osnovu duboke analize izloženosti riziku. Metod se sastoji od: temeljne identifikacije rizika (sa imovinom na koju utiču), klasifikacije identifikovanih rizika (prema glavnim faktorima rizika), analize razvoja rizika, postavljanja mape koja prikazuje kritične identifikovane rizike i imovinu i predlaganja rešenja za smanjenja izloženosti DNO-a riziku.

NAPOMENA:

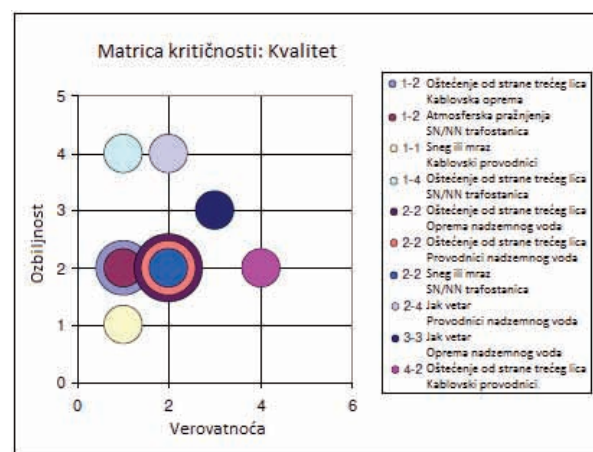
Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Miroslav Nimrihter, red. prof.

Prilikom sprovođenja metoda moramo biti svesni raspoloživosti informacija u EDF. Glavna baza podataka koja će biti korišćena je baza podataka o kontinuitetu napajanja, koja će biti označena kao CF baza podataka. U njoj se automatski registruju svi dugotrajni otkazi (duži od 3 minuta) na SN mreži. Organizovana je kao tabela u kojoj svaka vrsta odgovara jednom takvom otkazu, a svaka kolona atributu koji opisuje otkaz. Atributi su: oblast, datum, vreme, fider, uzrok, lokacija na imovini na kojoj je nastao kvar, ukupno trajanje otkaza (min), neisporučena električna energija (kWh) i broj klijenata koji su ostali bez napajanja.

Klasifikacija rizika se vrši na osnovu parametara koji su definisani tako da mogu biti povezani sa bilo kojim tipom rizika. Glavni parametri su „verovatnoća“ i ozbiljnost. „Verovatnoća“ se odnosi na to koliko puta se rizik pojavljuje i utiče na mrežu, dok ozbiljnost uzima u obzir težinu posledica događanja rizika. Rizici se rangiraju prema kritičnosti koja je definisana kao:

$$\text{Kritičnost (f.rizika)} = \text{Verovatnoća} \cdot \text{Ozbiljnost (f.rizika)}$$

Za određeni rizik kritičnost je definisana za svaki glavni faktor rizika DNO-a. Da bi se ovi parametri koristili treba im dodeliti brojne vrednosti. Za „verovatnoću“ i ozbiljnost je izabrano da budu gradirane u okviru skale 1-4.



Slika 1.–Primer matrice kritičnosti koja se odnosi na kvalitet

Prvi stepen odgovara najnižem nivou, a četvrti najvišem. Moguće je odrediti i ukupnu kritičnost kao proizvod „verovatnoće“ i ukupne ozbiljnosti koja je suma ozbiljnosti za svih pet glavnih faktora rizika. Ako se pojedinačna kritičnost rangira na skali 1-16, onda se ukupna kritičnost rangira na skali 1-80.

Rezultati do kojih se došlo iz sprovedenih analiza rizika se upisuju u tabelu rizika, koja je se može slikovito ilustrovati matricom kritičnosti, koja sumira informacije o verovatnoći, ozbiljnosti i kritičnosti.

Faktor rizika lokalizacije ne sme biti izostavljen u našoj analizi rizika, jer ako se sva imovina koja je pod uticajem rizika nalazi u istoj oblasti, to može biti veliki faktor rizika.

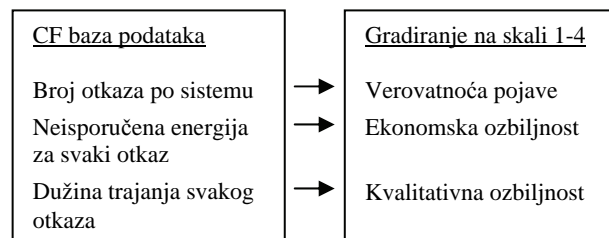
Da bismo izbegli ovu situaciju upotrebljavamo MOSART softver pomoću koga označavamo mesta na kojima se nalazi kritična imovina identifikovana analizom rizika.

3. PRAKTIČNA PRIMENA

Potrebno je povezati atribute uzrok i lokacija iz CF baze sa našim rizicima i imovinom, jer postoje višestruki uzroci koji odgovaraju određenom riziku, kao i više lokacija koje odgovaraju određenoj imovini. Posle toga treba povezati raspoložive informacije iz CF baze podataka sa brojnim vrednostima „verovatnoće” i ozbiljnosti, kako bi rizici mogli biti rangirani. Investira se u imovinu sa najvećim rangom rizika. Razmatrani rizici i imovina su:



Sistem je definisan kao kombinacija elemenata iz skupa otkaza, elemenata „Imovine”, koji su posledica jednog od sedam elemenata „Rizika”. Relevantne informacije iz CF baze podataka koje služe za procenu uticaja realizovanog rizika su:



Razmatrani su glavni faktori rizika: kvalitet i ekonomičnost, jer za ostale ne postoje relevantne informacije u bazi podataka.

„Verovatnoća“ pojave rizika na imovinu se odnosi na verovatnoću sistema.

Kategorija verovatnoće (od 1 do 4) ocenjuje se preslikavanjem veličine $R_{i,k}$ u Tabeli 1:

$$R_{i,k} = \frac{\text{Broj otkaza zbog Rizika}_i \text{ na Imovini}_k}{\text{Ukupni broj otkaza}} \cdot 100$$

Tabela 1.- Stepeni verovatnoće

Kategorija verovatnoće	-	1	2	3	4
$R_{i,k}$	<0,1	0,1-1	1-2,5	2,5-5	>5

Mera ekonomske ozbiljnosti je neisporučena energija (ENS).

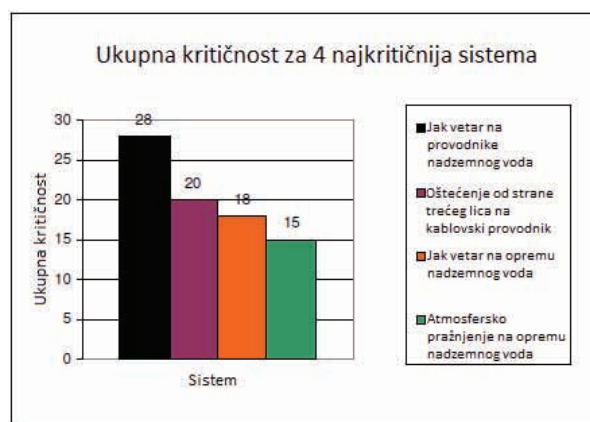
Njena kategorizacija (od 1 do 4) se vrši na osnovu količnika srednje vrednosti ENS-a određenog sistema i srednje vrednosti ENS-a svih otkaza i Tabele 2.

Tabela 2.- Stepeni ekonomske i kvalitativne ozbiljnosti

Kategorija ozbiljnosti	-	1	2	3	4
Vrednost količnika	<0,1	0,1-0,5	0,5-1	1-2,5	>2,5

Mera kvalitativne ozbiljnosti je trajanje otkaza. Njena kategorizacija (od 1 do 4) se vrši na osnovu količnika srednje vrednosti trajanja otkaza određenog sistema i srednje vrednosti trajanja otkaza svih sistema i tabele 2.

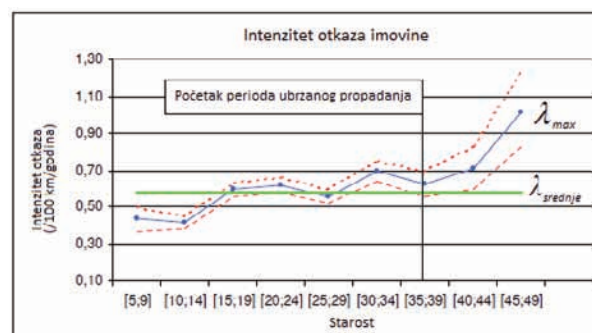
Kada se na osnovu ovih kategorizacija (kriterijuma) iscrtaju matrice kritičnosti za navedena dva faktora rizika za EDF za 2006. godinu i na osnovu njih izračuna ukupna kritičnost, dobijamo najkritičnije sisteme.



Slika 2. – Ukupna kritičnost za najkritičnije sisteme

Dubljom analizom može se odrediti koji od uzroka datog rizika i koje lokacije (delovi „Imovine”) u okviru zadate imovine su najodgovornije za visoku kritičnost.

Proračun verovatnoće starenja za SN kablove i vodove se vrši na osnovu rezultata procesa povratne sprege (istorije događaja) koji daju evoluciju intenziteta otkaza.



Slika 3.- Evolucija intenziteta otkaza za tip 1

Iz teorijske “krive kade” identifikovani su parametri koji su od značaja za proračun: a. dužina perioda ubrzanog propadanja poređena sa starošću najstarijeg provodnika te vrste (procenat-% starenja) i b.

Odnos intenziteta otkaza $\frac{\lambda_{max}}{\lambda_{srednje}}$. U zavisnosti od vrednosti ova dva parametra postavljene su granice za određivanje stepena verovatnoće starenja, koje se razlikuju od tipa do tipa. Na osnovu realne evolucije intenziteta otkaza proračunata je verovatnoća starenja za vod tipa 1:

a. „% starenja“ $\frac{47-37}{37} = 21\%$, i

b. $\frac{\lambda_{maks}}{\lambda_{srednje}} = \frac{1,1}{0,55} = 2$

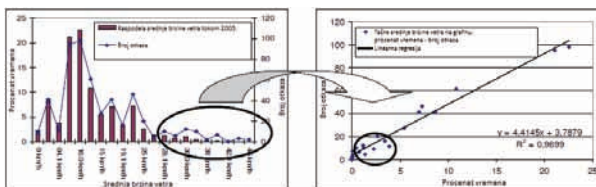
i ona pripada drugom stepenu (Tabela 2.12 u radu).

4. VREMENSKA NEPOGODA VETAR

Jak vetar se pokazao kao najkritičniji rizik. Reakcije francuske SN mreže na različite brzine vetra se radi na osnovu CF baze podataka, s tim što se na osnovu vremena prijavljivanja otkaza i njegove lokacije, u bazu dodaju informacije o lokalnoj brzini vetra za taj sat. Kada je svaki otkaz povezan sa brzinom udara (v) i srednjom brzinom vetra, može se nacrtati dijagram procentualnih trajanja brzina vetra u toku godine i istovremeno odgovarajuća raspodela godišnjeg broja otkaza (f(v)). Iz oblika raspodele se može naslutiti da su promenljive broj otkaza i procenat vremena linearno povezane, što je i pokazano proračunom korelacije ($\rho > 0,95$). Ovo dovodi do iznenađujućeg rezultata koji kaže da je:

$$\text{Broj otkaza}(W_{srednje, i}) = a \text{ Procenat vremena}(W_{srednje, i}) + b$$

gde je $W_{srednje, i}$ klasa srednje brzine vetra.



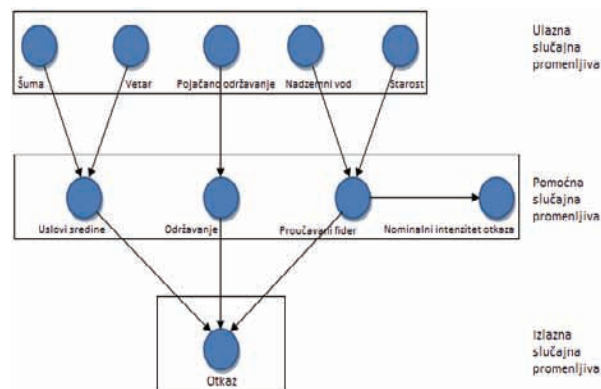
Slika 4. - Disperzija tačaka sr. brzine za velike brzine vetra

Rezultat upućuje na zaključak da je reakcija SN mreže nezavisna od brzine vetra. On je delimično tačan. Pojave vetra velike brzine nisu baš česte. Tačke srednje brzine vetra ($W_{srednje, i}$) u (Procenat vremena, Broj otkaza) grafiku koje odgovaraju velikim brzinama vetra se nagomilavaju u blizini niskih vrednosti procenta vremena. Linearna regresija uzima u obzir i ove tačke, ali je mnogo osetljivija na tačke koje odgovaraju brzinama vetra sa visokim vrednostima procenta vremena i broja otkaza. Uvećanjem dela na kome se nalaze tačke koje odgovaraju velikim brzinama vetra pokazalo se da za njih linearnost ne važi, dok je za ostale tačke linearnost izražena. Potraga za obrazloženjem korelacije proračuna dovodi do interesantnog rezultata: postoji granica brzine vetra iznad koje reakcija mreže više nije nezavisna od brzine vetra. Ta granica se naziva kritična brzina vetra ($W_{kritična}$) i definiše se kao ona brzina vetra iznad koje je razlika srednjeg broja otkaza po satu određena između dve brzine vetra uglavnom pozitivna. Pokazano je da je srednji broj

otkaza po satu ispod $W_{kritična}$ konstantan, a iznad nje raste eksponencijalno. Za EDF za 2005. izračunato je da je $W_{kritična} = 30 \text{ km/h}$.

5. BAJESOVA MREŽE UVERENJA

Prilikom formiranja Bajesove mreže uverenja postoje dva koraka: definisanje (acikličnog) grafa i zavisnosti između različitih promenljivih (čvorova) i definisanje različitih tabela verovatnoće za svaku promenljivu u zavisnosti od njenih čvorova prethodnika. Mreže uverenja su veoma zgodne za analizu pouzdanosti, jer su pogodne za modelovanje složenih sistema, koji mogu sadržati više hiljada promenljivih, međutim izračunavanje rezultantne verovatnoće može biti veoma teško za velike mreže.



Slika 5. - Bajesova mreža uverenja

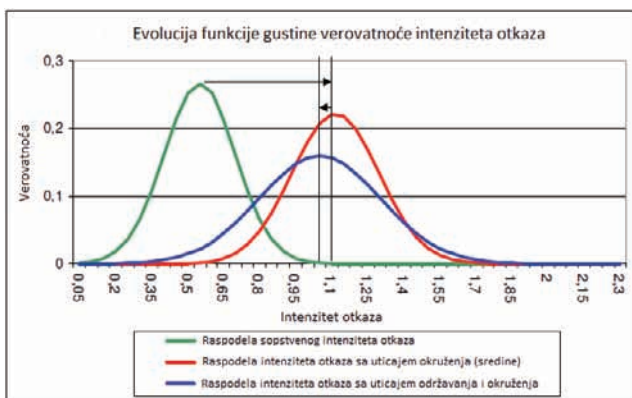
Tabela 3.-Opis slučajnih promenljivih

	Slučajna promenljiva	Tip	Moguće vrednosti	Uslovna funkcija gustine verovatnoće
Ulazne promenljive	Nadzemni vod	D	Tip 1 Tip 2	Korisnik unosi vrednosti koje odgovaraju sistemu na kome želi da radi
	Starost	D	Mlad Star	
	Šuma	D	Da Ne	
	Vetar	D	<30 >30	
	Pojaćano održavanje	D	Da Ne	
Pomoćne promenljive	Uslovi sredine	K	[0,6]	Normalna ($M_{\text{šuma, vetar, S}_{\text{šuma, vetar}}$)
	Održavanje	K	[0,0.5]	Normalna ($M_{\text{održavanje}}, S_{\text{održavanje}}$)
	Proučavani fider	D	Tip 1 Mlad Tip 1 Star Tip 2 Mlad Tip 2 Star	Diskretna tabela verovatnoće proučavanih fidera
	Nominalni intenzitet otkaza	K	Interval [0,1.3] otkaz/100 km/god	Normalna ($M_{\text{otkaz}}, S_{\text{otkaz}}$)
Izlazna promenljiva	Otkaz	K	Interval [0,10] otkaz/100 km/god	Normalna ($M_{\text{otkaz}}, S_{\text{otkaz}}$)

Izračunavanje gustine verovatnoće otkaza za SN fider nadzemnog voda pomoću Bajesove mreže uverenja ima za cilj da proceni uticaj kombinacije različitih faktora koji deluju na njega, kao što su: šuma, vetar i obavljanje pojačanog održavanja. Struktura mreže je organizovana kroz tri nivoa slučajnih promenljivih: ulazne, pomoćne i izlazne.

Globalna struktura pokazuje da izlazna promenljiva zavisi od više pomoćnih promenljivih, koje same zavise od ulaznih promenljivih. Vrednosti koje uzimaju ulazne slučajne promenljive se postavljaju od samog korisnika, a izlazna slučajna promenljiva je gustina verovatnoće intenziteta otkaza razmatranog fidera u okruženju u kojem se nalazi.

Karakteristike normalne raspodele zavise od vrednosti roditeljskog čvora u Bajesovoj mreži.



Slika 6.- Evolucija f-e gustine verovatnoće intenziteta otkaza sa uticajem promenljivih „Uticaj sredine“ i „Održavanje“

Ideja formule sr. vrednosti izlazne promenljive:

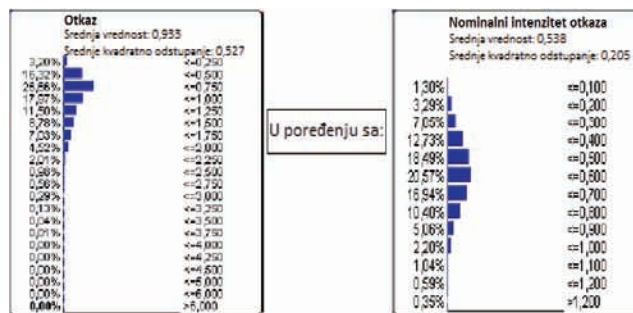
$$Sr.vrednost_{Otkaz} = Sr.vrednost_{Sistem} \cdot Vrednost(Usl.sredine) \cdot [1 - Vrednost(Održavanje)]$$

jeste da se krene od sopstvenog intenziteta otkaza $Sr.vrednost_{Sistem}$ i da se ova srednja vrednost modifikuje uz pomoć vrednosti slučajnih promenljivih „Uslovi sredine“ i „Održavanje“. Karakteristike fidera na koji će biti primenjena opisana Bajesova mreža su date tabelarno.

Tabela 4. Karakteristike fidera

Šuma	Vetar	Nadz.vod	Starost	P.održ.
Da=50%	Ispod30=70%	Tip1=50%	Mlad=85%	Da=40%
Ne=50%	Preko30=30%	Tip2=50%	Star=15%	Ne=60%

Rezultat: Evolucija funkcije gustine verovatnoće intenziteta otkaza:



Slika 7. – Poređenje funkcija gustine verovatnoće konačnog intenziteta otkaza (levo) i sopstvenog („intrističkog“) intenziteta otkaza (desno)

Povećanje intenziteta otkaza sa 0,538 (srednja vrednost) na 0,933 otkaz/100km/godina je uzrokovano uticajem spoljnih faktora.

6. ZAKLJUČAK

Sastavljena je lista rizika kojima je izložen DNO i definisani parametri pomoću kojih se vrši rangiranje rizika po kritičnosti. Za primenu metodologije se koristi baza podataka o kvalitetu snabdevanja. Analizirana je verovatnoća starenja vodova i kablova i uticaj vetra na SN imovinu. Predložen je i metod za procenu uticaja spoljnih faktora na intenzitet otkaza nadzemnog fidera, zasnovan na Bajesovim mrežama uverenja.

7. LITERATURA

1.Christophe Lallemand, „Methodology for a risk based asset management“, 2008.

Kratka biografija:

Kamenko Buha je rođen je u Mostaru 1987. godine. Osnovnu i srednju školu-gimnaziju (opšti smer) završio je u Trebinju. Diplomirao na Fakultetu tehničkih nauka, odsek za elektroenergetiku, u Novom Sadu 2011. godine.

Miroslav Nimrihter rođen je 1950. godine u Novom Sadu, gde je završio osnovnu i elektrotehničku školu. Diplomirao je, magistrirao i doktorirao, na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu. Zaposlen je, kao redovni profesor, na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu.

**MODELI ZA IZRAČUNAVANJE KAPACITIVNOSTI ČEŠLJASTOG KONDENZATORA
MODELS FOR CALCULATION OF CAPACITANCE OF INTERDIGITATED
CAPACITOR**Nikola Radosavljević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U ovom radu su opisani modeli za izračunavanje kapacitivnosti češljastog kondenzatora. Kapacitivnost se može prikazati na tri načina: Modelom zasnovanim na merenjima, aplikacijskim modelom i analitičkim modelom. Model zasnovan na merenjima je detaljnije analiziran u Bečelor radu "Realizacija češljastih kondenzatora promenljive kapacitivnosti". On daje brze i precizne rezultate. Aplikacijski model je bolji od merenog. Razvijen je uz pomoć softverskog paketa Comsol. Menjane su dimenzije kondenzatora, širina, debljina, ugao između elektroda i prikazivani rezultati simulacija. Analitički model je najlošiji model i najmanje tačan od tri ispitana. Za njega su korišćene Gevorgianove formule i proračuni izvršeni u programskom paketu Matlab.

Abstract – In this paper three models for interdigital capacitors are described. The Capacitance can be expressed in three ways: first, the model can be based on measurements, second is the application model and the third is analytical model. The model based on measurements is studied in more details in my Bachelor Thesis "Realization of variable interdigitated capacitor". This model gives fast and accurate results. Application model is better than the measurements model. In this paper we work with software package Comsol. Comsol offers easy options for changing dimensions of the capacitor, its width, thickness, angle between the electrodes and the simulation results presentation. Analytical model is the worst considered here. It is the least accurate of the three. It is based on Gevorgian's formulas and developed in the Matlab.

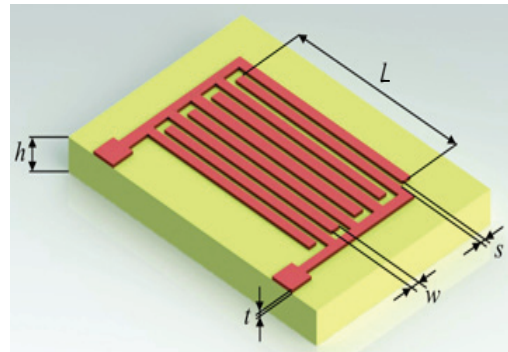
Ključne reči: češljasti kondenzator, ugaoni senzor, COMSOL, analitička formula

1. UVOD

Češljasti kondenzator (eng. interdigital capacitor-IDC) je višeprsna, periodična struktura, prikazana na slici 1. Ovakvom strukturom kondenzatora kapacitivnost se obezbeđuje preko uskih procepa između tankih provodnika poznatih kao „prsti“ kondenzatora [1]. Za razliku od pločastog kondenzatora elektrode interdigitetnog kondenzatora su geometrijski dosta složenije, pošto se sastoje od većeg broja prstiju koji formiraju strukturu nalik na češalj.

NAPOMENA:

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



Slika 1. Model IDC kondenzatora - 3D pogled

Kapacitivnost se može prikazati na tri načina i to:

- 1) Modelom zasnovanim na merenjima,
- 2) aplikacijskim modelom (koji će biti analiziran u nekom softverskom paketu) i
- 3) analitičkim modelom.

Pristup analizi interdigitetnih kondenzatora zasnovan na merenjima daje veoma brze i precizne rezultate ali su oni ograničeni samo na konkretnu ispitivanu komponentu (element) [2], [3].

Aplikacijski model je mnogo bolji od merenog. U našem slučaju je aplikacijski model analiziran uz pomoć softverskog paketa COMSOL [4]-[6]. U ovom programu češljastom kondenzatoru se mogu menjati dimenzije samog elementa, pomerati jednu elektrodu u odnosu na drugu pod nekim uglom i prikazivati rezultate. Aplikacijski model je najbolji model, sa najboljim rezultatima ali dosta skup u pogledu računarskog vremena.

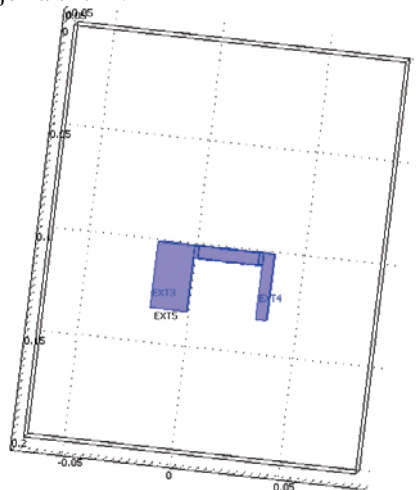
Analitički model je najlošiji model i najmanje tačan od sva tri. Mi smo u analitičkom modelu koristili Gevorgianove formule [7], [8] i analizirali ih u paketu Matlab.

2. COMSOL

Kompjuterska simulacija je postala suštinski deo nauke i inženjerstva. Digitalna analiza komponenti posebno je važna kod razvoja novih proizvoda ili pri optimizaciji dizajna. Prilikom pokretanja novog projekta, COMSOL pomaže da bolje razumemo problem. U mogućnosti smo da testiramo različite geometrijske i fizičke karakteristike modela, tako da ispitamo različite aspekte dizajna.

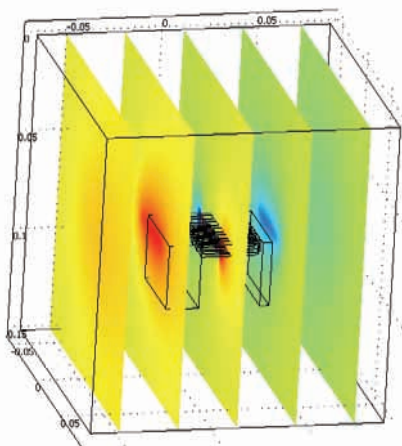
Vodeći proizvod kompanije COMSOL Multiphysics je softver koji se koristi za modeliranje i simulaciju fizike analiziranog sistema. Comsol Multiphysics pruža sofisticirane (i praktične) alate za geometrijsko modelovanje. COMSOL predstavlja *high tech* inženjersku softversku kompaniju i obezbeđuje razna softverska rešenja za multifizičko modelovanje.

Konačan izgled kondenzatora nacrtanog u Comsolu prikazan je na slici 2.



Slika 2. Konačan izgled kondenzatora nacrtanog u Comsol softverskom paketu

Kondenzatoru se mogu menjati dimenzije, širina elektroda, dužina elektroda, ugao između njih. Kada se pusti simulacija, prozor u Comsolu nakon simulacije je prikazan na slici 3. Na slici se vidi intenzitet polja između elektroda kondenzatora.



Slika 3. Rezultati simulacije-prikaz polja

Opcijom *subdomain integration* u Comsolu zadamo da se izračuna električna energija, a potom kapacitivnost računamo formulom:

$$C = \frac{Q^2}{2W_e} = \frac{C^2 \Delta V^2}{2W_e} \Rightarrow C = \frac{2W_e}{\Delta V^2}$$

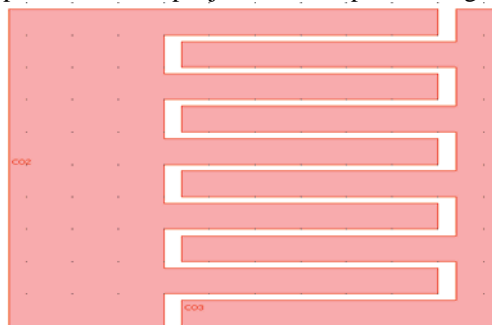
gde električni potencijal uvek ima vrednost 1V tj kapacitivnost računamo samo kao $2 W_e$.

3. REZULTATI SIMULACIJA U COMSOLU

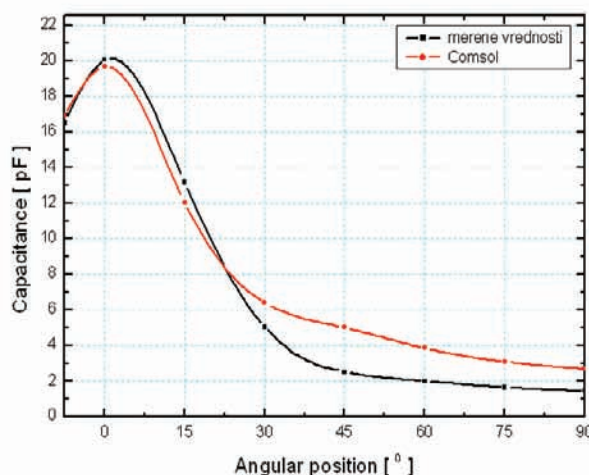
U Comsolu je nacrtan kondenzator širina elektroda 4mm , dužina elektroda 30 mm, razmak između elektroda 1mm i debljine elektroda 6mm. Na slici 4 prikazana je takva struktura.

Na slici 5 upoređene su krive za merene vrednosti kapacitivnosti dobijene Impedance Analyzer-om HP4194A i izračunate vrednosti kapacitivnosti u Comsolu. Sa slike se

vidi da su ova dva grafika približno jednakih vrednosti, osim pri malim odstupanjima za veće promene uglova.



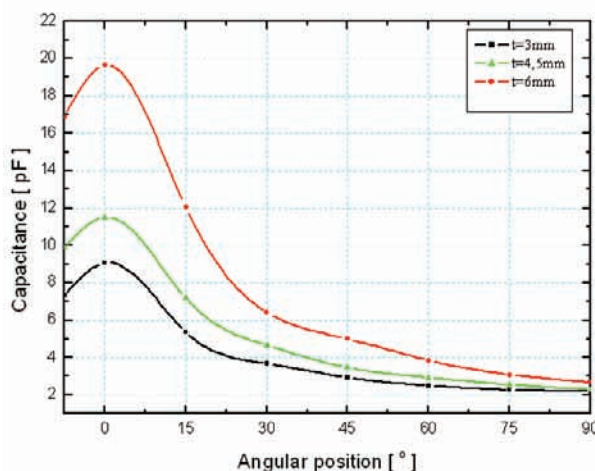
Slika 4. Prikaz kondenzatora nacrtanog u Comsolu



Slika 5. Zavisnost kapacitivnosti od ugaonog pomeraja za merene vrednosti i simulacione vrednosti dobijene u Comsolu

Na slici 6 dati su grafici simulacionih vrednosti za različite debljine elektroda. Urađeni su primeri sa debljinama elektroda 3mm, 4.5mm i 6mm.

Sa slike se vidi da je najveća kapacitivnost dobijena za primer sa najvećom debljinom elektroda od 6mm, a najmanja za debljinu od 3mm.



Slika 6. Zavisnost kapacitivnosti za različite ugaone pomeraje i za različite debljine elektroda

4. ANALITIČKI MODELI ČEŠLJASTOG KONDENZATORA

Ukupna kapacitivnost interdigitetne strukture se može napisati kao:

$$C = (\epsilon_r + 1)l[(N - 3)A_1 + A_2] \quad (1)$$

gde je N broj prstiju, dok A1 i A2 predstavljaju koeficijente date sa (2) i (3).

Za konačnu debljinu supstrata, efekat koji potiče od „debljine“ supstrata h se mora uključiti u A_1 i A_2 . Kod konačnog dizajna IDC je obično širina procepa $S=W$ i $l \leq \lambda/4$. Aproximativni izrazi za A_1 i A_2 postaju:

$$A_1 = 4.409 \tanh \left[0.55 \left(\frac{h}{W} \right)^{0.45} \right] \times 10^{-6} \quad (2)$$

$$A_2 = 9.92 \tanh \left[0.52 \left(\frac{h}{W} \right)^{0.5} \right] \times 10^{-6} \quad (3)$$

Generalni izraz za ukupnu rednu (serijsku) kapacitivnost interdigitetnog kondenzatora može se napisati kao:

$$C = 2\epsilon_0\epsilon_{re} \frac{K(k)}{K'(k)} (N - 1)l \quad (4)$$

$$= \frac{10^{-11}}{18\pi} \epsilon_{re} \frac{K(k)}{K'(k)} (N - 1)l \times 10^{-4}$$

$$C = \frac{\epsilon_{re} 10^{-3}}{18\pi} \cdot \frac{K(k)}{K'(k)} (N - 1)l \quad (5)$$

Gde je l dužina data u mikronima, N je broj prstiju i ϵ_{re} je efektivna dielektrična konstanta mikrostrip linije širine W . Odnos kompletnog eliptičkog integrala prve vrste $K(k)$ i njegovog komplementa $K'(k)$ je dat kao :

$$k = \tan^2 \left(\frac{a\pi}{4b} \right),$$

$$a=W/2, \quad b=(W+S)/2 \quad (6)$$

$$k' = \sqrt{1 - k^2}$$

$$\frac{K(k)}{K'(k)} = \begin{cases} \frac{1}{\pi} \ln^2 \left\{ 2 \frac{1+\sqrt{k}}{1-\sqrt{k}} \right\} & \text{za } 0.707 \leq k \leq 1 \\ \frac{\pi}{\ln \left[2 \frac{1+\sqrt{k}}{1-\sqrt{k}} \right]} & \text{za } 0 \leq k \leq 0.707 \end{cases} \quad (7)$$

5. RAČUNANJE KAPACITIVNOSTI ČEŠLJASTOG KONDENZATORA POMOĆU MATLABA

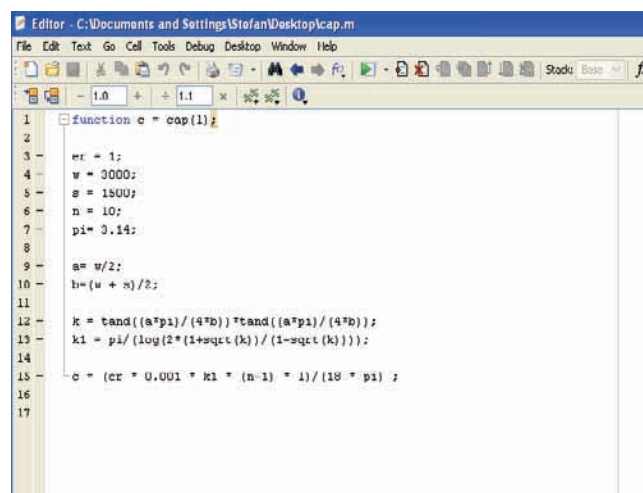
MATLAB je složeni programski sistem i viši programski jezik za razne naučne i tehničke proračune. On objedinjuje računanje, vizualizaciju i programiranje u korisnički orjentisanom okruženju, u kojem se problemi i rešenja iskazuju u uobičajenoj matematičkoj notaciji.

Na slici 7 je prikazan programski kod koji računa ukupnu kapacitivnost češljastog kondenzatora kada imamo samo jednu promenljivu - dužinu elektroda L .

Dužina L se zadaje u μm i to vrednosti koje smo izračunali u Cmsolu.

U kodu su zadati parametri:

Er- relativna permitivnost (za vazduh iznosi 1),
w- širina elektroda (zadata u μm i iznosi 3000),
s- rastojanje između prstiju elektroda (zadata u μm i iznosi 1500) i
n- ukupan broj prstiju kondenzatora (iznosi 10).



```

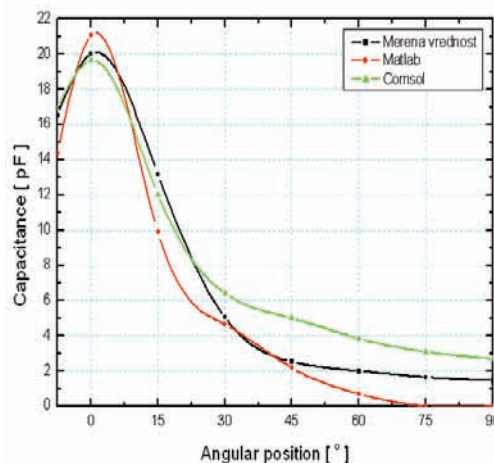
1 function c = cap(L);
2
3 er = 1;
4 w = 3000;
5 s = 1500;
6 n = 10;
7 pi = 3.14;
8
9 a = w/2;
10 b = (w + s)/2;
11
12 k = tand((a*pi)/(4*b))*tand((a*pi)/(4*b));
13 k1 = pi/(log(2*(1+sqrt(k))/(1-sqrt(k))));
14
15 c = (er * 0.001 * k1 * (n-1)) / (18 * pi);
16
17

```

Slika 7. Matlab Kod za računanje kapacitivnosti sa jednom promenljivom L

U kodu su korišćene neke trigonometrijske i logaritamske operacije pa smo tako za tangens koristili funkciju **tand** (nije korišćena obična operacija za tangens **tan** jer jednačina sadrži u sebi **pi**), koristili smo funkciju **log** za izračunavanje prirodnog logaritma u jednačini i koristili smo funkciju **sqrt** koja računa koren.

Na slici 8 je prikazan grafikon na kojem su date vrednosti kapacitivnosti dobijene merenjem, simulacijom u Cmsolu i proračunom u Matlabu. Sa slike se vidi da su odstupanja kapacitivnosti za sva tri slučaja veoma mala. Kapacitivnost je data u zavisnosti od različitih ugaonih pomeraja, od -7.5 do 90 stepeni.



Slika 8. Zavisnost kapacitivnosti od različitih ugaonih pomeraja - merene, Cmsol i Matlab vrednosti

5. ZAKLJUČAK

Poslednjih godina se može primetiti veliko interesovanje za sisteme interdigitetnih elektroda. Češljasti kondenzatori su među najviše korišćenim strukturama sa periodičnim elektrodama.

Izrazi za proračun kapacitivnosti interdigitetnog kondenzatora su prilično složeni, na kapacitivnost utiču brojni faktori: širina prstiju, rastojanje između prstiju, debljina i broj prstiju, permitivnosti slojeva supstrata kao i filma nanešenog na površinu elektroda.

Postoji 3 načina za modelovanje kapacitivnosti i to su: modelom zasnovanim na merenjima gde smo kapacitivnosti dobijali pomoću Impedance Analyzer-a HP4194A i koji daje veoma brze i precizne rezultate, ali je ograničen samo na posmatranu komponentu.

Aplikacijski model je brz i pouzdan model, bolji je od merenog modela. U ovom modelu smo koristili softverski paket Comsol koji je veoma praktičan i u kome možemo menjati sve veličine posmatranog kondenzatora (u našem slučaju širinu elektroda, razmak između njih, debljinu elektroda, ugao između njih itd.). U fazi istraživanja i razvoja danas simulaciona moć daje konkurentsku prednost. Problem ovog modela je cena računarskog vremena i softvera.

Analitički model je najmanje tačan od ova tri modela. Kapacitivnost se računa pomoću metoda S. Gevorgiana. Metod se zasniva na tehnici konformalnog preslikavanja za formiranje izraza koji za cilj imaju izračunavanje kapacitivnosti IDC.

6. LITERATURA

[1] Alley, G. D., "Interdigital Capacitors and Their Application to Lumped-Element Microwave Integrated Circuits," *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, Vol. MTT-18, December 1970, pp. 1028–1033.

[2] Vincent, B.T., "Microwave Transistor Amplifier Design," *IEEE Microwave Symp. Dig.*, 1965, p. 815.

[3] Daly, D.A., et al., "Lumped Elements in Microwave Integrated Circuits," *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, Vol. MTT-15, December 1967, pp. 713–721.

[4] Michael Hanke, Short Introduction to Comsol Multiphysics, June 1, 2006

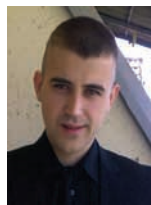
[5] <http://www.comsol.com>, october 2012-10-15

[6] COMSOL Multiphysics Modeling Guide, November 2008.

[7] S. Gevorgian, T. Martinsson, P. Linner, and E. Kolberg, "CAD models for multilayered substrate interdigital capacitors", *IEEE Trans Microwave Theory Tech* 44 (1996), 896–904.

[8] Spartak S. Gevorgian, Member, IEEE, "CAD Models for Multilayered Substrate Interdigital Capacitors", *IEEE Transactions on microwave theory and techniques*, vol. 44, no 6, 6. june 1996

Kratka biografija:



Nikola Radosavljević rođen je u Kraljevu 1986. god. Diplomski-master rad odbranio je 2012. godine na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Mikroelektronika

ANALIZA UTICAJA POJEDINIH MEHANIČKIH KARAKTERISTIKA UŽETA NA MONTAŽNE KARAKTERISTIKE VODOVA**ANALYSIS OF THE OHL CABLE CHARACTERISTICS INFLUENCE ON POWER LINE MONTAGE CHARACTERISTICS**Svetlana Vojvodić, Miroslav Nimrihter, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast - ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U ovom radu je izvršena sistematizacija uticaja pojedinih mehaničkih karakteristika užeta na montažne karakteristike vodova i njegova softverska realizacija u Matlab programskom paketu.

Abstract – This paper shows systematization of the influence individual characteristics of the rope on mounting characteristics of the power line and its software implementation in Matlab software package.

Ključne reči: karakteristike užeta, ugib, naprezanje provodnika, matlab, montažne krive.

1. UVOD

Prenos električne energije je isto toliko značajan koliko i sama proizvodnja. Nadzemni visokonaponski vodovi čine osnovu elektroenergetskog sistema i predstavljaju vezu između elektrana i distributivnih sistema, kao i vezu između različitih prenosnih sistema. Pri projektovanju i gradnji visokonaponskih nadzemnih vodova vodi se računa da pri svim projektovanim meteorološkim uslovima, sigurnosni razmaci i sigurnosne visine u odnosu na okolne objekte budu u propisanim granicama koje obezbeđuju sigurnost ljudi i objekata. Prvi provodnici koji su se koristili su bili od bakra, ali kako je cijena bakarnih provodnika vrlo visoka, veoma brzo se krenulo sa upotrebom aluminijumskih provodnika čija je specifična provodljivost dosta manja (62% od provodljivosti bakra), ali je zato dosta manja i specifična težina (30,4% od bakra). Pravljenjem aluminijumskih provodnika sa čeličnim jezgrom (ACSR) napravljen je spoj relativno dobrih električnih svojstava aluminijuma i velike mehaničke čvrstoće čelika uz prihvatljivu cijenu koštanja.

Kombinovani provodnik za nadzemne vodove nove generacije (Aluminium Conductor Composite Reinforced- ACCR) pojavio se kao rješenje za povećanje prenosne moći postojećih nadzemnih vodova koji su kao usko grlo bili uzrok raspada elektroenergetskih sistema u zemljama Evrope i Amerike.

NAPOMENA:

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

Tema ovog rada je utvrđivanje uticaja pojedinih karakteristika užeta na montažne karakteristike voda. Dva su osnovna parametra predmet razmatranja u datom proračunu provodnika nadzemnih vodova:

-mehaničko naprezanje provodnika:

σ [daN/mm²];

- ugib provodnika: f [m].

Krive zavisnosti $\sigma(t)$ i $f(t)$ se nazivaju montažne krive i koriste se za određivanje naprezanja i ugiba pri montaži nadzemnih elektroenergetskih vodova.

Kriva zavisnosti naprezanja od temperature: $\sigma(t)$ se određuje na osnovu jednačine stanja. Zatim se preko izraza za ugib i dobijenih vrijednosti naprezanja za različite temperature određuje kriva zavisnosti ugiba od temperature: $f(t)$.

2. REALIZACIJA UTICAJA KARAKTERISTIKA UŽETA NA MONTAŽNE KARAKTERISTIKE VODA

Realizacija programa je ostvarena preko *Matlab*-ovih m funkcija i datoteka koje zajedno čine program za odgovarajući proračun. Program ima ulazne podatke – koje zadaje korisnik programa, a koji se odnose na parametre voda, provodnika i klimatske parametre; kao i izlazne podatke – mehanička naprezanja, ugibi provodnika i montažne krive, a koji se po želji čuvaju u izlaznim datotekama.

Osnovni segment programa predstavlja m datoteka *mehanički_proracun.m*. Jedino nju je potrebno pokrenuti u *Matlab*-u (komandom: "mehanički_proracun") radi pokretanja programa. Ulazni podaci se upisuju u m datoteku *ulazni_podaci.m*, koja se automatski pokreće prilikom pokretanja programa. Nakon upisa odgovarajućih ulaznih podataka, datoteka se automatski učitava u program. Pomoćne funkcije se, po potrebi, takođe automatski, pozivaju pri radu programa, a one su:

1. *ekvivalentno.m* – proračun ekvivalentne računске sile kidanja ili modula elastičnosti;
2. *id_raspon.m* – proračun idealnih raspona i uglova nagiba u zateznom polju;
3. *pritisak_vjetra.m* – proračun pritiska vjetra u odnosu na brzinu vjetra i visinu vješanja provodnika;
4. *rez_norm_dod_opt.m* – proračun rezultantnog dodatnog opterećenja provodnika za zadatu temperaturu;
5. *jedn_prom_stanja.m* – rješavanje jednačine promjene stanja po nepoznatoj vrijednosti naprezanja provodnika, takođe za zadatu temperaturu.

3. TESTIRANJE PROGRAMA ZA IZRAČUNAVANJE MONTAŽNIH KRIVIH

U ovom radu je izvršeno testiranje programa za izračunavanje montažnih krivih. Posmatrali smo pojedinačno uticaj modula elastičnosti, specifične težine i temperaturnog koeficijenta istezanja na montažne karakteristike vodova. U početku smo vršili proračun za standardne ASCR provodnike, a u nastavku i za ACCR provodnike.

U prvom primjeru imamo formiranje montažne tablice i crtanje montažne krive za zatezno polje dalekovoda nominalnog napona 35 kV [1].

Ulazni parametri su:

$n=6$;
 $A = [170\ 180\ 160\ 180\ 180\ 280]$;
 $E=8100$; $E_{Al}=0$; $E_{Ce}=0$;
 $S_{Al}=0$; $S_{Ce}=0$;
 $\text{alfa}_t=1.91e-5$; $\text{alfa}_{tAl}=0$; $\text{alfa}_{tCe}=0$;
 $d_{uzeta}=0.0035$;
 $g_{uzeta}=0$; $m_{uzeta}=0$;
 $k_{odo}=1.6$;
 $\sigma_{mr}=7.5$;
 $\sigma_{nd}=0$;
 $\sigma_{isp_{uzeta}}=0$;
 $\sigma_{Al}=0$; $\sigma_{Ce}=0$;

$\sigma=[2.6\ 2.8\ 2.9\ 3\ 3.2\ 3.4\ 3.5]$
 $\text{oznaka_dalekovoda}=('DV\ 35\ kV\ br.')$;
 $\text{stuba_br}_A=0$;
 $\text{stuba_br}_B=0$;
 $\text{tip_uzeta}=('Al/Ce\ 185/30')$;
 $S=213.6$;
 $S_{Al}=185$;
 $S_{Ce}=30$;
 $\text{precnik}=19$;
 $a_{id}=205.27$;
 $p_v=0$; $v=0$;
 $k_v=0$; $t_{donje}=0$; $t_{gornje}=0$;
 $\sigma_{izdoz}=0$;
 $k_{ido}=0$;

Izlazni podaci (rezultati proračuna):

Oznaka dalekovoda:.....DV 35 kV br.
 Tip užeta:.....Al/Ce 185/30
 Poprečni presjek užeta [mm²]:.....213.60
 Prečnik užeta [mm]:.....19
 Spec. težina užeta [daN/m·mm²]:.....0.0035
 Toplotni koef. lin. širenja užeta [1/°C]:.....1.91e-5
 Modul elastičnosti užeta [daN/mm²]:.....8100.0
 Specifična težina dodatnog tereta [daN/m·mm²]:
 0.005892
 Maksimalno radno naprezanje [daN/mm²]:.....7.50

Kritičan raspon [m]:.....71.36
 Kritična temperatura [°C]:.....25.4

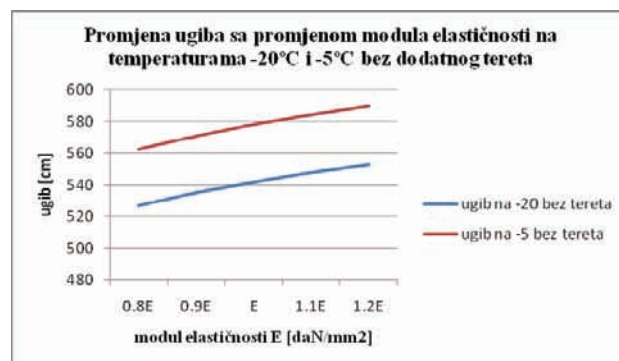
Montažne krive ($\sigma_{montaže}$ i $f_{montaže}$ kao funkcije temperature pri montaži) izračunato softverski i ručno se poklapaju, čime se smatra da je testiran rad računarskog programa.

4. UTICAJ MODULA ELASTIČNOSTI NA MONTAŽNE KARAKTERISTIKE VODOVA

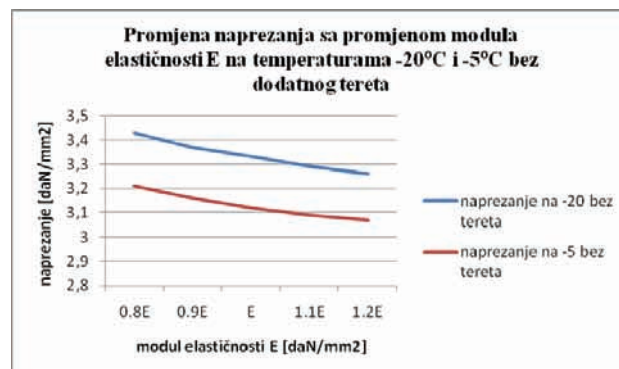
Sada posmatramo uticaj modula elastičnosti na montažne karakteristike vodova na temperaturama -20°C i -5°C bez dodatnog tereta.

Modul se mjenjao u granicama $\pm 20\%$. Sa porastom modula elastičnosti dolazi do porasta ugiba. Krive na temperaturama -20°C i -5°C imaju isti oblik, samo su međusobno pomjerene i veće vrijednosti ugiba imamo na temperaturi -5°C bez dodatnog tereta. Što se tiče naprezanja, ono opada sa porastom modula elastičnosti i niže vrijednosti imamo pri temperaturi -5°C bez dodatnog tereta.

Promjene ugiba i naprezanja su date na sljedećim slikama.



Slika 1. Promjena ugiba sa promjenom modula elastičnosti E na temperaturama -20°C i -5°C bez dodatnog tereta

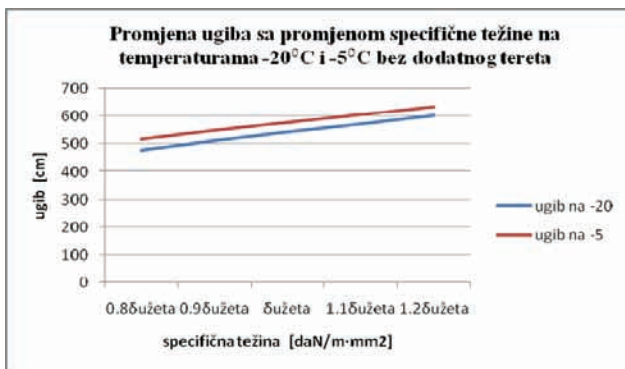


Slika 2. Promjena naprezanja sa promjenom modula elastičnosti E na temperaturama -20°C i -5°C bez dodatnog tereta

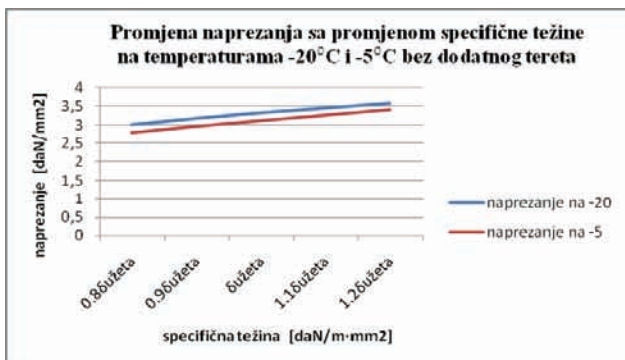
5. UTICAJ SPECIFIČNE TEŽINE NA MONTAŽNE KARAKTERISTIKE VODOVA

Sada posmatramo uticaj specifične težine na montažne karakteristike vodova na temperaturama -20°C i -5°C bez dodatnog tereta. Specifična težina se mjenjala u granicama $\pm 20\%$.

Ugib je direktno proporcionalan sa specifičnom težinom, tako da je promjena linearna. Što se tiče naprezanja, i ono raste sa porastom specifične težine. Date krive su prikazane na sljedećim slikama.

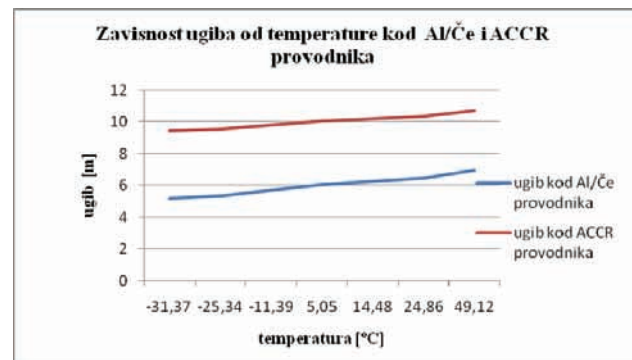


Slika 3. Promjena ugiba sa promjenom specifične težine na temperaturama -20°C i -5°C bez dodatnog tereta



Slika 4. Promjena napreznja sa promjenom specifične težine na temperaturama -20°C i -5°C bez dodatnog tereta

sebe preuzme mehaničko napreznje provodnika. Spoljašnji dio - plašt je konstrukcija preko jezgra koja se sastoji od použenih žica i služi da preuzme na sebe struju koju prenosi ACCR provodnik. Materijal i struktura žica jezgra ACCR provodnika je kompozit aluminijuma sa nekoliko hiljada kontinualnih vlakana od aluminijum-trioksida Al_2O_3 , prečnika oko $12\ \mu\text{m}$. ACCR provodnici svojim poboljšanim električnim i mehaničkim karakteristikama mogu da zadovolje zahtjeve povećanja kapaciteta i prenosne moći postojećih nadzemnih vodova, koji su usko grlo elektroenergetskih mreža, bez potrebe izgradnje novih ili adaptacije postojećih stubova i njihovih temelja. Na sljedećim slikama su prikazani rezultati poređenja promjene ugiba i napreznja kod Al/Če i ACCR provodnika za ulazne podatke koji su gore navedeni, a rezultat su aktivnosti u ovom master radu.



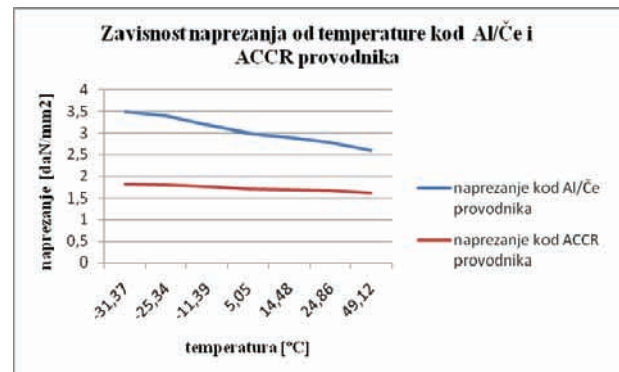
Slika 5. Zavisnost ugiba od temperature kod Al/Če i ACCR provodnika

6. UTICAJ TEMPERATURNOG KOEFICIJENTA ISTEZANJA NA MONTAŽNE KARAKTERISTIKE VODOVA

U ovom primjeru, temperaturni koeficijent istezanja se mjenja u granicama $\pm 20\%$. Na temperaturi -5°C bez dodatnog tereta nema uticaja temperaturnog koeficijenta istezanja, tj. vrijednosti ugiba i napreznja su konstantne i jednake za bilo koju vrijednost temperaturnog koeficijenta istezanja. Naime, u jednačini stanja, temperature početnog i posmatranog stanja su jednake, tako da se njihovim oduzimanjem dobija nulta vrijednost. Budući da u tom članu koji je nuliran, figuriše temperaturni koeficijent istezanja, jasno nam je da on ne utiče na vrijednosti ugiba i napreznja. Na temperaturi -20°C bez dodatnog tereta sa porastom temperaturnog koeficijenta istezanja dolazi do pada ugiba i porasta napreznja. Promjenom koeficijenta istezanja za $\pm 20\%$, imam promjenu ugiba za 1.4%, i promjenu napreznja za 1.5% u odnosu na vrijednost koju je imao pri usvojenom temperaturnom koeficijentu.

7. ACCR PROVODNICI

ACCR provodnici nadzemnih vodova predstavljaju rezultat velikog tehničkog razvoja i dugogodišnjih ispitivanja u laboratorijama i na terenu. ACCR provodnik je kombinovani provodnik, koji se kao i svi kombinovani provodnici sastoji od jezgra i plašta. Jezgro je konstrukcija koja se sastoji od použenih žica i služi da na



Slika 6. Zavisnost napreznja od temperature kod Al/Če i ACCR provodnika

8. ZAKLJUČAK

U toku eksploatacije nadzemnih vodova neophodno je, prvenstveno usljed djelovanja spoljašnjih klimatskih faktora, pored ostalog obezbjediti i da: vrijednost napreznja faznih provodnika (zaštitnog užeta) ne prekorači granične vrijednosti i time degradira mehaničke karakteristike provodnika i da ugib faznih provodnika (zaštitnog užeta) ne dostigne nedozvoljene vrijednosti i time ugrozi pouzdanost i prije svega bezbjedan rad tog dijela EES-a. Prilikom projektovanja nadzemnog voda moraju se zadovoljiti i uslovi *Pravilnika* [2].

U ovom radu je sprovedena analiza uticaja modula elastičnosti, specifične težine i temperaturnog koeficijenta istezanja za ACSR (Al/Če) i ACCR provodnike, i poređenje njihovih mehaničkih-montažnih karakteristika. ACCR provodnici sigurno predstavljaju rješenje koje će se koristiti u budućnosti. Osnovne prednosti u odnosu na ACSR provodnike su: veća strujna prenosna moć, veća prenosna moć nadzemnog voda, smanjen uticaj na okolinu, produžen životni vijek stubova, kraće vrijeme montaže i manji troškovi montaže [3].

Ovako dat program sa *Matlab*-ovim *m* funkcijama i datotekama može da predstavlja osnovu za brojne kasnije proračune: kombinovane uticaje pojedinih karakteristika užeta na montažne karakteristike voda, a takođe mogu da se predvide najbolji uslovi za postavljanje ACCR provodnika što bi donijelo višestruku korist.

9. LITERATURA

[1] Miroslav Nimrihter i Predrag Đapić, *Proračuni u distributivnim električnim sistemima*, FTN, Novi Sad, 2008.

[2] *Pravilnik o tehničkim normativima za izgradnju nadzemnih elektroenergetskih vodova nazivnog napona od 1 kV do 400 kV* (Objavljen u "Sl. listu SFRJ", br. 65/88 i 18/92).

[3] Miroslav Nimrihter, *Elektrodistributivni sistemi*, FTN, Novi Sad, 2009.

Kratka biografija:

Svetlana Vojvodić je rođena u Foči 1988. godine. Osnovnu i srednju školu-gimnaziju (opšti smjer) završila u Foči. Diplomirala na Elektrotehničkom fakultetu, odsjek za elektroenergetiku, u Istočnom Sarajevu 2011. godine.

Miroslav Nimrihter je rođen 1950. godine u Novom Sadu, gde je završio osnovnu i elektrotehničku školu. Diplomirao je, magistrirao i doktorirao, na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu. Zaposlen je, kao redovni profesor, na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu.

GARANCIJA QoS KOD MREŽNOG KODOVANJA U MULTIKAST MREŽAMA NETWORK-CODING MULTICAST NETWORKS WITH QoS GUARANTEES

Sonja Spasojević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu ukratko su opisane osnovne odrednice QoS i mrežnog kodovanja, gde se primenjuju i kako se multikast mreže ponašaju ako koriste mrežno kodovanje sa odedenom garancijom QoS. Opisano je optimalno rutiranje kao najbolji način primene u multikast mrežama. Kao ilustrativni primer izvršeno je poređenje propusnosti nekoliko različitih mreža.

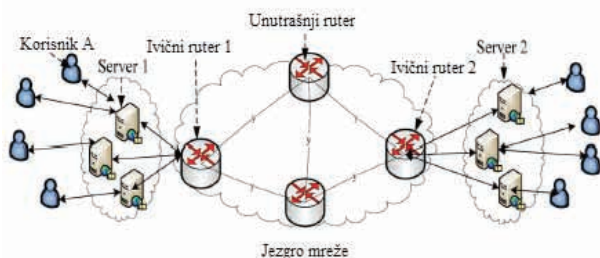
Abstract – The fundamentals of QoS and network-coding are briefly described, as well as the network-coding application, and the multicast networks if they use network-coding with QoS guarantees. Optimal routing is also described. Throughput of different networks is compared as an illustrative example.

Ključne reči: mrežno kodovanje, QoS garancija, optimalno rutiranje

1. UVOD

Multikast video prenos je postao jedna od značajnih aplikacija na internetu. Multikast arhitekture sa velikim QoS mogu se razdvojiti na dva tipa. Jedan tip predstavlja multikast na mrežnom sloju, gde se obavlja pomoću rutera (IP ili MPLS tip). Drugi, kao što je CDN (Content Distribution Network) obavlja multikast na sloju aplikacije. Tu se multikast prenos obavlja pomoću servera.

Kada klijent zatraži video prenos, lokalni server će primiti zahtev i, ako je neophodno, nabaviti video od drugog servera. Prenos podataka u obe arhitekture se sastoji iz dva dela: prenos u jezgru mreže i prenos između klijenta i njegovog lokalnog servera. Veliki QoS, bilo da se koristi unicast ili multikast prenos, poželjan je ali ga je komplikovano garantovati. Kontrola pristupa je mehanizam koji se implementira jer se tako sprečava zagušenje, jedan od najznačajnijih uzroka degradacije QoS.



Slika 1. Multikast prenos podataka između klijenata i servera

NAPOMENA:

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

Zbog strukture mreže prikladnije je da se rukuje kontrolom pristupa sa ivice mreže (gde su serveri) nego iz sredine.

2. UKRATKO O QoS

QoS je definisana od strane ITU još 1994. QoS obuhvata zahteve u svim aspektima veza. QoS je mogućnost da se korisnicima ili protoku podataka pruži drugačiji kvalitet u drugačijim aplikacijama, ili da garantuje određeni nivo performansi u protoku podataka. QoS garancija je važna ako je kapacitet mreže nedovoljan, posebno za prenos multimedijalnih aplikacija u realnom vremenu.

Aplikacija	Pouzdanost	Kašnjenje	Džiter	Propusni opseg
e-mail	velika	mala	mala	mala
Prenos podataka	velika	mala	mala	srednja
Online pristup	velika	srednja	mala	srednja
Audio na zahtev	mala	mala	velika	srednja
Video na zahtev	mala	mala	velika	velika
Telefonija	mala	velika	velika	mala
Videokonferencija	mala	velika	velika	velika

Tabela 1. Potrebna garancija QoS za aplikacije

3. RAZLOZI PRIMENJIVANJA MREŽNOG KODOVANJA

Multikast rutiranje se obično koristi kada je više korisnika zainteresovano za iste podatke sa iste lokacije. Međutim, samo rutiranje nije dovoljno da bi se postigao multikast kapacitet mreže. Multikast kapacitet mreže može da se postigne ako se dozvoli da međučvorovi u mreži koduju dolazni saobraćaj (bitski ili paketski). Korišćenjem mrežnog kodovanja više korisnika može da dobije iste podatke.

Praktično mrežno kodovanje otklanja potrebu za centalizovanom topologijom, kodovanjem i dekodovanjem, šta više otklanja potrebu za sinhronizovanom komunikacijom kroz mrežu. Njegovom primenom može da se dostigne propusnost koja je slična kapacitetu sa malim kašnjenjem. Nove QoS arhitekture nemaju potrebu za kontrolom pristupa unutar mreže a ipak mogu da garantuju da neće doći do zagušenja mreže. To se odnosi na oba načina rutiranja mreža (najkraćom putanjom IP-like i eksplicitno rutiranje MPLS-like). Putanje između bilo kojih čvorova u ovim arhitekturama su unapred određene i količine ulaznog i izlaznog saobraćaja su označene sa α_i i β_j za ivični čvor i . Najistaknutija osobina mreža je sledeća: sve dok su ulazni i izlazni saobraćaj ivičnog čvora i manji od α_i i β_j tada mreža neće imati zagušenja i nijedna od veza neće biti preopterećena.

Rutiranje je zasnovano na pretpostavci da je matrica saobraćaja $T = \{t_{ij}\}$ data, gde t_{ij} predstavlja brzinu saobraćaja ivičnog čvora i ka ivičnom čvoru j . Za multikast mrežu, veza između matrice saobraćaja T i

(α_i, β_i) je mnogo komplikovanija. Budući da je tačna vrednost t_{ij} nepoznata, saobraćaj neblokirajuće mreže sadrži određenu količinu neizvesnosti. Kao rezultat, mora da se rezervišu dodatni propusni opseg za svaki protok sto omogućava efikasno rutiranje za neblokirajuću mrežu. Ako je propusnost jako mala, mreža će biti malo korišćena. Međutim, treba istaći da dodatni rezervisani propusni opseg nije beznačajan zato što može da se koristi za neki drugi saobraćaj koji ne zahteva prenos u realnom vremenu.

Rutiranja u multikast mreži je zasnovano na stablima. Svaki čvor stabla treba da zatraži određene informacije i da odgovori na primljene informacije. Ukupni propusni opseg koji se koristi u multikast stablu je suma svih pojedinačnih propusnih opsega.

Najznačajnija prednost mrežnog kodovanja je to što nam dozvoljava da koristimo multikast vezu sa q odredišta kao q unicast vezu sa optimalnim protokom. Istražujući ovu osobinu dolazimo do dva značajna rezultata koji mogu da se primene na eksplicitno rutiranje i rutiranje sa najkraćom putanjom:

- Optimalna putanja između izvornog i odredišnog čvora u neblokirajućoj unicast mreži je ista kao i optimalna putanja za izvorni i odredišni čvor u neblokirajućoj unicast mreži sa mrežnim kodovanjem.
- Neblokirajuća multikast mreža može biti efikasna kao i neblokirajuća unicast mreža.

4. DEFINISANJE OPTIMALNOG RUTIRANJA

Mreža može da se opiše kao $G(V, E)$ gde je V grupa temena, E je grupa linkova a Q (gde je $Q \subseteq V$) grupa ivičnih rutera pomoću kojih se spoljni saobraćaj šalje unutar i van mreže. Pretpostavimo da mreža ima N ivičnih čvorova, $|Q|=N$ i oni su, za $N=10$, označeni od 1 do 10. Ulazni i izlazni propusni opseg su ograničeni sa N ivičnih čvorova u neblokirajućoj mreži i koji su naznačeni sledećim vektorom $H = [(\alpha_1, \beta_1), \dots, (\alpha_N, \beta_N)]$ gde α_i i β_i predstavljaju količinu prihvatljivog saobraćaja koji ulazi ili izlazi iz čvora i . U praksi (α_i, β_i) se predstavljaju u sledećem obliku

$$(\alpha_i, \beta_i) = (\theta \tilde{\alpha}_i, \theta \tilde{\beta}_i)$$

gde su $\tilde{\alpha}_i$ i $\tilde{\beta}_i$ dobijene konstante koje predstavljaju stepen neujednačenosti količine čvorova, a θ je parametar za maksimizaciju.

Maksimizacija θ se postiže algoritmom optimalnog rutiranja. Optimizacija obično podrazumeva da je saobraćaj poznat $\{t_{ij}\}$ pri čemu je t_{ij} količina saobraćaja koja dolazi od ivičnog čvora i i odlazi u ivični čvor j . Međutim, u neblokirajućoj mreži $\{t_{ij}\}$ je nepoznato, poznat je samo vektor H .

Mrežno kodovanje nam dozvoljava da posmatramo multikast vezu sa q odredišta kao q unicast vezu i da ih rutiramo jednu po jednu. Neka je b_i^k k -ta multikast veza koja je počela prenos saobraćaja od ivičnog čvora i . U pretpostavci neblokirajuće mreže, putanja između (izvora i odredišta) će uvek biti iste.

Dakle, svih b_i^k će imati istu putanju i odlike. Sa analitičke tačke, svih b_i^k sa istim odlikama mogu se staviti u jednu grupu koja se naziva multikast grupa i ponaša se kao jedna multikast veza.

Neka je x_{ij}^e saobraćaj t_{ij} prosleđen kroz link e . Za unicast mrežu, ako je x_{ij}^e određen, onda su i putanje određene. Za multikast mrežu x_{ij}^e se isto definiše kao kod unicast mreže, ono se i dalje odnosi na rutiranje u mreži zato što nam kodiranje mreže dozvoljava da posmatramo multikast vezu sa q odredišta kao q odvojenih unicast veza.

Ukratko ćemo opisati jednostavnu implementaciju mrežnog kodovanja (random network coding). Neka blok sadrži k paketa. Izvorni čvor treba da stalno prenosi paket umesto određenog dela paketa ovog bloka. Izvorni čvor će prenositi linearnu kombinaciju svih k paketa ovog linka. Čvor izabere nasumice neke koeficijente c_1, c_2, \dots, c_k kojim se množi svaki element paketa i i taj rezultat se doda novom odgovarajućem elementu novog paketa. Vektor koeficijenata $[c_1, c_2, \dots, c_k]$ će se preneti sa paketom. Prijemni čvor može da dobije originalni blok nakon što primi k pakete koji su određeni vektorom koeficijenata koji su međusobno linearno nezavisni. Rekonstrukcija je ista kao rešavanje k linearnih jednačina. Sve ove operacije zauzimaju mesto u konačnom polju.

Problem optimalnog rutiranja definišemo sa

$$y_g^e = t_g \cdot \max_j x_{s_g j}^e$$

Odnos zagušenja linka definišemo kao odnos (količine saobraćaja rutiranog kroz link/ kapacitet linka). Ako je r maksimalna vrednost odnosa zagušenja svih linkova u mreži. Kada je $r < 1$ nema zagušenja u mreži jer je rutirani saobraćaj kroz neki link manji od njegovog kapaciteta. Problem maksimizacije θ može biti pretvoren u problem minimizacije r , jer postoji veza $\theta = 1/r$.

4.1. Mrežno rutiranje najkraćom putanjom

U ovom rutiranju putanja se određuju na osnovu težine linka. Problem je pronalaženje težine linkova, ali kada se odrede težine linkova, tada su i putanje određene. Ako više putanja postoji za izvorno-odredišni par oni moraju biti iste udaljenosti. Ovo je politika rutiranja koja se koristi u današnjem Internetu.

5. REŠAVANJE PROBLEMA OPTIMALNOG RUTIRANJA

Prilikom analize problema optimalnog rutiranja dobijene su sledeće leme i teoreme:

Lema 1: Neka $(\theta, \tilde{\alpha}_i, \theta, \tilde{\beta}_i)$ predstavljaju količinu prihvatljivog ulaznog i izlaznog saobraćaja u svakom ivičnom čvoru i neblokirajuće multikast mreže sa mrežnim kodovanjem, gde su $\tilde{\alpha}_i$ i $\tilde{\beta}_i$ date konstante, a θ parametar za maksimizaciju. Onda će θ_1 biti minimum θ kod opterećenja unicast saobraćaja, a θ_2 kod opterećenja multikast saobraćaja. Onda je $\theta_1 \geq \theta_2$.

Lema 2: Neka $(\theta, \tilde{\alpha}_i, \theta, \tilde{\beta}_i)$ predstavljaju količinu prihvatljivog ulaznog i izlaznog saobraćaja u svakom ivičnom čvoru i neblokirajuće multikast mreže sa mrežnim kodovanjem, gde su $\tilde{\alpha}_i$ i $\tilde{\beta}_i$ date konstante. Neka je θ_1 maksimum θ za opterećenje unicast saobraćaja, i θ_2 za opterećenje multikast saobraćaja. Onda je $\theta_1 \leq \theta_2$.

Teorema 1: Neblokirajuća multikast mreža sa mrežnim kodovanjem ima istu izlaznu i ulaznu propusnost kao i neblokirajuća unicast mreža.

Teorema 2: Optimalno rutiranje neblokirajuće unicast mreže je isto optimalno rutiranje neblokirajuće multikast mreže.

6. ILUSTRATIVNI PRIMERI

Uporedićemo neblokirajući pristup i CBR (Constraint Based Routing) pristup. Da bi QoS bio zagarantovan, treba da se postavi putanja za svaki novi multikast zahtev i da se proverí dostupnost propusnog opsega za svaki link duž putanje.

Ovaj CBR pristup nije praktičan za video prenos. Međutim, naša svrha je da saznamo razliku između propusnosti ove dve metode.

Topologija koja se koristi u poređenju je SPRINT topologija. Postoji 15 čvorova i 62 direktna linka, kapacitet svakog direktnog linka je 300Mb/s. Slučajan multikast protok se generiše sa sledećim parametrima:

- broj prijemnika po multikast protoku je nasumice izabrana promenljiva sa binomnom raspodelom između $[2, N-1]$. N je ukupan broj ivičnih čvorova.
- svaki zahtev multikast protoka jednog integralnog propusnog opsega je uniformno raspoređen između 1 i 4.
- jedan ivični čvor će biti označen kao izvor ili odredište multikast protoka sa verovatnoćom proporcijalnom stepenu ivičnog čvora

Nakon 10 uzastopnih otkaza pretpostavlja se da je mreža potpuno opterećena i zaustavlja se simulacija. Tada se računa ukupan saobraćaj koji se prenosi mrežom.

6.1. Propusnost neblokirajućih multikast mreža

Broj odredišta multikast protoka se obično zove *fanout* protoka. Ako je prosečni fanout $|D_{(g)}|_{ave}$ jednak sa c onda će se jedan deo ulaznog saobraćaja dobiti na osnovu prosečnog c delova izlaznog saobraćaja. Propusnost mreže je definisana kao suma izlaznog saobraćaja svih ivičnih čvorova kada se simulacija zaustavi.

6.2. Poređenje performansi zasnovanih na ograničenjima

Poredimo neblokirajuću mrežu na oba CBR pristupa (najkraća putanja na stablu SPT-CBR, i mreža sa mrežnim kodovanjem NC-CBR). Multikast zahtevi treba da se postave jedan po jedan u CBR mreži. To nije praktično za prenos videa gde se dodavanje i brisanje multikast protoka često dešava.

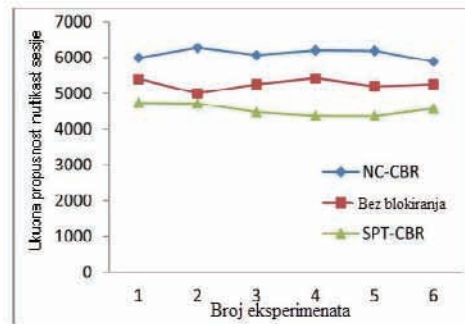
Najkraća putanja na stablu CBR (SPT-CBR): kada stigne nova multikast veza, postavimo multikast stablo za novu sesiju. Koristimo najkraću putanju stabla sa izvorom kao korenom i sve odredišne čvorove postavljamo kao listove. Ovaj pristup se koristio u mnogim algoritmima multikast rutiranja kao što je MOSPF i PIM-DM.

Tokom postavljanja nove multikast sesije proverava se da li svi linkovi duž najkraće putanje imaju dovoljno propusnog opsega za novu sesiju. Ako je to ispunjeno, sesija je prihvaćena, u suprotnom je odbijena.

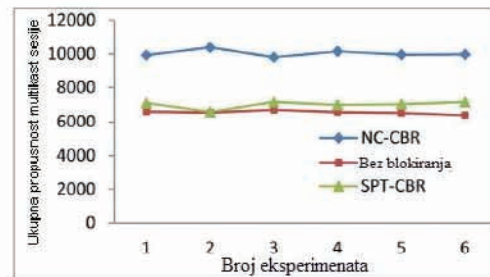
Za mrežu CBR zasnovano na mrežnom kodovanju minimizuje se suma propusnog opsega svih linkova multikast veze.

Kada počne nova multikast sesija, koristimo ovaj algoritam da pronađemo putanje. Ako neki link nema dovoljno propusnog opsega da se prilagodi novoj vezi, zahtev će biti odbijen.

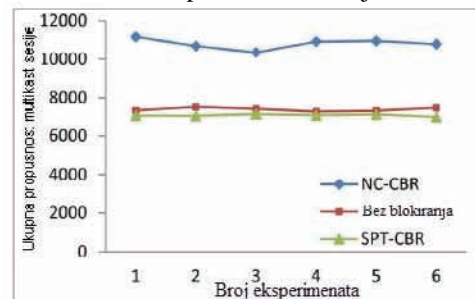
Na slikama 2, 3 i 4 su prikazani rezultati poređenja.



Slika 2. Propusnost neblokirajuće mreže sa 5 ivičnih čvorova, prosečan fanout je 3



Slika 3. Propusnost neblokirajuće mreže sa 15 ivičnih čvorova, prosečan fanout je 3



Slika 4. Propusnost neblokirajuće mreže sa 15 ivičnih čvorova, prosečan fanout je 4

7. ZAKLJUČAK

Arhitektura neblokirajuće mreže nema potrebu za unutrašnjom kontrolom pristupa sve dok je QoS zagarantovana. Glavni problem sa ovakvim pristupom kod multikast aplikacija je manja propusnost.

Dokazali smo da je optimalna putanja između izvornog čvora i odredišnog čvora u unicast neblokirajućoj mreži takođe optimalna putanja i za putanju između izvornog i odredišnog čvora u multikast neblokirajućoj mreži sa mrežnim kodovanjem. Dokazali smo i da multikast neblokirajuća mreže propušta istu količinu saobraćaja kao i unicast neblokirajuća mreža. Iz rezultata se vidi da CBR mreže imaju veću propusnost od neblokirajućeg pristupa, a da NC-CBR uvek ima najveću propusnost u odnosu na druge pristupe. SPT-CBR pristup ima lošije rezultate zato što stablo nema alternativne putanje, dok druga dva pristupa koriste mrežno kodovanje i imaju više putanje između svakog izvorno-odredišnog para. Rezultati mogu da pomognu da se osmisli IP video multikast prenos sa velikom garancijom QoS.

8. LITERATURA

[1] Yuanzhe Xuan and Chin-Tau Lea, "Network-Coding Multicast Networks With QoS Guarantees", IEEE/Acm transactions on networking, vol.19, No.1, February 2011

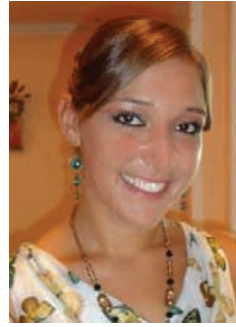
[2] Kapil Bhattad, Niranjan Ratnakar, Ralf Koetter, and Krishna R. Narayanan, "Minimal Network Coding for Multicast"

[3] www.wikipedia.org

[4] Adarsh K. Ramasubramonian, and John W. Woods, "Video multicast using Network Coding", Dept. of Electrical, Computer, and Systems Engineering, Rensselaer Polytechnic Institute, Troy, NY USA

[5] Philip A. Chou, Yunnan Wu, and Kamal Jain, "Practical Network Coding"

Kratka biografija:



Sonja Spasojević rođena je u Zrenjaninu 1988. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Komunikacione tehnologije i obrada signala odbranila je 2012.god.

Integrirano okruženje za razvoj test slučajeva zasnovanih na aktivnostima

Mladen Stanojević, Vladimir Marinković, Miroslav Popović, *Member, IEEE*, Vukota Peković, Ivan Kaštelan, *Member, IEEE*

Sadržaj — Rad se bavi jednom komponentom programske podrške sistemu za funkcionalno ispitivanje digitalnih prijemnika. Oslanjajući se na postojeći sistem za ispitivanje po principu crne kutije (BBT – *black box testing*) uvodi novi koncept u projektovanju i izradu ispitnih slučajeva. Koncept se zasniva na vizuelnom (grafičkom) programiranju i definisanju elemenata primenjenim iz teorije aktivnosti.

Prednji deo alata razvijenog u ovom radu, predstavlja grafičko okruženje, a zadnji deo je generator *Python* programskog koda.

Gljučne reči — funkcionalno ispitivanje, integrirano razvojno okruženje, IDE, ispitni slučajevi, teorija aktivnosti

I. UVOD

CI LJ ovog rada je da prikaže rešenje kojim se olakšava rad na projektovanju test slučajeva za ispitivanje digitalnih prijemnika. Za pisanje ispitnih slučajeva je potrebno visoko obučeno lice. Ispitni slučajevi se pišu u skript programskim jezicima. U radu je razvijeno okruženje u kome će, posle kratke obuke, moći da radi i lice koje nije visoko obrazovano u oblasti programiranja. Na primer tehničar u proizvodnji će moći relativno brzo i lagano da isprojektuje ispitni slučaj i ispita funkcionalnost uređaja.

Rad se oslanja na teoriju aktivnosti, iz nje uzima osnovna pravila interakcije objekta i subjekta preko alata. Teorija aktivnosti obuhvata aktivnost, akcije i operacije.

II. OKRUŽENJE ZA RAZVOJ

Alat razvijen u radu obezbeđuje vizuelno programiranje zasnovano na aktivnostima. Okruženje u kom je rad razvijen je proizvod kompanije Majkrosoft. Jedan od projektnih zahteva ovog rada je da se za krajnje korisnike smatraju tehničari, ljudi bez ili sa malo programerskog znanja.

Razvoj je vršen u *Microsoft Visual Studio 2010* pomoću programskog jezika *C# 4.0*. Okruženje zaduženo za

Ovaj rad je delimično finansiran od Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, projekat TR-32031, od 2011. Godine.

Mladen Stanojević, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, Srbija (Mladen.Stanojevic@rt-rk.com)

Vladimir Marinković, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, Srbija (Vladimir.Marinkovic@rt-rk.com)

Miroslav Popović, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, Srbija (Miroslav.Popovic@rt-rk.com)

Vukota Peković, Istraživačko-razvojni institut RT-RK DOO za sisteme zasnovane na računarima, Novi Sad, Srbija (Vukota.Pekovic@rt-rk.com)

Ivan Kaštelan, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, Srbija (Ivan.Kastelan@rt-rk.com)

NAPOMENA:

- Ovaj rad proistekao je iz master rada Mladena Stanojevića. Mentor je bio prof. dr Miroslav Popović.
- Rad je prethodno publikovan na konferenciji TELFOR, Beograd, novembar 2012.

interakciju je *Microsoft Windows Workflow Foundation* (WF). A izgled elemenata je urađen u *Windows Presentation Foundation 4.0*.

Okruženje radnog toka koji se sastoji od aktivnosti je prikazano na Sl. 1. Okruženje dolazi sa WF i kao takvo je razvijeno od strane kompanije Majkrosoft. Na okruženju su izvršene manje izmene. U gornjem delu se nalazi par osnovnih komandi za upravljane ispitnim slučajevim (*New, Open, Save* i *Save as*). Pored njih se nalazi komanda (dugme) *Build*. Komanda *Build* pokreće generisanje ispitnog slučaja u programskom jeziku *Python*. Generator programskog jezika generiše *Python* kod, ali se generator lako može proširiti za proizvoljan programski jezik. Sa leve strane se nalaze vizuelni elementi koji se prevlače i smeštaju na srednji deo (radnu površinu). Sa desne strane se nalazi polje koje prikazuje opcije trenutno izabranog elementa na radnoj površini. U donjem delu se nalaze dva polja, polje koje prikazuje upozorenja (engl. *warnings*) i polje koje prikazuje greške (engl. *errors*) na radnoj površini.

III. GRAFIČKI ELEMENTI

Elementi su podeljeni na elemente kontrole toka (engl. *Control flow*) i aktivnosti (engl. *Activities*).

A. Kontrola toka

Kontrola *Container* predstavlja apstrakciju grupisanja. Kontrola logički i fizički razdvaja delove ispitnih slučajeva.

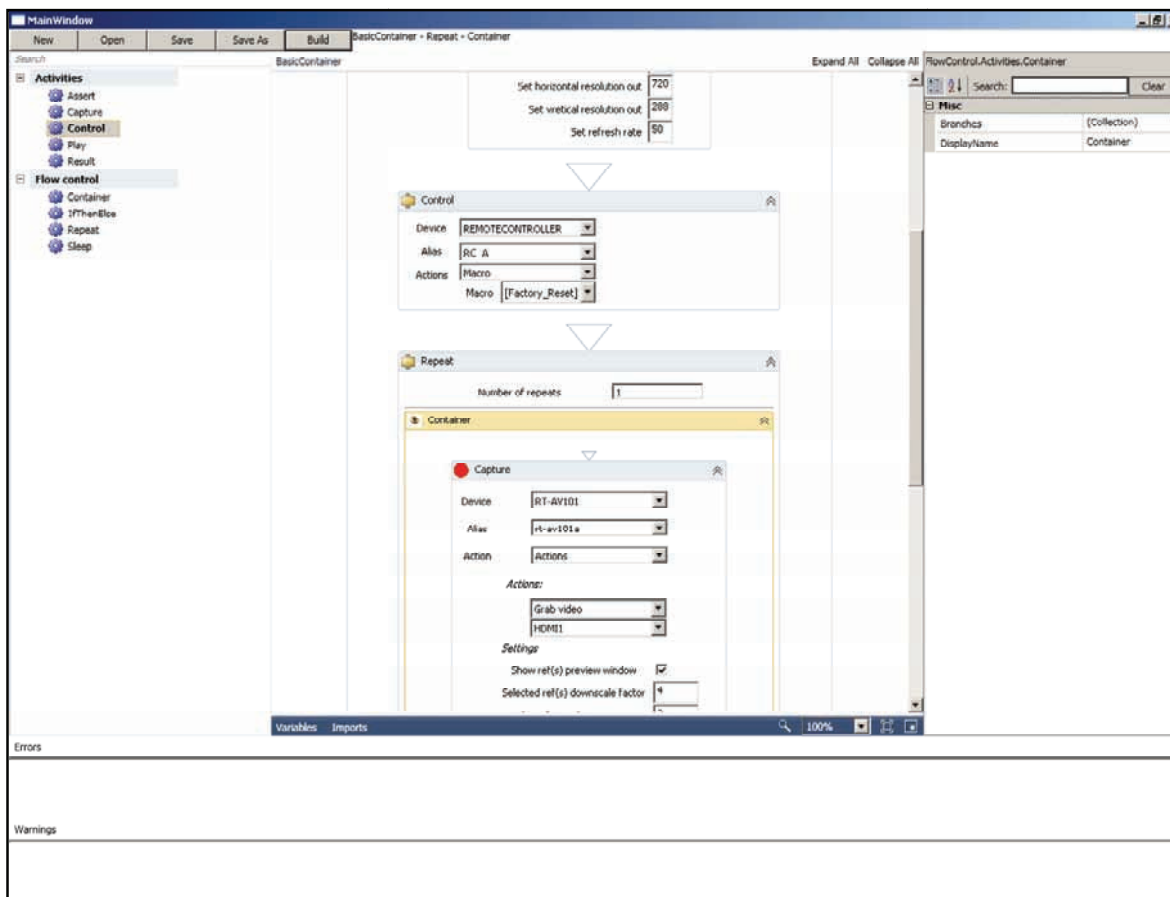
Kontrola *IfThenElse* ima sličnu funkcionalnost kao i aktivnost *Assert*. Razlika je u pristupu problemu. Aktivnost *Assert* je više apstrahovana i u sebi sadrži sakriven logički blok uslovnog izvršavanja, dok *IfThenElse* prikazuje unutrašnju strukturu.

Neke aktivnosti rade asinhrono. Da bi se prilagodili njima i njihovom vremenu izvršavanja nezavisnom od toka uvedena je kontrola toka *Sleep* (spavaj).

Repeat predstavlja programsku petlju elementarnih mogućnosti. Unošenjem broja ponavljanja unesena aktivnost ili element kontrole toka će se izvršiti zadati broj puta.

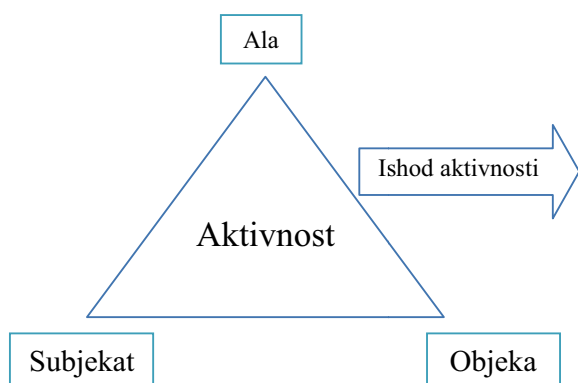
B. Aktivnosti

U ovom radu aktivnosti su definisane pod uticajem Teorije aktivnosti. Teorija aktivnosti je razvijena od strane ruskih psihologa Rubenštajna, Leontieva, i Vigotskog. Aktivnost predstavlja osnovnu jedinicu analize između subjekta (čoveka) i objekta (predmeta). Teorija aktivnosti je način za opis i karakterizaciju strukture ljudskih



Sl. 1. Integrirano okruženje za razvoj testova

aktivnosti prema objektu. Dijagram odnosa aktivnosti subjekta sa objektom rada, uz pomoć alata, prikazuje Sl. 2.

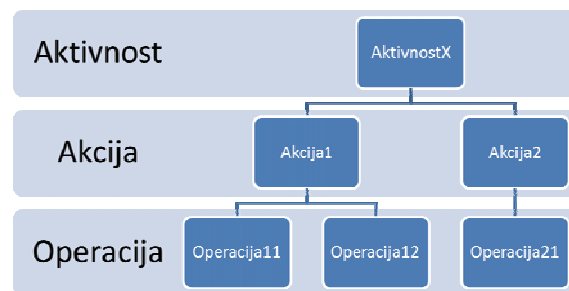


Sl. 2. Teorija aktivnosti Rubenštajn, Leontiev i Vigotski

Aktivnost se deli na akcije i operacije. Akcije specijalizuju aktivnost, a operacije specijalizuju akciju a time, indirektno, i aktivnost. Struktura aktivnost-akcija-operacija je prikazana na Sl. 3.

Teoretski, svaki uređaj može da ima neograničen broj pod-operacija. Praksa je, za sada, pokazala da je potrebno primeniti samo ova dva stepena. Ostavljena je mogućnost da se u slučaju potrebe proširi na n pod-operacionih specijalizacija.

Skup jedne ili više aktivnosti označava radni tok (engl. *workflow*).



Sl. 3. Aktivnost, Akcija, Operacija

Svaka aktivnost u ovom radu se sastoji od statičkog i dinamičkog dela. Na osnovu statičkog dela se generiše dinamički deo i odabiraju akcije i operacije. Izgled dinamičkog dela definiše se u posebnoj XML datoteci čiji format je definisan za ovaj rad. Podaci iz XML datoteke se preslikavaju u grafičke elemente.

Sve ovde apstrahovane aktivnosti se odnose na fizičke uređaje koji se koriste za ispitivanje funkcionalnosti digitalnih prijemnika koje BBT sistem podržava. Jedan uređaj može se naći u jednoj ili više aktivnosti.

Aktivnosti koje su apstrahovane ovom radu su: *Assert*, *Capture*, *Control* *Play* i *Result*.

Aktivnost *Assert* upoređuje dve datoteke. Datoteke mogu biti proizvoljne ali su najčešće proizvod aktivnosti.

Assert ih upoređuje pomoću algoritama definisanih u BBT sistemu.

Aktivnost *Capture* pokreće odabrani uređaj za snimanje (engl. *Capture device*). Polje *Device* predstavlja izbor upravljača uređaja (engl. *driver*). Polje *Alias* predstavlja posebnu instancu uređaja koja može sadržati svoje posebne atribute. Svaki *Alias* uređaja postoji kao posebna definicija uređaja. *Alias* može definisati jedan fizički uređaj sa različitim atributima (podešavanjima). Takva podešavanja održavaju uređaj u posebnom, ne-inicijalnom stanju. Kada se uređaj postavi u željeno stanje potrebna je mogućnost da se to stanje sačuva do ponovne upotrebe uređaja.

Aktivnost *Control* upravlja uređajem koji se ispituje (engl. *Device Under Testing - DUT*). Upravlja se preko posrednika. Infra-crveni daljinski upravljač je jedan od posrednika.

Po unutrašnjoj strukturi aktivnost *Play* je ista kao aktivnost *Capture*. Aktivnost *Play* funkcioniše kao generator signala a *Capture* kao snimač (engl. *graber*) signala.

Postojanje aktivnosti *Result* uslovljeno je postojanjem specifične akcije vezane za postojeće okruženje. Aktivnost *Result* upisuje trenutni rezultat ispitivanje (*Pass-Fail-Inconclusive*), u bazu podataka.

IV. XML OPIS UREĐAJA

U radu je ranije napomenuto da se svaka aktivnost sastoji od statičkog dela. U statičkom delu se nalazi tip uređaja i njegova instanca (engl. *Alias*). Takođe Na osnovu statičkog dela se definiše dinamički deo. Dinamički deo obuhvata akcije, makroe i slobodnu formu.

Akcije se definišu u modelu. Makroi su nasleđeni iz BBT okruženja. Slobodna forma se takođe definiše u XML modelu.

Primer hipotetičkog XML modela je prikazan na Tabeli 1. Korenski element *DeviceDescription* definiše postojanje uređaja. Sama definicija uređaja je podeljena na dva dela: (1) *AdvancedVariables* i (2) *Actions*.

Polje *AdvancedVariables* obuhvata sve promenljive koje se nalaze u datom kontroleru uređaja.

Actions obuhvataju apstrahovane akcije. Apstrahovane akcije su srž rešenja zadatog problema. Pravilnim izborom akcije i pravilnim modelovanjem fizičkih osobina uređaja, dobijaju se realne mogućnosti uređaja.

V. PROMENLJIVE

Programske promenljive su glavna sprega između aplikacije i ostatka sistema. Njihove vrednosti podešavaju rad uređaja i tako ih kontrolišu. Postoji više tipova promenljivih. To su: *String*, *Int*, *Char**, *Double*, *Enum*, i *File*.

Promenljiva sadrži više polja. Predefinisana polja su: *type*, *id*, *name*, *min*, *max*, *default* i *hint*.

Polje *type* predstavlja tip programske promenljive.

Polje *id* označava identifikaciju promenljive.

Name označava opis koji će se pojaviti uz grafički element.

Min i *max* polja, respektivno, označavaju minimalnu i maksimalnu vrednost koju promenljiva može da ima.

U polju *default* se nalazi predefinisana vrednost.

Polje *hint* se preslikava u nagoveštaj.

Tabela1 Prikaz XML modela

```
<DeviceDescription Device="RT-AV300">
<Functionalities>
<Functionality Function="Generate" />
</Functionalities>
<AdvancedVariables>
<Variabletype="var_type" id="unique_id" name="Variable
description"min="0"max="1024"default="default_value"hint="" />
</AdvancedVariables>
<Actions>
<Action Name="action_1"Functionality="device_functionality">
<Init>
<Variable type="..."id="..."name="..."min="0"max="1024"default="..."hint="..."
/>
</Init>
<Optional>
<Variable type="..."id="..."name="..."min="0"max="1024"default="..."hint="..."
/>
</Optional>
<SubActions>
<SubAction_Type name="sub_action1">
<Variables>
<Variable type="..."id="..."name="..."min="0"max="1024"default="..."hint="..."
/>
</Variables>
</SubAction_Type>
<SubAction_Type name=" sub_action2">
<Variables>
<Variable type="..."id="..."name="..."min="0"max="1024"default="..."hint="..."
/>
</Variables>
</SubAction_Type>
<Stop>
<Variable type="..."id="..."name="..."min="0"max="1024"default="..."hint="..."
/>
</Stop>
</Action>
```

VI. PRIMER ISPITIVANJA

Ispitivanje je zasnovano na ispitnom slučaju koji se smatra za šablon. Uređaj koji se ispituje se dovede u poznato stanje, najčešće na fabrička podešavanja.

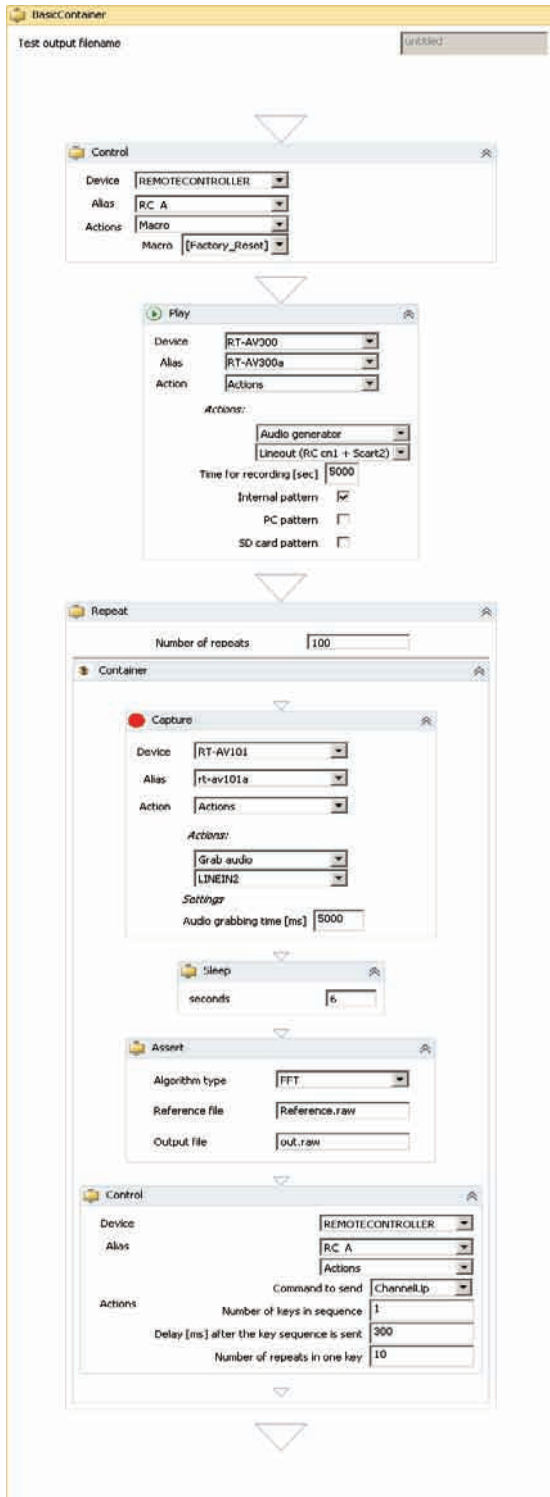
Posle podešavanja ulaznog signala i dovođenja ispitnog uređaja u poznato stanje počinje proces snimanja signala i upoređivanja sa referentnim signalom. Najčešće se snimanje i upoređivanje signala ponavlja više puta. Jedina razlika je u promeni stanja uređaja koji se ispituje. U primeru na Sl. 4 se stanje uređaja menja promenom kanala. Na Sl. 5 se nalazi Python kod koji je generisan.

VII. ZAKLJUČAK

Istraživanje u ovom radu je pokazalo da koncept programiranja zasnovan na teoriji aktivnosti ima budućnost. Ovo je za sada prototip i potrebno je još istraživanja i razvoja da bi se došlo do potpuno funkcionalnog rešenja.

LITERATURA

- [1] *An Introductionto Activity Theory*, Ian Robertson (ian_robertson@rmit.edu.au)
- [2] *Activity Theory in Hci: Fundamentals and Reflections*, Victor Kaptelinin, Bonnie Nardi
- [3] *Human-Centered Design Considered Harmful*, Donald Norman
- [4] http://en.wikipedia.org/wiki/Activity_theory/
- [5] *WPF4 unleashed*, Adam Nathan



Sl. 4. Referentni ispitni slučaj

```

import time
IMPORT DEVICE
DEF RUNTEST():
    DEVICE.HANDLER("RC_A", "SET", "[FACTORY_RESET]");
    #ACTION
    DEVICE.HANDLER("RT-AV300A", "SET", "SET_AUDIORECTIME",
"5000")
    DEVICE.HANDLER("RT-AV300A", "SET", "SET_PATTERN_INTER",
"1")
    DEVICE.HANDLER("RT-AV300A", "SET", "SET_PATTERN_PC",
"0")
    DEVICE.HANDLER("RT-AV300A", "SET",
"SET_PATTERN_SDCARD", "0")
    DEVICE.HANDLER("RT-AV300A", "SET", "SET_OUTPUT_VIDEO",
"YBPBR_OUT")
    DEVICE.HANDLER("RT-AV300A", "SET", "RECORD", "1")
    DEVICE.HANDLER("RT-AV300A", "SET", "STOP_REF", "1")
    FOR I IN RANGE(100):
        #ACTION
        DEVICE.HANDLER("RT-AV101A", "SET", "REF_IP",
"192.168.2.228")
        DEVICE.HANDLER("RT-AV101A", "SET", "REF_PORT", "4040")
        DEVICE.HANDLER("RT-AV101A", "SET", "ADD_REF", "1")
        DEVICE.HANDLER("RT-AV101A", "SET", "AUDIO_RECORD_TIME",
"5000")
        DEVICE.HANDLER("RT-AV101A", "SET", "SELECT_REF_SOURCE",
"LINEIN2")
        DEVICE.HANDLER("RT-AV101A", "SET", "PLAY_REF", "1")
        DEVICE.HANDLER("RT-AV101A", "SET", "SNAPSHOT_REF", "0")
        DEVICE.HANDLER("RT-AV101A", "SET", "STOP_REF", "0")
        TIME.SLEEP(6)

```

```

DEVICE.HANDLER("FFT", "SET", "REFPICTURE", "REFERENCE.RAW", ""
")
    DEVICE.HANDLER("FFT", "SET", "TESTPICTURE", "OUT.RAW", ""
")
    DEVICE.HANDLER("FFT", "SET", "[OPTIONAL_PARAMETERS]"
")
    RESULT= INT(DEVICE.HANDLER("FFT", "GET", "RESULT", ""
))
    IF (RESULT > 40)
        DEVICE.UPDATETESTRESULT("PASS")
    ELSE
        DEVICE.UPDATETESTRESULT("FAIL")
    DEVICE.HANDLER("RC_A", "SET", "CHANNELUP", ""
)

```

Sl. 5. Izlaz iz ispitnog slučaja

ABSTRACT

This paper is showing one software component of functional Set Top Box verification system. Relying on a system for device testing using methodology of "Black box" it introduces new model for test design. Test model is based on visual programming concepts with support of Activity theory.

The frontend, shown in this paper, is visual programming and backend is Python code generator.

ACTIVITY BASED INTEGRATED TEST DEVELOPMENT ENVIROMENT

Mladen Stanojević, Vladimir Marinković, Miroslav Popović, *Member, IEEE*, Vukota Peković, Ivan Kaštelan, *Member, IEEE*

MUZIČKE STEPENICE**MUSICAL STAIRS**Vladimir Mičić, Željen Trpovski, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – Rad prikazuje tehničku realizaciju audio-vizuelnog sistema zabavno-edukativnog karaktera, sa osvrtom na karakteristike nekih ljudskih čula i istoriju i značaj muzike u ljudskom životu.

Abstract – The paper presents the technical realization of audio-visual fun-educational system, with emphasis on some characteristics of the human senses and the history and importance of music in the human life.

Ključne riječi: Klavir, Stepence, Senzor, Procesor, Zvučnik.

1. UVOD

Muzičke stepenice su zamišljene kao namjenski oblikovan sistem, postavljen u specifično vizuelizovan prostor (slika 1.), takav da predstavlja oslikanu makro klavijaturu standardnog klavira. Funkcionalnost sistema se ostvaruje promjenom položaja ljudi u prostoru (kretanjem), a za krajnji cilj se nameće reprodukcija zvuka, odnosno tonova, identičnih tonovima koje stvara pijanista svirajući klavir. Sadržaj teksta u nastavku se odnosi na koncept implementacije upravo definisanog sistema, te predstavlja jedan vid kompromisa između tehnike i umjetnosti.



Slika 1. Muzičke stepenice u nekim evropskim gradovima

2. KARAKTERISTIKE NEKIH LJUDSKIH ČULA

S obzirom na to da se radi o audio-vizuelnom sistemu, ljudski čulni sistem igra presudnu ulogu u njegovoj spoznaji. Radi se svakako o vizuelnom, vestibularnom i somatosenzornom čulnom aparatu, te preko njih osjećaju za ravnotežu.

2.1. Čulo vida

Oko zapaža svjetlosne efekte u svojoj okolini, koji u vidu nadražaja djeluju na očni nerv. Nerv generiše informaciju i prenosi je u vidu električnog impulsa do mozga, u kome se stvara osjećaj vida. Viđenje možemo opisati kao

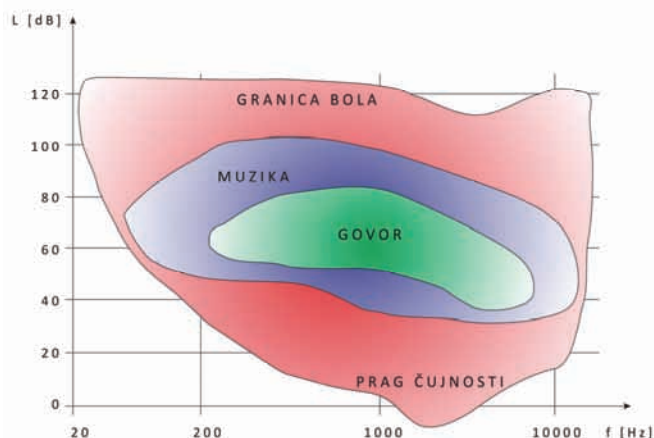
NAPOMENA:

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

projekciju 3D objekata na 2D ravan mrežnjače oka. Čovjek zapravo zapaža objekte i karakteristike tih objekata u svojoj okolini, zahvaljujući procentu svjetlosti koji se odbije od njih. Količinu reflektovanog svjetla kvantifikuje fenomen koji se naziva luminansa. Ljudsko oko je u stanju da zapazi svjetlosne promjene u rasponu od 380[nm] do 760[nm], te mu je na taj način omogućeno da razlikuje oko 30 nijansi sivog i preko 2000 nijansi boje. Osjećaj o boji se veže isključivo za ljudski vizuelni aparat i informacije o boji je nemoguće nadoknaditi nekim drugim čulom.

2.2. Čulo sluha

Čulo sluha se ponaša kao prijemnik zvuka, ali i kao filter, analizator i sistem za obradu podataka. Zvučni signali dolaze do ušne školjke, a zatim se posredstvom anatomskih dijelova uha prosleđuju ka kori velikog mozga, gdje se stvara osjećaj zvuka. Ljudsko uho je u stanju da zapazi zvučne signale u rasponu od 20[Hz] do 20[kHz]. Izraženo u nivoima, radi se o rasponu od praga čujnosti (0[dB]) do granice bola (120[dB]), kao na slici 2. Između ta dva ekstrema se svakako nalaze i opsezi koji odgovaraju govornim zvučnim signalima, odnosno zvučnim signalima muzike.



Slika 2. Čujni opseg čovjeka

Kao krajnji rezultat opaženih pojava u vidu zvučnih signala, stvara se tzv. zvučna slika, karakteristična svakom slušaocu.

2.3. Čulo dodira

Čulo dodira se veže za čulne organe kože, koja predstavlja multislojni i najveći organ tijela sa sekretornom, receptornom i zaštitnom funkcijom. Čulo dodira nam dozvoljava da osjetimo neke osobine predmeta: tvrdoću, strukturu površine, temperaturu, vlažnost, ... S obzirom na to da predstavlja neposredan kontakt sa materijom koja se nalazi izvan ljudskog tijela, dodir nam svojim karakteristikama primarno daje osjećaj stabilnosti i samopo-

uzdanja, a sekundarno omogućava kretanje i snalaženje u sredini u kojoj smo.

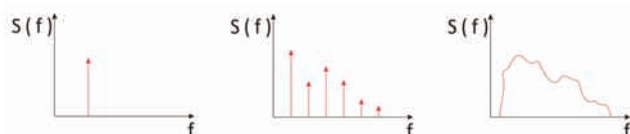
2.4. Održavanje ravnoteže

Fiziologija održavanja ravnoteže je složen proces prilagođavanja, koji se zasniva na sistemu međusobnih sadejstava više organa, uticajnih na prostorno-vremensku orijentaciju tijela. Ravnoteža se definiše kao sposobnost održavanja tijela u stabilnom položaju, a iz definicije ravnoteže se izvodi i definicija kretanja: kretanje jeste proces prenosa centra ravnoteže sa jednog dijela tijela na drugi, u seriji gubitaka ravnoteže.

3. ZVUK

Zvuk se definiše kao fenomen koji nastaje ukoliko dođe do oscilovanja čestica neke elastične sredine. Jednostavnije rečeno, zvuk predstavlja sve ono što smo u stanju da osjetimo čulom sluha. Za fenomen zvuka se usko vežu naredni pojmovi: zvučno polje, zvučni pritisak, intenzitet zvuka, talasni front, zvučna talasna dužina, perioda zvuka, frekvencija zvuka, ...

Zvučni signal se najlakše analizira ukoliko se posmatra njegova spektralna karakteristika. Na osnovu frekvencija (harmonika) prisutnih u signalu zvuka, u stanju smo da razlikujemo jedan zvuk od drugog: prost zvuk – zvuk na jednoj učestanosti (npr. test ton), složen zvuk – zapaža se kod muzičkih instrumenata i vokala (odlikuje ga više harmonika) i zvuk sa kontinualnim spektrom – imaju ga šumovi, buka i konsonanti (slika 3).



Slika 3. Primjeri spektra prostog, složenog i kontinualnog zvuka

S druge strane, bogata muzička interpretacija zvuka dozvoljava postojanost fenomena kao što su: melodija (promjena visine tona), dinamika (promjena jačine zvuka), ritam (sukcesivno naglašavanje), boja zvuka (oblik anvelope spektra) itd.

3.1. Klavijatura klavira

Klavijatura standardnog klavira broji ukupno 88 dirki, od kojih su 52 bijele i 36 crne boje (slika 4.). Njima su predstavljeni dijatonski tonovi od C do H, odnosno note solmizacije od „do“ do „si“. Nomenklatura klavijature klavira se izvodi prema oktavama (ukupno 9) i frekvencijskom sadržaju tonova, koje pobuđuje pritisak odgovarajućih dirki klavijature. Uobičajeno je da se za referentni ton bira ton a¹, čija frekvencija iznosi 440[Hz].



Slika 4. Klavijatura standardnog klavira

3.2. Zvučni formati

U eri multimedijalnog sadržaja postoji veliki broj uređaja sa specifičnom namjenom generisanja tonova na digitalan način. Kako bi takvi uređaji bili funkcionalni, neophodna im je upravljačka jedinica u vidu procesora, kao i niz

drugih komponenata međusobno logički povezanih tako da odaju utisak jedne funkcionalne cjeline. Danas postoji veliki broj zvučnih zapisa, koje podržavaju skoro sve programabilne platforme u upotrebi. Standardizovan pristup mnogim od njih dozvoljava laku konverziju zvučnih datoteka iz jednog oblika u drugi.

Najrasprostranjeniji je MP3 standard, koji se pokazao kao najbolji u smislu kompromisa između veličine zvučnih datoteka i kvaliteta reprodukcije zvuka.

4. MUZIČKE STEPENICE – MODULI I REALIZACIJA

Koncept muzičkih stepenica treba da odgovara ne suviše komplikovanim i ne suviše skupim tehnikama implementacije.

Praktična realizacija tako definisanog sistema svodi se na izbor, adaptaciju i implementaciju nekoliko logički odvojenih modula, koje je na kraju procesa potrebno povezati u jedan funkcionalan makrosistem. Prema tome, postupci koji vode postavljanju muzičkih stepenica u praksi mogu se podijeliti na:

1. izbor i realizaciju podsistema za detekciju pokreta,
2. izbor i prilagođenje upravljačke platforme i
3. izbor i realizaciju zvučnog podsistema, slika 5.



Slika 5. Podsysteme jedinice sistema muzičkih stepenica

Ideja koncepta je prilično jednostavna: pravovremeno detektovati prisustvo objekata na oslikanim dirkama makro klavijature i informacije dostaviti sistemu za obradu, čiji je zadatak da na osnovu njih generiše zvučne signale i proslijedi ih zvučnom podsistemu na reprodukciju, slika 6.

Kao proširenja sistema mogu se uvesti još i rasvjetni i video sistem, u smislu kvalitetnijeg uobličavanja ambijenta ili interakcije sa korisnikom.

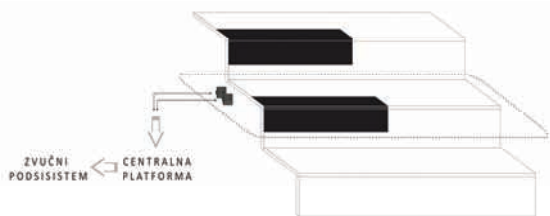
4.1. Detektori pokreta

Prva ideja detekcije pokreta se veže za detekciju kratkog spoja. Naime, potrebno je formirati sklop u vidu razmaknutih ploča obloženih provodnim materijalom. U momentu kada se ploče spoje, generiše se impuls koji se prosleđuje platformi za obradu a ploče se oprugama vraćaju u prvobitno stanje.

Jednostavan pristup sa jednostavnom logikom, ali ne mnogo kvalitetan. Ne odlikuje se osobinom robusnosti, a sama aktivacija sistema traži debalans ravnoteže, što nije pretjerano zahvalno.

Elegantniji način detekcije pokreta predstavlja upotreba senzora. Ideja pristupa se ogleda u postavljanju modula sa jedne strane stepenika, sa osnovnim zadatkom detekcije objekata u svojoj okolini.

U zavisnosti od toga koju površinu i na koji način želimo pokriti sensorima, izabraćemo odgovarajući tip.



Slika 6. *Senzorska detekcija pokreta*

Radi se zapravo o digitalnim komponentama veoma malih dimenzija, kvalitetne izrade i gotovo trenutne brzine procesiranja informacija. Prikazani su na slici 7.

U širokoj su upotrebi u većini sistema koji nas danas okružuju i veliki broj njih je standardizovan za različite upotrebe.

Proizvode se serijski, dostupni su na otvorenom tržištu, a po tipu pobude na koju reaguju razlikuju se fotoelektrični senzori, toplotni senzori, piezoelektrični senzori i mnogi drugi.



Slika 7. *Tipični senzorski moduli*

4.2. Centralna platforma

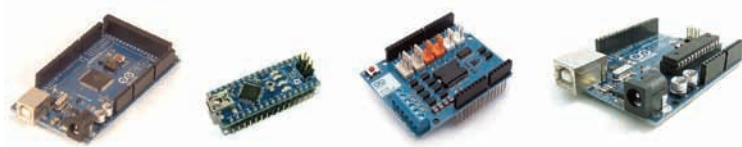
Centralna platforma odgovara upravljačkoj jedinici u sistemu muzičkih stepenica. Osnovni zadatak podsistema na ovom nivou jeste očitavanje ulaza, obrada pristiglih informacija i generisanje signala na izlazu.

Prema tome, pred ovaj podsistem se prirodno nameće kompleksniji zadatak u odnosu na druga dva podsistema. Kako se za primarne osobine ove jedinice nameću autonomnost, robusnost, skalabilnost i brzina procesiranja informacija, najbolje ocjene kvaliteta zaslužuje upotreba mikrokontrolera.

Mikrokontroleri su digitalne elektronske naprave u vidu štampane ploče (integriranog kola), sa osnovnom namjenom upravljanja realnim procesima. Strukturu svakog mikrokontrolera čini platforma na koju su ugrađeni mikroprocesor, memorijske jedinice, konvertori, tajmeri (satovi), kaunteri (brojači) i niz drugih intramodula čija je međusobna komunikacija dozvoljena posredstvom specifično koncipiranih interfejsa.

Mikrokontroler se najčešće programira u namjenski osmišljenom programskom jeziku (tzv. Wiring jezik) koga čine sintaksa i biblioteke. Semantika softverskog alata je veoma jednostavna i brzo se uči. Za potrebe implementacije sistema muzičkih stepenica, izabrana su dva razvojnja okruženja:

1. Arduino mikrokontroler, koga proizvodi italijanska kompanija Smart Projects (slika 8) i
2. EasyPic razvojni sistem, koga proizvodi firma mikroElektronika iz Beograda (slika 9.).



Slika 8. *Arduino mikrokontroleri*



Slika 9. *EasyPic razvojni sistem*

Arduino mikrokontroler je u velikoj mjeri standardizovan, a kompatibilan je sa skoro svim elektronskim uređajima digitalnog karaktera. EasyPic predstavlja razvojni sistem, ne samo mikrokontroler, u okviru koga se nalazi veliki broj konektora za druge integrisane pločice (npr. čitači memorijskih kartica, grafički displej, tastatura za meni, mjerač temperature, bežični primopredajnik, ...). Velika prednost EasyPic razvojnog sistema jeste olakšano programiranje. Drugim riječima, mikrokontroler se ne mora fizički odvajati od platforme da bi se programirao. Programski kodovi, napisani u svrhu implementacije nekih sistema koji su familijarni sistemu muzičkih stepenica, odgovaraju upravo predstavljenim platformama i dostupni su na javnim mrežama.

4.3. Zvučni podsistem

Postavka zvučnog podsistema odgovara izboru adekvatnih električno-akustičkih pretvarača (zvučnika) i procjeni modela ambijenta koji se želi ozvučiti. Prvi dio problema je prilično jednostavan, s obzirom na to da karakteristike audio sistema daje proizvođač opreme, a da je standardizacija podignuta na maksimalan mogući nivo. Drugi dio se odnosi na uobličavanje ambijenta, a oslanja se na mnoštvo tehnika razvijenih u tu svrhu. Pri tome se vrši procjena oblika i veličine prostora ili prostorije, reguliše vrijeme reverberacije, usklađuje procenat apsorpcije, refleksije, difrakcije i difuzije zvuka i vrši uspostavljanje željenih zvučnih nivoa. U tu svrhu se vrši postavka struktura specifične namjene. Ni u kom slučaju

se ne smije dozvoliti suvuše tih ili suviše glasan zvuk, iščezavanje zvuka, dupliranje zvučnih signala, stvaranje odjeka i sl., a krajnji cilj ozvučavanja prostora i prostorija jeste homogenizacija zvučnog polja. Što se tiče postavke zvučnika, konceptualno se razlikuju dva načina:

1. centralno ozvučavanje, koje odgovara postavljanju jednog zvučnika,
2. sektorsko ozvučavanje, koje se odlikuje postavkom zvučnog sistema u vidu više povezanih zvučnika.

4.4. Rasvjetni i video podsistem

Ideja postavke rasvjetnog i video podsistema se veže za upotrebu velikog broja danas standardizovanih uređaja. Radi se o upotrebi sijalica, LED dioda i lasera, s jedne strane, i upotrebi monitora i interaktivnih displeja, s druge strane.

Implementacija ovog podsistema je opcionog karaktera, u smislu da se može vezati za funkcionalnost muzičkih stepenica, ali i da se može postaviti u isto okruženje kao nezavisan sistem.

U tom smislu se može dozvoliti interakcija sa korisnikom, preko dozvole zadavanja režima rada, izbora željenog instrumenta i sl., ili postići bolji efekat adaptacije ambijenta. Ovaj dio se ostavlja na izbor instalaterima sistema.

5. OSOBINE SISTEMA

S obzirom na to da muzičke stepenice predstavljaju sistem tehničke prirode, namijenjen za rad u realnom vremenu, kao prva osobina se nameće osobina funkcionalnosti. Pri tome se treba ograničiti na dva ekstremna slučaja: muzičke stepenice ili „sviraju“ ili „ne sviraju“. Pored navedene osobine, koja je prirodno neophodna, nameću se još karakteristika skalabilnosti, karakteristika robusnosti i brzina procesiranja informacija.

Skalabilnost je ključna u situaciji kada isti model sistema želimo postaviti u neku drugu sredinu, koja zahtjeva dopune i izmjene. Robusnost je neophodna, ukoliko želimo sačuvati dobru ocjenu kvaliteta. Brzina obrade informacija je veoma bitna za funkcionalnost muzičkih stepenica, s obzirom na to da je koncept zamišljen za rad u realnom vremenu, te bilo koja komponenta koja unosi neadekvatno kašnjenje mora biti isključena iz upotrebe.

Ukoliko se za tri gradivna podsistema izaberu i na pravilan način postave tekstem predložene strukture (senzorski moduli, mikrokontroleri i audio sistemi nove generacije), svi prethodno navedeni zahtjevi su u velikoj mjeri ispunjeni, te muzičke stepenice predstavljaju sistem koji je proširiv, kvalitetan i veoma pouzdan.

6. POTENCIJALNE OBLASTI PRIMJENE

Područje primjene sistema muzičkih stepenica praktično je prepušteno mašti i slobodnoj volji instalatera ili kupca, a prirodno se kao prostori nameću podzemni prolazi, gradski trgovi, javna šetališta, parkovi, tržni centri, restoranski objekti, dječije bolnice, igraonice, vrtići, TV i muzičke sale itd. S obzirom na to da senzorski sistem nije osjetljiv na razlike u visinskim nivoima, predloženi koncept sistema se ne mora isključivo vezati za stepenice. Naprotiv, realizacija je na isti način moguća i na ravnim površinama ili na površinama nepravilnog oblika.

7. ZAKLJUČAK

Ideja muzičkih stepenica predstavlja interesantnu multidisciplinarnu oblast istraživanja, s obzirom na to da se ne radi o konceptu izrazito tehničke prirode, a u čijoj osnovi tehnika neophodno leži.

Autor ovom prilikom analizira naizgled nespojive teme, te time pokušava pokazati njihovu međusobnu vezu. Rad se zapravo bavi jednom dimenzijom više, te time dozvoljava tekstu da ubijedi čitaoca u društveno-spoznajni smisao onoga o čemu se govori. Krajnji cilj jeste usmjerenje misli čitalaca (bilo da su tehnički isprofilisani ili ne) ka osmišljavanju i razvoju koncepata sličnog karaktera, ili podsticaj na napredniju modifikaciju i nadogradnju upravo zaokružene ideje.

8. LITERATURA

- [1] Pavlović i dr., „Anatomija centralnog nervnog sistema i čula“, Niš, 2004.
- [2] Husnija Kurtović, „Osnovi tehničke akustike“, Naučna knjiga, Beograd, 1990.
- [3] Miomir Mijić, „Audio sistemi“, Akademska misao, Beograd, 2011.
- [4] Dejan Despić, „Teorija muzike“, Zavod za udžbenike-Beograd, Beograd, 2011.
- [5] Željen Trpovski, „Osnovi telekomunikacija“, Skripta, drugo izdanje, Novi Sad, 2004.
- [6] Danko Kozar, „Glazbeni sintetizatori“, Zagreb, 1998.
- [7] <http://labs.ideo.com/2011/09/08/musical-staircase/> (posljednji pristup: 15.10.2012).
- [7] <http://www.arduino.cc/> (posljednji pristup: 15.10.2012).
- [8] <http://www.mikroe.com/easypic/> (posljednji pristup: 15.10.2012).

Kratka biografija:



Vladimir Mičić rođen je u Bijeljini 1986. godine. Nakon osnovnog i srednjeg obrazovanja upisao se na Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, na Katedru za komunikacione tehnologije i obradu signala. Diplomski rad na temu »Multimedija u bežičnim senzorskim mrežama« odbranio je 2011. god., pod mentorstvom prof. dr Dragane Bajić. Master rad na temu »Muzičke stepenice« odbranio je 2012. god.. Oblast interesovanja: Elektrotehnika i računarstvo.



Željen Trpovski rođen je u Rijeci 1957. godine. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 1998. god. Od 2004. ima zvanje vanrednog profesora. Oblast interesovanja su telekomunikacije i obrada signala.



SOFTVER ZA GRAFIČKI PRIKAZ I ANALIZU KRETANJA VOZILA PUTEM GPS UREĐAJA

SOFTWARE FOR VEHICLE GRAPHICAL DISPLAY AND MOVEMENT ANALYSIS USING GPS DEVICE

Miloš Žagar, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu opisana je implementacija softvera za grafički prikaz i analizu kretanja vozila. Programsko rešenje, realizovano je kao web aplikacija korišćenjem Java tehnologije uz oslonac na Spring i Struts2 framework. Aplikacija omogućava pregled putanja iz istorije uz grafički prikaz dinamike kretanja, traženje optimalnog puta za zadato vozilo kao i mogućnost živog (live) praćenja.

Abstract – This paper describes the implementation of the software for graphical display and analysis of the vehicle movement. Software solution, is implemented as a web application using Java technology relying on Spring and Struts2 framework. The application provides an overview of the history path with graphic display of the dynamics of movement, search for the optimal path for selected vehicle and the ability to live monitoring.

Ključne reči: GPS, car tracking, vehicle location, finding optimal path, GSM, GPRS

1. UVOD

Praćenje i analiza kretanja vozila u prošlosti je bila teško izvodljiva i često neprecizna. Kompanije, koje su posedovale vozne parkove, imale su velike probleme da optimizuju operativne troškove prilikom slanja ljudi na teren. Nemogućnost nadgledanja vozila otežavalo je pravljenje logistike koja bi doprinela povećanju efikasnosti poslovanja.

Sa razvojem Interneta i GPS tehnologije, omogućeno je lociranje i navođenje vozila na određenu destinaciju. Ovakve pogodnosti, doprinele su boljoj organizaciji voznih parkova, kako bi se lakše upravljalo i donosile bolje odluke prilikom obavljanja poslova na terenu. Prikupljanje podataka o pozicijama i njihova grafička prezentacija, omogućava nadležnima da u svakom momentu imaju informaciju o lokaciji ekipe i vremenu provedenom na putu. Kreiranje raznih izveštaja i preged pređenih maršuta, pomažu prilikom analize troškova i kontrole zaposlenih.

2. OPIS REŠAVANOG PROBLEMA

2.1. GPS

GPS (*Global Positioning System*) predstavlja globalni

NAPOMENA:

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

satelitski navigacioni sistem koji se sastoji od 24 satelita raspoređenih u orbiti koji šalju radio signale na površinu Zemlje. Određivanje precizne lokacije postiže se korišćenjem GPS prijemnika. Svaki satelit emituje mikrotalasnu sekvencu radio signala koja je poznata prijemniku. Prijemnik prima taj signal i tako preuzima vreme njegovog emitovanja. Na osnovu tog i trenutnog vremena, prijemnik je u stanju da odredi vreme koje protekne od emitovanja radio signala sa satelita do prijema na svojoj poziciji. Udaljenost prijemnika od satelita proračunava se na osnovu vremena, budući da radio signal putuje poznatom brzinom. Signal takođe nosi informaciju o trenutnom položaju satelita sa kog se emituje. Pošto se prijemnik nalazi na sferi u čijem je centru satelit, na osnovu poznatih pozicija tri satelita i udaljenosti prijemnika od svakog od njih, postupkom trilateracije se može odrediti pozicija prijemnika. Udaljenost prijemnika od tri satelita je dovoljna za određivanje 2D koordinata, odnosno geografske širine i dužine. Za određivanje treće dimenzije, nadmorske visine, potrebni su signali od najmanje četiri satelita.

2.2. Opis sistema za prikupljanje i distribuciju GPS podataka

Sistem za prikupljanje i distribuciju GPS podataka čine četiri tipa učesnika:

- praćeno vozilo,
- GPS server SCAUT,
- DMS softver i
- web aplikacija za grafički prikaz i analizu kretanja.

Na prvom i najnižem nivou, nalazi se vozilo koje se želi pratiti. U njega se ugrađuje GPS/GPRS uređaj koji je dizajnirala kompanija SCAUT. Njegova uloga je da putem GPS-a prima signale od satelita, proračunavanjem odredi svoju lokaciju u prostoru, brzinu kretanja, smer i vreme, i te podatke pošalje ka GPS SCAUT serveru. Komunikacija između uređaja i servera se odvija putem GPRS (*General Packet Radio Service*) protokola koja se ostvaruje preko GSM (*Global System for Mobile Communications*) mreže. Ovakav vid komunikacije je pogodan zbog dobre rasprostranjenosti GSM mreže, jer se tako postiže dobra mobilnost, kao i jeftina cena prenosa podataka. Sam uređaj, da bi mogao da šalje podatke ka serveru, mora da poseduje SIM (*Subscriber Identity Module*) karticu kao i da se ne nalazi u nekom zatvorenom prostoru, jer bi se time teže uspostavljala veza kako sa satelitom, tako i sa GSM predajnikom. GPS/GPRS uređaj proračunata

podatke pakuje u pakete, koje potom enkapsulira u HTTP (*Hyper Text Transfer Protocol*) protokol i kao takve šalje GPS SCAUT serveru.

Uloga GPS SCAUT servera je da prima i skladišti podatke dobijene od GPS/GPRS uređaja i po zahtevima ih dalje distribuira odgovarajućim korisnicima. Poruke sa njima, razmenjuju se u SOAP (*Simple Object Access Protocol*) formatu i na slici 2.1. je dat izgled jednog takvog zahteva i odgovora.

```

Request format to the SCAUT server
...
<getOnlineData>
  <terminalID>1234</terminalID>
</getOnlineData>
...
Response format from the SCAUT system
...
<getOnlineDataResponse>
  <getOnlineDataResult>
    <terminalID>1234</terminalID>
    <date>2010.02.15 23:00:01</date>
    <latitude>31.000000</latitude>
    <longitude>39.000000</longitude>
    <course>45</course>
    <speed>60</speed>
  </getOnlineDataResult>
</getOnlineDataResponse>
...

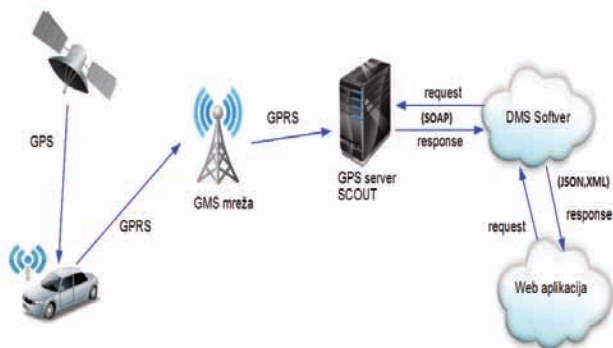
```

Slika 2.1. Prikaz zahteva i odgovora ka SCAUT serveru.

DMS softver pored svoje standardne funkcije (kontrola, praćenja i upravljanja elektrodistributivnom mrežom) ima i ulogu komunikacije sa SCAUT serverom putem već pomenutog SOAP protokola. Komponenta zadužena za to naziva se GPS Plugin i ona je deo DMS Proxy servera. Uloga DMS Proxy servera je da putem CORBA (*Common Object Request Broker Architecture*) poveže sve servise unutar DMS arhitekture i omogući njihovu interakciju. Podaci dobijeni od GPS SCAUT servera (geografske koordinate), moraju se prebaciti iz WGS84 oblika u UTM i kao takvi snimiti u bazu podataka. Ovo je neophodno da bi se dobijeni podaci mogli ispravno crtati na mapi od web aplikacije.

Web aplikacija komunicira sa DMS-om putem Web Proxy servera. Njegova uloga je da omogući distribuiranje podataka između aplikacije i DMS-a. Podaci koji se razmenjuju nalaze se u JSON ili XML formatu.

Na slici 2.2. prikazan je skup učesnika u distribuciji GPS podataka.



Slika 2.2. Prikaz učesnika u sistemu.

3. REALIZACIJA SOFTVERSKOG REŠENJA

Web aplikacija je implementirana integracijom Spring i Struts2 framework-a. Sva komunikacija koja se ostvaruje

između korisnika i serverske strane, vrši se putem asinhronih poziva, slanjem JSON objekata. Korišćena je jQuery biblioteka i njena implementacija Ajax poziva u obliku metode `jQuery.getJSONP()`. Svaki zahtev sa HTML strane, poziva odgovarajuću Action klasu. Mapiranje Action klasa i njihovih metoda, izvršeno je u `action.xml`-u. CRUD (*Create, Read, Update and Delete*) operacije i ostala serverska logika podržana je u Service klasama. Svaka Service klasa implementira određeni interfejs i odgovarajuće metode. Putem `service.xml`-a omogućava se mapiranje ovih klasa. Interfejsi se putem *dependency injection*-a ugrađuju u Action klase i tamo kreira promenljiva tipa interfejsa čije metode će se koristiti. Prethodno opisani proces interakcije prikazan je na slici 3.1.



Slika 3.1. Prikaz komponenti i njihova interakcija.

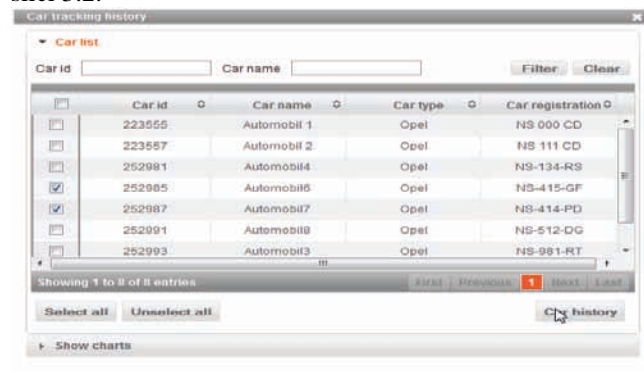
3.1. Režimi rada

Web aplikacija nudi korisnicima mogućnost da imaju uvid u trenutnu poziciju vozila na terenu kao i prikaz putanja iz istorije. Ona poseduje četiri režima rada:

- pregled putanja iz istorije uz grafički prikaz dinamike kretanja,
- pregled putanja iz istorije za određeni opseg brzine,
- traženje optimalnog puta za zadato vozilo i
- prikaz živog (*live*) praćenja.

3.1.1. Pregled putanja iz istorije uz grafički prikaz dinamike kretanja

Režim rada za pregled putanja iz istorije, omogućava korisniku da vrši analize i ima uvid u pređene putanje vozila koje su se desile u prošlosti. Odabirom ovog moda otvara se prozor "Car tracking history" koji se sastoji od dva segmenata. Prvi, segment "Car list" prikazan je na slici 3.2.



Slika 3.2. Izgled prozora za gledanje istorije i segmenta "Car list".

Po odabiru željenih vozila i klika na dugme "Car history", otvara se drugi segment "Show cars". U njemu se automatski kreiraju tabovi za odabrana vozila i dva grafika, koja su inicijalno prazna. Prvi grafik ima ulogu da prikazuje promenu rastojanja vozila od početne tačke, dok drugi prikazuje promenu brzine. Odabirom vremenskog intervala, na serverskoj strani, poziva se procedura koja će da vrati XML sa spiskom koordinata putanje. Vraćeni XML fajl se potom parsira i pakuje u JSON objekat i takav šalje klijentskom delu. Slika 3.3. prikazuje izgled JSON objekta.

CarId	"252987"
averageDistance	899.0535864092508
averageSpeed	18.96811412945928
carPaths	[Object { xCoord="405100.46875", yCoord="5012827", speed=0, more... }, Object { xCoord="5012272.5", yCoord="5012827", speed=0, more... }, 36 more...]
maxDistance	2411.4054967438724
maxSpeed	87.53018372085052
minDistance	0
minSpeed	0

Slika 3.3. Prikaz JSON objekta koji je vratio server.

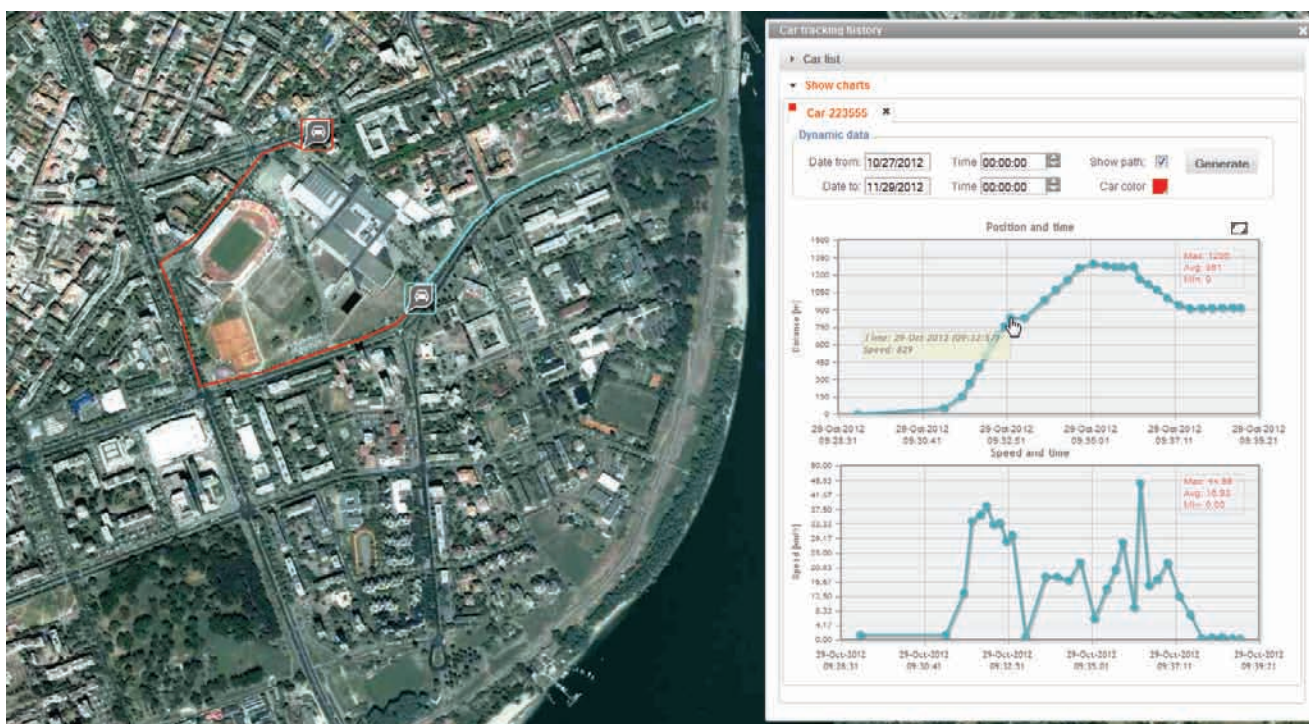
Po prijemu odgovora, vrši se crtanje putanje na mapi i kreiranje grafika. Kao što je već pomenuto, prvi grafik zavisi od udaljenosti vozila od početne tačke, što znači da će vrednost na grafiku rasti ili opadati kako se automobil bude približavao odnosno udaljavao od nje. Prelaskom kursora preko neke tačke sa grafika, ostvaruje se interakcija i automatski kreira privremena putanja, koja služi da pokaže gde se tačno nalazilo vozilo za tu vrednost na grafiku. Na slici 3.4. prikazan je segment "Show charts" sa izgenerisanom putanjom i graficima. Crvenom linijom je označena cela putanja, a svetlo zelenom deo putanje za konkretnu tačku sa grafika.

3.1.2. Pregled putanja sa odabranim opsegom brzina

Pregled istorijskih putanja sa filterom brzina pruža korisniku mogućnost da dobije isečke putanje gde je vozilo prekoraciло zadatu brzinu. To pomaže u boljoj kontroli i analizi kretanja. Odabirom ovog režima rada korisniku se otvara prozor u kome bira vremenski interval zajedno sa ograničenjima brzina. Ti podaci se serveru šalju preko Ajax poziva. Po obradi, server vraća odgovor u JSON formatu i vrši se crtanje delova putanja koje su zadovoljile zadati kriterijum. Takođe se popunjava tabela sa svim vozilima čije su putanje iscrtane. Korisniku se pruža mogućnost i detaljnije analize isečaka putanje, tako što se za svako vozilo kreira poseban tab sa tabelom etapa iz maršute. Tabela sadrži distancu, brzinu i vremenski interval od, do kada se kretanje dogodilo. Klikom na neki od redova, automatski se markira ta putanja na mapi.

3.1.3. Traženje optimalnog puta za vozila na terenu

Ovaj režim rada omogućava korisniku da vidi trenutne pozicije vozila na terenu i odabirom neke destinacije na mapi, dobije izveštaj o udaljenosti, vremenu koje mu treba da stigne do date destinacije i iscrtanoj optimalnoj putanji. Odabirom ovog moda, otvara se prozor sa dostupnim vozilima na terenu i iscrtavaju se njihove trenutne pozicije na mapi. Korisnik izabere određena vozila i postavi poziciju odredišnog markera. Na dugme "Generate", za svako selektovano vozilo, poziva se metoda *Google Maps API V3 servisa* koja proračunava optimalnu putanju. Odgovor *Google servisa*, upakovan je u JSON objektu i po prijemu vrši se kreiranje tabele sa spiskom vozila i njihovim udaljenostima od odredišne tačke, kao i orijentacionom vremenu koje je neophodno da bi se do nje došlo.



Slika 3.4. Prikaz "Show charts" segmenta i iscrtane putanje za odabrani vremenski interval.

Takođe se iscrtavaju putanje za izgenerisane putanje na mapi kako bi se korisniku pružila i vizuelna informacija. Na maršutama se mogu videti i detaljnije informacije koje su prikazane u tabelarnom obliku.

3.1.4. Živo (live) praćenje

Prilikom odabira opcije živo praćenje, otvara se prozor sa tabelom svih raspoloživih vozila koja su spremna za upotrebu ili su već na terenu. Korisnik izabere vozila koje želi da prati i čije putanje će se iscrtavati na mapi. Parametarski se postavi vremenski interval koliko često će se putanje osvežavati. Kada se dogodi pomeraj u kretanju, taj događaj detektuje DMS softver i on šalje *web* aplikaciji poruku u JSON obliku koji je prikazan na slici 3.5.

```
carList
0      Object { id=252985, X=405725, Y=5015050, more... }
1      Object { id=252981, X=408725, Y=5010050, more... }
2      Object { id=252987, X=405012.71875, Y=5012399.5, more... }
lastUpdate 1347371854315
```

Slika 3.5. Prikaz JSON poruke koju je poslao DMS softver.

JSON objekat u sebi sadrži listu vozila na koju se korisnik pretplatilo, od kojih svako od njih ima svoju x i y koordinatu, id, brzinu i status. Poslata poruka sadrži i *timeStamp* koji je smešten u *lastUpdate* varijabli. Aplikacija po prijemu detektuje da je vrednost *lastUpdate* promenljive uvećana, i poziva metodu koja iscrtava poziciju vozila na novoj lokaciji i dodaje liniju između pređašnje i novo nastale pozicije. Time se ostavlja trag kretanja vozila.

4. ZAKLJUČAK

U ovom radu prikazana je *web* aplikacija za grafički prikaz i analizu kretanja vozila i njihovih putanja iz istorije. Opisan je skup svih učesnika u hijerarhiji sistema za dobijanje GPS podataka. Treba naglasiti da je programsko rešenje nezavisno i da se može integrisati u bilo koji sistem koji bi ga snabdevao podacima. Pošto je *web* orjentisano, nije potrebna instalacija i može mu se pristupati sa bilo koje mašine i bilo gde, uz uslov da postoji Internet konekcija.

Realizovane operacije omogućavaju korisniku da vrši detaljnije analize rada zaposlenih na terenu i donosi odluke o njihovom daljem angažovanju. Uvid u trenutnu poziciju daje jasnu sliku o lokaciji vozila u datom trenutku. Proračunavanje optimalne putanje može doprineti u uštedi goriva i vremena, a i samim tim i poslovanja kompanije.

5. LITERATURA

- [1] *Wikipedia*, <http://www.wikipedia.org/>
- [2] *World Wide Web Consortium*, <http://www.w3.org>
- [3] Rod Johnson, Juergen Hoeller, Alef Arendsen, "Spring java/j2ee Application Framework", 2007.
- [4] *Mozilla Development Network*, [https:// developer.mozilla.org](https://developer.mozilla.org)

Kratka biografija:



Miloš Žagar rođen je u Rumi 1988. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Primenjene računarske nauke i informatika odbranio je 2012.god.

RFID RADIO FREKVENCIJSKO OZNAČAVANJE

RFID RADIO FREQUENCY IDENTIFIKATION

Miloš Pejović, Vladimir Milošević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – Radio frekvencijsko označavanje (RFID) predstavlja beskontaktni bežični sistem koji koristi radio frekvencije elektromagnetnih polja za prenos podataka sa taga koji je povezan sa objektom koga je potrebno identifikovati i pratiti.

Abstract – Radio-frequency identification (RFID) is a wireless technology that uses radio-frequency electromagnetic fields to transfer data from a tag attached to an object, for the purposes of automatic identification and tracking.

Ključne reči: Označavanje proizvoda, RFID

1. UVOD

Stalan razvoj društva i odnosa u njemu, razvoj nauke i unapređenje i širenje informaciono-komunikacione tehnologije imaju veliki uticaj u gotovo svim sferama ljudske delatnosti. Veliki tehnički pronalasci i tehnološka znanja tokom druge polovine 20-og. i u prvoj deceniji 21-og. veka iz osnova su promenili, ne samo čovekovo okruženje, već i načine čovekovog saznanja.

Sa pojavom i razvojem bežične tehnologije razvija se i perspektivna RFID tehnologija zasnovana na slanju i prijemu podataka pomoću radio-talasa.

RFID predstavlja skraćenicu od Radio Frequency IDentification ili u slobodnom prevodu na srpski jezik *identifikacija putem radio talasa*. RFID je savremena beskontaktna tehnologija za identifikaciju i praćenje predmeta, životinja i osoba putem radio talasa.

Dve najznačajnije komponente RFID sistema su:

- RFID tag – elektronska komponenta RFID sistema koja se postavlja na objekat koji je potrebno identifikovati i pratiti.
- RFID čitač – komponenta RFID sistema postavljena na određenoj lokaciji u sistemu koja ima ulogu da prepozna prisustvo RFID tagova i pročita informacije sačuvane na njima.

Prve varijante RFID tehnologije datiraju još od vremena Drugog svetskog rata, a uz pomoć njih je saveznička protivavionska odbrana nastojala da razlikuje svoje od neprijateljskih aviona. Danas se RFID tehnologija koristi u svim sektorima ljudske delatnosti, u privrednim i vanprivrednim aktivnostima. Preporuka od strane velikih svetskih giganata, između ostalog najznačajnija svakako od strane Ministarstva odbrane Sjedinjenih Američkih Država dokazuje značaj RFID tehnologije i podstiče sve veće interesovanje za ovom tehnologijom.

NAPOMENA:

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

2. RFID tehnologija

Hardverski deo RFID sistema se sastoji od tagova i čitača koji služe za slanje i prijem radio signala sa objekata koji se identifikuju. RFID tehnologija ne zahteva da tag i čitač budu u neposrednom kontaktu, već je neophodno da tag bude u oblasti magnetnog ili mikrotalasnog polja koje formira čitač, slika 1.



Slika 1. Način na koji tag obaveštava čitač o svom prisustvu

Na slici 1. RFID čitač emituje radio talase na uobičajenoj frekvenciji. Svi tagovi, koji se nađu u njegovom dometu se identifikuju pomoću antene koja je u njih ugrađena i koja služi za “slušanje” signala na odgovarajućoj frekvenciji. Tagovi obično koriste energiju dobijenu od čitača da pošalju povratnu informaciju. Čitač potom obično informiše neki drugi sistem o prisustvu tagovanog objekta.

2.1. Područja primene RFID tehnologije

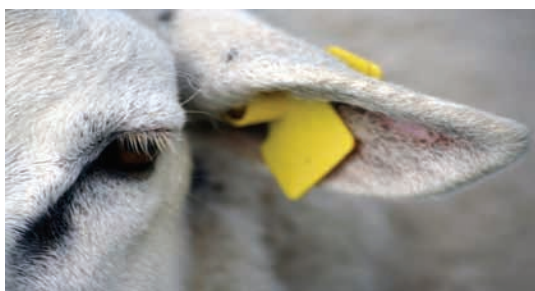
Primena RFID tehnologije je idealna za procese koji zahtevaju sigurnu i jedinstvenu identifikaciju kao i otpornost tagova na razne specifične uticaje okoline. Trenutno je RFID tehnologija najzastupljenija u trgovini, logistici, transportu, proizvodnji i kontroli. Koristi se za označavanje i praćenje životinja i njihovog životnog ciklusa. RFID tagovi postavljeni ispod kože živih bića mogu se koristiti za njihovu identifikaciju i praćenje. Jedna od prvih primena RFID tehnologije bilo je praćenje krava, danas se koristi u preko 300 zoloških vrtova, u biološkim laboratorijama, kao i za praćenje kućnih ljubimaca.

Kod ljudi bi univerzalni tag zamenio skoro sve postojeće kartice koje se danas koriste (lična karta, vozačka dozvola, pasoš, zdravstvena knjižica...). Ovakva primena RFID tehnologije najčešće je zastupljena u zatvorima za označavanje zatvorenika, sprečavanje bekstva i nasilja. Američka vojska ima plan da u skorije vreme zameni identifikacione pločice vojnika RFID tagovima. Korišćenjem RFID narukvica kod pacijenata u bolnicama osoblje dobija informacije o pacijentu. Postoje predlozi od strane svetskih banaka da se čak i u novčanice ugrađuju RFID

tagovi. Oblast primene RFID tehnologije je sve opširnija i ograničena jedino maštom njenih projekatata, sl.2. i 3.



Slika 2. Primena RFID tehnologije u lancima snadbevanja



Slika 3. Primena RFID tehnologije u praćenju životinja

2.2. Zašto kristiti RFID tehnologiju

Pored postojanja velikog broja načina identifikacije i praćenja predmeta, životinja i ljudi prednost RFID tehnologije se ogleda u tome što:

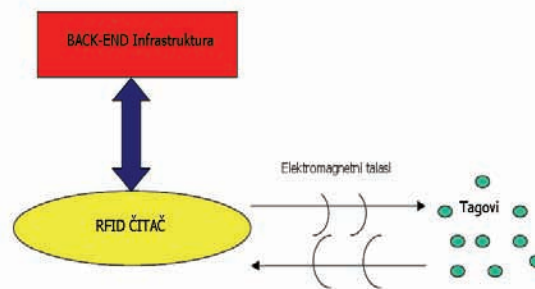
- Ne zahteva direktnu liniju između čitača i taga – kod RFID sistema čitač može da vidi kroz predmet i ne zahteva direktnu liniju vidljivosti sa tagom. Samo prisustvo taga u zoni čitanja je dovoljno za skeniranje. Ovo je ključna razlika u odnosu na bar-kod sistem gde se zahteva direktna linija između lasera i bar-koda, kao i to da predmet mora biti okrenut na pravu stranu prilikom očitavanja.
- Omogućuje veliku brzinu popisa predmeta – Skeniranjem velikog broja predmeta istovremeno omogućava veliku brzinu popisa.
- Omogućuje praćenje pojedinačnih predmeta – Postoji mogućnost praćenja velikog broja različitih predmeta.
- Postoji mogućnost proizvodnje različitih oblika RFID opreme – RFID tagovi i čitači se proizvode u raznim veličinama i oblicima što doprinosi njihovoj primeni u raznim okruženjima. Različiti oblici RFID tagova omogućavaju lako postavljanje na predmete različitih oblika i veličina, pa čak i u ekstremnim uslovima.
- Postoji mogućnost ponovnog pisanja na tagove – Postoje vrste tagova na koje se može pisati više puta, tzv. RW tagovi (Read-Write).
- Postižu veliku uspešnost prvog čitanja – U većini okruženja RFID sistemi imaju uspešnost prvog čitanja od 99.5% do 100%.
- Kada se govori o RFID tehnologiji, akcentat se stavlja i na to kako ova tehnologija može biti zloupot-

rebljena. Prilikom projektovanja, pitanje sigurnosti RFID sistema se mora staviti na centralno mesto. Zabrinutost potrošača po pitanju sigurnosti svojih ličnih podataka može se svrstati u oblast privatnosti i bezbednosti RFID tehnologije. Pitanja bezbednosti bave se legitimnim čitačima koji čitaju podatke sa nelegitimnih tagova, dok se pitanje privatnosti odnosi na nelegitimne čitače koji dobijaju informacije od legitimnih tagova. Gledano iz potrošačkog ugla, pitanja privatnosti su znatno važnija, dok je prepoznavanje značaja bezbednosti RFID tehnologije još uvek u porastu.

3. RFID arhitektura

RFID sistem u osnovi čine tri značajne komponente:

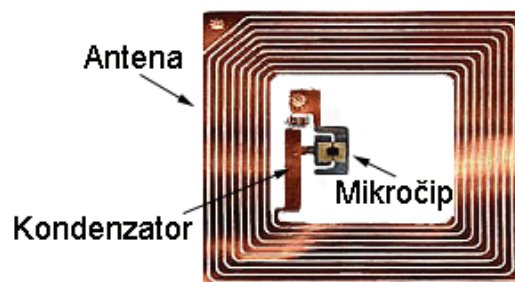
- RFID tag – elektronska komponenta koja nosi informacije o identifikaciji i kretanju živih bića ili objekata.
- RFID čitač – komponenta koja prepoznaje prisustvo tagova i čita informacije koje se na njima nalaze.
- Back-End infrastruktura – sistem za obradu podataka koji prima i obrađuje informacije pristigle iz čitača (slika 4).



Slika 4. Komponente RFID sistema

3.1. RFID tagovi

Svrha RFID tagova jeste da fizički pridruži informaciju o objektu na sam taj objekat i da omogući dostupnost tih informacija čitaču. Obično se postavlja na sam proizvod, paletu, ambalažu ili neki drugi predmet, pa čak i ljudsko telo (u obliku kapsula) tako da može putovati zajedno sa objektima i identifikovati ih na svakom koraku prema potrebi. Osnovne komponente RFID taga su mikročip i antena, upakovani u kućište otporno na uticaje okoline, slika 5.



Slika 5. Izgled prostog RFID taga

Dve najvažnije karakteristike koje svaki RFID tag mora da ispuni ogledaju se u tome da za svaki tag mora postojati način da se postavi na predmet i RFID tag mora biti osposobljen da komunicira preko radio talasa.

Pored osnovnih, RFID tagovi mogu posedovati i neke od sledećih karakteristika:

- Mogućnost višestrukog upisivanja – Neki RFID tagovi pružaju mogućnost višestrukog upisivanja i izmene postojećih podataka.
- Mogućnost onesposobljavanja (kill code) – Slanjem “kill coda”, čitač onesposobi, odnosno trajno okonča funkcionisanje tagova, tako da taj tag neće više nikada odgovarati čitaču.
- Mogućnost usaglašavanja standarda – RFID Tag može podržavati jedan ili više standarda pri čemu omogućuje komunikaciju isključivo sa čitačima koji podržavaju baš taj standard.

Prema izvoru napajanja, razlikujemo:

- Pasivne RFID tagove koji nemaju sopstveni izvor napajanja, već koriste energiju čitača za komunikaciju.
- Polupasivne RFID tagove koji koriste baterije kako bi pokrenuli električno kolo čipa, ali komuniciraju koristeći energiju iz čitača.
- Aktivni RFID tagovi koji koriste baterije da pokrenu električno kolo čipa kao i za komunikaciju sa čitačem.

Prema tipu memorije razlikujemo:

- Read-Only tagovi (RO) , programirani su samo jednom od strane proizvođača i nadalje se podaci koji su smešteni u memoriju ne mogu menjati.
- Write-Once-Read-Many (WORM), tagovi su posebna vrsta RO tagova gde korisnik prilikom nabavke dobija mogućnost da na njega samo jednom upise podatke.
- Read-Write tagovi (RW), su tagovi sa memorijom izmenjivog tipa. Na njih se mogu smeštati velike količine raznovrsnih podataka koji se mogu menjati po potrebi.
-

3.2. RFID čitači

RFID čitač je centralna komponenta RFID sistema. Uloga čitača je da prepozna prisustvo taga, pročita informacije zapisane na njemu i dalje ih prosledi informacionom sistemu, slika 6.



Slika 6. *Motorolin RFID čitač*

Fizičke komponente RFID čitača čine antena čitača koja služi za slanje RF signala i prijem odgovora sa tagova, zatim upravljačka jedinica (primopredajna antena, koder, dekoder, logička jedinica, memorija), kao i mrežni interfejs koji omogućava čitaču komunikaciju sa upravljačkim uređajima.

Logičke komponente RFID čitača su čitačev API koji kreira poruke za slanje do upravljačkih uređaja, komunikacioni podsistem koji upravlja procesom komunikacije, odnosno šalje i prima poruke koje generiše API, zatim podsistem za upravljanje događajima određuje koje će se opservacije prihvatiti kao događaji, a koje će se poslati spoljnim aplikacijama spoljnim aplikacijama, i poslednja logička komponenta je antenski podsistem koji omogućava čitaču da kontroliše antenu i šalje upite RFID tagovima.

RFID čitači se proizvode raznih oblika i veličina, podržavaju različite protokole i često moraju ispunjavati različite regulatorne zahteve u zavisnosti od regije u kojoj se upotrebljavaju. Na primer, UHF čitači čitaju tagove na 915 MHz u Sjedinjenim Američkim Državama, dok na području Evrope iste tagove čitaju na 869 MHz u zavisnosti od regulatornih ograničenja.

3.3. Mehanizam povezivanja RFID tagova i čitača

- RFID backscatter povezivanje zasnovano na principu reemisije radio talasa od RFID taga. Na taj način RFID čitač koji generiše radio talas dobija traženu informaciju od RFID taga.
- RFID kapacitivno povezivanje koristi kapacitivne efekte kako bi se obezbedila sprega između čitača i tagova na malim razdaljinama. Tag i čitač imaju provodnike koji formiraju kondenzator kada se drže paralelno, bez dodira. Kolo koje se formira, identično je kolu u kojem su tag i čitač direktno povezani kroz kontenzator.
- RFID induktivno povezivanje gde čitač koristi antenu od namotaja kako bi stvorio magnetno polje i snadbeo energijom tag. Često se naziva i transformatorsko povezivanje jer polje prolazi kroz namotaj na tagu indukcijom na isti način na koji transformator prenosi energiju između dva namotaja.
- RFID magnetno povezivanje predstavlja još jednu vrstu bliskog povezivanja, veoma sličnu induktivnom po tome što čitač i tag formiraju par transformacionih namotaja. Razlika je u tome što su namotaji na čitaču kod magnetnog mehanizma povezivanja okrugli ili u obliku slova “U”. Udaljenost taga i čitača mora biti manja od 1 cm.

4. RFID SISTEMI NA TERITORIJI REPUBLIKE SRBIJE

Odgovarajući na zahteve klijenata, razvijeni su brojni standardni proizvodi na bazi RFID tehnologije iz oblasti kontrole pristupa, praćenja i identifikacije objekata, naplate karata u javnom prevozu., vojne industrije, kontrole točenja goriva, označavanja proizvoda. automatske identifikacije vozila, upravljanje radom međumesne/prigradske autobuske stanice, iz oblasti

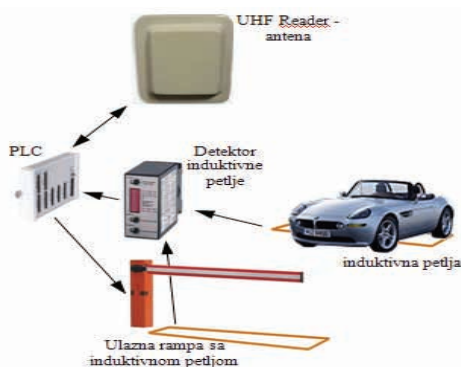
medicines. Neka zanimljiva rešenja bazirana na RFID tehnologiji opisana su u nastavku.

Trenutno najpoznatiji i najpopularniji sistem naplate karata u Republici Srbiji je tzv. „BUS-PLUS“ sistem, i koristi se za potrebe naplate karata gradskog prevoza u Beogradu. Podsystem za vozne karte zasnovan je na RFID tehnologiji sa beskontaktnim „smart“ karticama kao medijumom plaćanja usluga (RFID tagovi), slika 7.



Slika 7. BUS-PLUS tag i čitač

Sistem za kontrolu pristupa parking prostorima sačinjavaju dva podsistema: podsistem za izdavanje kartica (tagova) i podsistem integrisan na samom parkiralištu. (omogućava korisnicima pravilno korišćenje parkinga čitanjem podataka koji se nalaze na kartici.), slika 8.



Slika 8. Kontrola pristupa parking prostorima

RFID tehnologija našla je primenu i u logistici, odnosno resursu bez koga su nezamislive logističke aktivnosti, a to je pogonsko gorivo. RFID sistem kontrole točenja goriva se ugrađuje na postojeće benzinske stanice i sastoji se od: RFID kartice koju poseduju i vozač i zaposleno lice na benzinskoj stanici, zatim RFID taga vozila koje se obično montira oko grla rezervoara i poseduje informacije o pogonskom gorivu vozila. U okviru ovog sistema koriste se dva čitača, jedan postavljen na automat za istakanje goriva koji identifikuje vozača i zaposleno lice na benzinskoj pumpi, a drugi na „pištolju“ za točenje koji čita podatke sa taga koji se nalazi na grlu rezervoara.

Dolaskom na benzinsku stanicu vozač se identifikuje prinoseći svoju RFID karticu anteni kontrolera. Zaposleno lice na benzinskoj stanici koje će uslužiti klijenta na isti način se registruje. Točilac goriva stavlja „pištolj“ u otvor na rezervoaru automobila. Antena za identifikaciju vozila se aktivira automatski i očitava podatke o vozilu sa identifikatora vozila, slika 9. Kontroler odlučuje o daljim aktivnostima na osnovu prethodno definisanih dozvola.



Slika 9. RFID identifikator vozila

5. ZAKLJUČAK

Unapređenje RFID tehnologije je gotovo svakodnevno. Neke primene ove tehnologije popravljaju performanse postojećih sistema, a neke su potpuno nove. Primena RFID tehnologije beleži konstantan rast u gotovo svim sektorima ljudske delatnosti. Wal-Mart i ostali lideri u distributivnoj i maloprodajnoj industriji Sjedinjenih Američkih Država, uveli su RFID tehnologiju u njihove lance snabdevanja. Food and Drug administracija SAD-a dala je preporuku za masovnu upotrebu RFID tehnologije u farmaceutskoj industriji. Gillette kupuje preko 500 miliona RFID tagova godišnje koji se nalaze na paketu žileta. Kompanija Apple uvela je RFID u mobilne telefone.

Globalna primena RFID tehnologije se očekuje za pet, deset i više godina u zavisnosti od cene taga u odnosu na cenu artikla koji taj tag obeležava. Porastom proizvodnje i primene RFID tagova njihova cena će se znatno smanjiti, a širenje RFID tehnologije postepeno povećavati.

6. LITERATURA

- [1] „Wireless Data Technologies“ Vern A. Dubendorf
- [2] RFID Essentials, Himanchu Bratt, Bill Glover
- [3] www.sdditg.com

Kratka biografija:

Miloš Pejović rođen je u Ivanjici 1987. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Komunikacione tehnologije i obrada signala odbranio je 2012. godine

WiMAX SISTEMI I SIMULACIJA WiMAX SISTEMA**WiMAX SYSTEMS AND SIMULATION OF WiMAX SYSTEMS**Milan Živković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – Rad se odnosi na WiMAX tehnologiju i njenu primenu u pristupnim mrežama kao bežične tehnologije koja će obezbediti bežične širokopojasne servise na lokaciji krajnjeg korisnika. Biće prikazani rezultati simulacije WiMAX sistema u stvarnim uslovima.

Abstract – Work related to WiMAX technology and its implementation in the access networks as a wireless technology that will provide wireless broadband services to the end-user location. The simulation results are shown WiMAX systems in real conditions

Ključne reči: WiMAX, fizički sloj, MAC, IEEE 802.16

1. UVOD

Sve veća potreba za širokopojasnim pristupom širom sveta diktira razvoj žičnih, a posebno bežičnih širokopojasnih mreža. Ovim mrežama je moguće korisniku pružiti uslugu prenosa govora, podataka i slike, velikim kapacitetom, a bez kompleksne procedure polaganja optičkih i bakarnih kablova u zemlju.

Bežične pristupne mreže su posebno interesantne u urbanim sredinama gde postojeća infrastruktura ne može zadovoljiti potrebe postojećih i novih korisnika. Takođe značajna je njihova primena u ruralnim područjima gde ne postoji žična mreža, a potrebno je korisnicima omogućiti ravnopravan pristup širokopojasim servisima [1].

Međunarodni standard IEEE 802.16 (Institute of Electrical and Electronics Engineers) definiše WiMAX tehnologiju (Worldwide Interoperability for Microwave Access) kao jednu od rešenja za bežične pristupne mreže. Pojavom standarda IEEE 802.16 WiMAX, ostvarena je prava revolucija na polju bežičnih širokopojasnih tehnologija.

Težnja ka prevazilaženju velikih udaljenosti dovela je do razvoja ovog standarda, čime je omogućeno efikasno kreiranje mreža velikog dometa.

Pored veće pokrivenosti signalom, omogućeni su veći protoci, veća bezbednost korisnika u mreži i manja osetljivost na smetnje.

2. OSNOVNI STANDARDI

U ovom poglavlju napravićemo kratak pregled standarda koji se odnose na širokopojasni bežični pristup. IEEE je osnovala grupu za razvoj bežičnog širokopojasnog pristupa BWA (Broadband Wireless Access). Kao rezultat rada ove grupe nastali su sledeći standardi [2]:

- IEEE 802.16 (2001). Prvi standard za koga je značajno da radi u frekvencijskom spektru od 10 do 66 GHz. Pruža fiksni BWA u tačka-tačka ili tačka-više-tačaka tehnologiji. Potrebna mu je optička vidljivost (LOS) između uređaja koji komuniciraju
- IEEE 802.16c (2002). U ovom standardu dodat je detaljniji sistemski profil za opseg od 10 do 66 GHz
- IEEE 802.16a (2003). Ovaj standard unapređuje MAC sloj da bi podržao višestruke specifikacije fizičkog sloja i pružio dodatne specifikacije fizičkog sloja. Proširuje standard za rad u pojasu od 2 do 11 GHz čime postaje moguć NLOS
- IEEE 802.16d (2004). Fizički sloj koristi OFDM da opsluži mnogo korisnika sa metodom vremenske podele i sortiranja svaki sa svakim. MAC sloj podržava traženi QoS.
- IEEE 802.16e (2005) Standard poznat i kao Mobilni WiMAX. Fizički sloj koristi OFDM ili OFDMA (Scalable OFDMA). Ovaj standard omogućava mobilnost.
- IEEE 802.16m. Standard poznat i kao WiMAX 2.0 pružiće bitske brzine od 100 Mbit/s za mobilne aplikacije i 1 Gbit/s za fiksne aplikacije. Inače prvi standard koji je priznat kao 4G mobilni sistem.

3. OSNOVNE OSOBINE IEEE 802.16e STANDARDA

IEEE 802.16 mreža sastoji se od fiksnih infrastrukturnih položaja. Zapravo, IEEE 802.16 mreža slična je ćelijskoj telefonskoj mreži. Svaka ćelija se sastoji od bazne stanice i jedne ili više pretplatničkih zavisno od implementacije tehnologije. Tako da bazna stanica obezbeđuje „tačka-tačka“ (PTP) servis ili „tačka-više-tačaka“ servis u cilju da opslužuje više pretplatničkih stanica.

Kako je reč o bežičnoj tehnologiji namenjenoj za širokopojasni prenos, sa relativno velikom širinom korisničkih kanala potrebno je koristiti opseg visokih frekvencija reda GHz. Početno su korišćene frekvencije iz opsega od 10 GHz do 60 GHz, ali u tom slučaju se zahtevala optička vidljivost LOS i nije bila moguća mobilnost uređaja. Zbog toga je odlučeno da se koristi opseg frekvencija od 2GHz do 11 GHz. Reč je o uglavnom licenciranom delu spektra koji je u nadležnosti države.

IEEE 802.16e standard pokriva dva najniža sloja OSI sistema: sloj za kontrolu pristupa medijumu (MAC) i fizički. WiMAX koristi OFDMA radi poboljšanja performansi kod višestrukog prostiranja u NLOS okruženju. Sistami mobilnog WiMAX-a nude skalabilnost i u tehnologiji radio pristupa i u arhitekturi mreže, čime se dobija velika fleksibilnost prilikom izgradnje mreže i prili-

NAPOMENA:

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

kom pružanja usluga. Među važnim mogućnostima koje WiMAX podržava su:

Veliki protoci: uvođenjem MIMO antenskih sistema sa fleksibilnim upravljanjem resursima koristeći SOFDMA, mobilni WiMAX može da u kanalu širine 10 MHz podrži maksimalne DL (downlink) brzine do 63 Mbit/s po sektoru i maksimalne UL (uplink) brzine podataka do 28 Mbit/s.

Kvalitet usluga (QoS): QoS je glavna osobina MAC arhitekture po standardu IEEE 802.16.

Skalabilnost: tehnologija mobilnog WiMAX je projektovana tako da se može skalirati kako bi radila u kanalima različite širine od 1.25 do 20 MHz i mogla se uskladiti sa različitim zahtevima širom sveta.

Bezbednost: Osobine koje omogućavaju aspekte bezbednosti mobilnog WiMAX-a obuhvataju proveru identiteta, šifrovanje sa proverom identiteta, i upravljačkih poruka.

Mobilnost: mobilni WiMAX omogućava prelaz iz jedne ćelije u drugu bez prekida veze koji ne traje duže od 50 ms. Zahvaljujući ovom moguć je prenos glasa uz pomoć IP protokola, VoIP bez degradacije kvaliteta.

Adaptivna modulacija: Adaptivna modulacija je osobina sistema da je u stanju promeniti način prenosa podataka (modulaciju) u zavisnosti od donosa signal/šum u toku prenosa. Ako su smetnje velike ili je velika udaljenost odašiljača i prijemnika dolazi do slabljenja signala i opasnosti da se prenos prekine. Sistem u takvim slučajevima mora odabrati robusniju ili sporiju modulaciju tako da je i pod takvim uslovima još uvek moguće prepoznavanje slabog signala. Koriste se četiri vrste modulacije na različitim udaljenostima od WiMAX predajnika. To su 2PAM (Phase Amplitude Modulation), 4QAM (Quadrature Amplitude Modulation) 16 QAM i 64 QAM. Tako se mogu selektivno, zavisno od udaljenosti od predajnika, optimizirati brzine prenosa.

U nastavku rada biće dati rezultati mobilnog WiMAX IEEE 802.16e.

3. SIMULACIJA IEEE 802.16e STANDARDA

U ovom poglavlju biće predstavljeni rezultati simulacije WiMAX sisteme kroz brojna poređenja različitih simulacija dobijenih korišćenjem različitih parametara, kao i diskusije o upotrebi ovih parametara.

Upoređivaćemo parametre kao što su soft i hard demapping, procenjivaćemo kvalitet različitih kanala, posmatraćemo poboljšanja prenosa korišćenjem više antena na predajnoj i prijemnoj strani. Biće prikazani i brzina prenosa podataka u odnosu na amplitudsku modulaciju koja se koristi [5].

Prenos korišćenjem jedne antene

U ovom delu posmatraćemo različite simulacije kada koristimo jednu antenu na predajnoj i prijemnoj strani. Prilikom simulacije koristićemo sledeće parametre koje nećemo menjati:

- simulacija se vrši za downlink prenos na frekvenciji od 2 GHz
- propusni opseg kanala je 20 MHz
- vrednost cikličnog prefiksa je definisan na CP=1/32
- trajanje frejma je precizirano da bude 2.5 ms

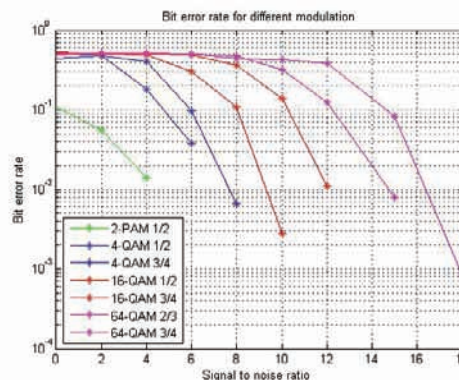
- koristiće se AMC3, 4-QAM sa kodnom brzinom 3/4

Prvo ćemo dati poređenje između različitih modulacionih šema i kodnih brzina korišćenjem simulatora. Ovi rezultati su dobijeni korišćenjem AWGN kanalu, sa sistemom koji koristi *least-squares* procenu kanala i *hard demapping*. WiMAX omogućava sedam različitih kombinacija modulacija i kodiranja. Te kombinacije date su u tabeli 1.

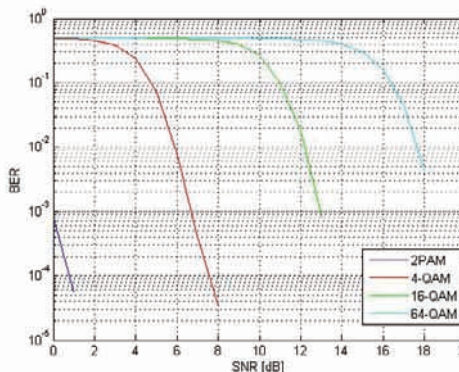
Tabela 1. Modulacione šeme i kodne brzine

ACM	Modulaciona šema	Kodna brzina
AMC1	2-PAM	1/2
AMC2	4-QAM	1/2
AMC3	4-QAM	3/4
AMC4	16-QAM	1/2
AMC5	16-QAM	3/4
AMC6	64-QAM	2/3
AMC7	64-QAM	3/4

Simulacije performansi različitih modulacionih šema i kodnih brzina prikazane su na slikama SI.1. i SI.2..



Slika 1: Modulacione šeme za različite kodne brzine



Slika 2: Modulacione šeme za različite kodne brzine

Slike prikazuju funkciju BER krive u odnosu na SNR, što predstavlja meru energetske efikasnosti modulacionih šema. Ako je potreban veći SNR za prenos podataka za datu modulacionu šemu, to znači da je više energije potrebno za prenos svakog bita. Niska spektralna efikasnost modulacione šeme, kao što je 2-PAM i 4-

QAM, zahteva niži SNR i zbog toga su energetski efikasniji i manje ranjivi na bitske greške.

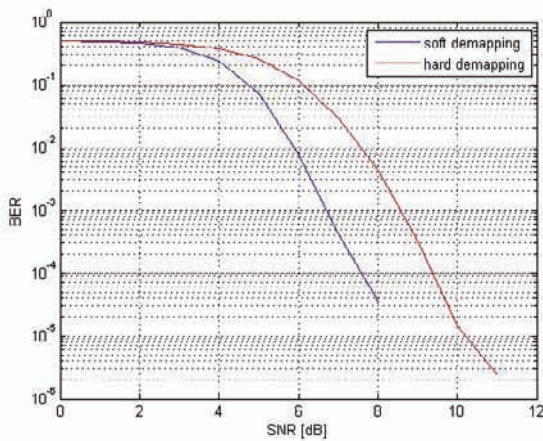
Demaping i procena kanala

Slika **Sl.3.** nam pokazuje poređenje *hard demappinga* i *soft demappinga*.

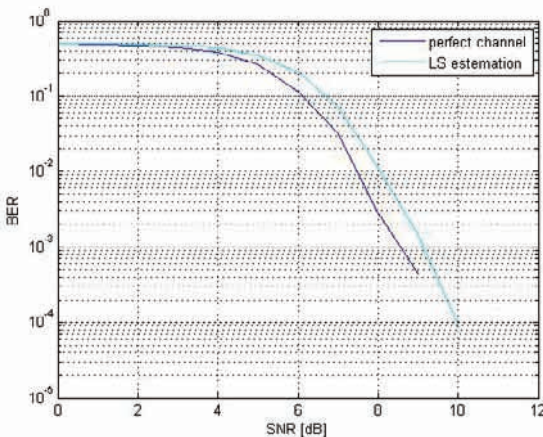
Za ovu simulaciju korišćen je AWGN kanal sa AMC3, odnosno 4-QAM sa kodnom brzinom 3/4. Slika nam prikazuje BER performanse za ove dve vrste *demappinga*. Dobijamo kodovanu BER krive u funkciji SNR gde smo pretpostavili da savršeno poznajemo koeficijente kanala. Slika nam pokazuje da *hard demapping* nadmašuje *soft demapping* za približno 2 dB u odnosu na SNR.

Na isti način napravljeno je poređenje između procene kanala i savršenog poznavanja koeficijenta kanala. U ovom slučaju *hard demapping* je korišćen u prijemu. Kao što je i očekivano dobijaju se bolji rezultati za poznavanje koeficijenta kanala.

Kada uklonimo pretpostavku idealnog kanala primećujemo da su krive pomerene za 1 dB više u odnosu na SNR. To možemo videti na slici **Sl.4.**



Slika 3: Hard i soft demapping

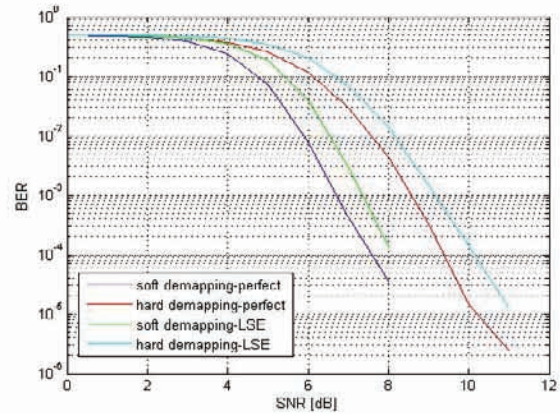


Slika 4: Savršen kanal i LS procena kanala

Ove četiri moguće kombinacije *demappinga* i procene kanala date su na slici **Sl.5.**

Kao što je napomenuto imamo dobitak 2 dB kada koristimo *soft demapping* umesto *hard demappinga*. Sa druge strane postoji 1dB gubitka kada se primenjuje procena kanala.

Isto tako, ako *soft demapping* kombinujemo sa LSE, dobijeno pojačanje je oštećeno primenom *least-squares* procene kanala.



Slika 5: Poređenje hard i soft demapping i procena kanala

Propusnost i domet

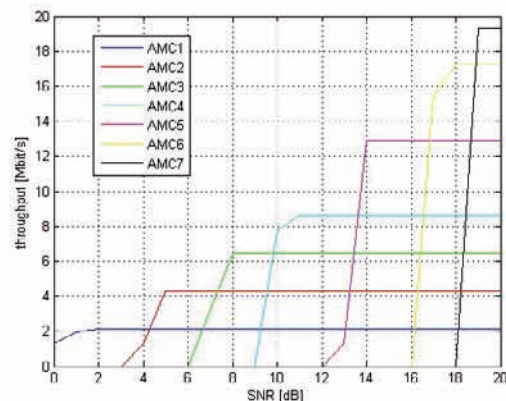
Kao što smo već rekli, maksimalni domet WiMAX-a iznosi do 50 km, dok je najveća ostvarena brzina protoka 75 Mbit/s. Iako deluje impresivno, ove vrednosti su tačne samo u tehničkom smislu, pošto na realne performanse utiču mnogi faktori.

U realnoj primeni maksimalni domet jedne bazne stanice iznosi do osam kilometara pri upotrebi frekvencija pogodnih za rad bez optičke vidljivosti, dok se u uslovima optičke vidljivosti može računati na domet do 15 km. Veći domet bio bi ostvariv, ali bi udaljenost od susednih stanica mogla da ugrozi pouzdanost sistema i kvalitet usluge, pogotovo kada su u pitanju mobilne usluge. U preksi ćemo imati bazne stanice na svakih 2,5 km. Kada je maksimalna brzina prenosa u pitanju, pomenutih 75 Mbit/s sa kanalima širine 20 MHz, možemo je ostvariti upotrebom 64-QAM kodiranja.

U stvarnosti bi maksimalna brzina iznosila do 45 Mbit/s, i to samo u pojedinim primenama fiksnog WiMAX-a. Brzine prenosa koje se nude krajnjem korisniku zavise od mnogo faktora, kao što su rastojanje od bazne stanice, širina korisničkog kanala i modulacija koja se koristi, ali i od opštih uslova u etru.

Izvršena je simulacija protoka za različite amplitudske modulacije i kodne brzine. Može se zaključiti da je najvećui protok kada se koristi 64-QAM a najmanja za 2-PAM.

Na slici **Sl.6.** prikazan je protok za kodovani AMC a u tabeli 2 date su vrednosti za sve modulacione šeme.



Slika 6: Poređenje protoka za različite AMC

Tabela 2: Vrednosti protoka za različite AMC-ove

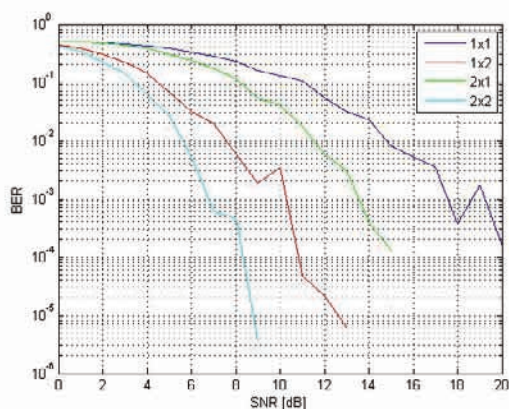
AMC	Mudulaciona šema	Max. protok u Mbit/s
AMC1	2-PAM	2.1
AMC2	4-QAM	4.2
AMC3	4-QAM	6.35
AMC4	16-QAM	8.8
AMC5	16-QAM	12.95
AMC6	64-QAM	17.2
AMC7	64-QAM	19.5

Antene

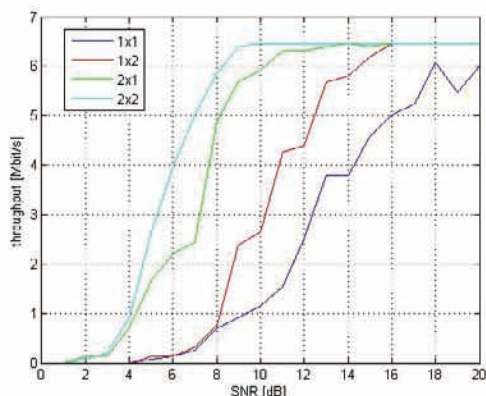
Ključni problem bežičnih kanala jeste problem fadinga. U cilju borbe protiv fadinga i poboljšanja kapaciteta i propusnosti sistema koriste se više antena na oba kraja komunikacionog linka. Na slikama **Sl.7.** i **Sl.8.** izvršićemo poređenja BER krivi kao i protoka za antenske sisteme 1x1, 1x2, 2x1, 2x2.

Nagib BER krive je pokazatelj nivoa diverzitija koji je postignut. Nivo diverzitija se definiše kao poboljšanje performansi. Kada se koristi sistem 1x2 ili 2x1 kod kojih je nivo diverzitija jednak dva, postižu se bolje performanse.

Isto tako nivo diverzitija koji ostvaruje sistem 2x2 je četiri. Dakle može se zaključiti da je nivo diverzitija jednak $N_t \cdot N_r$, gde je N_t broj antena na predajnoj strani a N_r broj antena na prijemnoj strani. Pokazalo se da iako sistemi 2x1 i 1x2 imaju isti nivo diverzitija, bolje rezultate daje sistem sa više antena na prijemniku.



Slika 7: Poređenje BER krive za različit antenski sistem



Slika 8. Poređenje protoka za različit antenski sistem

4. ZAKLJUČAK

Upoređeno sa drugim trenutnim bežičnim tehnologijama, WiMAX nudi superiorne performanse, fleksibilniju mrežnu arhitekturu koja podupire interworking i roaming, ekonomski isplativu, interoperabilnu opremu. Ovo omogućava WiMAX-u da podrži bilo koju širokopojasno zahtevnu aplikaciju koja radi u realnom vremenu na bilo kom uređaju, koristeći obični korisnički interfejs.

Problem mobilnog WiMAX bi mogao biti trka sa drugim konkurentskim tehnologijama. Glavni problem daljeg razvoja WiMAX-a predstavlja njegov konkurent LTE koji podržava sve prethodne standarde pa će stari telefoni ostati u funkciji. LTE je naslednik 3G tehnologije, kako zbog toga što je baziran na WCDMA, HSDPA, HSUPA i HSPA standardima, tako i zato što je nadogradnja UTM tehnologije.

Trenutno u Srbiji WiMAX sistemi postoje u Beogradu, Novom Sadu i Pančevu.

5. LITERATURA

- [1] www.wimaxforum.org
- [2] WiMAXForum, Applications_for_802.16e_WiMAX_networks_final
- [3] WiMAX Forum, "Mobile WiMAX: The Best Personal Broadband Experience", June 2006. www.wimaxforum.org
- [4] WiMAX Forum, "Mobile WiMAX – Part I: A Technical Overview and Performance Evaluation", August, 2006. www.wimaxforum.org
- [5] <http://www.nt.tuwien.ac.at/about-us/alumni/christian-mehlfuehrer/wimax-simulator/>

Kratka biografija



Milan Živković rođen je u Pakracu 1988. god. Diplomski-master rad odbranio je 2012. godine na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnika i računarstvo – Telekomunikacije

GENERATOR MODELA ELEKTROENERGETSKE MREŽE**POWER GRID MODEL GENERATOR**Srđan Tubin, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – Ovaj rad opisuje softversko rešenje za generisanje modela elektroenergetskih mreža koje služi za testiranje komponenti ili funkcija DMS softvera. Model elektroenergetske mreže ima oblik grafa, čiji čvorovi sadrže određenu elektroenergetsku opremu, dok veze između njih predstavljaju električne vodove koji povezuju tu opremu. Da bi model poslužio za testiranje, pomoću grafa se generiše CIM model elektroenergetske mreže, posle čega se vrši validacija svih njegovih elemenata. U slučaju da su elementi i njihove veze validni, vrši se dodavanje CIM modela u bazu podataka, nakon čega je spreman za korišćenje.

Abstract – This paper describes a software solution used for generating power grid models for testing of components and functionalities of DMS software. Power Grid model is in the form of a graph, which nodes contain a specific power grid elements, while it's edges represent electrical sections which connect those elements. Using the generated graph, CIM power grid model can be generated. If validation of all it's elements and connections doesn't contain errors, it can be saved to a specific database, after which it is available for testing..

Ključne reči: model, generisanje podataka, distributivna mreža elektroenergetskog sistema

1. UVOD

Za elektroenergetsku mrežu, veoma je važan aspekt pouzdanosti, radi povećanja sigurnosti i kvaliteta sistema distribucije električne energije. U cilju toga, razvijen je DMS (*Distribution Management System*), nadzorno-upravljački softver za kontrolu i analizu elektroenergetskih sistema. U okviru DMS softvera, nalazi se baza podataka koja sadrži model distributivne mreže elektroenergetskog sistema, sa svim potrebnim podacima za analizu i upravljanje elektroenergetskom mrežom.

Prilikom razvoja komponenti DMS softvera, javlja se potreba za njihovim testiranjem, koje predstavlja jako bitan segment razvoja softverskog rešenja tog tipa. Za tu svrhu, potrebno je generisati model elektroenergetskih mreža.

U ovom radu opisan je generator modela elektroenergetske mreže, koji služi za testiranje funkcionalnosti DMS softvera.

2. MODELIRANJE ELEKTROENERGETSKE MREŽE

Distributivna mreža elektroenergetskog sistema [1] se sastoji iz trafostanica, njenih izvoda i potrošača, kao i veza između različitih izvoda trafostanica. Izvodi trafostanice, sa svojim sabirnicama, vodovima i potrošačima imaju oblik stabla [2], te su stoga u ovom radu modelovani kao grafovi [2]. Komponente koje se koriste u modelovanju elektroenergetske mreže su:

- transformatorska stanica,
- transformator,
- električni vod,
- sabirnica,
- napojni vod i
- Rasklopna (rastavljačka) oprema u koju spadaju prekidač, rastavljač, rastavljač snage, automatski ponovni uključivač i sekcijski rastavljač.

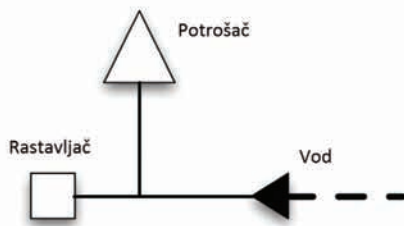
IEC standard 61970-301 definiše semantički model komponenti elektroenergetskog sistema i relacije između svake komponente. Standard IEC 61968-11 proširuje taj model u cilju pokrivanja ostalih aspekata razmene podataka. Ti podaci uključuju informacije o imovini, raspoređivanju poslova i obračunu potrošača [5]. Ova dva standarda sačinjavaju *Common Information Model* (CIM) standard, čija osnovna upotreba je da olakša razmenu podataka o elektroenergetskim mrežama, između različitih kompanija i omogući razmenu podataka između različitih aplikacija unutar same kompanije. Klase u sklopu CIM standarda su grupisane u **pakete**, zavisno od njihove uloge u električnom sistemu. Jezgro standarda (*IEC 61970-301*) sadrži osam osnovnih paketa i jedan globalni paket koji se koristi za definisanje tipova podataka. Paketi *Core*, *Wires* i *Topology* sadrže sve osnovne klase za definisanje fizičkih karakteristika elektroenergetske mreže.

Prilikom definisanja načina na koji se spajaju elementi u okviru elektroenergetskog sistema, umesto definisanja direktnih povezanosti elemenata, CIM standard koristi entitete *Terminal* (priključak, klema) i *Connectivity Node* (čvor povezivanja) za definisanje povezanosti elemenata sistema. U cilju razumevanja ovog koncepta, sledi primer (slika 1) koji objašnjava modelovanje i povezivanje elemenata u okviru CIM standarda.

CIM model primera električnog kola sa slike 1, prikazan je na slici 2.

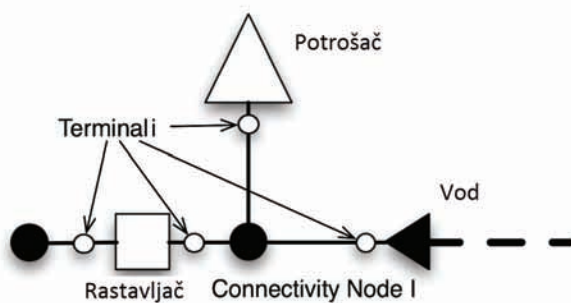
NAPOMENA:

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



Slika 1: *Primer električnog kola*

Za povezivanje elemenata se koriste *ConnectivityNode* entiteti, tako da se sva tri elementa sastaju u čvoru *Connectivity Node I*, koji je prikazan na slici 2. Međutim, čvorovi povezivanja nisu jedini entitet koji učestvuje u definisanju povezanosti elemenata elektroenergetskog sistema.



Slika 2: *CIM model električnog kola*

Pored čvorova povezivanja, koriste se i terminali, koji se uvek nalaze između jednog elementa i čvora povezivanja. Na prvi pogled mogu da izgledaju kao bespotreban entitet, međutim, terminali se koriste za definisanje tačaka u kojima se mere razne karakteristike mreže, kao što su tokovi snaga, struja i napona.

U okviru CIM standarda, potrošaču odgovara klasa *Consumer*, rastavljač je predstavljen klasom *Breaker*, a vod klasom *Section*.

GDA je standard koji se nalazi u sklopu grupe standarda *IEC 61970* koji definišu rad uslužnih sistema i sadrži skup interfejsa koje komponenta (ili aplikacija) treba da implementira u cilju pružanja mogućnosti razmene informacija sa ostalim komponentama ili pristupa određenim podacima [3]. Taj skup interfejsa opisuje određene tipove događaja i sadržaje poruka koje se koriste od strane aplikacija koje su nezavisne od tehnologija kojima su komponente izrađene.

Jedan od načina pristupa podacima, koji je korišćen u radu, definiše *Data Access Facility (DAF)* standard, koji pruža osnovnu mogućnost upita nad podacima i metapodacima, i to pomoću sledećih metoda:

- *get_values()*,
- *get_extent_values()*,
- *get_related_values()* i
- *get_decendent_values()*.

Navedene operacije pozivaju se korišćenjem *Windows Communication Foundation (WCF)*, *Microsoft .NET* tehnologije, pomoću koje je moguće jednostavno

kreiranje, dostavljanje, korišćenje i osiguravanje servisa [4]. Komunikacija između njih može da se ostvari bilo da su u pitanju dva procesa na računaru, bilo da se radi o klijentskoj aplikaciji na računaru korisnika ili *web* sistema na Internetu.

3. OPIS REŠENJA PROBLEMA

Osnovne dve funkcionalnosti generatora modela elektroenergetske mreže su generisanje grafa (koji u suštini predstavlja elektrodistributivnu mrežu) i generisanje CIM modela na osnovu tog grafa, nakon čega se vrši validacija modela i dodavanje u bazu podataka. Takođe, graf možemo posmatrati kao *meta-model* na osnovu kojeg se gradi model elektrodistributivne mreže. Glavni prozor aplikacije je prikazan na slici 3. Sastoji se iz dela za unos parametara, dela koji sadrži osnovne opcije generatora, kao i radne površine na kojoj se nalaze iscrtani generisani grafovi. Deo za unos parametara sadrži parametre za generisanje grafa, generisanje CIM modela, kao i elektroenergetske parametre, neophodne za generisanje potrošača i napojnih tačaka na krajevima trafostanica.

Osnovne opcije sa glavnog prozora generatora modela pružaju mogućnosti generisanja novog grafa, odabir trafostanice, dodavanje novih trafostanica, podešavanje parametara generisanja grafa i CIM modela, povezivanje čvorova, podešavanje kataloških podataka električnih elemenata i generisanje CIM modela i njegovo smeštanje u bazu podataka.

Jedan skup grafova koji su prikazani na radnoj površini, predstavlja grupu izvoda iz odabrane trafostanice. Napajane tačke trafostanice, na koje se spajaju njeni izvodi, prikazane su crnim kvadratićima. Plavim krugovima, predstavljeni su roditeljski čvorovi čitavog jednog grafa, dok su ostali čvorovi predstavljeni crnim krugovima. Čvor koji je trenutno označen, predstavljen je tamno zelenim krugom, dok su njegova deca čvorovi na sledećem nivou u grafu predstavljeni svetlo zelenim. Čvor koji je potrebno povezati sa nekim drugim čvorom iz druge trafostanice, predstavljen je crvenim krugom. Veze između čvorova unutar jednog grafa su predstavljene crvenom bojom, dok su veze koje predstavljaju petlje unutar jednog grafa kao i veze između čvorova iz različitih grafova, predstavljene zelenom bojom.

Generisanje CIM modela elektroenergetske mreže može da se obavi na dva načina. Prvi način podrazumeva dodavanje jedne po jedne trafostanice i njenih izvoda od strane korisnika. Na ovaj način, moguće je preciznije definisati CIM model elektroenergetske mreže, međutim, dodavanje velikog broja trafostanica je otežano. Drugi način daje mogućnost automatskog generisanja grafova i CIM modela i koristi se u slučaju kada je potreban mnogo veći broj trafostanica.

Da bi se novi model elektroenergetske mreže dodao ručno u bazu podataka, potrebno je dodati željenu trafostanicu i odabrati njen tip. Nakon toga, generiše se željeni broj grafova (izvoda trafostanice) na osnovu unetih parametara za generisanje. U slučaju da je to potrebno, sledi povezivanje željenih čvorova unutar jednog ili između dva grafa. Sve navedeno, ponovi se onoliko puta, koliko

je trafostanica potrebno dodati u bazu podataka, nakon čega se poziva opcija koja na osnovu svih trafostanica i njenih izvoda, gradi odgovarajući CIM model i smešta ga u bazu podataka. Na kraju, prikazuju se rezultati generisanja i smeštanja u bazu podataka.

Ukoliko je novi model elektroenergetske mreže potrebno dodati automatski, iz glavnog menija generatora modela elektroenergetske mreže se pozove odgovarajuća operacija (**Random Schema Generator**), koja je u stanju da sama generiše grafove, postavi ih na određene napajane tačke iz trafostanice, kao i da odredi povezanost između njegovih čvorova i čvorova iz drugih grafova. Za ovaj tip generisanja modela elektroenergetske mreže, samo je potrebno podesiti odgovarajuće parametre. Pre svega, odabiraju se tipovi trafostanica koje mogu biti preuzete za generisanje i minimalan broj izvoda po jednoj trafostanici, koji može biti između 0 i 4. Nakon toga, podešavaju se parametri koji se odnose na generisanje grafova, a to su dubina, maksimalan broj dece čvorova i maksimalna širina grafa, kao i povezanosti između njih (maksimalan broj veza svakog čvora). Sledi podešavanje parametara koji se odnose na potrošače u sklopu mreže i broj iteracija, to jest, broj trafostanica koji će se generisati i uneti u bazu podataka.

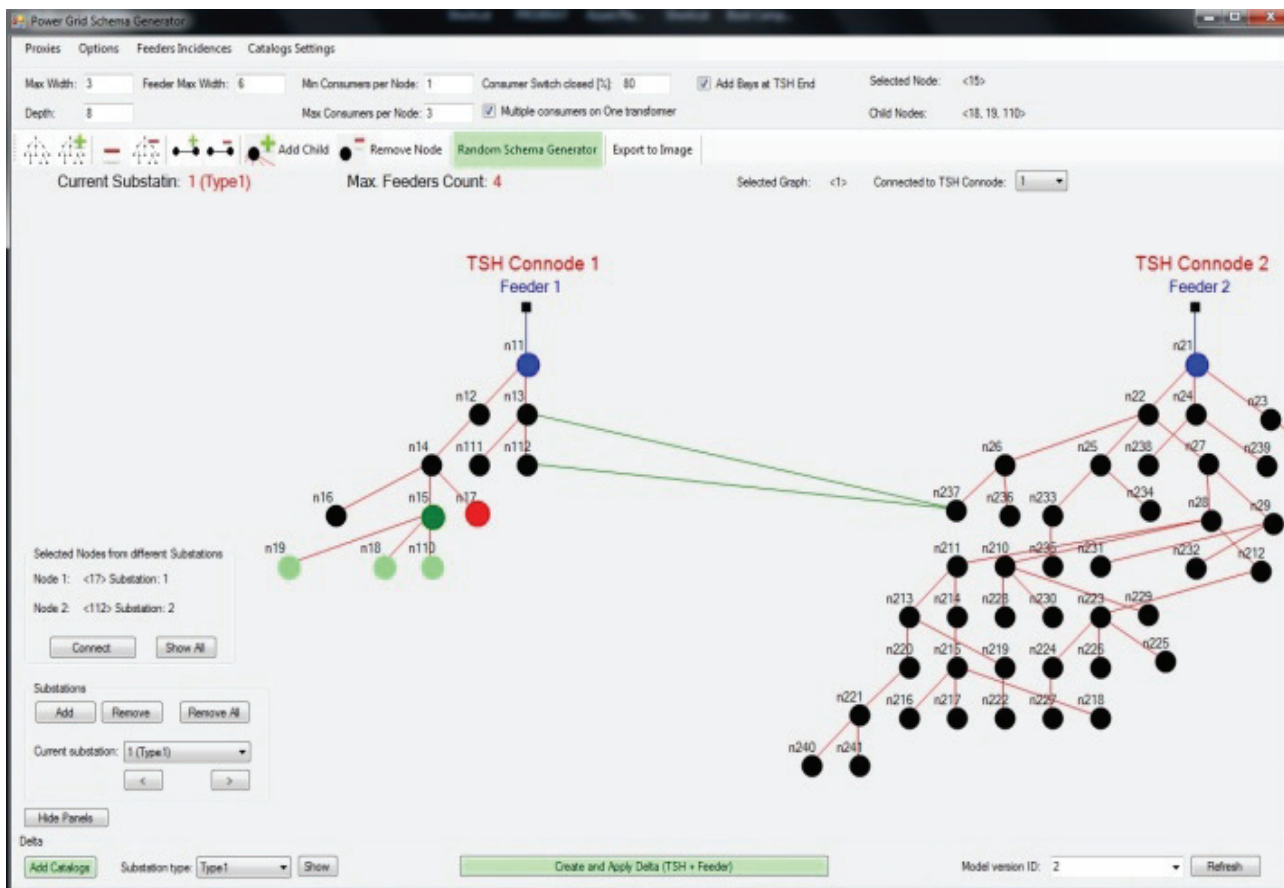
Struktura elektrodistributivne mreže u suštini predstavlja strukturu tipa stablo, te je stoga predstavljamo u vidu grafa [2]. Čvor u većini slučajeva predstavlja sabirnicu, na koju je moguće spojiti potrošače i ostalu elektroenergetsku opremu, dok veza između dva čvora predstavlja određenu vrstu električne veze elemenata, kao

što je električni vod. Parametri koji su neophodni za generisanje grafa su:

- maksimalan broj dece čvorova (na određenoj dubini u grafu) za jedan čvor (**Max Width**),
- maksimalan broj čvorova na jednom nivou u grafu (**Feeder Max Width**) i
- dubina grafa (**Depth**).

Ukratko, algoritam za generisanje grafa radi tako što se prvo kreira roditeljski čvor na 1. nivou grafa, i nakon toga dodaju njegova deca čvorovi (na 2. nivou), i to sve imajući u vidu unesene parametre za generisanje. Dalje, za svako dete čvor na 2. nivou grafa, poziva se rekurzivna metoda, koja do određene dubine (parametar **Depth**) grafa kreira novu decu čvorove. Da bi graf izgledao realnije, roditeljski čvorovi, za koje se kreiraju deca čvorovi (na nivou većem od 2.) biraju se na slučajajan način. Takođe, prati se broj čvorova na svakom nivou i time sprečava mogućnost kreiranja broja čvorova većeg nego maksimalnog, koji je predstavljen parametrom **Feeder Max Width**. Za svaki roditeljski čvor, moguće je dodati određeni broj dece čvorova koji je u intervalu [0, **Max Width**].

Nakon generisanja grafa, poziva se algoritam koji je zadužen za njegovo isctavanje na radnoj površini generatora. Preuzimaju se svi grafovi koji se nalaze u trafostanici, uključujući i novi, te se za svaki od njih isctavaju prvo čvorovi pa veze između njih. U zavisnosti od svog tipa i položaja u okviru grafa, čvorovi i veze dobijaju određenu boju i koordinate.



Slika 3: Generator modela elektroenergetske mreže, glavni prozor

Nakon što su grafovi generisani i za svaku trafostanicu odabran njen tip i dodane željene veze između čvorova grafa, može da otpočne generisanje CIM modela na osnovu svih tih podataka. Algoritam za generisanje CIM modela na osnovu meta-modela dodaje jednu po jednu trafostanicu u bazu podataka i nakon toga se dodaju veze između izvoda koji se nalaze u različitim trafostanicama. Nakon toga se vraća informacija o uspešnosti primene i validaciji svih trafostanica i njihovih elemenata. U slučaju da se dogodila greška prilikom generisanja, ta informacija sadrži opis uzroka i mesta greške.

Za svaku trafostanicu postoji objekat trafostanice, koji u sebi sadrži izvode (grafove) i veze. Prvo se formira CIM model trafostanice na osnovu njenog tipa, i dodaje se u bazu podataka. Nakon toga se vrata informacije o uspešnosti dodavanja trafostanice. U slučaju da ne postoje greške prilikom dodavanja modela trafostanice, sledi generisanje CIM modela izvoda iz trafostanice i njihovo dodavanje u bazu podataka, nakon čega se vrata informacije o uspešnosti njihovog generisanja. U slučaju da ne postoje greške prilikom dodavanja modela izvoda, sledi generisanje CIM modela veza između njih, i njihovo dodavanje u bazu podataka. U toku rada se registruju sve greške prilikom formiranja CIM modela trafostanice, njenih izvoda i veza između njih. U slučaju da trafostanica ili njeni izvodi nisu dobro formirani ili su prosleđeni pogrešni parametri, generisanje se prekida i vraćaju se informacije o uzroku i mestu greške, koje se nakon toga prikazuju korisniku.

Pre dodavanja CIM modela generisane elektroenergetske mreže u bazu podataka, vrši se validacija svih elektroenergetskih elemenata u okviru generisanih trafostanica i njihovih izvoda. Ta validacija se odnosi na proveru ispravne povezanosti elemenata i proveru dozvoljenih vrednosti električnih osobina elemenata (naponi, struje, faznost, ...). U slučaju da validacija nije uspešna, CIM model elektroenergetske mreže se neće dodati u bazu podataka, i prikazaće se uzrok i mesto greške.

4. ZAKLJUČAK

Faza testiranja je veoma značajan korak u toku razvoja i održavanja svakog softverskog rešenja. Imajući to u vidu, javila se potreba za unapređenjem testiranja DMS softvera i to u obliku aplikacije koja bi generisala testni model distribucione mreže, nad kojim bi se vršili razni proračuni i analize raznih modula i funkcionalnosti u sklopu DMS softvera. U ovom radu, proučena je i implementirana jedna takva aplikacija koja pruža mogućnost generisanja modela elektroenergetske mreže i njenih sastavnih elemenata. Generisanje modela može da se vrši na dva načina. Prvi način podrazumeva odabir tipa trafostanice i generisanje njenih izvoda i pripajanje na željenu napajanu tačku trafostanice, i to jedna po jedna trafostanica. Drugi način je u potpunosti automatizovan, i sve što je potrebno je da se odredi broj iteracija (broj trafostanica) i unesu potrebni parametri na osnovu kojih se generišu izvodi za svaku od trafostanica, pripajaju na određene napajane tačke trafostanice i dodaju u bazu

podataka. Nakon toga, model je spreman za proračune i ostale analize u okviru DMS softvera.

Najveću korist iz aplikacije opisane u ovom radu, može imati tim koji je zadužen za testiranje, mada, korist mogu naći i svi ostali koji imaju potrebu za testiranjem modela ili nekih proračuna na osnovu njega. Za ručno generisanje većeg modela elektroenergetske mreže, potrebno je mnogo vremena, dok je veoma velike modele praktično nemoguće ručno generisati. Imajući to u vidu, ovom aplikacijom, pružena je velika ušteda vremena razvojnim i testnim timovima.

U trenutnoj verziji aplikacije, nije moguće generisati različite vrste trafostanica, već se one biraju iz skupa od 6 predefinisanih trafostanica. Takođe, većina trafostanica ima konstantan broj napajanih tačaka na koje je moguće spojiti izvode, što predstavlja još jednu prepreku prilikom generisanja modela, u slučaju da je potrebno spojiti više izvoda, nego što je to moguće od strane trafostanice. Dalja istraživanja i unapređenja aplikacije mogla bi ići u smeru potpune slobode prilikom generisanja celokupnog modela, to jest, dodati mogućnosti kojima se pored generisanja izvoda, generišu i trafostanice na osnovu željenih parametara. Aplikacija ne generiše podatke potrebne za grafički prikaz. Imajući to u vidu, veoma korisno unapređenje bi bilo implementiranje funkcionalnosti, koja za svaki element generisanog modela dodeljuje i informacije koje se tiču njegovog izgleda, položaja (koordinata) i ostalih atributa potrebnih komponentama DMS sistema koje su zadužene za prikaz elektroenergetskih mreža.

5. LITERATURA

- [1] Vladimir C. Strezoski, Osnovi elektroenergetike, Fakultet tehničkih nauka Novi Sad, 1996
- [2] Milo V. Tomašević, Strukture podataka, Elektrotehnički fakultet, Beograd, 2000
- [3] Utility Management System (UMS) Data Access Facility Specification, Object Management Group, 2005
- [4] Essential Windows Communication Foundation, Microsoft .NET Development Series, 2008
- [5] An Introduction to IEC 61970-301 & 61968-11: The Common Information Model, University of Strathclyde, Glasgow, UK, 2007

Kratka biografija:



Srdan Tubin rođen je 27.02.1987. u Banjaluci. Gimnaziju "Petar Kočić" je završio 2006. godine u Novom Gradu. Iste godine upisao je Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, odsek Elektrotehnika i računarstvo, smer Računarstvo i automatika. Bsc diplomu je stekao 2011. godine na usmerenju Računarske nauke i informatika. Iste godine upisuje master studije na usmerenju Primenjene računarske nauke i informatika.

KONSTRUKCIJA PROTOGRAF LDPC KODOVA POMOĆU TEHNIKE CIKLIČNIH PROŠIRENJA**PROTOGRAPH LDPC CODE DESIGN USING CYCLE-LIFTING TECHNIQUE**Vanja Škiljević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U ovom radu dat je kratak opis osobina LDPC kodova, podela i način njihovog dekodovanja. Opisan je algoritam konstruisanja LDPC kodova na osnovu protografa korišćenjem tehnike cikličnih proširenja. Ciklična proširenja su dizajnirana tako da dobijeni kod zadovoljava zadati Approximate cycle extrinsic message degree (ACE) spektar. Zadati ACE spektar je spektar sa ekstremnim karakteristikama, koji implicira dobre osobine koda u domenu praga greške. Dizajnirani kod je kvazi-ciklični kod koji je koristan u praksi zbog jednostavne implementacije koda i dekodera.

Abstract – This paper provides a brief description of the properties of LDPC codes, classification and way of their decoding. Algorithm for design LDPC codes based on protograph using cyclic-liftings technique is described. The liftings are designed carefully to satisfy a certain approximate cycle extrinsic message degree (ACE) spectrum. The target ACE spectrum is one with extremal properties, implying a good error floor performance for the designed code. Designed code is quasi-cyclic code which is useful in practice due to simple encoder and decoder implementation.

Ključne reči: LDPC kod, tailless backtrackless closed (TBC) putanja, cyclic-liftings, protograf, ACE spektar.

1. UVOD

Low-density parity-check (LDPC) kodovi predstavljaju klasu linearnih blok kodova. U najširem smislu LDPC kod je svaki linearni blok kod sa retkom matricom provere parnosti. Ime su i dobili na osnovu karakteristike njihove matrice provere parnosti koja sadrži znatno manji broj jedinica u odnosu na broj nula. Njihova glavna prednost je u tome što obezbeđuju protoke bliske Shannon-ovoj granici za mnogo različitih kanala kao i algoritme za dekodovanje sa linearnom vremenskom kompleksnošću. LDPC kodove je prvi uveo Robert Gallager u svojoj doktorskoj disertaciji 1960. godine [6]. Međutim, zbog poteškoća u računarskoj implementaciji koda i dekodera, LDPC kodovi su bili zanemareni sve do objavljivanja radova MacKay-a i Neal-a 90-ih godina [1]. Danas, LDPC kodovi predstavljaju jednu od najaktuelnijih tema u oblasti teorije kodovanja. LDPC kodovi su implementirani u nekoliko standarda kao što su Ethernet, digitalni video broadcasting i širokopojasne bežične komunikacije.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio docent dr Dejan Vukobratović.

Osnovni metod za dizajniranje LDPC kodova jeste da se generiše slučajna matrica provere parnosti male gustine iz odgovarajućeg ansambla. Ovakvi slučajno dizajnirani kodovi predstavljaju izazov za implementaciju. Osim toga svaki kod mora biti testiran kako bi se osigurala dobre performanse, posebno za male i srednje dužine blokova. Jedan od načina kojim se mogu izbeći ovi problemi jeste konstrukcija LDPC kodova na osnovu protografa.

Kod ove klase kodova konstrukcija grafa počinje od šablona koji se naziva protograf. Protograf služi kao nacrt za konstrukciju LDPC koda proizvoljne veličine, čije se performanse mogu predvideti analizom protografa. U ovom radu predstavljen je jedan od načina za konstrukciju iregularnih protograf LDPC kodova korišćenjem tehnike cikličkih proširenja (*cyclic-lifting*) koji obezbeđuje dobre karakteristike ACE spektra, pod nazivom *ACE Constrained Cyclic Edge Swapping Algorithm* [2].

Matrica provere parnosti ovako formiranih kodova se sastoji od niza matrica koje predstavljaju ciklične pomeraje *identity* (I_N) matrice. Matrice su odabrane tako da Tanner-ov graf ne sadrži podgrafove koji su štetni za algoritam iterativnog dekodovanja.

Ovaj algoritam je implementiran upotrebom softverskog paketa MATLAB, a dobijeni rezultati su prikazani tabelarno.

2. LDPC KODOVI

LDPC kodovi zahvaljujući svojim performansama bliskim kapacitetu kanala, paralelnim i nisko kompleksnim dekodeerima nalaze sve veću primenu u aplikacijama koje zahtevaju pouzdan i efikasan prenos informacija kroz ograničen propusni opseg u prisustvu šuma. Reprerentacija LDPC kodova se može vršiti na dva načina: preko matrice provere parnosti H i grafički preko Tanner-ovih bipartitivnih grafova [3]. Na slici 1 [3] su ilustrovana dva navedena načina predstavljanja LDPC kodova na primeru (8,4) koda (kod sa 8 informacionih i 4 čvorova provere).



Slika 1. Matrična i grafička reprezentacija (8,4) koda

Čvorovi u Tanner-ovom grafu se dele na informacione, v -čvorove (koji odgovaraju informacionim bitima kodne

reči, i ima ih n) i čvorove provere, c -čvorove (koji odgovaraju bitima provere, i ima ih m).

LDPC kodovi se mogu podeliti na regularne i iregularne kodove. LDPC kod se naziva regularnim kodom ukoliko je broj jedinica za svaku kolonu (w_c) matrice provere parnosti konstantan, dok broj jedinica u svakom redu (w_r) iznosi $w_r = w_c(n/m)$, i takođe je konstantan za svaki red. Ukoliko bilo koji od ova dva uslova nije zadovoljen kod je iregularan. Richardson je pokazao da iregularni LDPC kodovi, sa pažljivo odabranim parovima raspodele stepena, ukoliko se za dekodovanje koristi iterativni belief propagation (BP) algoritam, mogu dostići performanse bliže Shannon-ovom kapacitetu nego regularni kodovi [7]. Međutim, regularni kodovi prevazilaze performanse iregularnih u domenu praga greške.

S obzirom na način na koji su konstruisani LDPC kodovi se mogu podeliti u dve grupe: slučajne LDPC kodove i strukturirane LDPC kodove [4]. Kod slučajnih LDPC kodova veze između čvorova se određuju pomoću (pseudo) slučajnog algoritma, uzimajući u obzir raspodelu stepena informacionih čvorova i čvorova provere. Konstrukcija strukturiranih LDPC kodova može biti bazirana na algebri, kombinatorici, geometriji i sl. Za kodove velike dužine slučajno konstruisana matrica provere parnosti daje bolje performanse u odnosu na strukturirane matrice (matrice sa uređenom strukturom, dobijene na osnovu nekog principa). Međutim, za LDPC kodove kratke i srednje dužine slučajne konstrukcije nisu bolje od dobro strukturiranih konstrukcija, koje se u ovom slučaju pokazuju bolje u pogledu performansi korekcije grešaka. Pored toga, korišćenje strukturirane matrice provere parnosti može da dovede do mnogo jednostavnije implementacije, posebno kodovanja. Strukturirani LDPC kodovi omogućavaju i strukturirano dekodovanje, tako da se zahtevana memorija za čuvanje matrice provere parnosti može značajno smanjiti. Strukturirane matrice takođe mogu da obezbede karakteristike obima i minimalnog rastojanja koje je teško dostići slučajnim konstrukcijama kratkih kodova.

Algoritam koji se koristi za dekodovanje LDPC kodova je otkriven nekoliko puta nezavisno i zbog toga postoji nekoliko različitih varijanti i naziva [5][8]. Najznačajniji su: *belief propagation algoritam (BPA)*, *message passing algorithm (MPA)* i *sum-product algorithm (SPA)*. Razlikujemo dve varijante dekodovanja: dekodovanje sa "binarnim odlučivanjem" i dekodovanje sa finim odlučivanjem. Fino odlučivanje dovodi do boljih rezultata dekodovanja. BPA je iterativan algoritam sa linearnom vremenskom kompleksnošću. Osnovna ideja algoritma je da se u svakom koraku vrši razmena poruka između v i c čvorova. Poruke koje se prenose su vrednosti za koje ti čvorovi veruju da određeni čvor v ima, dobijene na osnovu poruka primljenih od čvorova sa kojima su povezani. U svakom od čvorova vrše se novi proračuni. Ovaj postupak se ponavlja sve dok ne budu zadovoljene sve jednačine provere parnosti ili dok se ne izvrši predviđeni broj iteracija [5][8].

3. KONSTRUKCIJA IREGULARNIH LDPC KODOVA KORIŠĆENJEM TEHNIKE CIKLIČNIH PROŠIRENJA

Dizajn LDPC kodova konačne dužine koji imaju dobre karakteristike u *waterfall* domenu [9] i domenu praga

greške je veoma izazovan zadatak. Iregularna raspodela stepena čvorova koja je optimizovana da daje dobre performanse u *waterfall* domenu najčešće prouzrokuje veoma visok prag greške kod slučajno konstruisanih kodova. Zbog toga su ispitivani različiti pristupi kako bi se poboljšale performanse praga greške iregularnih kodova. Konstrukcija strukturiranih LDPC kodova se može vršiti na osnovu protografa primenom različitih kriterijuma dizajniranja. Protograf može biti svaki Tanner-ov graf, pri čemu je uobičajno da to bude graf sa relativno malim brojem čvorova i grana. Protograf LDPC kod je LDPC kod čiji je Tanner-ov graf izveden na osnovu nekog drugog Tanner-ovog grafa, koji se naziva bazni graf ili protograf.

Graf $G=(V_b, V_c, E)$ se sastoji od skupa informacionih čvorova $V_b=\{v_1, \dots, v_n\}$, skupa čvorova provere $V_c=\{c_1, \dots, c_m\}$ i skupa grana E . Svaka grana $e \in E$ povezuje informacioni čvor $v_e \in V_b$ sa čvorom provere parnosti $c_e \in V_c$. Za dati graf imamo odgovarajuću $m \times n$ matricu provere parnosti $H = [h_{ij}]$, gde je $h_{ij}=1$ ako i samo ako $\{v_j, c_i\} \in E$.

Direktna putanja dužine n u grafu G je neprazna naizmenična sekvenca $v_0 e_1 v_1 \dots v_{n-1} e_n v_n$ koja je sačinjena od čvorova i grana iz grafa G , pri čemu je $e_i = \{v_{i-1}, v_i\}$ za svako i takvo da je $1 \leq i \leq n$. Ukoliko su dva krajnja čvora ista tj. ako $v_0 = v_n$, putanja je zatvorena. Zatvorena putanja je bez povratnih traka (*backtrackless*) ukoliko $e_i \neq e_{i+1}$ za svako i takvo da je $1 \leq i \leq n-1$. Zatvorenu putanju bez povratnih traka nazivamo putanjom bez repa (*tailless*) ako je $e_n \neq e_1$. Za putanje koje su zatvorene, bez povratnih traka i bez repa koristi se skraćenica TBC (*tailless backtrackless closed*) putanje.

3.1 Tehnika cikličnih proširenja koja daje dobre karakteristike ACE spektra

Posmatrajmo simetričnu grupu S_N svih mogućih permutacija nad setom celih brojeva $Z_N=\{0, \dots, N-1\}$, sa operacijom definisanom kao kompozicija (preslikavanje $f: S \times S \rightarrow S$). Neka je C_N ciklična podgrupa od S_N koja se sastoji od N cikličnih permutacija definisanih sa $\pi_d(i) = i + d \pmod N$, $d \in Z_N$. Permutacija π_d odgovara d cikličnih pomeraja u desno. U skladu sa permutacijom π_d definišemo permutacionu matricu $I^{(d)}$ čiji su redovi dobijeni cikličnim pomeranjem svih redova *identity* matrice I_N za d u levo. Parametar d nazivamo pomerajem permutacije π_d [2].

Konstrukcija proširenog grafa $G'=(V', E')$ na osnovu grafa $G=(V, E)$ vrši se na sledeći način. Prvo se napravi N kopija grafa G tako da za svaki čvor $v \in V$ imamo N kopija $v'=\{v^0, \dots, v^{N-1}\}$ u V' . Za svaku granu $e=\{u, v\} \in E$, primenjujemo permutaciju $\pi^e \in C_N$ na N kopija grane e u E' tako da grana $\{u^i, v^j\}$ pripada skupu grana E' ako i samo ako je $\pi^e(i) = j$. Set ovakvih grana koji odgovara grani e označen je sa e' . Dobijeni graf G' se naziva ciklični N -prošireni graf grafa G , dok je graf G označen kao bazni graf ili protograf grafa G' . Takođe, primena permutacije $\pi^e \in C_N$, na N kopija grane e nazivamo cikličnim pomeranjem grane [2].

Proširenom grafu G' pridružujemo LDPC kod C' nazvan proširenim kodom, čija matrica provere parnosti H' ima dimenzije $mN \times nN$. Matrica H' se sastoji od mn podmatrica $[H']_{ij}$, $1 \leq i \leq m$, $1 \leq j \leq n$, gde je svaka podmatrica dimenzija $N \times N$, i raspoređene su u m redova

i n kolona. Podmatrica $[H']_{ij}$ u redu i i koloni j je ciklična permutaciona matrica iz C_N koja odgovara grani $\{v_j, c_i\}$ kada je $h_{ij}=1$ (element matrice H baznog grafa), a u suprotnom podmatrica $[H']_{ij}$ je matrica čiji su svi elementi 0.

Matrica $D = [d_{ij}]$ definisana na osnovu $[H']_{ij} = I^{(d_{ij})}$, $d_{ij} \in Z_N$ ako je $h_{ij}=1$, a u suprotnom $d_{ij} = +\infty$, naziva se matricom permutacionih pomeraja grana i u potpunosti opisuje proširenu matricu H' a samim tim u potpunosti opisuje i kod C' .

ACE vrednost TBC putanje W dužine l u Tannerovom grafu se definiše na sledeći način:

$$ACE(W) = \sum_i (d_i - 2) \quad (1)$$

gde d_i predstavlja stepen i -tog informacionog čvora u putanji W , a sumiranje se vrši obuhvatajući svih $l/2$ informacionih čvorova putanje W [2]. Za zadati LDPC kod predstavljen Tanner-ovim grafom G ACE spektar do dubine d_{max} je definisan kao d_{max} -torka: $\eta(G) = (\eta_2, \dots, \eta_{2d_{max}})$, gde je η_{2i} , $i=1, \dots, d_{max}$, definisano kao najmanja ACE vrednost svih petlji dužine $2i$ u grafu G . Ukoliko u grafu G ne postoji petlja dužine $2i$ vrednost spektralne komponente $\eta_{2i} = +\infty$. Poželjno je imati što veće ACE spektralne komponente za petlje male dužine. Za definisani ACE spektar $\eta = (\eta_2, \dots, \eta_{2d_{max}})$ i LDPC kod predstavljen Tanner-ovim grafom G , ako za svaku vrednost i , $1 \leq i \leq d_{max}$, sve petlje dužine $2i$ u grafu G imaju ACE vrednost veću ili jednaku vrednosti spektralne komponente η_{2i} , taj LDPC kod nazivamo (d_{max}, η) ACE ograničenim kodom.

Prilikom konstrukcije kodova u ovom radu kreće se od zadanog ACE spektra $\eta = (\eta_2, \dots, \eta_{2d_{max}})$ dubine d_{max} i zadanog baznog grafa sa raspodelom stepena čvorova (λ, ρ) , zatim se dizajniraju permutacioni pomeraji grana tako da prošireni kod bude (d_{max}, η) ACE ograničen. Kao rezultat dobijamo (d_{max}, η) ACE ograničen kod C' dužine nN gde N predstavlja stepen proširenja. Prošireni kod ima istu raspodelu stepena čvorova (λ, ρ) kao i bazni kod.

Da bi se dizajnirala proširenja koja zadovoljavaju ACE spektar $\eta = (\eta_2, \dots, \eta_{2d_{max}})$, potrebno je da se eliminišu sve petlje dužine $2i$ koje imaju ACE vrednost manju od η_{2i} u proširenom grafu. Da bi se eliminisale ove petlje u proširenom grafu svi podgrafovi baznog grafa čije inverzne slike uključuju takve petlje sa niskim ACE vrednostima trebaju biti identifikovani i tretirani primenom ACE ograničenog algoritma sa cikličnim pomerajima grana.

Ako posmatramo ciklički N -prošireni graf G' grafa G i putanju W dužine l u G koja počinje od informacionog čvora v i završava se na informacionom čvoru v' i koja sadrži grane e_1, \dots, e_l , s obzirom na grane koje učestvuju u putanji imamo skup permutacionih pomeraja d_1, \dots, d_l . Permutacioni pomeraj koji mapira \tilde{v} , inverznu sliku čvora v u G' u \tilde{v}' , inverznu sliku od v' u grafu G' , kroz putanju W' se izračunava pomoću sledeće formule:

$$d = \sum_{i=0}^{l-1} (-1)^i d_{i+1} \text{ mod } N \quad (2)$$

ili ekvivalentno, iskazano preko matrica:

$$I^{(d)} = I^{(d_1)} x I^{(N-d_2 \text{ mod } N)} x \dots x I^{(N-d_l \text{ mod } N)} \quad (3)$$

Vrednost d data predhodnim formulama naziva se permutacionim pomerajem putanje od v ka v' , i u suštini predstavlja pomeraj koji odgovara kompoziciji permutacija grana koje čine putanju.

U ciklički proširenom grafu, sa stepenom proširenja N , red TBC putanje W , je dat izrazom:

$$O(W) = N/\text{gcd}(N, d) \quad (4)$$

gde je d permutacioni pomeraj koji odgovara putanji W , a $\text{gcd}(N, d)$ označava najvećeg zajedničkog delioca brojeva N i d [2].

3.2 Koraci ACE ograničenog algoritma sa cikličnim pomerajima grana

Postupak ovog algoritma sastoji se u pronalaženju problematičnih TBC putanja male dužine u grafu G , za koje se zatim vrši izbor permutacionih pomeraja grana od kojih se one sastoje, tako da bude obezbeđeno da inverzne slike ovih putanja nisu petlje sa malom ACE vrednošću.

Pronalaženje TBC putanja u baznom grafu se vrši tako što se razvija stablo iz svakog informacionog čvora grafa G , kao korena stabla, nivo po nivo. Zatim se posmatraju one putanje koje prolaze kroz korenski čvor na nekom od nivoa stabla. Svaki nivo stabla konstruisan je prvo uključujući sve čvorove provere koji su susedi datog informacionog čvora, izuzev njegovog roditeljskog čvora, a zatim, uključujući i sve informacione čvorove susede ovih čvorova provere, izuzev njihovih roditeljskih čvorova. Ovakvim načinom konstrukcije dobijene putanje od interesa su zatvorene i bez povratnih traka. Kako bismo dobili TBC putanje potrebno je još samo od ovih putanja izabrati one koje su i bez repa. Da bismo pronašli TBC putanje sa dužinama do $2d_{max}$ potrebno je svako stablo razviti do d_{max} nivoa. Nakon što su pronađene sve TBC putanje izdvajaju se one putanje koje su problematične.

Za zahtevani ACE spektar $\eta(G') = (\eta_2, \eta_4, \dots, \eta_{2d_{max}})$ ciklički N -proširenog grafa G' i TBC putanju W dužine ω i ACE vrednosti $\eta(W)$ u grafu G , TBC putanja W je označena kao (potencijalno) problematična ako postoji delioc k broja N takav da je:

$$k\omega \leq 2d_{max} \text{ i } k\eta(W) < \eta_{k\omega} \quad (5)$$

Praktično, problematične TBC putanje su one putanje čije su inverzne slike u proširenom grafu petlje koje narušavaju zahtevani ACE spektar. Zbog toga je potrebno pažljivo odrediti permutacione pomeraje grana problematičnih putanja. Ako su granama permutacioni pomeraji dodeljeni tako da je $O(W)=k$, gde je k pozitivan ceo broj koji zadovoljava navedene uslove, tada će $k\omega$ -ta komponenta zahtevanog spektra, $\eta_{k\omega}$, biti narušena inverznom slikom putanje W .

Nakon određivanja skupa svih problematičnih putanja, potrebno je izvršiti njihovo sortiranje. Kriterijum po kome se vrši sortiranje može biti komponenta zahtevanog spektra koju ta putanja narušava, odnosno proizvod $k\omega$ koji pokazuje koja komponenta spektra će biti narušena. Kada je formiran uređen set problematičnih putanja, u sledećem koraku se prolazi kroz ovaj set, putanju po putanju, i vrši dodeljivanje permutacionih pomeraja

izabranim granama iz posmatrane TBC putanje tako da inverzna slika te putanje ne narušava zahtevani ACE spektar proširenog grafa. Strategija koja se pri tome primenjuje jeste da se izabere minimalan broj grana iz putanje W koje će biti pomerene, a koji omogućuje da inverzna slika od W zadovolji ACE spektar, pri čemu se vodi računa o tome da se očuvaju postignuti rezultati dobijeni procesiranjem predhodnih problematičnih putanja.

Cilj ovog algoritma je da se postigne ACE spektar određene dubine d_{max} sa ekstremnim karakteristikama (spektar sa maksimalnim vrednostima ACE komponenti za zadati ansambl kodova). Ovo se pokušava postići maksimizovanjem jedne po jedne komponente ACE spektra, počevši od komponente η_2 i idući ka komponenti $\eta_{2d_{max}}$. Idealan slučaj jeste da se postigne da je $\eta_{2i} = +\infty$, za svako i takvo da je $1 \leq i \leq d_{max}$. Za kratke kodove ovo je relativno teško postići za vrednosti d_{max} veće od 3.

4. NUMERIČKI REZULTATI

Protograf koji je korišćen u ovom radu za konstrukciju proširenih grafova ima parametre $n=30$, $m=15$ i dobijen je primenom PEG algoritma. Korišćeni protograf ima raspodelu stepena informacionih čvorova oblika: $\lambda(x)=0.2333x + 0.2250x^2 + 0.1667x^4 + 0.3750x^{14}$ i raspodelu stepena čvorova provere oblika: $\rho(x)=0.0583x^2 + 0.867x^7 + 0.0747x^8$. ACE spektar ovog protografa je $(+\infty, 3, 2, 1, 1)$.

Nad ovim protografom primenjen je ACE ograničen algoritam sa cikličnim pomerajima grana. Kao rezultat algoritma dobijena je matrica provere parnosti N -proširenog grafa. Zatim je određen ACE spektar dobijenih proširenih matrica.

Izvršeno je ispitivanje za nekoliko vrednosti stepena proširenja N i to za vrednosti: 5, 10, 15, 20, 25 i 30 i dobijeni su sledeći rezultati za ACE spektar N -proširenih grafova.

Tabela 1. Vrednosti ACE spektra dizajniranih kodova

Stepen proširenja (N)	Dobijeni ACE spektar
5	$(+\infty, 16, 2, 2)$
10	$(+\infty, 26, 4, 2)$
15	$(+\infty, 26, 15, 2)$
20	$(+\infty, +\infty, 14, 3)$
25	$(+\infty, +\infty, 16, 4)$
30	$(+\infty, +\infty, 17, 8)$

5. ZAKLJUČAK

Mnogobrojna istraživanja izvršena su u oblasti konstrukcije LDPC kodova, kako bi se obezbedile što bolje performanse. U novije vreme sve više pažnje je usmereno na konstrukciju tzv. protograf LDPC kodova, koji pokazuju dobre karakteristike u poređenju sa drugim načinima konstrukcije. Prilikom konstrukcije LDPC kodova ovom tehnikom veoma je bitno dobro izabrati bazni kod na osnovu koga se konstruiše prošireni LDPC protograf kod.

Cilj algoritma opisanog u ovom radu jeste da se performanse koda poboljšaju obezbeđivanjem visokih vrednosti ACE spektralnih komponenti, odnosno obezbeđivanjem da u proširenom kodu ne postoje petlje male dužine ili da one imaju što je moguće veće ACE vrednosti. Na osnovu numeričkih rezultata dobijenih u ovom radu zaključujemo da je ACE spektar N -proširenih kodova dosta bolji od spektra koda čiji je graf korišćen kao bazni graf. Sa porastom stepena proširenja, N , raste alfabet za permutacione pomeraje grana, i uočljivo je da se poboljšavaju i karakteristike ACE spektra. Za veće vrednosti parametra N (20,25,30) postignute su vrednosti spektralnih komponenti $\eta_2 = +\infty$ i $\eta_4 = +\infty$, čime je obezbeđeno da u proširenom kodu neće postojati petlje dužine 2 i 4.

Predstavljeni algoritam poboljšava karakteristika ACE spektra koda, posebno za petlje male dužine, a samim tim obezbeđuje i poboljšanje karakteristika koda po pitanju praga greške.

6. LITERATURA

- [1] D. MacKay, R. Neal, "Good codes based on very sparse matrices," Cryptography and Coding, 5th IMA Conf., C. Boyd, Ed., Lecture Notes in Computer Science, Oct. 1995.
- [2] R. Asvadi, A. H. Banihashemi, M. Ahmadian-Attari, "Design of Finite-Length Irregular Protograph Codes with Low Error Floors over the Binary-Input AWGN Channel Using Cyclic Liftings", IEEE, Feb. 2011
- [3] A. Shokrollahi "LDPC Codes: An Introduction", Digital Fountain, Inc., 39141 Civic Center Drive, Fremont, CA 94538, Apr. 2003
- [4] Bi-Woong Chung, "Efficient Design of Structured LDPC Codes", A Dissertation Submitted to the Graduate School of Yonsei University, Dec. 2005
- [5] R. B. Shinde, "Analysis of Belief Propagation Decoder of LDPC Codes", SUID: 5445365, June 14, 2007
- [6] R. G. Gallager, "Low-Density Parity-Check Codes", M.I.T. Press, Cambridge, MA, 1963
- [7] Thomas J. Richardson, M. Amin. Shokrollahi and Rüdiger L Urbanke, "Design of Capacity-Approaching Irregular Low-Density Parity Check Codes", IEEE Transactions on Information Theory, vol. 47, no. 2, February 2001
- [8] Sanjeev Arora, Constantinos Daskalakis, David Steurer, "Message-Passing Algorithms and Improved LP Decoding", Princeton University, June 2009
- [9] Shu Lin, Daniel J. Costello, "Error Control Coding", (2nd Edition), Prentice Hall, June 7, 2004

Kratka biografija:



Vanja Škiljević rođena je u Sarajevu 1989. god. Diplomski - master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Telekomunikacije, odbranila je 2012.god.

KONSTRUKCIJA LDPC KODOVA POMOĆU ACE SPEKTRA**LDPC CODE DESIGN USING ACE SPECTRUM**Slađana Jošilo, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast - ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U ovom radu je dat pregled osnovnih osobina LDPC (Low-Density Parity-Check Codes) kodova i izloženi su originalna i modifikovane verzije ACE (Approximate Extrinsic Message Degree) algoritma za konstrukciju iregularnih LDPC kodova. Bazirajući se na ACE metrici petlje u grafu LDPC koda, opisan je algoritam za dobijanje ACE spektra koji se pokazao kao moćan alat za dobijanje preliminarnih podataka o performansama analiziranog koda. Izvršen je osvrt i na problematične strukture (stopping sets, trapping sets i absorbing sets) koje nastaju u Tannerovom grafu i imaju negativan uticaj na prag greške i pouzdanost belief-propagation algoritma dekodovanja i predložene su neke od tehnika za ograničavanje formiranja ovih struktura.

Abstract – This paper discusses basic characteristics of LDPC codes. The original and the modified version of the ACE constrained LDPC code design are described. Building upon the ACE metric associated with a cycle in a code graph, an algorithm for the construction of the ACE spectrum of LDPC codes is described which has proven to be a useful tool for obtaining preliminary information on the performance of the analyzed code. An overview of the problematic structures (stopping sets, trapping sets and absorbing sets) which occur in a Tanner graph, is given. Since these problematic structures have the dominant impact on the error floor and the performance of the belief-propagation decoding algorithm, some techniques for restricting these structures are proposed.

Cljučne reči: LDPC kodovi, extrinsic message degree (EMD), approximate extrinsic message degree (ACE), stopping sets, absorbing sets, trapping sets

1. UVOD

LDPC kodove je prvi predložio Robert Gallager u njegovoj doktorskoj disertaciji iz 1960. godine. Međutim na ove kodove značajna pažnja nije usmerena sve do sredine 90-tih godina, od kada postaju vrlo atraktivna oblast u teoriji kodovanja. Spadaju u linearne blok kodove sa performansama bliskim kapacitetu u slučaju primene u različitim kanalima, a karakteriše ih i efikasan algoritam dekodovanja sa linearnom vremenskom kompleksnošću. Iz tih razloga LDPC kodovi su usvojeni od strane različitih standarda kao što su: DVB-S2, ITU-T G.hn standard za kućne mreže, 10Gbase - T Ethernet, WiMAX, Wi-Fi 802.11 itd. Ovi kodovi nalaze sve veću primenu u aplikacijama koje zahtevaju pouzdan i vrlo efikasan

prenos informacija kroz ograničen propusni opseg u prisustvu šuma koji degradira prenos.

Fokus u ovom radu je stavljen na posebnu klasu algoritama za konstrukciju iregularnih LDPC kodova, koji preko uslovljavanja petlji popravljaju performanse u regionu praga greške. U tu svrhu uvedene su dve metrike: EMD (Extrinsic Message Degree) i aproksimativna EMD (Approximate Extrinsic Message Degree) - ACE metrika. Na osnovu ACE metrike predloženo je nekoliko različitih algoritama koji u osnovi imaju istu ideju.

Prvi algoritam jeste tzv. ACE konstrukcija LDPC kodova koja uslovljava da sve petlje u grafu do neke dubine imaju ACE vrednost veću od unapred zadatog praga. Drugi od opisanih algoritama ne služi za konstrukciju matrice provere parnosti \mathbf{H} (kao što je slučaj sa ostalim algoritmima) nego za proveravanje ACE spektra već konstruisanog LDPC koda. Treći algoritam jeste nadogradnja prvog u smislu da se za petlje različite dužine postavljaju različiti ACE uslovi. Poslednji algoritam opisan u radu uvodi dodatno uslovljavanje petlji, koje se odnosi na eliminisanje apsorbirajućih skupova, čije prisustvo značajno degradira performanse koda. Svi algoritmi su realizovani u softverskom paketu MATLAB, a postignuti rezultati su ilustrovani slikama i tabelama.

2. LDPC KODOVI

LDPC kodovi su kodovi za ispravljanje grešaka koji spadaju u klasu linearnih blok kodova. Ime im potiče od osobine da njihova matrica provere parnosti \mathbf{H} sadrži mali broj 1 u poređenju sa velikim brojem 0 [3]. Upravo ova osobina matrice \mathbf{H} obezbeđuje malu kompleksnost dekodovanja, što je i jedna od prednosti ovih kodova. Prema načinu konstrukcije matrice provere parnosti, LDPC kodovi se mogu podeliti u dve osnovne grupe: regularni i iregularni LDPC kodovi. Regularni LDPC kodovi imaju osobinu da je broj 1 za svaku vrstu/kolonu matrice \mathbf{H} fiksna, dok za iregularne kodove ovo ograničenje ne postoji, tako da oni u tom smislu imaju dodatan stepen slobode. Obe ove vrste kodova mogu biti predstavljene kako preko matrične reprezentacije (preko matrice \mathbf{H} i \mathbf{G}), tako i preko bipartitivnog (Tannerovog) grafa [1]. Dve grupe čvorova u Tannerovom grafu su: *variable nodes*, po jedan čvor za svaki od n bita kodne reči i *check nodes*, po jedan čvor za svaki od m bita provere parnosti (ovi čvorovi se obično nazivaju v -čvorovi i c -čvorovi, redom). Iregularni kodovi, pokazuju izvesnu prednost po pitanju dostižnih performansi u odnosu na regularne LDPC kodove. Glavni konkurenti LDPC kodova u bežičnim komunikacijama, kao najvažnijoj oblasti njihove primene, jesu turbo kodovi. Međutim, pokazalo se da LDPC kodovi imaju mnogo manju kom-

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio docent dr Dejan Vukobratović.

pleksnost dekodovanja, što im u mnogim primenama daje prednost u odnosu na turbo kodove. Za LDPC kodove, takođe važi da mogu da ostvare performanse koje su bliže Šenonovoj granici [4]. Sve ovo je dovelo do toga da su LDPC kodovi postali atraktivna i vrlo privlačna oblast rada mnogih istraživača iz oblasti kodovanja, koji se trude da razviju nove algoritme za konstruisanje LDPC kodova sa što boljim performansama.

3. DEKODOVANJE LDPC KODOVA

Dekodovanje LDPC kodova vrši se pomoću iterativnog algoritma dekodovanja, poznatog pod više različitih naziva (*message passing* algoritam, *belief propagation* algoritam i *sum – product* algoritam). Ovaj algoritam ima osobinu da je osetljiv na prisustvo malih petlji u grafu i važi da je suboptimalan u prisustvu jedne ili više petlji u Tanerovom grafu.

Osnovna ideja iterativnog dekodovanja, jeste da čvorovi bita (v -čvorovi) i čvorovi provere parnosti (c -čvorovi) međusobno razmenjuju poruke o tome šta "oni misle" koje su vrednosti v -čvorova, i to se ponavlja sve dok sve jednačine provere parnosti ne budu zadovoljene ili dok se ne izvrši maksimalan zadati broj iteracija.

Jedna od osnovnih prednosti LDPC kodova potiče upravo od osobine da iterativni algoritam koji se koristi za njihovo dekodovanje ima linearnu vremensku kompleksnost [2].

4. SELEKTIVNO IZBEGAVANJE PETLJI PRI KONSTRUKCIJI IREGULARNIH LDPC KODOVA

Konstrukcija LDPC kodova male i srednje dužine, koji imaju nizak prag greške spada u vrlo izazovne oblasti istraživanja. Obično, glavni cilj kod konstruisanja LDPC kodova, jeste da se graf koda oslobodi od podgrafa koji mogu uzrokovati problem *belief-propagation* dekoderu. Kao što je već poznato, konvencionalne tehnike koje uslovljavaju petlje prilikom konstrukcije LDPC kodova utiču samo na obim (dužinu najkraće petlje) koda.

Međutim, pokazano je da na performanse koje se odnose na prag greške, ne utiče samo dužina petlje, nego i njena povezanost sa ostatkom grafa.

Pošto sve petlje male dužine nisu podjednako "opasne", selektivno izdvajanje više "opasnih" petlji bi za rezultat imalo efikasno uslovljavanje petlji [7].

Stopping set ili zaustavni skup je takav skup v -čvorova na koga su svi njegovi susedi (c -čvorovi) povezani najmanje dva puta [7]. Ovaj skup v -čvorova je od posebnog značaja za dekodovanje, zbog toga što performanse iterativnog dekodovanja LDPC kodova mogu biti određene veličinom najmanjeg zaustavnog skupa.

U opštem slučaju, zaustavni skupovi u sebi sadrže veći broj petlji. Zaustavni skup koji bi formirao samo jednu petlju, bi se sastojao samo od v -čvorova čiji je stepen jednak 2.

Pošto svaki zaustavni skup sadrži jednu ili više petlji, na veličinu ovog skupa je moguće uticati preko uslovljavanja petlji. U svrhu razvijanja algoritama koji uslovljavanjem petlji prilikom konstrukcije matrice \mathbf{H} ograničavaju formiranje "kritičnih" struktura u grafu uvode se dve metrike:

- EMD (*Extrinsic message degree*) i
- ACE (*Aproximate extrinsic message degree*),

koje pokazuju stepen povezanosti petlje sa ostatkom grafa [6]. Za posmatranu petlju C u grafu LDPC koda, EMD metrika se definiše kao broj grana ($E^{ext}(V_c)$) koje povezuju v -čvorove koji učestvuju u petlji C (V_c) sa skupom c -čvorova koji su na skup V_c povezan samo jednom ($C^{ext}(V_c)$), odnosno:

$$EMD(C) = |E^{ext}(V_c)|. \quad (1)$$

Međutim, pronalaženje EMD vrednosti petlje nije nimalo lak zadatak, zbog čega se uvodi ACE metrika koja pored skupa $E^{ext}(V_c)$, u obzir uzima i broj grana ($E^{cut}(V_c)$) koje povezuju v -čvorove koji učestvuju u petlji C (V_c) sa skupom c -čvorova koji ne učestvuju u petlji C i na skup V_c su povezani najmanje dva puta ($C^{cut}(V_c)$), odnosno:

$$ACE(C) = |E^{ext}(V_c)| + |E^{cut}(V_c)|. \quad (2)$$

ACE metrika se može lako izračunati na sledeći način:

$$ACE(C) = \sum_{v \in V_c} (d(v) - 2), \quad (3)$$

gde suma prolazi kroz sve v -čvorove u petlji C , a sa $d(v)$ je označen stepen v -čvorova. ACE vrednost v -čvorova stepena d je jednaka $d - 2$, a ACE vrednost c -čvorova je jednaka 0.

Kao što je pokazano iznad, v -čvor sa malim stepenom ima malu ACE (EMD) vrednost i ACE vrednost je jednaka 0 za v -čvorove čiji je stepen 2. Prema tome, v -čvorovi sa malim stepenom, formiraju petlje sa malom ACE (EMD) vrednošću, što ukazuje na to da su takve petlje slabo povezane sa ostatkom grafa.

5. ALGORITMI KOJI SU RAZVIJENI U RADU I POSTIGNUTI REZULTATI

U ovom radu posebna pažnja je obraćena na konstrukciju iregularnih LDPC kodova i problematične strukture kao što su *stopping sets*, *absorbing sets* i *traping sets*, koje su najčešće proučene formiranjem više od jedne petlje u Tanerovom grafu. Zajedničko za sve ove strukture je to što značajno ugrožavaju performanse u regionu praga greške i otežavaju posao dekodovanja. S obzirom da je uočena veza između postojanja ovih struktura i petlji u grafu, uslovljavanje petlji prilikom konstrukcije matrice provere parnosti \mathbf{H} se javlja kao logična ideja koja bi formiranje ovih struktura dovela pod kontrolu. U tu svrhu se koristi iznad opisana ACE metrika.

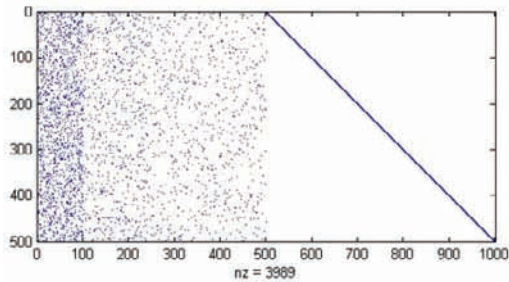
U nastavku je opisan originalni ACE algoritam za konstruisanje LDPC kodova, koji uvodi uslov da sve petlje dužine $2d_{max}$ i manje imaju ACE metriku koja je veća od nekog unapred zadatog praga η_{ACE} . Ovakva konstrukcija LDPC kodova značajno popravljaju performanse u regionu praga greške. Problem na koji se nailazi u slučaju ovog algoritma, je vezan za povećavanje vrednosti jednog ili oba parametra iz para (d_{max}, η_{ACE}) , jer u tom slučaju dolazi do računarskih problema, tako da pronalaženje kompatibilnih vrednosti parametara d_{max} i η_{ACE} postaje težak zadatak (ili čak nerešiv u slučaju suviše velikih vrednosti ovih parametara).

Petlja se javlja ukoliko se na dve različite pozicije u stablu nađu dva ista čvorova. ACE vrednost petlje C nastale u stablu čiji je koren čvor v_0 se određuje sabiranjem ACE vrednosti putanja ($p1$ i $p2$) koje su je formirale i oduzimanjem duplo uračunatih ACE vrednosti korena v_0 i čvorova μ_i koji se ponovo javio u stablu, odnosno:

$$ACE(C) = ACE(p1) + ACE(p2) - ACE(v_0) - ACE(\mu_t), \quad (4)$$

gde važi da je $ACE(\mu_t) = \text{degree}(\mu_t) - 2$, ukoliko je μ_t v -čvor, odnosno $ACE(\mu_t) = 0$, ukoliko je μ_t c -čvor [7].

Ideja algoritma je da se svaki put kada se naide na čvor koji se već pojavio u stablu prvo proveriti da li formirana petlja zadovoljava postavljeni ACE kriterijum i u tom slučaju izbor putanje koja će ostati aktivna (nastaviti da se razvija kroz stablo) se vrši tako što se za aktivnu putanju bira ona koja trenutno ima najmanju ACE vrednost. Ako sve putanje koje idu do posmatranog čvora imaju istu ACE vrednost, za aktivnu putanju se bira ona koja sadrži pretka (čvor na prethodnom nivou) sa najmanjim indeksom. Na ovaj način se kompleksnost koja bi bila eksponencijalna u slučaju da se sve putanje održavaju aktivnim, spušta na linearnu kompleksnost. Pri tome, ovo je sasvim opravdan pristup, jer kada se posmatraju sve putanje koje vode do istog čvora, "najkritičnije" jesu one čija je ACE vrednost najmanja. Potrebno je i naglasiti da se algoritam zaustavlja (tj. ponovo se vrši generisanje kolone u matrici \mathbf{H} koja odgovara trenutnom korenu) u slučaju da je u stablu razvijenom za posmatrani v -čvor pronađena petlja čija je ACE vrednost striktno manja od zadatog praga. Prikaz matrice \mathbf{H} , generisane ovim algoritmom dat je na slici 1.

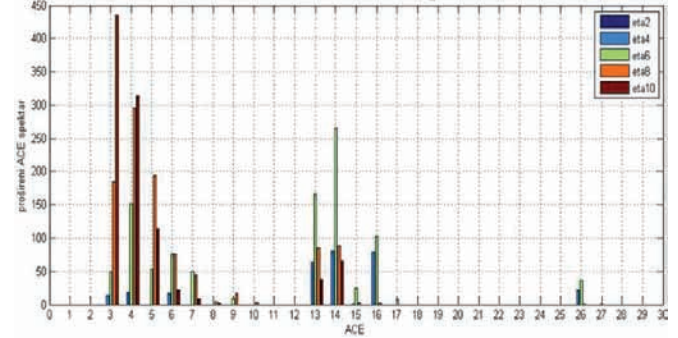


Slika 1. Matrica \mathbf{H} generisana originalnim ACE algoritmom

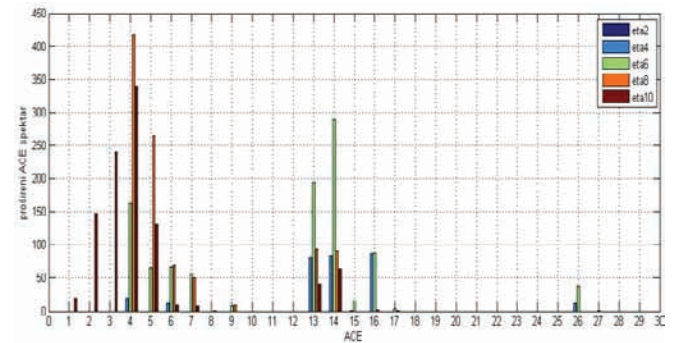
Drugi opisani algoritam se odnosi na proveravanje ACE vrednosti za sve petlje do dužine $2d_{max}$ za matricu \mathbf{H} , konstruisanu proizvoljnim algoritmom. Izlaz iz algoritma jeste ACE spektar koda za zadatu dubinu stabla d_{max} . S obzirom da je uočeno da ACE spektar u velikom broju slučajeva ima korelaciju sa rezultatima koje daje BER (Bit Error Rate), pokazao se kao koristan i brz alat za dobijanje preliminarnih podataka o performansama koda. ACE spektar koda se definiše preko ACE spektra čvora. ACE spektar čvora v jeste vektor od d_{max} komponenti koje predstavljaju minimalne ACE vrednosti svih petlji dužine $2i < 2d_{max}$, u kojima posmatrani v čvor učestvuje. ACE spektar koda jeste vektor od d_{max} komponenti koje predstavljaju minimalne ACE vrednosti svih petlji dužine $2i < 2d_{max}$. Prelaskom sa ACE spektra čvora na ACE spektar koda (iz praktičnih razloga) izgubljen je značajan deo informacija o samom kodu. U tu svrhu, kao i radi praktičnog grafičkog predstavljanja ACE spektra uvodi se tzv. prošireni ACE spektar koda, koji sadrži informaciju o tome koliki je broj čvorova koji učestvuju u petljama sa parametrima $(2i, j)$, gde je $2i$ dužina petlje, čija je maksimalna vrednost $2d_{max}$, a j , ACE vrednost petlje, čija je maksimalna vrednost $i(d_{max}(v) - 2)$ ($d_{max}(v)$ predstavlja maksimalan moguć stepen v -čvora) [6].

Na slikama 2, 3 i 4. prikazani su prošireni ACE spektri za (500, 1000) LDPC kodove konstruisane originalnim ACE

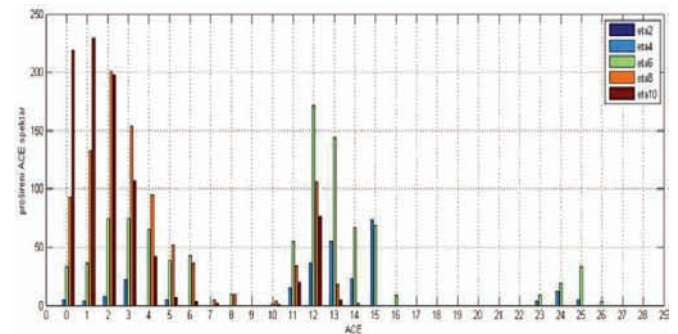
(5, 3) i (4, 4) algoritmom kao i za slučajno generisan (500, 1000) LDPC kod. U sva tri slučaja su korišćene sledeće raspodele stepena čvorova: $\lambda(x) = 0.2449x + 0.20298x^2 + 0.00055x^3 + 0.17234x^4 + 0.37923x^{14}$ i $\rho(x) = x^7$.



Slika 2. Prošireni ACE spektar za (500, 1000) iregularni LDPC kod konstruisan (5,3) ACE algoritmom



Slika 3. Prošireni ACE spektar za (500, 1000) iregularni LDPC kod konstruisan (4,4) ACE algoritmom



Slika 4. Prošireni ACE spektar za (500, 1000) iregularni LDPC kod konstruisan na slučajni način

Parametar d_{max} u algoritmu za traženje spektra je postavljen na 5, zbog čega imamo po 5 komponenti spektra. Sa slike se očitavaju sledeći spektri respektivno: $(\infty, 3, 3, 3, 3)$, $(\infty, 4, 4, 4, 1)$, $(\infty, 0, 0, 0, 0)$. Za prvi spektar se kaže da je "ravan", jer sve komponente imaju istu vrednost. Za ACE (4, 4) konstruisan LDPC kod se može zapaziti značajno degradiranje poslednje komponente spektra koja odgovara petlji dužine 10, jer se prilikom konstrukcije, uslovljavanje petlji ACE vrednošću vrši samo za petlje dužine manje od 10. Uočava se da sve komponente slučajno generisanog LDPC koda imaju minimalnu moguću vrednost, tj. 0.

Sledeći algoritam jeste tzv. generalizovani ACE algoritam za konstruisanje LDPC kodova koji je u osnovi vrlo sličan originalnom algoritmu. Osnovna razlika je što prag η_{ACE} više nije konstanta, nego vektor $\boldsymbol{\eta}_{ACE}$, čiji su elementi različite vrednosti parametra η_{ACE} za svaku od dužina petlji do vrednosti $2d_{max}$. Generalizovani ACE algoritam

pruža fleksibilniji dizajn koda i bolje performanse po cenu blagog porasta kompleksnosti u dizajnu algoritma [6]. Očigledna prednost generalizovanog ACE algoritma u odnosu na originalni ACE algoritam, dolazi do izražaja kada se uslovljavaju petlje za velike vrednosti parametra d_{max} , što je obično i cilj.

Naime, uočeno je da kako se povećava vrednost za parametar d_{max} , tako se vrednost dostižne komponente ACE spektra $\eta_{2d_{max}}$ naglo smanjuje. Prema tome, u slučaju originalnog dizajna, ACE uslovljavanje petlji male dužine (koje su mnogo opasnije u smislu zatvaranja malih zaustavnih skupova) je ograničeno ACE uslovljavanjem petlji najveće posmatrane dužine [6]. U tom slučaju, tzv. "ravan dizajn spektra" gotovo da ne uslovljava petlju male dužine koje predstavljaju pretnju za narušavanje performansi koda. ACE generalizovani dizajn izbegava ovaj problem, jer pruža mogućnost da se željeni ACE spektar zada tako da njegove komponente imaju monotono opadajuće vrednosti kako se dužina petlji povećava.

U ovom radu sa ACE generalizovanim dizajnom su konstruisani kodovi sa sledećim spektrima:

- $\eta_{ACE_1} = (\infty, 3, 3, 3, 3)$,
- $\eta_{ACE_2} = (\infty, \infty, 3, 3, 3)$,
- $\eta_{ACE_3} = (\infty, \infty, 16, 3, 3)$,
- $\eta_{ACE_4} = (\infty, \infty, 16, 9, 3)$,
- $\eta_{ACE_5} = (\infty, \infty, 16, 9, 5)$.

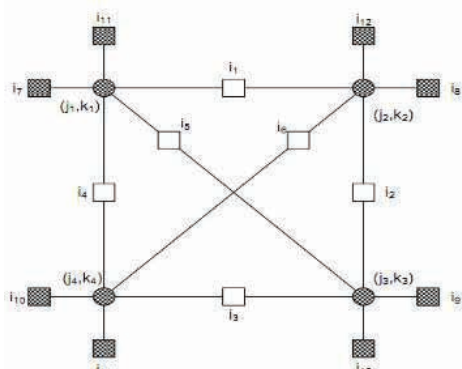
Kao što se može videti, konstruisani su i kodovi koji su oslobođeni petlji dužine 4, što značajno olakšava postupak dekodovanja. Najveći spektar koji je postignut ACE generalizovanim dizajnom jeste $(\infty, \infty, 16, 9, 5)$.

Ovaj algoritam smo još dodatno nadogradili uvođenjem uslovljavanja petlji koje sprečava konstruisanje *apsorbirajućih skupova* (*absorbing sets*) za petlje do dužine $2d_{max}$, jer su se ove strukture pokazale posebno "opasnim" po performanse koda u regionu praga greške.

Na taj način su objedinjena dva sasvim različita uslova (jedan koji uzima u obzir ACE vrednost petlje i drugi koji ograničava formiranje apsorbujućih skupova).

Trapping set se definiše kao skup koji je okarakterisan parom (a, b) , gde a predstavlja broj v -čvorova koji učestvuju u tom skupu, a b broj c -čvorova koji imaju neparan broj konekcija prema skupu a . (a, b) *absorbing set* jeste (a, b) *trapping set* za koga važi da svaki v -čvor iz a ima striktno manje suseda iz skupa c -čvorova sa neparanim brojem konekcija prema a (b) u odnosu na skup c -čvorova sa parnim brojem konekcija prema a [5].

Na slici 5. dat je primer za $(4, 8)$ *absorbing set*.



Slika 5. $(4, 8)$ *absorbing set*

6. ZAKLJUČAK

LDPC kodovi našli su primenu u mnogim različitim standardima, ali jedna od njihovih najvažnijih primena jesu svakako bežične komunikacije, koje se intenzivno razvijaju i zahtevaju sve veći protok i propusnu moć. Upravo iz tih razloga, javlja se sve veća potreba za sigurnijim i boljim kodovima poput LDPC kodova. Za LDPC kodove, takođe važi da mogu da ostvare performanse koje su veoma blizu Šenonovoj granici. Sve ovo je dovelo do toga da su LDPC kodovi postali atraktivna oblast rada mnogih istraživača iz oblasti kodovanja, koji razvijaju nove algoritme za konstruisanje LDPC kodova sa sve boljim performansama.

U ovom radu posebna pažnja je obraćena na konstrukciju iregularnih LDPC kodova i problematične strukture kao što su *stopping sets*, *absorbing sets* i *trapping sets*, koje su najčešće proučene formiranjem više od jedne petlje u Tanerovom grafu. Zajedničko za sve ove strukture je to što značajno ugrožavaju performanse u regionu praga greške i otežavaju posao dekodovanja. S obzirom da je uočena veza između postojanja ovih struktura i petlji u grafu, uslovljavanje petlji prilikom konstrukcije matrice provere parnosti \mathbf{H} se javlja kao logična ideja koja bi formiranje ovih struktura dovela pod kontrolu. U tu svrhu uvedene su dve metrike: EMD i ACE, koje pokazuju stepen povezanosti petlje sa ostatkom grafa i samim tim ukazuju na postojanje "kritičnih" struktura.

Na kraju možemo zaključiti da je oblast istraživanja LDPC kodova vrlo široka i da pruža mnoge mogućnosti za implementaciju različitih ideja koje mogu unaprediti performanse koda, a samim tim i doprineti kvalitetnijoj komunikaciji.

7. LITERATURA

- [1] William E. Ryan, "An Introduction to LDPC Codes" Department of Electrical and Computer Engineering The University of Arizona, 19. Avgust. 2003
- [2] Tuan Ta, The University of Texas at Austin, "A Tutorial on Low-Density Parity-Check Codes"
- [3] William Ryan, "Low-Density Parity-Check Codes, Part I-Introduction and Overview", Electrical and Computer Engineering Department The University of Arizona, Jun 2005.
- [4] Andrea Goldsmith, "Wireless Communications", Stanford University
- [5] Lara Dolecek, Zhengya Zhang, Venkat Anantharam, Martin J. Wainwright, and Borivoje Nikolić, "Analysis of Absorbing Sets and Fully Absorbing Sets of Array - Based LDPC Codes" 28. Januar 2008.
- [6] Dejan Vukobratović, Vojin Šenk, "Evaluation and Design of Irregular LDPC Codes Using ACE Spectrum", Jun 2007.
- [7] Tao Tian, Christopher R. Jones, John D. Villasenor and Richard D. Wesel, "Selective Avoidance of Cycles in Irregular LDPC Code Construction", 8. Avgust 2004

Kratka biografija:



Sladana Jošilo rođena je u Sarajevu 1988. god. Diplomski-master rad odbranila je 2012. godine na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva-Telekomunikacije

ПРОЈЕКТОВАЊЕ ЛОГИЧКИХ ФУНКЦИЈА У ПРОЛАЗНОЈ ТРАНЗИСТОРСКОЈ ЛОГИЦИ У СТАНДАРДНОЈ 0.35 μm CMOS ТЕХНОЛОГИЈИ**DESIGNING LOGIC FUNCTIONS IN A PASS-TRANSISTOR LOGIC IN THE STANDARD 0.35 μm CMOS TECHNOLOGY**

Душан Драгићевић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област – ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И РАЧУНАРСТВО

Кратак садржај – У овом раду приказано је пројектовање логичких функција у пролазној транзисторској логици (ПТЛ). ПТЛ кола одликује значајно мањи број транзистора потребан за реализацију логичких функција у односу на стандардну комплементарну логику, чиме се постиже и већа брзина рада. Главни недостатак ПТЛ логике је смањена амплитуда сигнала. У овом раду је разматрано могуће побољшање ПТЛ кола коришћењем тзв успостављача нивоа. Приказано је пројектовање кола у пролазној транзисторској логици у 0.35 μm CMOS технологији коришћењем програмског пакета Cadence. Предложена су одговарајућа решења за проблем деградације напонског нивоа излазног сигнала.

Abstract – This paper presents a design of logical function in a pass transistor logic (PTL). PTL circuits are characterized with significantly reduced number of transistors compared to standard CMOS complementary logic, which provides higher working frequency. Their main disadvantage is output voltage degradation. This paper presents design of PTL circuits in standard 0.35 μm CMOS technology using the software package Cadence. A possible improvement of PTL circuit using keeper transistor is discussed. Possible solutions for output voltage degradation are proposed.

Кључне речи: Пролазна транзисторска логика, стандардна 0.35 μm технологија, Cadence

1. УВОД

Микроелектроника сваки даном незауостављиво и веома брзо напредује, технологије израде микро-чипова се унапређују; тежи се ка упрошћавању њихове производње, минимизацији, мањој потрошњи, већем радном опсегу, поузданости и робусности.

Статичка комплементарна CMOS логика данас је најраспрострањенија. Њене предности су робусност, мала осетљивост на шум, брзина рада, као и мала потрошња без статичке дисипације. Ману представља коришћење великог броја транзистора за реализацију жељене функције, као и потреба за инвертором ради добијања диференцијалних излаза.

Утврђено је, што се кашњења комплементарне CMOS логике тиче, да највећи проблем прави редна веза

транзистора. Важно је истаћи да кашњење зависи и од комбинације улазних променљивих. Стандардне комплементарне статичке CMOS капије немају увек и велику брзину рада, као њихова популарна и врло коришћена алтернатива - пролазна транзисторска логика (ПТЛ) [1].

Циљ коришћења пролазне транзисторске логике је да се умањи број потребних транзистора за реализацију одређене функције, чиме се обезбеђује смањење паразитних капацитивности у колу и омогућава повећање брзине рада. ПТЛ има широку примену за реализацију различитих дигиталних кола, као што су сабирачи [2], множачи [3], мултиплексери, ALU [4] итд.

Пролазна транзисторска логика је знатно ефикаснија по потрошњи енергије од комплементарне CMOS логике за реализацију потпуних сабирача, као што је приказано на примеру 0.5 μm CMOS технологије са напоном напајања од 4 V у [2].

Значајно смањење површине сабирача може се постићи коришћењем SET транзистора (single-electron transistors) у пролазној транзисторској логици [4].

Комплементарна пролазна транзисторска логика је најпогоднија и за реализацију кола за множење. Брзина множења 16x16 битног множача у 0.5 μm CMOS технологији је приближно двоструко већа од конвенционалне CMOS технологије, и износи 2.6 ns (потрошња 60 mW). За дупло већу брзину, заслужна је смањена улазна капацитивност и висока логичка функционалност [3].

Слично, време извршавања задате операције код 32-битне ALU (аритметичко – логичке јединице) у пролазној транзисторској логици, израђене у 0.25 μm CMOS технологији са коришћењем три метална слоја, може бити умањено за 30 % у односу на стандардну CMOS ALU.

При напону напајања од 2.5 V дисипација снаге износи 8 mW (50 MHz) [5].

У овом раду је приказано пројектовање логичких функција у пролазној транзисторској логици. На примеру I кола приказане су предности и мане ПТЛ кола.

Предложен је начин за побољшање перформанси кола, који се заснива на додавању успостављача нивоа (тзв. pull-up PMOS транзистора).

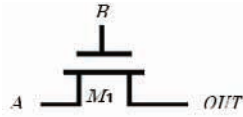
За реализацију и анализу кола коришћен је програмски пакет Cadence.

Напомена:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је била др Мирјана Дамњановић, ванр. проф.

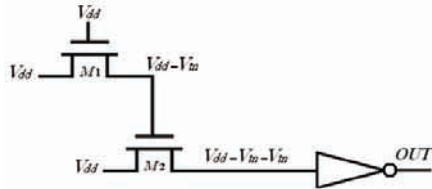
2. ПРОЈЕКТОВАЊЕ ЛОГИЧКИХ ФУНКЦИЈА У СТАНДАРДНОЈ 0.35 μm CMOS ТЕХНОЛОГИЈИ

Пролазна транзисторска логика, за разлику од комплементарне CMOS, улазне сигнале доводи, не само на гејт, већ и на сорс/дрејн транзистора (сл. 1). Коришћењем ПТЛ кола смањује се број потребних транзистора за реализацију одређене функције, чиме се директно утиче на смањење паразитних капацитивности у колу.

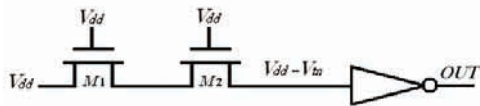


Слика 1. Довођење сигнала на транзистор у пролазној транзисторској логици приказано на примеру I кола

Сигнале сорса/дрејна једног транзистора никако не треба доводити на гејт наредног транзистора, јер у том случају долази до вишеструког пада напона на излазу, за праг провођења NMOS транзистора V_{th} на сваком наредном NMOS транзистору (сл. 2). Правилно повезивање транзистора приказано је на сл. 3.



Слика 2. Неправилно повезивање транзистора у пролазној транзисторској логици [1]



Слика 3. Правилно повезивање транзистора у пролазној транзисторској логици [1]

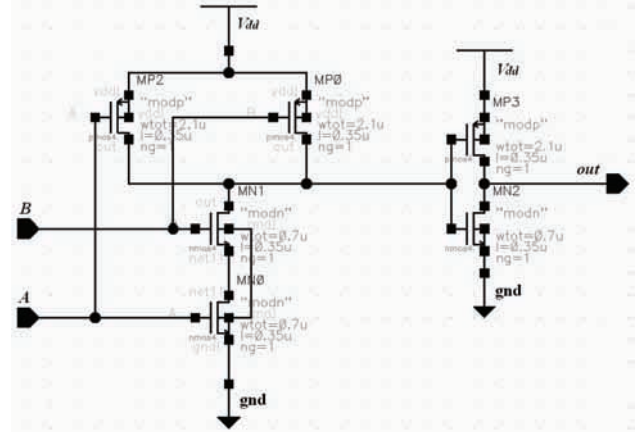
3. ПРОЈЕКТОВАЊЕ КОМБИНАЦИОНИХ ЛОГИЧКИХ КАПИЈА У КОМПЛЕМЕНТАРНОЈ CMOS ЛОГИЦИ

Пројектовање логичких функција, као и анализа њиховог рада, извршени су у програмском пакету *Cadence*. Програмски пакет *Cadence* се користи за аутоматизовано пројектовање електронских кола, пружа подршку свим етапама пројектовања интегрисаних кола од цртања шеме преко израде лејаута до постпроцесних симулација. Омогућава интеграцију различитих алата и извршних фајлова. Алати су генерални и подржавају различите технологије за фабрикацију. Све ове карактеристике чине га једним од најбољих програма за пројектовање дигиталних кола [6].

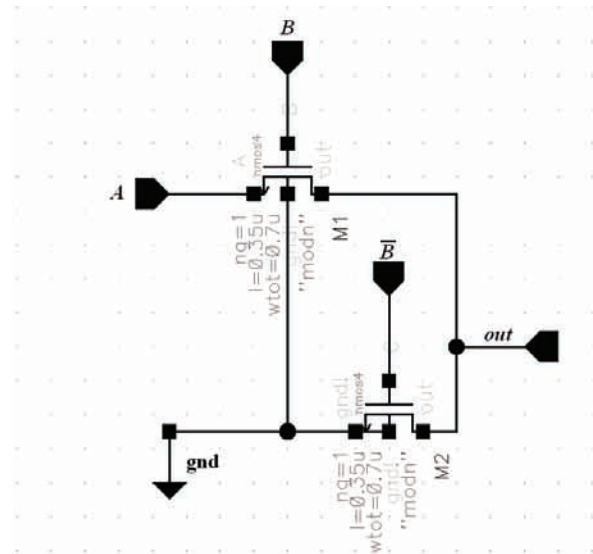
У овом раду приказано је пројектовање и анализа рада кола у комплементарној CMOS и ПТЛ логици, на примеру I кола. Шематик I кола у комплементарној CMOS логици је приказан на сл. 4.

Основни недостатак основне варијанте I кола у ПТЛ логици (сл. 1) је чињеница да се излаз може наћи у стању високе импедансе (за $B=0$), које представља

велики проблем у пројектовању дигиталних кола. Стање високе импедансе онемогућава предвиђање (постављање) почетних услова кола, чиме се може значајно пореметити његов правилан рад. Додавањем још једног NMOS транзистора M_2 , логичка I функција се неће променити, али се тиме обезбеђује да излаз буде прикључен на масу за $B=0$ (сл. 5). Овом модификацијом стање високе импедансе излаза је елиминисано, међутим још увек није обезбеђена пуна амплитуда сигнала.



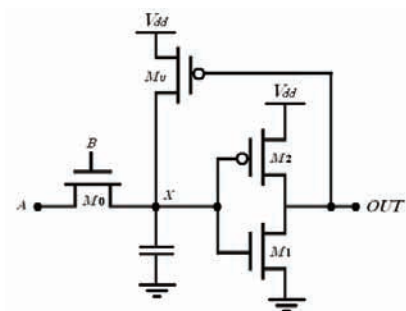
Слика 4. Изглед шематика I кола у стандардној CMOS логици



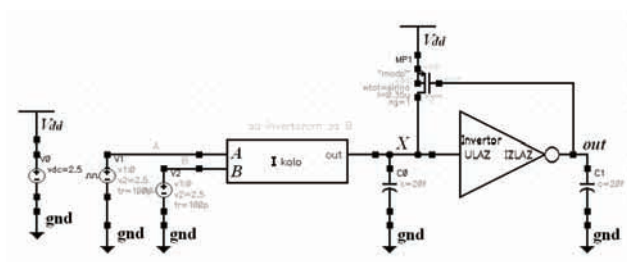
Слика 5. Изглед шематика I кола у пролазној транзисторској логици

Да би амплитуда излазног сигнала била максимална, од 0 V до 2.5 V, неопходно је додати инвертор на излаз кола (сл. 6). Тиме се добија коло аналогно NI колу у комплементарној CMOS технологији. Најраспрострањеније решење корекције пада напона након пролазног транзистора M_0 је коришћење успостављача нивоа (PMOS транзистор M_u) постављеног у повратној спреси (сл. 7), чији је гејт повезан на излаз инвертора, сорс на V_{dd} , а дрејн на улаз инвертора.

Тиме се побољшава дизајн овог кола елиминацијом статичке дисипације [1].



Слика 6. Успостављач нивоа (PMOS транзистор M_u) обезбеђује пуну амплитуду излазног сигнала [1]

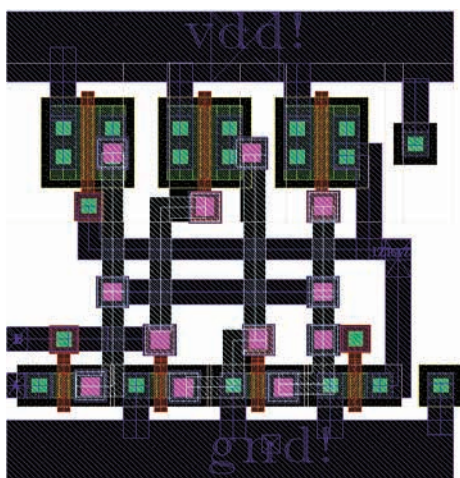


Слика 7. Шематик тест I кола са инвертованим излазом и PMOS транзистором у $0.35 \mu\text{m}$ CMOS технологији

Израдом различитих шематика и лејаута детаљно је анализиран начин рада успостављача нивоа M_u за различите геометријске параметре.

Извршена је параметризована анализа промене ширине M_u , од $0.5 \mu\text{m}$ до $3.9 \mu\text{m}$, и испитан је утицај промене на излазни сигнал. Додатно, урађена је транзијентна анализа за све комбинације улазних сигнала A и B .

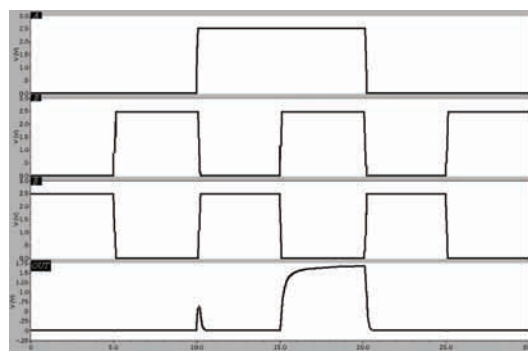
Након успешно креираних и тестираних шематика следи креирање лејаута методом аутоматског генерисања лејаута из већ готовог шематика. Финално коло се састоји од два инвертора, два улазна NMOS транзистора и једног PMOS транзистора за елиминацију статичке дисипације (сл. 8).



Слика 8. Лејаут I кола приказаног на сл. 7, са инвертованим излазом и успостављачем нивоа

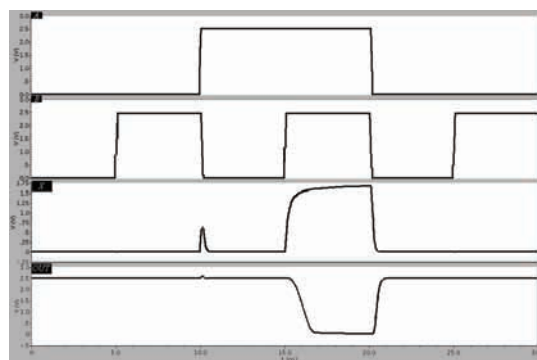
4. РЕЗУЛТАТИ СИМУЛАЦИЈА

Резултат транзијентне анализе I кола састављеног од два NMOS транзистора (сл. 5) приказан је на сл. 9.



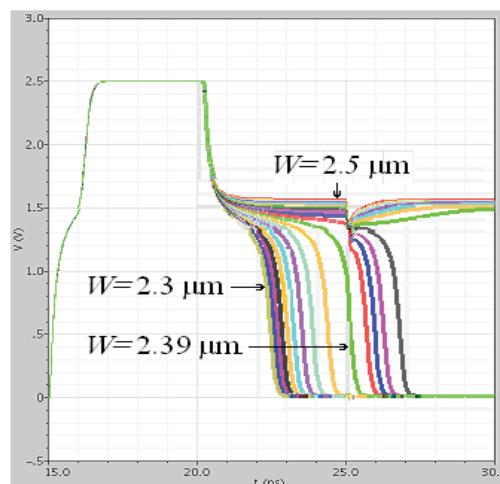
Слика 9. Изглед сигнала (A , B , \bar{B} и out) добијених транзијентном анализом I кола

Само ако су оба улазна сигнала висока, $A=B=1$, на излазу ће се формирати високо стање, $out=1$. Основни недостатак овог ПТЛ кола је смањена амплитуда излазног сигнала, на 1.67 V . Додавањем инвертора на излаз кола добијају се сигнали приказани на сл. 10.



Слика 10. Изглед сигнала (A , B , X и out) добијених транзијентном анализом

При димензионисању успостављача нивоа треба бити посебно пажљив. Смањењем његових димензија, обезбеђује се већа брзина одзива. Детаљнијом анализом, променом ширине транзистора M_u , од $2.3 \mu\text{m}$ до $2.5 \mu\text{m}$ у корацима од $0.01 \mu\text{m}$ (сл. 11), утврђено је да транзистор M_u не сме да буде ширине веће од $2.39 \mu\text{m}$, јер се промена излазног сигнала, са високе на ниску вредност, неће догодити уопште, или пре наредне промене улазних сигнала.



Слика 11. Детаљнија анализа утицаја ширине транзистора M_u на излазни сигнал I кола

5. ДИСКУСИЈА ДОБИЈЕНИХ РЕЗУЛТАТА

Времена кашњења при успостављању високе, t_{pLH} , и ниске вредности излазног сигнала, t_{pHL} , I кола у стандардној CMOS и пролазној транзисторској логици приказана су у табели 1, за различите комбинације улазних сигнала A и B. Добијени резултати показују знатно нижа времена кашњења код пролазне логике, која се крећу у опсегу од 67.5 ps до 389.6 ps, као што се и могло очекивати, због смањених капацитивности. У одређеним случајевима ПТЛ је и до 4 пута бржа. Једини случај када је комплементарна CMOS логика бржа је када су оба PMOS транзистора у pull-up мрежи проводна и омогућавају брзо успостављање високог стања на излазу.

Табела 1. Времена кашњења излазног сигнала.

NMOS W/L = 0.7 μm / 0.35 μm , PMOS W/L = 2.1 μm / 0.35 μm .	Стандардна CMOS логика	Пролазна транзисторска логика
t_{pLH} A = 1, B = 0->1	339.9 ps	389.6 ps
t_{pHL} A = 1, B = 0->1	280.1 ps	114.7 ps
t_{pLH} B = 1, A = 0->1	358.8 ps	328.1 ps
t_{pHL} B = 1, A = 0->1	297.1 ps	67.5 ps

Додавањем PMOS транзистора у коло побољшава се дизајн овог кола елиминацијом статичке дисипације. Међутим, свака измена шеме са собом доноси додатне услове и проблеме за правилан рад кола. Проблем настаје када се напон на излазу пролазног транзистора мења са високе на ниску вредност. Док пролазни транзистор покушава да снизи напон, PMOS транзистор (M_u) се томе противи. Да би коло правилно функционисало потребно је пажљиво димензионисати транзистор M_u .

Проблем настаје уколико је отпорност транзистора M_u мала и не дозвољава опадање сигнала испод прага реаговања инвертора ($V_{dd} / 2$), при чему транзистор M_u стално остаје укључен (Табела 2. $W=2.5 \mu\text{m}$). Излаз инвертора је стално 0 V. Резултати транзијентне анализе указују на то да транзистор M_u не сме да буде ширине веће од 2.39 μm . Утицај ширине транзистора M_u на време кашњења излазног сигнала успостављача нивоа (сл. 6) приказан је у табели 2.

Табела 2. Утицај ширине транзистора M_u на време кашњења излазног сигнала.

Ширина W транзистора M_u	1.9 μm	2.1 μm	2.3 μm	2.5 μm
t_{pLH} (ps) B/A мења	502.8	506.1	509.5	-- / --
t_{pHL} (ps) B/A мења	604.6	862.2	1727	-- / --
	548	805	1666	

6. ЗАКЉУЧАК

У овом раду описане су карактеристике и принцип рада кола комплементарне CMOS и пролазне транзисторске логике. На примеру I логичког кола,

ове две логике су упоређене. Приказан је правилан начин каскадног повезивања мосфетова у пролазној логици. Детаљно је испитан утицај успостављача нивоа и представљен његов начин рада. Приказано је како се коришћењем једног додатног транзистора статичка дисипација може елиминисати. Објашњено је на који начин је потребно изабрати димензије успостављача нивоа (PMOS транзистора M_u).

На основу урађених симулација рада кола може се закључити да је време кашњења излазног сигнала I кола, у одређеним случајевима, код ПТЛ за 75% краће у односу на стандардну CMOS логику.

Даљи развој ПТЛ могућ је у облику комплементарне ПТЛ. Развијено је експериментално окружење за рад са комплементарном ПТЛ, са називом LEAP (Lean Integration With Pass Transistors) [7].

7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] J. Rabaey, A. Chandrakasan, B. Nikolic: "Digital Integrated Circuits, 2nd ed.", Prentice Hall, 2003.
- [2] Zimmermann, R.; Fichtner, W.; Fellow: "Low-power logic styles: CMOS versus pass-transistor logic", *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, Vol. 32, No. 7, pp. 1079 - 1090, 1997.
- [3] Yano, K.; Yamanaka, T.; Nishida, T.; Saito, M.; Shimohigashi, K.; Shimizu, A.: "A 3.8-ns CMOS 16x16-b multiplier using complementary pass-transistor logic", *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, Vol. 25, No. 2, pp. 338 - 395, 1990.B
- [4] Ono, Y.; Inokawa, H.; Takahashi, Y.: "Binary adders of multigate single-electron transistors: specific design using pass-transistor logic", *IEEE Transactions on Nanotechnology*, Vol. 1, No. 2, pp. 93-99, 2002.
- [5] Suzuki, M.; Ohkubo, N.; Shinbo, T.; Yamanaka, T.; Shimizu, A.; Sasaki, K.; Nakagome, Y.: "A 1.5-ns 32-b CMOS ALU in double pass-transistor logic", *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, Vol. 28, No. 11, pp. 1145 - 1151, 1993.
- [6] Antonio J. Lopez Martin: "Cadence Design Environment", *Klipsch School of Electrical and Computer Engineering*, New Mexico State University, October 2002.
- [7] Yano, K.; Sasaki, Y.; Rikino, K.; Seki, K.: "Top-down pass-transistor logic design", *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, Vol. 31, No. 6, pp. 792 - 803, 1996.

Kratka biografija:



Душан Драгићевић рођен је у Новом Саду 1987. год. Уписао Факултет техничких наука, Нови Сад 2006. године, студијски програм – Енергетика, електроника и телекомуникације, смер Микроелектроника. Завршио основне академске студије 2010. године. Мастер рад одбранио је 2012. године из области Електротехнике и рачунарства - Напредне технике пројектовања микроелектронских кола.

AUTOMATSKA EKSPOZICIJA KOD MULTISLAJSNE KOMPJUTERIZOVANE TOMOGRAFIJE**AUTOMATIC EXPOSURE WITH MULTI-SLICE COMPUTED TOMOGRAPHY**Darko Kujović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*Olivera Šveljo, *Institut za onkologiju Vojvodine, Sremska Kamenica***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – Ovaj rad prikazuje eksperimentalne rezultate dobijene tokom istraživanja sprovedenih u centru za Dijagnostiku Instituta za onkologiju Vojvodine u Sremskoj Kamenici. Predmet istraživanja je automatska kontrola ekspozicije u toku ozračivanja fantoma glave korišćenjem multislajsnog skenera. Sva merenja i procedure kontrole kvaliteta strikno su poštovala preporuke osnovnog IAEA dokumenta TRS 486. Sva merenja su obavljena primenom istog skenera tipa Siemens Biograph True Point PET-CT. Osnovni cilj istraživanja bio je smanjenje ekspozicije pacijenta primenom različitih parametara AEC sistema.

Abstract – This paper presents experimental results obtained in the studies conducted in the Center for Diagnostic Oncology Institute in Sremska Kamenica. The subject of research is the automatic exposure control during irradiation of the head phantom using multislice scanner. All measurements and quality control procedures are strictly complied with IAEA recommendations basic document 486th TRS All measurements were carried out using the same type of scanner Siemens Biograph True Point PET-CT. The main objective of the study was to reduce patient exposure by using different parameters of AEC system's.

Ključne reči – Multislajсни CT skener, ACE sistem, kontrola kvaliteta (QC).

1. UVOD

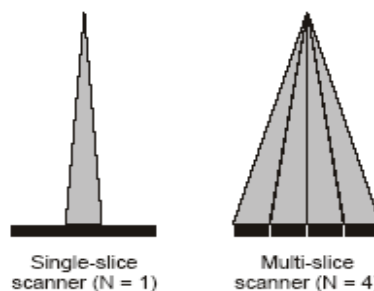
Multislajсни skeneri su CT skeneri sa takvim rasporedom detektora koji se sastoji od više od jednog niza detektora. Skener sa dva niza detektora je bio na tržištu 1992.g., dok su nekoliko proizvođača 1998.g. predstavili multislajсни skener.

Osnovna prednost ovih skenera jeste efikasnija upotreba zračenja dobijenog iz cevi sa X – zracima skeniranjem više od jednog slajsa istovremeno (Slika 1.).

Ovim je vreme potrebno za skeniranje određenog volumena znatno smanjeno.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Vesna Spasić Jokić, red. prof.



Slika 1. MSCT (Multi Slice Computed Tomography) skener sa istovremenim skeniranjem 4 slajsa upoređen sa konvencionalnim jedno slajsnim skenerom

Osnovna razlika u poređenju sa konvencionalnim jedno slajsnim skenerom (SSCT- Single Slice CT) je način nastajanja slajsa. Na jedno slajsnom skeneru, debljina slajsa se dobija kombinacijom primarne i sekundarne kolimacije. Iz tog razloga širina detektorskog niza nema potrebe da bude ograničavana. Na multislajsnom skeneru kolimacija se podešava samo za sve nizove detektora zajedno; debljina slajsa je određena jedino širinom aktiviranih nizova.

Osnovne funkcije jednog CT uređaja jesu:

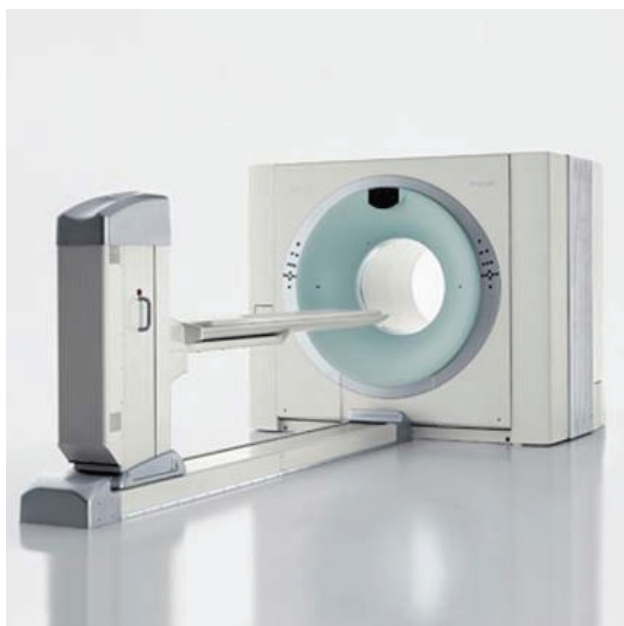
- proizvodnja rendgenskih zraka,
- merenje slabljenja rendgenskih zraka posle prolaska kroz telo,
- dobijanje odgovarajućih električnih signala iz izmerenih vrednosti slabljenja,
- pretvaranje električnih signala u digitalne vrednosti pogodne za obradu u računaru,
- rekonstruisanje slike iz obrađenih podataka u računaru,
- predstavljanje i analiza slike na monitorskim sistemima.

2. CILJ ISTRAŽIVANJA

Parametri protokola CT snimanja i tehničke karakteristike skenera imaju značajan uticaj na kvalitet slike i dozu zračenja kojoj je pacijent izložen tokom pregleda. S obzirom na kompleksnost uređaja za kompjuterizovanu tomografiju i veliki broj različitih parametara koji mogu da utiču na dijagnostički kvalitet slike, cilj ovog rada je bio da se proceni potencijal za smanjenje izlaganja zračenju pacijenta zadržavajući odgovarajući kvalitet slike koristeći AEC sistem.

3. MATERIJAL I METODE

U okviru praktičnog dela rada vršena su merenja na 64-slajsnom Siemens Biograph True Point PET-CT skeneru.



Slika 1. Izgled Siemens Biograph True Point PET-CT skenera

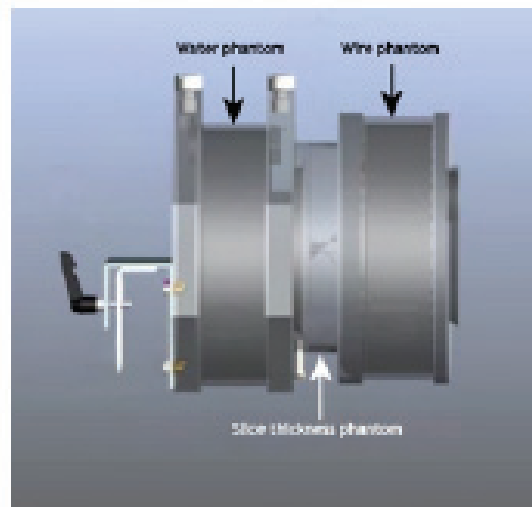
PET/CT studija je neinvazivna dijagnostička procedura i predstavlja jedan od najvećih napredaka u savremenoj imidžing dijagnostici (takozvani molekularni imidžing) u otkrivanju malignih oboljenja. Pregled se izvodi u integrisanom sistemu koji čine modul CT skenera i modul PET kamere sa jednim ležajem za pacijenta koji prolazi prvo kroz tunel CT i potom kroz tunel PET-a. Podaci se obrađuju rekonstrukcijom (fuzijom) podataka dva modula.

Kao što ime sugerše, ovde se radi o kombinaciji dva skenera – PET skener (pozitronska emisiona tomografija) koji pokazuje metabolizam i funkciju ćelija, tkiva i organa sa jedne strane i CT skener koji pokazuje anatomiju i morfologiju organa, dajući nam jedinstven prikaz čitavog tela sa izgledom organa, odnosima i funkcijom, a sugeršući pri tome patološka odstupanja kako u funkciji, tako i morfologiji razlikujući benigne tumore od malignih

Pošto je prilikom merenja od značaja bio samo CT skener u nastavku su date njegove karakteristike. Broj poprečnih preseka (slajsova) je 64, dok su detektori raspoređeni u 40 detektorskih redova. Broj projekcija (od 0° do 360°) iznosi 4640. Maksimalna širina oblasti koja se snima je 70 cm. Vreme rotacije iznosi 0,33 sekunde. Maksimalna snaga generatora X zraka je 80 kW.

Struja se može podešavati u opsegu od 28 mA do 665 mA. Napon cevi se bira u opsegu između 80 kV, 100 kV, 120 kV i 140 kV. Pri rekonstrukciji slike, ovaj skener može da rekonstruiše najviše 20 slajdova u sekundi. Širina slajsa može biti: 0.6, 0.75, 1, 1.5, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 i

10 mm. Merenje je izvedeno u Centru za imidžing dijagnostiku Instituta za onkologiju Vojvodine. Merenja su obavljena na antropomorfnom fantomu glave (Slika 3).



Slika 3. Antropomorfnu fantomu glave

3. REZULTATI

U prvoj tabeli je izabrana vrednost napona od 120 kV.

Tabela 1. Rezultati merenja za napon cevi od 120 kV

Merenja za 120 kV					
	Sa /bez protokola	Šum	CTDIvol(mGy)	DLP	mAs
Abdomen	ACE off	5,6	9,44	359	140
	Care Dose4d	9,1	2,49	87	140
Glava	ACE off	4,3	59,88	2008	380
	Care Dose4d	3,8	49,55	1591	380
Grudni koš	ACE off	6,7	7,66	270	100
	Care Dose4d	10,6	2,45	80	100

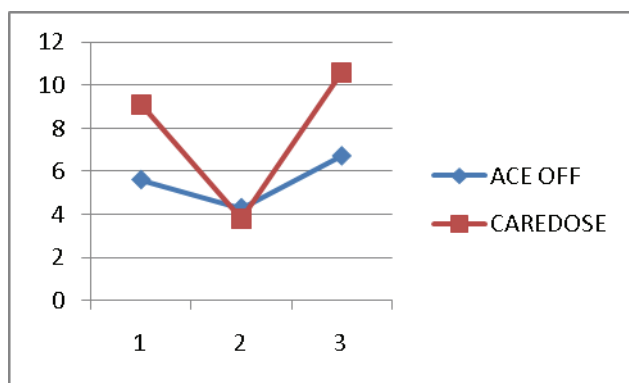
Pri odabiru prve vrednosti napona merenja su vršena za dva režima rada, i to sa Care Dose4D i bez.

U zavisnosti da li je ACE protokol bio uključen ili ne, dobijeni su rezultati šuma i pacijentne doze, DLP i mAs.

Iz table 1. vidi se da se vrednost šuma povećava kada je ACE protokol uključen, dok vrednost pacijentne znatno opada što nam je i bio cilj pokazati.

Tabela 2. Rezultati merenja za napon cevi od 140 kV

Merenja za 140 kV					
	Sa /bez protokola	Šum	CTDIvol(mGy)	DLP	mAs
Abdomen	ACE off	4,4	14,70	559	140
	Care Dose4d	7	3,83	140	140
Glava	ACE off	3,5	90,40	3047	380
	Care Dose4d	3	73,75	2485	380
Grudni koš	ACE off	5,5	11,93	420	100
	Care Dose4d	8,1	3,76	124	100



Slika 4. Prikaz šuma kada je ACE uključen i isključen za napon od 120 kV(šum se povećava kada je ACE protokol uključen)

U drugoj tabeli je izabrana vrednost napona 140kV.

Pri odabiru druge vrednosti napona merenja su vršena takođe za dva režima rada. U zavisnosti da li je ACE protokol bio uključen ili ne, dobijeni su rezultati šuma i pacijentne doze, DLP i mAs.

Iz tabele 2. se takođe vidi da se vrednost šuma povećava kada je ACE protokol uključen, dok vrednost pacijentne znatno opada što nam je i bio cilj pokazati.

4. DISKUSIJA I ZAKLJUČCI

Iako kompjuterizovana tomografija (CT) nije uobičajeno radiološko ispitivanje, on je odgovoran za najveći doprinos kolektivnoj efektivnoj dozi zračenja pacijenata u radiologiji. Izazov za radiologe i medicinske fizičare je da se uspostavi adekvatan kvalitet slike sa najnižom mogućom izloženosti pacijenta radijaciji, u dogovoru sa ALARA principom. Tokom proteklih godina, bilo je povećano interesovanje za razvoj sistema automatske kontrole ekspozicije (AEC) na CT skenerima za optimizaciju CT pregleda. Danas, praktično svi CT

sistemi se isporučuju sa AEC sistemom koji radi na principu modulacije struje kroz cev u tri dimenzije (3D). Svaki od ovih sistema ima različite specifikacije i radi nešto drugačije. Međutim, njihov osnovni princip je da upravlja potrebnim kvalitetom slike i dozom zračenja ponavljajućim načinom prilagođavajući struju kroz cev za zračenje u odnosu na oblik pacijenta, veličinu i slabljenje kroz tkiva. Ako je AEC sistem pravilno optimizovan, može smanjiti dozu zračenja pacijenta za oko 20 - 40 odsto, dok još uvek proizvodi sliku dovoljnog kvaliteta za sigurnu dijagnozu. AEC sistemi imaju niz prednosti: bolja kontrola doze zračenja apsorbovane od strane pacijenta, poboljšana konzistencija kvaliteta slike kod pacijenata, smanjenje određenih artefakata na slikama i smanjeno opterećenje na cevi za X zrake, što povećava vek trajanja iste.

Cilj ovog rada bio je da se proceni potencijal za smanjenje izlaganja zračenju pacijenta zadržavajući odgovarajući kvalitet slike koristeći AEC sistem. AEC je tehnika koja vrši automatsku modulaciju struje kroz cev u x-y ravni (ugaona modulacija), zajedno sa skeniranjem u pravcu z-ose(longitudinalna modulacija), ili oba u kombinaciji (kombinovana modulacija). Modulacija se vrši u skladu sa veličinom i oblikom pacijenta, kao i atenuacije dela tela koji se skenira.

Operater bira indikator kvaliteta slike koji je potreban i onda će sistem da podešava struju cevi kako bi dobio unapred zadati kvalitet slike sa poboljšanom efikasnošću zračenja. Siemens koristi kombinovani sistem modulacije struje kroz cev pod nazivom CARE Dose 4D. Sistem radi sa automatskom strujnom modulacijom cevi prema veličini pacijenta i atenuaciji koja se menja zajedno u realnom vremenu, na mreži, kontrolisanom strujnom modulacijom cevi tokom svake rotacije cevi.

Kvalitet slike definisan je operaterovim izborom referentne vrednosti mAs za birani kvalitet slike i jačine adaptacije (slaba, prosečna ili jaka). Iz SPR algoritma se određuje da li su delovi pacijenta tanki ili debeli u odnosu na interno memorisano slabljenje X-zraka za standardne veličine pacijenta.

Na osnovu unapred odabranih adaptacija snage stepen promene struje kroz cev (kvalitet slike i doza zračenja) se može kontrolisati. Struja kroz cev će biti slabo, prosečno ili jako smanjena za tanke delove i slabo, prosečno ili jako povećana za debele delove. Po podrazumevanoj vrednosti adaptacija snage je postavljena od strane proizvođača na prosečno smanjene za tanke i prosečno pojačane za debele delove.

Klinički CT pregled često pokriva različite anatomske regije sa varijabilnim vrednostima slabljenja. Pošto se struja u cevi bira u odnosu na region sa najvišim slabljenjem (npr. ramena i karlica) ili regionu koji zahteva najviši kvalitet slike, struja cevi je obično podešena na visokom nivou kada AEC sistem nije u upotrebi. Osim toga, standardni protokoli su obično zasnovani za generisanje slike dobrog kvaliteta za pacijenta prosečne veličine.

Dakle, ako se AEC sistem ne koristi, manji pacijenti će biti izloženi nepotrebno visokim dozama zračenja, dok će slike većih pacijenata biti lošijeg kvaliteta. AEC sistemi su razvijeni da bi omogućili srtrujnu modulaciju cevi prema obliku pacijenta, veličini i slabljenju, i da se poboljša konzistentnost kvaliteta slike između pacijenata. Postoji veliki broj prednosti upotrebe AEC sistema. Jedan je potencijalno smanjenje zračenja, što je verifikovano u ovom radu.

Međutim, teško je uporediti procenjene vrednosti redukcije doze zračenja dobijenih u ovom radu sa vrednostima prijavljenih u literaturi. Rezultati su veoma zavisi od izabranih parametara za skeniranje, CT skenera / modela i preciziranog kvaliteta slike za AEC sistem. U zaključku, ova studija je utvrdila da upotreba AEC sistema može značajno smanjiti izlaganje pacijenta zračenju.

Za antropomorfni fantom koji smo koristili, smanjenje doze zračenja je bilo značajno, u rasponu od približno 35% do 60%. Takođe smo ustanovili da se korišćenjem sistema za AEC povećao šum na slici. Za procenu AEC sistema uzima se njihov potencijal za smanjenje zračenja izlaganje pacijenta zadržavajući odgovarajući kvalitet slike.

Međutim, generalno nivo šuma se povećava kada je AEC sistem korišćen, posebno u regionima gde je struja cevi znatno smanjena. AEC sistemi dostupni u modernim CT skenerima mogu doprineti značajno smanjenje izloženosti zračenju kod pacijenta i šum na snimcima postaje uniforman u svakom skeniranju.

ZAHVALNOST

Autor ovog rada se zahvaljuje Oliveri Šveljo iz centra za imidžing dijagnostiku instituta za onkologiju Vojvodine, Novi Sad, na pomoći u realizaciji praktičnog dela rada.

5. LITERATURA

- AEC set up. How to set up an AEC, the difficulties and expected results, Prof.dr.Vesna Spasic Jokic, Beograd, 2008
- Ahmet Megzifene, Beograd, 2004
- Automatic exposure control in computed tomography – an evaluation of systems from different manufacturers, MARCUS SÖDERBERG & MIKAEL GUNNARSSON Department of Medical Radiation Physics, Malmö, Lund University, Skåne University Hospital, Malmö, Sweden

- CARE Dose4D CT Automatic Exposure Control System: Physics Principles and Practical Hints, Shawna L. Rego, Lifeng Yu, Michael R. Bruesewitz, Thomas J. Vrieze, James M. Kofler, Cynthia H. McCollough ;CT Clinical Innovation Center, Department of Radiology, Mayo Clinic, Rochester, MN
- CARE Dose4D ; New Techniques for Radiation Dose Reduction, M. K. Kalra, Th. J. Brady ; Article from the customer magazine SOMATOM Session 19
- Nemanja Gazivoda, Master rad, 2012, Novi Sad
- Radiation exposure in Computed Tomography; 4th revised Edition, December 2002, H.D.Nagel, CTB Publications, DEdition, D-21073 Hamburg

Kratka biografija:



Darko Kujović rođen je u Beranama 1987. god. Diplomski-master rad odbranio je 2012. godine na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Instrumentacija i merenja.



Linear fuzzy space polygon based image segmentation and feature extraction

Đ. Obradović*, Z. Konjović*, E.Pap****, M. Jocić*,

* Faculty of Technical Sciences/Department of Computing and Automation, Novi Sad, Serbia

** Faculty of Sciences/Department of Mathematics and Informatics, Novi Sad, Serbia

*** Óbuda University, Becsi út 96/B, H-1034 Budapest, Hungary,

**** Educons University, Vojvode Putnika 87, 21208 Sremska Kamenica, Serbia

obrad@uns.ac.rs, ftn_zora@uns.ac.rs, pap@dmf.uns.ac.rs, jocicmarko@gmail.com

Abstract— In this paper we propose a new model and algorithm for region segmentation and feature extraction from 2D images containing imprecise regions. Region modeling is done in two phases. In the first phase a region is represented as a classical fuzzy set, and in second phase the obtained fuzzy set is approximated by a fuzzy polygon, another fuzzy set whose borders are represented as an array of fuzzy points in linear fuzzy space. Membership functions for the fuzzy set in the first phase are represented by feed forward neural network trained on the set consisting of pixels' feature vectors. The feature vector model is formed based on 2D wavelet transformation of pixel's neighborhood. Utilization of the model and algorithm is demonstrated through the example of calculating region diameter in DICOM 2D medical images.

I. INTRODUCTION

Images are fundamental tools in the health care for diagnosis, clinical studies, research and learning. Currently, there are multiple techniques to capture images from patients to help diagnostic tasks such as X-ray images, Computed Tomography (CT), Magnetic Resonance Imaging (MRI), Positron Emission Tomography (PET), and Ultrasonography, see [1], [6]-[13]. The diagnostic task generates a large amount of images which must be archived for future evaluations. Fortunately, most of these techniques produce digital images, which are more efficiently archived and handled, by means of computer systems, than physical ones [1]. Both diagnostic and therapeutic indications for radiologic imaging are expanding rapidly. The rapid expansion is a consequence of the need for more rapid, accurate, cost effective, and less invasive treatment. In many real radiologic practices, automated and intelligent image analysis and understanding are accepted as an essential part or procedure, such as image segmentation, registration, and computer-aided diagnosis and detection. In addition, in the area of cancer prognosis and treatment, automated and intelligent algorithms have a large market and are welcomed broadly, in areas such as radiation therapy planning or automatic identification of imaging biomarkers from radiological images of certain diseases, etc. However, most image segmentation methods deals with imprecise data. In our previous works [2-5] we present simple and yet effective models of imprecise spatial data based on fuzzy sets. Machine learning

algorithms underpin the algorithms and software that make computer-aided diagnosis/prognosis/treatment possible. Machine learning identifies complex patterns automatically and helps radiologists make intelligent decisions on radiology data such as conventional radiographs, CT, MRI, and PET images [6].

In many applications, the performance of machine learning-based automatic detection and diagnosis systems has shown to be comparable to that of a well-trained and experienced radiologist.

In this paper we propose a solution for region (in medicine often referred to as “mass”) detecting and segmenting in DICOM images. Masses are characterized by their location, size, shape, margin, and associated findings (i.e. architectural distortion, contrast). These associated properties are examined by radiologists as they are strongly correlated with the classification (benign versus malignant) of the mass. It is generally accepted that mass detection is a more challenging problem than the detection of micro-calcifications, not only for the large variation in size and shape in which masses can appear but also because masses often exhibit poor image contrast [7]. Based on these variations in shapes and sizes of regions, poor contrasts, and generally imprecise image data, we propose the use of fuzzy spatial objects for the representation of these regions.

The paper consists of six sections. Following this introductory section and an overview of related work in Section II, several definitions and preliminaries related to imprecise point object model are set out in Section III. Mathematical model of the imprecise polygon is set out in Section IV. Section V describes the algorithm and its implementation. Section VI contains one example of practical application of the proposed model and the corresponding algorithm. The final section contains concluding remarks and future research directions.

II. RELATED RESULTS

In the papers [8] and [9] authors discuss various approaches to automatic classifications, detections and segmentations in mammogram imaging. These approaches include support vector machines (SVM), artificial neural networks (ANN), and also region-based

NAPOMENA:

a) Ovaj rad proistekao je iz master rada Marka Jocića. Mentor je bio prof. dr Đorđe Obradović.

b) Rad je prethodno publikovan na konferenciji SISY, Subotica, septembar 2012.

and contour-based methods. In the paper [10] authors propose an advanced morphological approach for medical image processing applicable to various density types (solid, non-solid, part-solid and solitary types, vascularized and juxtaleural types). First, the algorithm separates lung parenchyma and radiographically denser anatomical structures with coupled competition and diffusion processes. Second, it locates the core of a nodule in a manner that is applicable to juxtaleural types using a transformation applied on the Euclidean distance transform of the foreground. Third, it detaches the nodule from attached structures by a region growing on the Euclidean distance map followed by a procedure to delineate the surface of the nodule based on the patterns of the region growing and distance maps. Finally, convex hull of the nodule surface intersected with the foreground constitutes the final segmentation. In the paper [11], an algorithm using fuzzy classification and symmetry analysis is proposed for 3D brain tumor segmentation in MRI. First, the brain is segmented using a new approach, robust to the presence of tumors. Then a first tumor detection is performed, based on selecting asymmetric areas with respect to the approximate brain symmetry plane and fuzzy classification. Its result constitutes the initialization of a segmentation method based on a combination of a deformable model and spatial relations, leading to a precise segmentation of the tumors. Imprecision and variability are taken into account at all levels, using appropriate fuzzy models.

In the paper [12] a method is given for detection of neuron membranes in electron microscopy images using a series of artificial neural networks (ANNs) in a framework combined with a feature vector that is composed of image intensities sampled over a stencil neighborhood. Several ANNs are applied in series allowing each ANN to use the classification context provided by the previous network to improve detection accuracy. Authors have developed the method of serial ANNs and they have shown that the learned context does improve detection over traditional ANNs.

In paper [13] authors propose proposed a novel method based on MRF (Markov Random Fields) and a hybrid of social algorithms that contain an ant colony optimization (ACO) and a Gossiping algorithm which can be used for segmenting single and multispectral MRIs in real time environments. Combining ACO with the Gossiping algorithm helps to find a better path using neighborhood information.

Concerning DICOM images, in paper [1] a medical image viewer is implemented in Java. Its innovative features are: capability for visual edition and storage of measurements involved in diagnosis and treatment of scoliosis and performed on digital X-rays; capability for retrieving images in a flexible way from medical image databases on the basis of those measurements.

III. PRELIMINARIES

We shall give in this section some basic facts on the linear fuzzy space introduced in [2, 3], and which is a

base for a model of the imprecise polygon introduced in the present paper.

Definition 2.1 *Fuzzy point* $P \in \mathbb{R}^2$, denoted by \tilde{P} , is defined by its membership function $\mu_{\tilde{P}} \in \mathcal{F}^2$, where the set \mathcal{F}^2 contains all membership functions $u: \mathbb{R}^2 \rightarrow [0,1]$ satisfying the following conditions:

- i) $(\forall u \in \mathcal{F}^2)(\exists_1 P \in \mathbb{R}^2) u(P) = 1$,
- ii) $(\forall X_1, X_2 \in \mathbb{R}^2)(\forall \lambda \in [0,1])$
 $u(\lambda X_1 + (1 - \lambda)X_2) \geq \min(u(X_1), u(X_2))$,
- iii) function u is upper semi continuous,
- iv) α -cut $[u]^\alpha = \{X | X \in \mathbb{R}^2, u(X) \geq \alpha\}$
of function u is convex.

A point P from \mathbb{R}^2 , with membership function $\mu_{\tilde{P}}(P) = 1$, will be denoted by P (P is the core of the fuzzy point \tilde{P}), and the membership function of the point \tilde{P} will be denoted by $\mu_{\tilde{P}}$. By $[P]^\alpha$ we denote the α -cut of the fuzzy point (set from \mathbb{R}^2).

Definition 2.2 \mathbb{R}^2 *Linear fuzzy space* is a set $\mathcal{H}^2 \subset \mathcal{F}^2$ of all functions which, in addition to the properties given in Definition 2.1, are:

- i) Symmetric with respect to the core $S \in \mathbb{R}^2$
 $(\mu(S) = 1)$,
 $\mu(V) = \mu(M) \wedge \mu(M) \neq 0 \Rightarrow d(S, V) = d(S, M)$,
where $d(S, M)$ is the usually distance in \mathbb{R}^2 .
- ii) Inverse-linear decreasing w.r.t. points' distance from the core according to:
If $r \neq 0$, then
 $\mu_{\tilde{S}}(V) = \max\left(0, 1 - \frac{d(S, V)}{|r_S|}\right)$,
if $r = 0$, then
 $\mu_{\tilde{S}}(V) = \begin{cases} 1 & \text{ako je } S = V \\ 0 & \text{ako je } S \neq V \end{cases}$,
where $d(S, V)$ is the distance between the point V and the core S ($V, S \in \mathbb{R}^n$) and $r \in \mathbb{R}$ is constant.

An element of that space is represented as ordered pair $\tilde{S} = (S, r_S)$, where $S \in \mathbb{R}^2$ is the core of \tilde{S} , and $r_S \in \mathbb{R}$ is the distance from the core for which the function value becomes 0; in the sequel parameter r_S will be called *fuzzy support radius*.

Definition 2.4 Let \mathcal{H}^2 be a linear fuzzy space and a function f be a linear combination of fuzzy points \tilde{A} and \tilde{B} . Then the fuzzy set $\tilde{A}\tilde{B}$ is a *fuzzy line* if the following holds

$$\tilde{A}\tilde{B} = \bigcup_{u \in [0,1]} f(\tilde{A}, \tilde{B}, u).$$

Analogously to fuzzy point, fuzzy lines can be represented as a pair of two fuzzy points. A fuzzy line is a

minimal extension of a precise line defined by two discrete points.

IV. FUZZY POLYGON IN \mathbb{R}^2 LINEAR FUZZY SPACE

One of the main contributions of this paper is a model of the imprecise polygon. It is based on special class of the fuzzy sets introduced in [2] and [3].

Definition 3.1 Let \mathcal{H}^2 be a linear fuzzy space and $\tilde{\mathcal{A}} = \{\tilde{A}_1, \dots, \tilde{A}_n\}$ be the ordered set of the fuzzy points $\tilde{A}_i \in \mathcal{H}^2$. Then *linear fuzzy path* $s(\tilde{\mathcal{A}})$ is given by

$$s(\tilde{\mathcal{A}}) = \bigcup_{i=1}^{n-1} \tilde{A}_i \tilde{A}_{i+1}.$$

Remark. If $X \in \mathbb{R}^2$, then the membership function $\mu_{s(\tilde{\mathcal{A}})}$ of the linear fuzzy path $s(\tilde{\mathcal{A}})$ is given by

$$\mu_{s(\tilde{\mathcal{A}})}(X) = \max_{i=1, n-1} \mu_{\tilde{A}_i \tilde{A}_{i+1}}(X).$$

Definition 3.2 Let \mathcal{H}^2 be a linear fuzzy space and $\tilde{\mathcal{A}} = \{\tilde{A}_1, \dots, \tilde{A}_n\}$ be the ordered set of the fuzzy points $\tilde{A}_i \in \mathcal{H}^2$. Then *closed linear fuzzy path* $c(\tilde{\mathcal{A}})$ is given by

$$c(\tilde{\mathcal{A}}) = s(\tilde{\mathcal{A}}) \bigcup \tilde{A}_n \tilde{A}_1$$

Remark If $X \in \mathbb{R}^2$, then the membership function $\mu_{c(\tilde{\mathcal{A}})}$ of the closed linear fuzzy path $c(\tilde{\mathcal{A}})$ is given by

$$\mu_{c(\tilde{\mathcal{A}})}(X) = \max\{\mu_{s(\tilde{\mathcal{A}})}(X), \mu_{\tilde{A}_n \tilde{A}_1}(X)\}$$

Definition 3.3 Let \mathcal{H}^2 be a linear fuzzy space and $\tilde{\mathcal{A}} = \{\tilde{A}_1, \dots, \tilde{A}_n\}$ be the ordered set of the fuzzy points $\tilde{A}_i \in \mathcal{H}^2$. Then *linear fuzzy polygon* $p(\tilde{\mathcal{A}})$ is given by

$$\mu_{p(\tilde{\mathcal{A}})}(X) = \begin{cases} 1 & \text{if } X \text{ inside polygon } c(\tilde{\mathcal{A}})^0 \\ \mu_{c(\tilde{\mathcal{A}})}(X) & \text{otherwise,} \end{cases}$$

where $c(\tilde{\mathcal{A}})^0$ is the core of the fuzzy set $c(\tilde{\mathcal{A}})$.

V. SEGMENTATION AND FEATURE EXTRACTION ALGORITHM

The creation of the feature vector of every point (pixel) in the image consists of four steps as shown by the activity diagram from Figure 1: forming a square matrix of pixel neighborhood, 2D wavelet transformation, zig-zag algorithm for transforming matrix to vector and finally feature vector normalization.

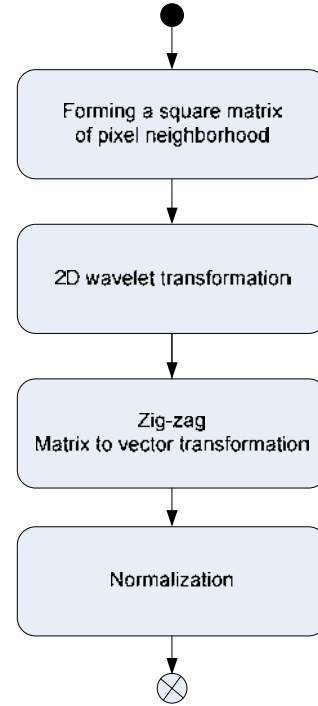


Figure 1. Activity diagram for the feature vector creation

The main parameter for forming a pixel model is the matrix dimension. Most often it is a 3x3 matrix. Figure 2 shows an example of the 3x3 matrix which represents pixel (marked as x) and its neighborhood pixels (marked as o).

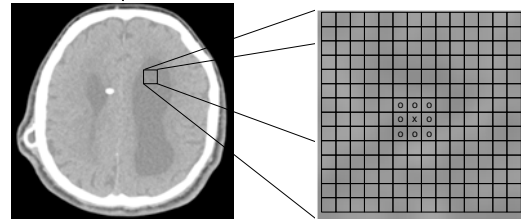


Figure 2. An example of 3x3 pixel neighborhood

The second step in forming a feature vector of a pixel is 2D wavelet transformation. In this case, the Haar wavelets are applied [14].

Then, using the zig-zag algorithm, the obtained 2D matrix is transformed to a vector. Figure 3 shows an example of the 3x3 matrix and its corresponding vector.

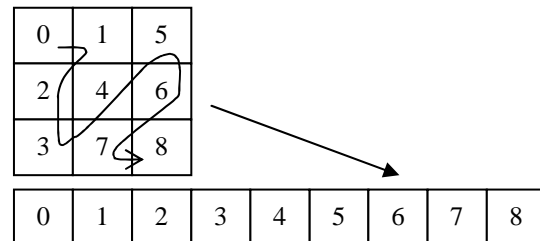


Figure 3. Matrix to vector zig-zag algorithm

Following this transformation, vector values are normalized to represent the pixel.

Once each pixel is represented by its feature vector, segmentation and feature extraction can take place. An activity diagram showing principal steps of the segmentation and feature extraction algorithm is given in Figure 4.

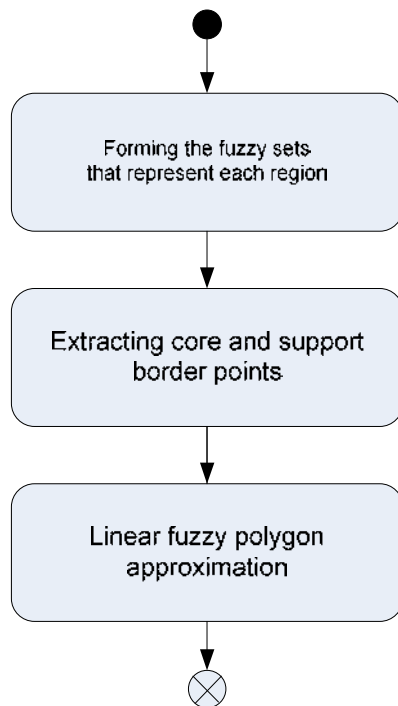


Figure 4. Segmentation and feature extraction algorithm

The first phase of modeling a region with imprecise border is creation of the fuzzy set with membership function mapping a set of pixels feature vectors to a [0,1] interval. For that purpose, a two layer perceptron is used (sigmoid activation function).

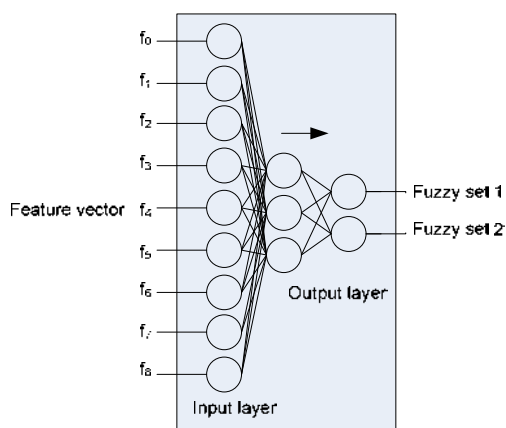


Figure 5. Feed-forward neural network with corresponding input output mapping

The number of input neurons corresponds to a number of feature vector elements ($f_0 \dots f_8$) and number of output neurons corresponds to a number of different fuzzy regions.

The training set for the neural network contains the pixels that strongly belong to the particular fuzzy region (marked with corresponding rectangle) and pixels that strongly do not belong to this particular fuzzy region (pixels that surely belong to other fuzzy region).

In Figure 6 an example of medical image with two rectangles is shown, each representing a basis for two fuzzy regions.

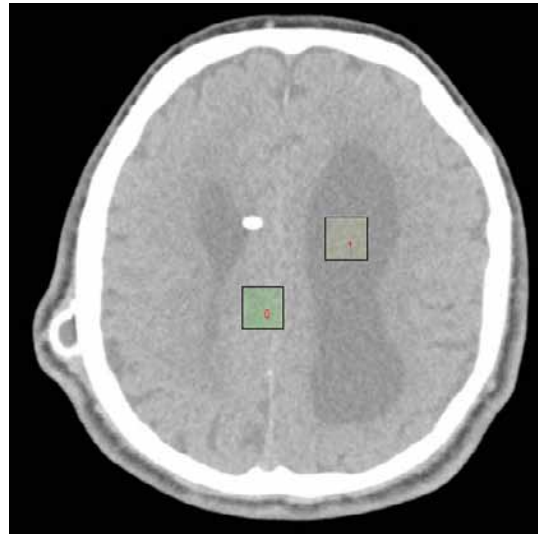


Figure 6. Basis of two regions

Figure 7 shows an image that is created using output from the first output neuron. It corresponds to the fuzzy set of the region 1. Here, white color represents pixels that surely belong to the region 1, opposing to black color which corresponds to pixels that surely do not belong to the region 1. Gray color indicates partial membership.



Figure 7. Fuzzy set representing region 1

The next step in image segmentation is extracting the core and support border points. Each core border point is a center of the closed linear fuzzy path. Corresponding support radius is calculated as maximal number such that support of the fuzzy points is completely inside support of the original fuzzy set.

Figure 8 shows a snippet of the core border points and support border points of the fuzzy set shown in Figure 7.

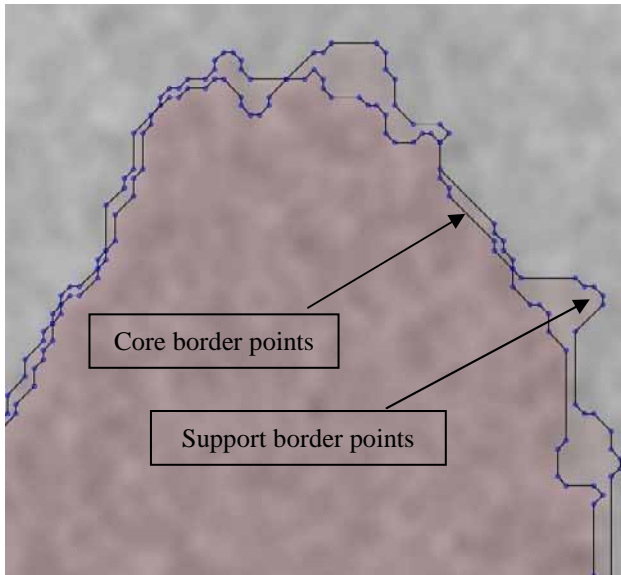


Figure 8. Border points of core and support

The last step is a linear fuzzy polygon approximation. The procedure performing this step is given by the pseudo code in Listing 1.

```

foreach P in core border point set do
  calculate maximal radius R that does not
  intersect with support border
  create Fuzzy point
  with center in point P and
  radius R
  
```

Listing 1. The linear fuzzy polygon approximation procedure

Figure 9 shows region 1 fuzzy set approximation with linear fuzzy polygon.

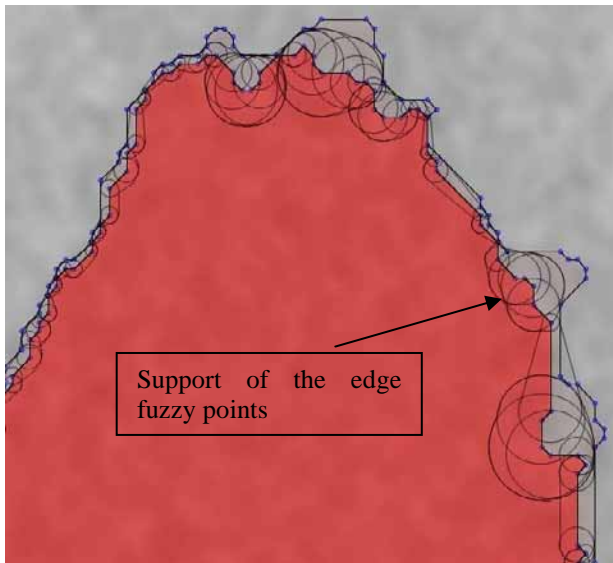


Figure 9. Region approximation with linear fuzzy polygon

VI. DETERMINING POLYGON DIAMETER

For the purpose of diagnostics and therapy results evaluation it is often necessary to determine some geometrical features of the extracted regions, among which the diameter is a very important one.

In our previous work [2] we have proposed an algorithm for calculating the diameter of the convex fuzzy hull. In this paper we have applied this algorithm to calculate the diameter of the fuzzy polygons extracted from the 2D image.

Figure 10 shows diameters of the two fuzzy polygons extracted from the 2D medical image shown in Figure 6.

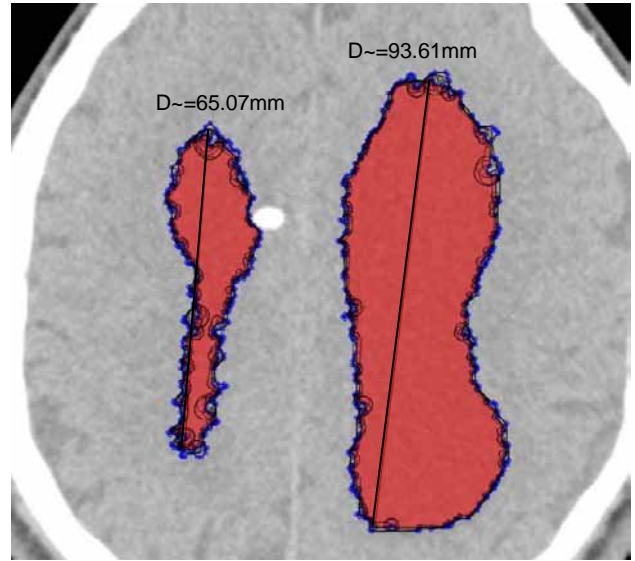


Figure 10. Diameters of the two linear fuzzy polygons

CONCLUSION

In this paper we propose the model of imprecise region based on the notion of the linear fuzzy space [3]. Also, we propose the novel algorithm for the medical image segmentation and feature extraction in medical 2D images.

Imprecise region is modeled through two approximations. Firstly, it is modeled as a fuzzy set with feed forward neural network representing its membership function. After this first approximation is done, we apply second approximation by linear fuzzy polygon with notion of the fuzzy linear polygon introduced in this paper. According to our previous works [2, 4, 5] such models are suitable for efficient manipulation like diameter calculation.

In order to deal with 3D images, modeling of the complex 3D fuzzy mesh based on linear fuzzy space is one of the main future research directions we have in mind. In addition to this main direction, there are several topology relations between fuzzy polygons that should be properly modeled in order to provide means for efficient medical images manipulation for diagnosis, clinical studies, research and learning purposes.

ACKNOWLEDGMENT

The results presented in this paper are part of the research conducted within the Project “Technology Enhanced Learning Infrastructure in Serbia”, Grant No II 47003 of the Ministry of Education and Science of the Republic of Serbia and Provincial Secretariat for Science and Technological Development of Vojvodina. The fourth author was supported by the project MPNRS 174009.

REFERENCES

- [1] J. M. Medina, S. Jaime-Castillo, and E. Jiménez, “A DICOM viewer with flexible image retrieval to support diagnosis and treatment of scoliosis,” *Expert Systems with Applications*, vol. 39, pp. 8799–8808, 2012.
- [2] Đ. Obradović, Z. Konjović, E. Pap, and N. M. Ralevic, “The maximal distance between imprecise point objects,” *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 170, no. 1, pp. 76–94, May 2011.
- [3] Đ. Obradović, Z. Konjović, E. Pap, and I. J. Rudas, “Modeling and PostGIS implementation of the basic planar imprecise geometrical objects and relations,” in *2011 IEEE 9th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics (SISY)*, 2011, pp. 157–162.
- [4] Đ. Obradović, Z. Konjović, and M. Segedinac, “Extensible Software Simulation System for Imprecise Geospatial Process,” in *ICIST 2011, Kopaonik*, 2011, pp. 1–6.
- [5] Đ. Obradović, Z. Konjović, E. Pap, and I. J. Rudas, “Linear Fuzzy Space Based Road Lane Model and Detection,” *Knowledge-Based Systems*, Jan. 2012.
- [6] S. Wang and R. M. Summers, “Machine learning and radiology,” *Medical Image Analysis*, vol. 16, pp. 933–951, 2012.
- [7] A. Oliver, J. Freixenet, J. Martí, E. Pérez, J. Pont, E. R. E. Denton, and R. Zwiggelaar, “A review of automatic mass detection and segmentation in mammographic images,” *Medical Image Analysis*, vol. 14, pp. 87–110, 2010.
- [8] J. Ren, “ANN vs. SVM: Which one performs better in classification of MCCs in mammogram imaging,” *Knowledge-Based Systems*, vol. 26, pp. 144–153, 2012.
- [9] A. Oliver, J. Freixenet, J. Martí, E. Pérez, J. Pont, E. R. E. Denton, and R. Zwiggelaar, “A review of automatic mass detection and segmentation in mammographic images,” *Medical Image Analysis*, vol. 14, pp. 87–110, 2010.
- [10] T. Kubota, A. K. Jerebko, M. Dewan, M. Salganicoff, and A. Krishnan, “Segmentation of pulmonary nodules of various densities with morphological approaches and convexity models,” *Medical Image Analysis*, vol. 15, no. 1, pp. 133–154, 2011.
- [11] H. Khotanlou, O. Colliot, J. Atif, and I. Bloch, “3D brain tumor segmentation in MRI using fuzzy classification, symmetry analysis and spatially constrained deformable models,” *Fuzzy sets and systems*, vol. 160, pp. 1457–1473, 2009.
- [12] E. Jurrus, A. R. C. Paiva, S. Watanabe, J. R. Anderson, B. W. Jones, R. T. Whitaker, E. M. Jorgensen, R. E. Marc, and T. Tasdizen, “Detection of neuron membranes in electron microscopy images using a serial neural network architecture,” *Medical Image Analysis*, vol. 14, pp. 770–783, 2010.
- [13] S. Yousefi, R. Azmi, and M. Zahedi, “Brain tissue segmentation in MR images based on a hybrid of MRF and social algorithms,” *Medical Image Analysis*, vol. 16, pp. 840–848, 2012.
- [14] Charles K. Chui, “An Introduction to Wavelets”, Academic Press, San Diego, 1992.

DISTRIBUIRANI EVOLUTIVNI PSO ALGORITAM ZA PODELU GRAFOVA
DISTRIBUTED EVOLUTIONARY PSO ALGORITHM FOR GRAPH PARTITIONINGJelena Vuković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – Ovaj rad predstavlja jednu implementaciju evolutivnog PSO (EPSO) algoritma u okviru distribuiranog računarskog sistema pri čemu je za međuprocensnu komunikaciju korišćen WCF komunikacioni protokol. Cilj rada je ispitivanje i upoređivanje brzine i opravdanosti distribuiranog izvršavanja EPSO algoritma za podelu grafova nad sekvencijalnim.

Abstract – This work presents an implementation of the EPSO algorithm in a distributed computing system with the inter – process communication protocol using WCF communication. The aim was testing and comparing the speed and feasibility of the distributed algorithm execution versus sequential execution.

Ključne reči: Podela grafova, EPSO algoritam, WCF, distribuirani računarski sistem

1. UVOD

EPSO - Evolutionary Particle Swarm Optimization omogućuje dvostruko tumačenje rada algoritma, jer može da se posmatra iz dve perspektive: Kao varijanta PSO algoritama ili kao varijanta Evolutivnih algoritama. Particle Swarm Optimization algoritam (PSO) i Evolutivni Algoritmi (EA) predstavljaju globalne stohastičke optimizacione algoritme čiji principi rada obično počivaju na implementaciji nekih prirodnih procesa pretrage.

Zajednička osobina oba algoritma jeste to što podstiču prenošenje povoljnijih osobina postojećih rešenja u naredne generacije. Specifičnost EPSO algoritma se ogleda u tome što je u fazi rekombinacije korišćeno pravilo kretanja PSO algoritmom.

EPSO algoritam se izvršava po sledećim fazama: replikacija, mutacija, rekombinacija, evaluacija i selekcija.

EPSO algoritam ima važnu ulogu u elektroenergetskim sistemima, gde je potrebno podatke podeliti na grupe i paralelno obrađivati. Jedan od načina podele sistema je primena algoritma za podelu grafova.

Za dati problem podele grafova, koji opisuju različite modele distributivne elektroenergetske mreže, primenjen je Evolutivni PSO (EPSO) algoritam, sa ciljem da se uporede performanse distribuirane i centralizovane verzije EPSO algoritma [2].

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Darko Čapko, docent

2. TEORIJA GRAFOVA

Kombinatorika sa teorijom grafova je jedna od najstarijih oblasti matematike koja je našla primenu u računarskim mrežama, saobraćaju, itd.

Modeli distributivne elektroenergetske mreže, koji su predmet razmatranja u ovom radu, su opisani grafom $G=(V,E)$ koji se sastoji od čvorova (V) i grana (E). Problem podele grafa se bazira na podeli neorijentisanog grafa sa čvorovima i granama koji imaju određene težine.

Pojedini čvorovi grafa predstavljaju grupisane elemente mreže (zajedno korišćene u elektroenergetskim proračunima) i kao takve ih je potrebno razvrstati i podeliti u određene particije. Veze između pojedinih elemenata koji su dodeljeni različitim čvorovima se predstavljaju granom između dodeljenih im čvorova. Dva čvora mogu biti povezana sa više grana. U tom slučaju ove grane se prikazuju kao jedna grana, a broj grana koje ona predstavlja se definiše kao njena težina. Težina čvora je određena stepenom kompleksnosti proračuna koja se dodeljuje grupi elektroenergetskih elemenata čija je reprezentacija navedeni čvor. Dobra aproksimacija kompleksnosti elektroenergetskih proračuna za pojedini čvor je broj elemenata koji mu je pridružen. [1]

3. PODELA GRAFA

Svaki čvor je određen svojim identifikacionim brojem, a od informacija sadrži listu susednih čvorova, listu grana preko koje je povezan sa susednim čvorom, kao i ID particije kojoj čvor pripada. Grane koje povezuju čvorove definisane su svojim identifikacionim brojem, težinom grane, i informacijom o čvorovima koje povezuje. Potrebno je podeliti čvorove na unapred zadati broj particija (delova) tako u cilju paralelizacije proračuna nad velikim modelima podataka. Kako bi se particije optimalno kreirale definiše se odgovarajući kriterijum optimalnosti.

3.1 Kriterijum optimalnosti

Čvorove je potrebno podeliti na definisani broj particija tako da njihova povezanost unutar particije bude maksimalna, a pri tom da veličina particije ne prelazi maksimalnu dozvoljenu veličinu particije. Maksimalna povezanost unutar particije ujedno znači i minimalnu povezanost između particija. Veličina particije i (VP_i) se definiše kao suma težina svih čvorova ($VČ_j$) koji u nju ulaze:

$$VP_i = \sum_{j \in \pi_i} VČ_j \quad (1)$$

Ograničenje u vidu maksimalne dozvoljene veličine particije (MDV) je:

$$MDV = (1 + \varepsilon) \cdot \frac{1}{n_{part}} \sum_{\pi_i} VP_i \quad (2)$$

gde je:

n_{part} - željeni broj particija

ε - tolerancija odstupanja od srednje veličine particije, koja ima vrednost iz intervala

$$\varepsilon \in \left[0, \frac{(n_{part} - 1)}{n_{part}} \right] \quad (3)$$

Kriterijum optimalnosti je:

$$F = \max \sum_{part} f_{part} \quad (4)$$

gde je:

$$f_{part} = \sum_{p,q \in P_k} CM_{p,q} \quad (5)$$

f_{part} - funkcija definisana za svaku particiju P_k , pri čemu su čvorovi p i q raspoređeni u particiju P_k .

$CM_{p,q}$ - kvadratna simetrična matrica povezanosti čvorova čiji elementi predstavljaju broj veza između čvorova p i q .

U cilju balansiranoosti particija definisano ograničenje je formulisano na sledeći način (VP_k - veličina particije k):

$$VP_k \leq MDV, \forall k \in \{1, 2, \dots, n_{part}\} \quad (6)$$

4. EVOLUTIVNI PSO (EPSO) ALGORITAM

Evolutivni PSO algoritam je podstaknut idejom da se kreira algoritam koji bi bio kombinacija PSO algoritma i evolutivnih algoritama. Specifičnost algoritma se ogleda u tome što je u fazi rekombinacije korišćeno pravilo kretanja čestica definisano PSO algoritmom. Razmatrani parametri su grupisani na objektivne (pozicija X) i strategijske (težine W).

EPSO algoritam se izvršava po sledećim fazama [3] :

- Replikacija – svaka čestica se replicira r puta;
- Mutacija – svaka čestica ima mutirane strategijske parametre;
- Reprodukcija – mutirana čestica stvara potomka na osnovu kretanja čestice zasnovanog na PSO algoritmu;
- Evaluacija – računanje kriterijumske funkcije (4) za svakog potomka;
- Selekcija – najbolje čestice opstaju i prenose se na sledeću generaciju.

Pseudo kod sa osnovnim koracima EPSO algoritma:

```

Napravi inicijalnu populaciju od n rešenja (čestica)
while uslov prekida nije ispunjen (kraj iteracija)
  foreach (česticu i od n čestica)
    Replikacija čestica
    Mutacija strategijskih parametara
    Reprodukcija
    Procena kvaliteta čestice i
    Promena najboljih vrednosti čestica
    Selekcija n čestica
    Vrati najbolju globalnu česticu
  end foreach
end while

```

Slika 1: Pseudo kod EPSO algoritma

Pravilo kretanja čestica u EPSO algoritmu je veoma slično kao kod PSO algoritma, tj. bazira se na tri komponente: brzini, memoriji i kooperaciji, kao što je prikazano na slici 2. Razlika u odnosu na osnovni PSO algoritam je mutacija težinskih parametara. Pravilo kretanja EPSO algoritma je formulisano na sledeći način:

$$x_i^{(k+1)} = x_i^{(k)} + v_i^{(k+1)} \quad (7)$$

$$v_i^{(k+1)} = w_{i1}^* \cdot v_i^{(k)} + w_{i2}^* \cdot (b_i - x_i) + w_{i3}^* \cdot (b_g^* - x_i) \cdot P \quad (8)$$

gde su:

b_i – najbolje rešenje na nivou čestice i

b_g^* – mutirano najbolje rešenje na nivou polja

$x_i^{(k)}$ - pozicija čestice i u generaciji k

$w_{i1}^*, w_{i2}^*, w_{i3}^*$ - mutirani strategijski

parametri

P – faktor komunikacije

Simbolom * označeni su parametri nad kojima se primenjuje mutacija.

Mutacija strategijskih parametara w u w^* se vrši pomoću multiplikativne logaritamske raspodele:

$$w_i^* = w_i \left[\log N(0, 1) \right]^r \quad (9)$$

ili na osnovu aditivne Gausove raspodele:

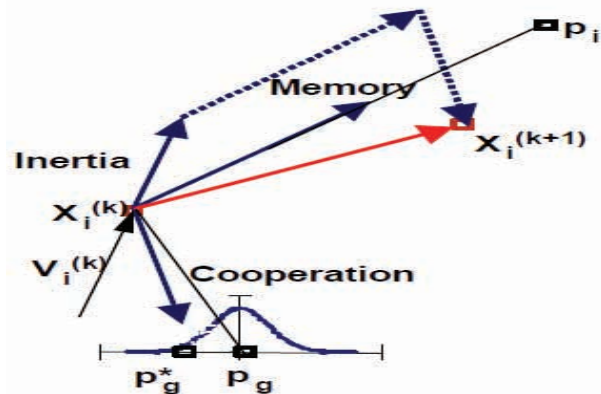
$$w_i^* = w_i + \sigma N(0, 1) \quad (10)$$

gde su σ i τ parametri koji utiču na stepen mutacije i unapred su definisani.

Još jedna bitna karakteristika EPSO algoritma je to što se mutacija ne odnosi samo na komponente definisane u pravilu kretanja, već i na najbolju česticu na nivou roja. Mutacija najbolje globalne čestice roja se vrši na sledeći način:

$$b_g^* = b_g + w_{i4}^* N(0, 1) \quad (11)$$

gde w_{i4} predstavlja četvrti strategijski parametar koji se odnosi na česticu i . On kontroliše veličinu okoline najbolje globalne čestice, gde postoji najveća verovatnoća za pronalazak pravog najboljeg globalnog rešenja. [4]



Slika 2: Kretanje čestica u EPSO algoritmu

4.1 Distribuiran EPSO algoritam

Ideja distribuiranog EPSO algoritma je da istovremeno postoje 3 roja koja se nezavisno izvršavaju na tri računara. Jedan računar u okviru sistema (koordinator) ima informacije o stanju sva 3 roja. Koordinator dobija najbolje čestice na nivou rojeva. Kada ustanovi koja je najbolja čestica od svih lokalno najboljih, nju proglašava za najbolju globalnu česticu, i zatim ih obaveštava rojeve koja je najbolja globalna čestica. Komunikacija između koordinatora i rojeva odvija se sinhrono. Takođe, distribuirani algoritam je moguće pokrenuti i konkurentno na jednom računaru (u tom slučaju je to paralelni multiprocesni algoritam). Distribuirani EPSO algoritam se oslanja na Windows Communication Foundation (WCF) komunikacioni protokol kao protokol za razmenu čestica između rojeva. WCF je servisno – orijentisan sistem razmene poruka koji omogućava aplikacijama da lokalno ili u mreži komuniciraju, slično web servisima. Bitna stvar je način povezivanja (binding) koji specificira tip komunikacionog kanala koji će biti korišćen. U ovom radu korišćen je NetTcpBinding. NetTcpBinding predstavlja sigurnu, pouzdanu komunikaciju visokih performansi baziranu na TCP protokolu i binarnim porukama. Sva tri roja razmenjuju svoje najbolje lokalne čestice, porede ih i nakon toga određuju najbolju globalnu česticu. Nakon toga se svim rojevima šalje informacija o najboljoj globalnoj čestici.

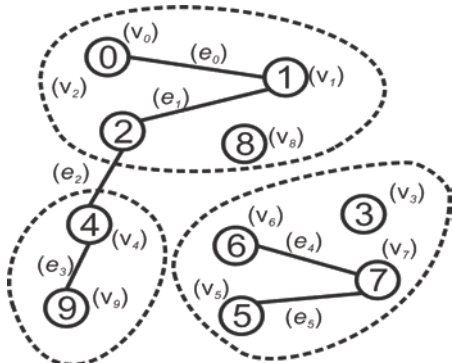
5. REALIZACIJA PROGRAMSKOG REŠENJA ZADATKA

Programsko rešenje zadatka je realizovano programskim jezikom C# uz oslonac na razvojno okruženje Microsoft Visual Studio 2010.

5.1 Učitavanje i formiranje grafa

Graf se formira učitavanjem dva fajla. Fajl „čvorovi.txt“ opisuje čvorove grafa, dok fajl „grane.txt“ opisuje grane grafa. U fajlu sa čvorovima svaki red predstavlja ID čvora i u tom redu se nalazi težina tog čvora. Kod grana takođe svaki red predstavlja ID grane, ali se u njemu nalaze tri broja koja su odvojena separatorom. Prvi broj predstavlja težinu grane, a druga dva ID čvorova koje ta grana povezuje. Pri učitavanju fajla kreiraju se objekti tipa *Cvor*, *Grana* i *Graf*.

Zadatak je podeliti graf u n_r grupe, takvih da su težine veza između grupa minimalne, a zbirovi težina veza unutar grupa maksimalni. Ograničenje je maksimalna dozvoljena vrednost zbira težina čvorova u okviru jedne grupe (MDV) (6).



Slika 3: Primer grafa podeljenog u tri grupe

5.1 Realizacija EPSO algoritma

Adaptacijom EPSO algoritma na problem podele grafova, čestice koje predstavljaju neku podelu, imaju dimenziju jednaku broju čvorova koje je potrebno podeliti po particijama. Svaka čestica predstavlja neku podelu po particijama. Pozicije čestica se ažuriraju u definisanom broju iteracija, u skladu sa definisanim kriterijumom optimalnosti. Cilj je pronaći optimalno rešenje, odnosno najbolju poziciju čestice. Na početku algoritma, svakoj poziciji čestice se na slučajan način dodeli ID particije, što se smatra početnom podelom grafa na particije. Na slici 4 grafički je prikazana čestica, gde je svakoj dimenziji d dodeljen ID particije na slučajan način.

1	2	3	4	5	6	7	d
1	1	2	1	2	1	2	2

Slika 4: Prikaz čestice

Pri pokretanju algoritma počinje da se meri vreme, pomoću objekta klase stopwatch, u cilju da se izračuna vreme koje je potrebno da se nađe najbolja čestica. Nakon svakog ponavljanja vreme se zaustavlja, beleži se rezultat i resetuje se. Za rešavanje definisanog problema podele grafova, replikacija čestica je rađena sa stepenom replikacije $r=3$. U svakoj iteraciji roj čestica se utrostručuje, i svakim od rojeva se manipuliše u cilju dobijanja najboljeg rešenja. Nad sva tri replicirana roja se primenjuje EPSO algoritam. U svakoj iteraciji za svaku česticu, vrši se mutacija strategijskih parametara na osnovu Gausijanove aditivne mutacije definisane izrazom (10). Parametar σ , koji utiče na promenu težinskih parametara čestica je fiksno definisan, i njegovu vrednost najbolje je držati na niskom nivou, kako bi obezbedili laganu i postepenu promenu težinskih parametara. [4] U svakoj iteraciji vrši se i mutacija najbolje čestice roja prema izrazu (11), gde w_{i4} predstavlja četvrti strategijski parametar nad kojim je takođe primenjena aditivna Gausijanova mutacija. Na osnovu testiranja algoritma parametru mutacije težinskih faktora je dodeljena vrednost $\sigma = 0.2$. Sledeći korak je ažuriranje brzine (v_i) i pozicije (x_i), na osnovu pravila kretanja čestica koje je definisano izrazom (10). Neophodno je algoritam prilagoditi datom diskretnom problemu, tako da se vrši modifikacija brzine zaokruživanjem na najbliži ceo broj, kako bi dobili diskretne vrednosti:

$$v_i = \text{round}(v_i) \quad (12)$$

Pozicije čestica moraju imati celobrojne vrednosti iz intervala $[0, n_{part-1}]$, tako da na kraju se vrši modifikacija pozicija po modulu npart:

$$x_i = |\text{mod}(x_i, n_{part})| \quad (13)$$

gde je $\text{mod}(x,y)$ funkcija koja izračunava ostatak pri deljenju x i y . Cilj ukrštanja je obezbediti novi kvalitet, u smislu novih čestica. Nad česticama se vrši ukrštanje u jednoj tački. Ukrštanje se primenjuje na odabrane parove roditelja. Ukrštanje i mutacija vode ka boljim rezultatima u smislu kvaliteta populacije. Stepenu mutacije je postavljen na vrednost 0.2.

Na osnovu definisanog kriterijuma optimalnosti procenjuje se kvalitet izdanaka celokupnog roja čestica. Pozicija x_i se pamti kao najbolja na nivou roja i kao najbolja na nivou sva 3 roja, ukoliko je bolja od dotadašnje najbolje pozicije.

Poslednji korak u realizaciji algoritma je postupak selekcije. Ovim postupkom se među izdancima svih čestica biraju čestice sa najboljim vrednostima kriterijumske funkcije, koje će da “prežive” i formiraju narednu generaciju. Postupak selekcije je zapravo to što čini ovaj algoritam specifičnim, pošto ovaj postupak obezbeđuje neku vrstu “takmičenja” među česticama. Nakon definisanog broja iteracija, EPSO algoritam vraća poziciju najbolje globalne čestice kao konačno rešenje problema, koja predstavlja podelu čvorova po particijama.

6. REZULTATI TESTIRANJA

Testiranja su izvršena na četiri identična računara sa po 2GB operativne memorije i dual core procesorom Intel Pentium E2180 na 2GHz. Operativni sistem je bio Windows 7. Cilj je bio utvrditi koliko je (i da li je) distribuirana varijanta algoritma brža i bliža optimumu od sekvencijalne. Kao test modeli korišćeni su realni modeli elektroenergetskih mreža, čije karakteristike su prikazane u tabeli 1:

Tabela 1: Modeli elektroenergetskih mreža

Model mreže	Broj čvorova	Broj grana
x54	54	44
x63	63	52
x106	106	52
x206	206	286

Sekvencijalni i distribuirani algoritam su se izvršavali u 1000 iteracija. Za manje modele mreže (x54, x63, x106) rađena su testiranja sa 40 ponavljanja, a za model x206 sa 20 ponavljanja, za svaku od kombinacija parametara.

Parametri su:

- broj particija: 2, 4, 6, 8
- broj čestica: 20, 60, 80, 100
- stepen tolerancije: 0.1 (10%)
- stepen mutacije težine σ : 0.2
- faktor komunikacije P: 1

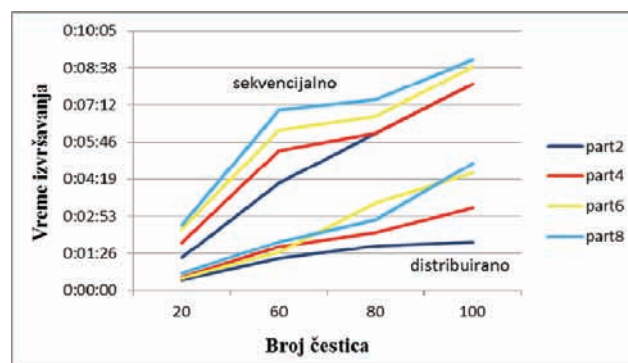
Tabela 2: Srednje vrednosti modela mreže x54

x54 part	20 čestica		60 čestica		80 čestica		100 čestica	
	sekv	distr	sekv	distr	sekv	distr	sekv	distr
2	390.5	392.9	394.4	399.4	392.4	399.9	401	401.5
4	330.3	372.3	349.4	375.9	379.3	376.9	380.9	378.2
6	271.5	366.1	287.3	368.1	369.2	368.5	372.5	376.1
8	185.9	357.4	204.7	360.7	363.4	363.5	361.5	362.5

U tabeli 2 su prikazane srednje vrednosti sekvencijalnog i distribuiranog algoritma modela mreže x54 sa 1000 iteracija. Poređenjem rezultata dobijenih pomoću ova dva algoritma može se zaključiti da distribuirani algoritam daje bolje rezultate u svim slučajevima podela.

Razlike u dobijenim rezultatima najupečatljivije su pri podelama na veći broj particija. Takođe, može se primetiti da se dobijene vrednosti sa povećanjem broja particija smanjuju.

Na grafiku 1 prikazana su vremena izvršavanja distribuiranog i sekvencijalnog algoritma u zavisnosti od broja čestica.



Grafik 1: Vreme izvršavanja distribuiranog i sekvencijalnog algoritma u zavisnosti od broja čestica

Na grafiku se jasno vidi da se distribuirani algoritam izvršava 2x brže od sekvencijalnog. Vreme izvršavanja se povećava sa porastom broja particija i broja čestica.

7. ZAKLJUČAK

U radu je opisana implementacija EPSO algoritma u okviru distribuiranog računarskog sistema koristeći WCF komunikacioni protokol. Na osnovu izvršenih testova može se zaključiti da distribuiranost ima svoju opravdanost. Distribuirani algoritam se izvršava mnogo brže od sekvencijalnog i daje bolja rešenja.

8. LITERATURA

- [1] Čapko Darko : „Optimalna podela velikih modela u okviru nadzorno – upravljačkih elektroenergetskih sistema“, Doktorska disertacija, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad 2012
- [2] N. L. Biggs, E. K. Lloyd and R. J. Wilson. “Graph Theory” 1736-1936. Clarendon Press, Oxford 1976
- [3] Miranda, V. and Fonseca, N.: EPSO - Evolutionary Particle Swarm Optimization, a New Algorithm with Applications in Power Systems, Proceedings of IEEE/PES, Transmission and Distribution Conference and Exhibition 2002: Asia Pacific, Vol.2, pp.745–750, 2002
- [4] Vladimiro Miranda, Nino Fonesca “EPSO- Best-of-Two-Worlds Meta-Heuristic Applied to Power System Problems”, Conference on Evolutionary Computation, Hawaii, 2002

Kratka biografija:



Jelena Vuković rođena je 02.05. 1986. godine u Subotici. Nakon završetka osnovne škole upisuje gimnaziju “Svetozar Marković” u Subotici, prirodno – matematički smer, koju završava 2005. godine i iste godine upisuje Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, odsek Elektrotehnika i računarstvo, smer Računarstvo i automatika, usmerenje Automatika i upravljanje sistemima.

PRIMENA BUBBLE-FOS/C ALGORITMA ZA DINAMIČKU PRERASPODELU GRAFOVA KOJI OPISUJU EE MREŽE**APPLICATION OF BUBBLE-FOS/C FOR DYNAMICAL GRAPH REPARTITIONING DESCRIBING POWER NETWORKS**

Nenad Andrejić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U radu je opisana preraspodela već izdijeljenog modela distributivne elektroenergetske mreže. Ona se vrši u toku rada sistema, a u slučajevima kada se ustanovi nebalansiranost opterećenja procesora u okviru multiprocesorskog sistema. Do nebalansiranosti može doći zatvaranjem pojedinih grana koje povezuju delove mreže dodeljene različitim procesorima. Analizirana su dva algoritma: 1) BF algoritam (Bubble-FOS/C) 2) WF difuzioni algoritam (Wavefront Diffusion), i izvršeno je poređenje dobijenih rezultata.

Abstract – In this work it's described the repartitioning of the model is already divided distributive power network. It's performed during system operation, and in cases when it's not load balancing processors within the multi-processor system. Do not balance may be due to closing of some branches which connects parts of the network assigned to different processors. Two algorithms are analyzed: 1) BF algorithm and 2) WF algorithm, and to compare the results..

Cljučne reči: Elektroenergetska mreža

1. UVOD

Osnovni cilj distribuiranih sistema jeste sposobnost da se efikasnije koriste računarski resursi. Jedna od tehnika koja omogućava ovu osobinu distribuiranih sistema jeste raspoređivanje procesorskog opterećenja između više različitih računara, što može dovesti do znatnog ubrzanja proračuna. Model elektroenergetske mreže moguće je smestiti na jedan računar, ali je potreban veliki memorijski prostor i snažan procesor za njegovu obradu. U radu se uz pomoć grafova podataka prikazuje elektroenergetska mreža. Model elektroenergetske mreže se deli na delove, tzv. regione. Veličine regiona bi trebalo da budu približno iste, tj. da sadrže približno istu količinu podataka. Na taj način bi računari distribuiranog sistema bili približno jednako opterećeni. Čvorovi koji predstavljaju delove mreže se inicijalno raspoređuju tako da svi računari budu približno isto opterećeni. U realnom vremenu dolazi do promene stanja tj. do zatvaranja i otvaranja grana koje predstavljaju prekidače, pa se i topološki izgled elektroenergetske mreže menja. Ove promene ogledaju se u činjenici da neki podaci moraju da se prebace na neki drugi računar u cilju istovremene obrade, pa može doći do nebalansiranosti sistema.

NAPOMENA:

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

Kada se u jednom regionu nalazi više podataka nego u ostalima, procesor koji obrađuje podatke tog regiona će biti preopterećen i sistem se nalazi u nebalansiranom stanju.

Kao reakciju na ovakvo stanje prebacuje se deo podataka sa preopterećenih računara na računare sa manje podataka u proseku, kako bi se ponovo uspostavilo balansirano stanje. Pri tome je potrebno voditi računa da na svakoj mašini budu elementi koji su međusobno povezani pa se isti istovremeno proračunavaju.

Za rešavanje ovog problema se najčešće primenjuju algoritmi za preraspodelu grafova. Preraspodela grafova je tehnika koja se koristi u informatičkim naukama, inženjerstvu i povezanim oblastima.

Algoritmi preraspodele koji su implementirani u radu za svrhu rešavanja problema neizbalansiranosti su:

- 1) BF algoritam (Bubble-FOS/C) [1]
- 2) WF difuzioni algoritam (Wavefront Diffusion) [2,3]

2. MODELOVANJE ELEKTROENERGETSKE MREŽE

U cilju primene navedenih algoritama, dizajniran je i implementiran sistem u programskom jeziku C#. Elektroenergetska mreža predstavljena je pomoću skupa klasa koje opisuju elemente mreže.

U svrhu komunikacije između različitih računara korišćen je WCF protokol. Objektno orijentisan pristup omogućuje smanjenu kompleksnost implementacije bez velikog uticaja na performanse sistema. Model grafova podataka predstavljen je klasama Cvor, Grana i Graf. Instanca klase Grana sadrži informacije o tipu grane, statusu (da li je otvoren ili zatvoren prekidač - element), id grafa kom pripada, id grane, koje čvorove povezuje i u kom se regionu nalazi.

Instanca klase Cvor sadrži informacije o tipu, id-u grafa, sopstvenom id-u, regionu i listu susednih čvorova. WCFServer, koji predstavlja server-koordinator (SK), učitava inicijalni graf u kome se nalaze svi podaci koji opisuju elektroenergetsku mrežu. SK pravi objekte grana, čvorova i grafova koje smešta u odgovarajuće kolekcije. Zatim SK vrši inicijalnu raspodelu tako što se podaci smeštaju na odgovarajuće lokalne servere.

Kada se završi smeštanje podataka na odgovarajući procesor, klijent šalje zahteve serveru-koordinatoru da vrši izmene statusa prekidača.

Prekidači se biraju iz liste graničnih prekidača (između regiona). SK dobija obaveštenje o promeni statusa

prekidača i poziva funkciju koja osvežava stanje prekidača. Funkcija proverava da li su se grafovi spojili/razdvojili kako bi svi podaci bili ažurirani. Ako je novonastalo stanje nebalansirano poziva se algoritam za preraspodelu.

Kada algoritam za preraspodelu izračuna optimalnu raspodelu grafova podataka, lokalnim serverima šalje informaciju koje grafove podataka ka kom susednom lokalnom serveru treba da pošalju. Na stranicama rada margine treba da budu po 2 cm.

3. PARAMETRI KRITERIJUMA OPTIMALNOSTI

Kriterijum optimalnosti ima za cilj da pronade najbolji čvor, tj. onaj čvor čija je cena prebacivanja najmanja. Kriterijum optimalnosti smo koristili prilikom primene WF i BF algoritma. Navešćemo nekoliko formula koje figurišu u izrazu za kriterijum optimalnosti.

Kriterijum optimalnosti:

$$\min[C_{\text{repartition}}(v_i)]$$

gde je v_i -granični koren

$$C_{\text{repartition}} = \alpha C_{\text{cut}} + \beta C_{\text{migration}} + \gamma C_{\text{balance}} \quad (1)$$

$$C_{\text{balance}} = \sum_{i=1}^p (\text{weight}(\pi_i) - R_{\text{size}})^2$$

$$R_{\text{size}} = \frac{\sum_{i=1}^p \text{weight}(\pi_i)}{p}$$

pri čemu je:

- C_{cut} - broj međuprocorsorskih veza
- $C_{\text{migration}}$ - broj elemenata koji su promenili region
- C_{balance} - suma kvadrata greške odstupanja od optimalne veličine regiona
- R_{size} - optimalna veličina regiona
- $\text{weight}(\pi_i)$ - težina regiona
- p - broj regiona (procesora)

Prema datom kriterijumu optimalnosti najbolji čvor za slanje u drugi region je onaj koji ima najmanju funkciju dobiti $C_{\text{repartition}}$. Nju određuju tri veličine: C_{cut} , $C_{\text{migration}}$ i C_{balance} . Nekada je važno da se određenoj veličini iz izraza(1), poveća važnost ili da joj se umani važnost i iz tog razloga se uvode parametri α , β , i γ . Oni će uticati na rezultat preraspodele tako što će neposredno učestvovati u odlučivanju prilikom izbora čvora, i ako se zna koja osobina određuje kvalitet preraspodele određenom parametru će se povećati vrednost.

Izraz za $C_{\text{repartition}}$ u velikoj meri zavisi i od same elektroenergetske mreže tj. njene veličine i strukture. Ako je u pitanju velika mreža koja sadrži velik broj elemenata koja je pri tom slabo povezana (ima mali C_{cut}) odlučujući faktor biće C_{balance} pa veličine C_{cut} i $C_{\text{migration}}$ neće značajnije uticati na izbor čvora.

Ovaj problem treba razlikovati od situacije kada se želi favorizovati neka veličina jer se podrazumeva da bez favorizacije, veličine C_{cut} , $C_{\text{migration}}$ i C_{balance} treba da utiču na krajnji izraz u razumnoj proporciji, što zapravo znači

da se mora osetiti uticaj sve tri veličine. Rešenje problema kalibracije ovih veličina dat je kroz inicijalno podešavanje parametara α , β , i γ . Promenljiva α koja određuje uticaj veličine C_{cut} prima vrednost 1 jer u algoritmu C_{cut} se ne računa kao ukupan broj međuprocorsorskih veza već kao broj smanjenja/povećanja veza prilikom prelaska nekog čvora pa je iz istog razloga bilo prihvatljivo da se tom parametru dodeli vrednost 1.

Druga dva parametra β , i γ izračunata su sa ciljem da se $C_{\text{migration}}$ - broj elemenata koji menjaju region izrazi kao procenat od optimalne veličine regiona, a C_{balance} kao suma koja se dobije kad se saberu kvadrirane vrednosti prekoračenja od optimalne vrednosti za svaki region (prekoračenje regiona je izraženo u procentima).

Dakle, inicijalne vrednosti za parametre α , β , i γ (za 4 regiona) računamo na sledeći način:

$$\alpha=1 \quad \beta = \frac{100}{R_{\text{size}}} \quad \gamma = \frac{4 \cdot 100^2}{R_{\text{size}}^2} \quad (4)$$

4. BF ALGORITAM (Bubble-FOS/C)

BF algoritam [1] sastoji se iz nekoliko faza. Prva faza algoritma predstavlja izračunavanje matrice L i definisanja parametara koji konfigurisu formule koje se primenjuju u BF algoritmu. Za region se kažemo da je izbalansiran ako mu suma težina ne prelazi veličinu $(1+x) \cdot R_{\text{size}}$, gde je x proizvoljna veličina koja uzima vrednost iz opsega $x \in [0, p-1/p]$, p predstavlja broj regiona (procesora), a R_{size} prosečnu veličinu regiona.

Nakon određivanja parametara algoritam prelazi na kreiranje *drain* vektora d . *Drain* vektor se upotrebljava u proračunu za dobijanje vektora w , koji predstavlja izračunate težine regiona. Sledeći korak prve faze algoritma se svodi na kreiranje matrice L , gde je L matrica veličine $n \times n$, a n predstavlja ukupan broj regiona. Matrica L se kreira na taj način što se elementima koji se nalaze na dijagonali dodeljuju vrednosti koje predstavljaju broj grana tj. veza, tako npr. element na i -toj poziciji na glavnoj dijagonali dobija vrednost jednaku ukupnom broju veza koje koreni iz i -tog regiona imaju sa korenima koji se nalaze u drugim regionima.

U slučaju da se elementi ne nalaze na dijagonali, matrica će se popunjavati sa -1, ako su i -tiji j -oti region susedi ili sa 0 ako nisu susedi (ako ne postoji nijedna potencijalna veza koja veže dva susedna regiona). Vektor w dobijamo iz jednačine $L \cdot w = d$, za čije se izračunavanje primenjuje Gauss-Seidel-ova metoda. Gauss-Seidel-ova metoda se koristi za numeričko rešavanje sistema linearnih jednačina.

Druga faza algoritma predstavlja primenu kriterijuma optimalnosti čije objašnjenje je dato u 3.poglavlju. Na osnovu vektora w i primenjenog kriterijuma optimalnosti, u poslednjoj fazi BF algoritma se određuje koji se od grafova prebacuje iz regiona sa većom težinom u regione sa manjom težinom.

Razlika između BF algoritma i generičkog Bubble-FOS/C algoritma ogleda se u tome što kod BF algoritma unapred delimo elektroenergetsku mrežu na regione, dok kod generičkog u nekoliko iteracija određujemo inicijalne centre regiona i pomoću algoritma prvi u širinu (Breadth first search-BFS) nalazimo susedne čvorove koji postaju

sledeći centri i tako formiraju nove regione tj. particije. Generički Bubble-FOS/C algoritam u stvari predstavlja jednu fazu višekoračnog Dibap algoritma, koji nije predmet ovog rada.

Suštinska razlika između BF i generičkog BF algoritma jeste u tome što kod BF algoritma koristi kriterijum optimalnosti za određivanje najboljeg čvora za prebacivanje iz regiona sa više podataka u region sa manje podataka.

5. WF ALGORITAM (Wavefront Diffusion)

WF difuzija [2][3] je algoritam koji nastoji da izbalansira postojeće regione vodeći računa da minimizira broj veza između regiona (C_{cut}) i količinu podataka za prebacivanje iz jednog u drugi region ($C_{migration}$) kako bi se dostigla željena balansiranoost. Na početku izvršavanja algoritma kreiraju se dva niza: *outflow* i *inflow*. *Outflow[i]* predstavlja sumu težina čvorova koju π_i region treba da preda drugim regionima kako bi dostigao balansiranoost, dok se *inflow[i]* izračunava kao suma težina čvorova koju π_i region treba da primi od drugih regiona.

Difuziono kretanje čvorova kreće od regiona koji je najpogodniji za otpuštanje čvorova tj. nema potrebu za primanjem čvorova, a koliko je jedan region pogodan za predaju izraženo je preko odnosa *outflow/inflow*. Ako je *inflow* nekog regiona jednak nuli mi ćemo ga izjednačiti sa dovoljno malim brojem $\epsilon \rightarrow 0$ kako bi izbegli deljenje sa nulom.

Zatim sledeća iteracija započinje sa regionom koji je svoju potrebu za primanjem čvorova zadovoljio u prethodnoj iteraciji i tako sve dok se svi regioni ne izbalansiraju. U nastavku predstavljamo pseudo kod jednog dela WF algoritma koji nam pokazuje kako algoritam osigurava da svaki region sa većom težinom ima mogućnost da izabere najbolji graf koji će kasnije biti prebačen u drugi region sa manjom težinom:

```

for(svaki region)
{
    if(inflow==0)
    {
        inflow==1;
    }
}
biranje regiona donora;

while(region donor neizbalansiran)
{
    prebacvanje najboljeg grafa;
}

```

Cilj algoritma jeste da izabere čvor koji će nakon prebacivanja minimizovati f-ju $C_{repartitioning}$. Suština difuzije je da se tok kretanja čvorova usmeri od preopterećenih tzv. *overweight* regiona ka tzv. *underweight* regionima čija suma težina je manja od prosečne R_{size} .

Region se kaže da je izbalansiran ako mu suma težina ne prelazi veličinu $(1+x)*R_{size}$, gde je x željena veličina koja uzima vrednost iz opsega $x \in [0, \frac{p-1}{p}]$. Kada se izabrani

koren premesti iz regiona π_i u region π_j , preračunavaju se veličine *inflow*, *outflow* i ostale koje figurišu u izrazu (1), pri čemu se uvode parametre α , β i γ , kako bi menjali vrednosti f-je $C_{repartitioning}$.

Iteracije se nastavljaju dok se π_i region ne izbalansira, a kad se to desi bira se sledeći kandidat na osnovu odnosa *outflow/inflow* i sve tako dok svi regioni $\Pi = \{\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_p\}$ ne postignu balansiranoost.

6. TESTIRANJE I REZULTATI

Softversko rešenje realizovano je programskim jezikom C# u Microsoft .NET okruženju. Testiranje je izvršeno na računaru koji poseduje Dual-Core Processor 2.20 GHz i 3GB RAM. Rezultati testiranja dobijeni primenom BF i WF algoritma su predstavljeni u tabeli 1.

Tabela 1. Rezultati testiranja

	WF	BF
Brojmigracija [bm]	18	12
Težina migracije [tm]	19075	44548
Broj međuprocessorskih veza [C_{cut}]	35	71
Vreme [t]	14 ms	305 ms
Proteklo vreme [pt]	46,44 s	220,75 s
Prosečna vrednost broja međuprocessorskih veza [pC_{cut}]	85,85	166,33
Standardna devijacija [σ]	40,89	92,63

Nakon analize rezultata testiranja BF i WF algoritma vidi se da WF daje znatno bolje rezultate po pitanju vremena [t] za koje procesor koordinator završio računanje nove raspodele. Takođe treba napomenuti da prilikom primene WF algoritma dolazi do prebacivanja manje količine podataka između regiona, što je predstavljeno parametrom težina migracije [tm] koja se odnosi na ukupnu težinu preraspodeljenih čvorova.

Od velikog značaja nam je je broj migracija [bm] koji predstavlja broj čvorova koji su promenili region nakon primene BF ili WF algoritma, jer ukoliko bm bude što manji algoritmima će trebati manje vremena za računanje nove raspodele.

Cilj primene algoritama bio je i da se smanji broj međuprocessorskih veza [C_{cut}], pri čemu je WF algoritam daje bolje rezultate u odnosu na BF algoritam. U tabeli 1. je prikazana standardna devijacija [σ] koja predstavlja odstupanje C_{cut} pre i posle primene algoritma.

7. ZAKLJUČAK

U radu su opisani BF i WF algoritam, izvršena je njihova implementacija i testiranje na realnom modelu i na kraju su dobijeni rezultati analizirani i upoređeni. Na osnovu upoređenih rezultata dobijenih testiranjem WF i BF algoritma, dolazimo do toga da ako se nastoji da se smanji C_{cut} predlaže se računanje WF algoritmom.

Takođe na osnovu rezultata važno je uočiti da vreme izvršavanja algoritma direktno zavisi od parametara bm i tm . Od velikog je značaja da se nakon primene algoritama dobiju manje vrednosti parametara bm i tm .

8. LITERATURA

- [1] Henning Meyerhenke. „*Disturbed Diffusive Processes for Solving Partitioning Problems on Graphs*“ Faculty of Electrical Engineering, Mathematics and Computer Science, Paderborn, 2008.
- [2] G. Karypis and V. Kumar. „*Parallel Multilevel Graph Partitioning*“. Tech. Rep. CORR 95-036, University of Minnesota, Dept. of Computer Science, 1995.
- [3] Kirk Schloegel, George Karypis, Vipin Kumar. „Wavefront Diffusion and LMSR: Algorithms for Dynamic Repartitioning of Adaptive Meshes“. *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, Vol. 12, No. 5, pp. 451-466, May 2001.

Kratka biografija:



Nenad Andrejić rođen je 15.05.1986. u Novom Sadu. Završio je srednju elektrotehničku školu „Mihajlo Pupin“ 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.

PRILAGODLJIV ALGORITAM ZA OTKRIVANJE GREŠAKA UZ OSOLONAC NA PROCENU VREDNOSTI PARAMETARA PROCESA**ADAPTIVE PROCEDURE FOR FAULT DETECTION BASED ON PROCES PARAMETER VALUE ESTIMATION**

Srdan Kovačević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi sad*

OBLAST: ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu dat je jedan pristup problemu Detekcije i Izolacije Grešaka (Fault Detection and Isolation, FDI). Pomenute se sastoje iz tehnika za praćenje i otkrivanje neregularnih radnih uslova u industrijskim procesima. Ove tehnike mogu biti zasnovane na preciznim analitičkim, približnim ili opisnim modelima. U radu je ispitivan jedan način primene FDI na osnovu analitičkog modela (funkcije prenosa), pri čemu su obrazloženi razlozi takvog pristupa. Eksperimentalni podaci sa jednog pneumatskog procesa su korišćeni u proveru predloženih metoda.

Abstract – In this paper, one approach to Fault Detection and Isolation (FDI) is given. Aforementioned are composed of techniques for tracking and finding abnormal events in industrial processes. These techniques can be based on precise analytical, semi-quantitative or qualitative models. In this work, FDI based on analytical model (transfer function) is presented, with a discussion on its justifiability. Experimental data from an pneumatic setup are used in testing the proposed methods.

Ključne reči: FDI, PEM, identifikacija, klasteri.

1. UVOD

Upravljački sistemi su doživeli veliki razvoj u poslednje 3 decenije [1]. Računari su omogućili prilagodljivo upravljanje i kontrolu složenih procesa. Sve niže upravljačke radnje kao što su otvaranje i zatvaranje ventila, upravljanje električnim motorima i sl. odavno se izvršavaju uz pomoć računara ili namenskih mikrokontrolera. Samim tim, više nije neophodan (ni poželjan) neposredan dodir čoveka sa procesom. Doprinos nove tehnologije razvoju industrija kao što su hemijska, proizvodnja čelika, cementa i drugih je izuzetan.

Međutim, veoma važna oblast u upravljanju postrojenjima je još uvek deo neposrednih aktivnosti čoveka. To je Detekcija i Izolacija Grešaka (Fault Detection and Isolation, FDI). Ona se bavi uočavanjem neregularnih radnih uslova u postrojenju. Sastoji se od pravovremenog uočavanja takvih radnih uslova i otkrivanja uzroka njihovog nastanka. Na osnovu podataka koje dobijamo od FDI, moguće je preduzimanje određenih mera za povratak u bezbedne, nominalne radne uslove. Oslanjanje na ljudski faktor da uspešno obavlja ove zadatke je otežano iz sledećih razloga:

- Veliki broj različitih tipova otkaza kao što su kvarovi, zastoji ili promene (drift) u parametrima procesa
- Veličina i složenost modernih postrojenja. Na primer, u većoj fabrici ima oko 1500 različitih procesnih veličina koje se prate na svakih nekoliko sekundi, što dovodi do preopterećenja u količini informacija [2]
- Poželjan je brz odgovor na vanredne situacije koji prevazilazi sposobnost čoveka da pravovremeno odreaguje

Prema izvoru [2] udeo ljudskih grešaka može da iznosi i do 70% broja incidenata u industriji, kao njihov neposredan uzrok. Pred inženjere automatike se, zbog toga, postavlja veliki izazov u rešavanju ovog problema. U prošlosti je veliki uspeh postignut na polju upravljanja i oslobađanju čoveka od neposrednog kontakta sa procesom. Ovo je omogućilo postojan kvalitet proizvoda, bezbednost i efikasnost u upravljanju. Trenutni izazov je automatizacija FDI, sa jedne, i odgovor na uočene neregularnosti sa druge strane. Obe ove aktivnosti su deo šire oblasti AEM (Abnormal Event Management). Kada se govori o FDI, može se reći da je vrlo poželjna osobina ovih postupaka sposobnost prilagođavanja promenljivim uslovima okruženja. U ovom radu korišćiće se tehnike FDI zasnovane na prilagodljivom postupku stvaranja čvorova (klastera ili nod-ova), koji ima mogućnost uočavanja novih radnih uslova i odgovora na promene u ulaznim podacima [3]. Centralni pojam na kome se zasniva je **informacioni potencijal**. Pretpostavka je da kao ulazni podatak, FDI koriste neku predstavu o procesu koji se posmatra, pa se u tom smislu mogu definisati dve osnovne komponente FDI:

- i. **Generator Osobina** (Feature Generator):
Mehanizam koji na određen način tumači ulazno-izlazne podatke, i stvara sliku o posmatranom procesu.
- ii. **Generator Čvorova** (Cluster Generator).
Na osnovu uočenih osobina, korišćenjem informacionog potencijala odlučuje se da li trenutno ponašanje procesa odgovara nekom postojećem radnom režimu, ili se radi o novim radnim uslovima.

Odabir najpogodnije predstave ili slike posmatranog procesa jedan je od zadataka ovog rada. Pri tome se pre svega govori o linearnim ili blago nelinearnim procesima. Delovi frekventne karakteristike korišćiće se kao opis procesa, a obrazloženje za ovaj izbor biće dat u nastavku. U skladu sa ovim izborom, kao generator osobina

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio prof. dr Milan Rapajić.

koristiće se procena parametara zasnovana na PEM (Prediction Error Methods). Konačno, izvršiće se prilagođavanja rekurzivnog generatora čvorova kako bi se uvažio izbor **vektora osobina** (feature vector).

2. IDENTIFIKACIJA PARAMETARA

Identifikacija parametara je oblast matematike koja se bavi određivanjem nepoznatih koeficijenata funkcije na osnovu eksperimentalnih podataka. Vrlo važan doprinos ovoj oblasti dao je Georg F. Gauss (1809), kada je upotrebio *Metodu Najmanjih Kvadrata* (Least Squares, LS) za rešavanje problema u astronomiji, konkretno za određivanje orbita nebeskih tela, planeta i kometa [4]. Problem se može zapisati na sledeći način:

$$\begin{bmatrix} \varphi_{11} & \dots & \varphi_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \varphi_{n1} & \dots & \varphi_{nm} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \theta_1 \\ \vdots \\ \theta_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y(1) \\ \vdots \\ y(n) \end{bmatrix}$$

ili kraće zapisano

$$\Phi_N \theta = Y_N, \quad n \geq m \quad (1.1)$$

Rešavanjem po $\theta_1, \dots, \theta_m$ tako da se minimizuje sledeći kriterijum optimalnosti:

$$y(k) = y^*(k) + e(k), \quad e(k) \text{ je beli šum}$$

$$y^*(k) \text{ nepoznata vrednost merene veličine}$$

$$J = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^N (y^*(k) + e(k) - \varphi(k)\hat{\theta})^2, \quad \varphi(k) = [\varphi_{k1} \dots \varphi_{km}] \quad (1.2)$$

dobija se poznati rezultat analitičkim putem:

$$\theta_0 = (\Phi_N^T \Phi_N)^{-1} \Phi_N^T Y_N^*, \quad \hat{\theta}_N = \theta_0 - (\Phi_N^T \Phi_N)^{-1} \Phi_N^T E_N \quad (1.3)$$

Ono što je važno za dalje izlaganje su ove osobine:

- i. **Nepomeranost:** Srednja vrednost procene odgovara tačnim parametrima tj.:

$$E(\hat{\theta}_N) = \theta_0 - (\Phi_N^T \Phi_N)^{-1} \Phi_N^T E(E_N) = \theta_0, \text{ za bilo koje } N \quad (1.4)$$

- ii. **Efikasnost:** Ako broj merenja teži beskonačnosti, tada kovarijansa procene teži 0:

$$\text{cov}(\hat{\theta}_N) = E((\hat{\theta}_N - \theta_0)^T (\hat{\theta}_N - \theta_0)), \quad \lim_{N \rightarrow \infty} \text{cov}(\hat{\theta}_N) = 0 \quad (1.5)$$

Kod primene na dinamičke procese jedino što se menja je način na koji se formira matrica Φ_N .

2.1 PEM procena parametara

Ova metoda procene parametara usko je vezana za LS metodu. Ako posmatramo diskretan dinamički sistem:

$$y(k) = G(q)u(k) + H(q)e(k); \quad (1.6)$$

Gde $H(q)$ predstavlja uopšte model poremećaja, $e(k)$ je beli šum, uvodimo signal greške $v(k)$:

$$v(k) = H(q)e(k); \quad H(q) = 1 + h(1)q^{-1} + \dots$$

$$H(q) = \sum_{k=0}^{\infty} h(k)q^{-k}, \quad v(k) = e(k) + (H(q) - 1)e(k); \quad (1.7)$$

PEM metoda se oslanja na pojam **prediktora**, tj. parametarskog modela koji daje najverovatnije vrednosti sledećih izlaza na osnovu konkretne forme dinamičkog procesa i poremećaja.

Može se pokazati [5], da parametri koji minimizuju problem tipa (1.2), jesu zapravo tačni parametri pod uslovom da je polazna (nepoznata) struktura procesa bila jednoznačna. Dovoljno je posmatrati jednokoračne prediktore, koji daju najverovatniju vrednost izlaza u sledećem trenutku, na osnovu poznatih prethodnih vrednosti. Zbog toga prediktor signala greške $v(t)$ je:

$$\hat{v}(k | k-1) = (H(q) - 1)e(k)$$

$$\hat{v}(k | k-1) = (1 - H^{-1}(q))v(k) \quad (1.8)$$

Proces $H(t)$ mora biti invertibilan. Prediktor izlaza je:

$$y(k) = G(q)u(k) + e(k) + \hat{v}(k | k-1)$$

$$\hat{y}(k | k-1) = G(q)u(k) + \hat{v}(k | k-1) \quad (1.9)$$

$$e(k) = y(k) - \hat{y}(k | k-1) = e(k)$$

Dalje sledi:

$$\hat{y}(k | k-1) = Gu(k) + (H - 1)e(k)$$

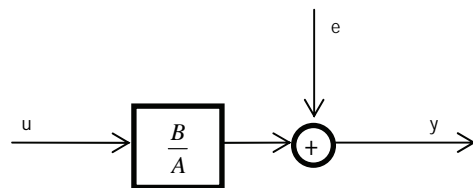
$$(1 + H - 1)\hat{y}(k | k-1) = Gu(k) + (H - 1)y(k) \quad (1.10)$$

$$\hat{y}(k | k-1) = H^{-1}Gu(k) + (1 - H^{-1})y(k)$$

Poslednji izraz je opšti oblik jednokoračnog prediktora, i služi kao osnova za dalja razmatranja. U zavisnosti od oblika $H(k)$ i $G(k)$ definišu se različiti parametarski modeli ARX, ARMAX, OE ...

2.2 OE prediktor

Za ovaj rad je od interesa slučaj kada se signal poremećaja direktno sabira sa izlaznim (merenim) signalom, što je najčešći slučaj u praksi. To je prikazano na sledećoj slici:



Slika 1 OE parametarski model

Na osnovu razmatranja (1.9) i (1.10) sledi prediktor za ovaj model:

$$\hat{y}(k | k-1) = [-y(k-1) \dots -y(k-n) \quad u(k-1) \dots u(k-m)]$$

$$[a_1 \quad a_2 \dots a_n \quad b_1 \quad b_2 \dots b_m]^T +$$

$$+ [e(k-1) \dots e(k-n+1) \quad e(k-n)] [a_1 \dots a_n]^T = \varphi^T(k)\theta \quad (1.11)$$

Uočava se da procenjena vrednost izlaza u trenutku k zavisi i od prethodnih vrednosti greške, pa se ovaj problem ne može rešavati analitički, LS metodom. Obično se koriste *GaussNewton* (GN) ili njena modifikacija LM.

2.3 Kontinualni OE model

Parametarski model koji je direktno korišćen u ovom radu razlikuje se od (1.11) po tome što se direktno estimiraju parametri osnovnog, kontinualnog procesa. Naime, polazeći od kontinualne parametrizacije sledi:

$$Y(s) = \frac{b_m s^m + \dots + b_1 s + b_0}{s^n + a_{n-1} s^{n-1} + \dots + a_0} \Rightarrow \frac{d^n y}{dt^n} + a_{n-1} \frac{d^{n-1} y}{dt^{n-1}} + \dots + a_0 y = b_m \frac{d^m u}{dt^m} + \dots + b_0 u \quad (1.12)$$

Postupkom SVF (State Variable Filter), tj. filtriranjem obe strane jednakosti izbegava se rad sa diferencijatorima:

$$\frac{p^n}{(p+\lambda)^N} y = -\left[\frac{p^{n-1}}{(p+\lambda)^N} y \dots \frac{1}{(p+\lambda)^N} y \right] [a_{n-1} \ a_{n-2} \ \dots \ a_0]^T + \left[\frac{p^m}{(p+\lambda)^N} u \ \frac{p^{m-1}}{(p+\lambda)^N} u \dots \frac{1}{(p+\lambda)} u \right] [b_m \ \dots \ b_0]^T \quad (1.13)$$

Diskretizacijom ovog modela, i formiranjem prediktora u skladu sa (1.9) i (1.10), dobija se:

$$\hat{y}(k | k-1) = (-[G_y^*(q)y(k)]\underline{a}^* + [G_u^*(q)u(k)]\underline{b}^* + [G_{ym}^*(q)e(k) \ \underline{C}_y^*(q)e(k)][1; \underline{a}^*]) / r(\underline{a}^*) \quad (1.14)$$

Ovaj parametarski model je korišćen u svojstvu Generators Osobina za FDI. Glavna motivacija je bila da se postigne nepomerena, kao i što veća efikasnost procene zbog direktne estimacije parametara kontinualnog modela.

3. GENERATOR ČVOROVA

Na osnovu procenjenih parametara tj. vektora osobina (tačke), generator čvorova ima zadatak da određuje različita stanja procesa, bilo da su nominalna ili neregularna. U ovom radu korišćen je generator čvorova sa osloncem na informacioni potencijal tačke.

Jednostavno rečeno, informacioni potencijal se može odrediti kao Cauchy-jeva funkcija srednje kvadratne greške [6]:

$$P(z, Z) = \frac{1}{1 + S(z, Z)} \quad (1.15)$$

Gde je $S(z, Z)$ rastojanje tačke z od skupa tačaka Z . Rastojanje $S(z, Z)$ definišemo kao:

$$S(z, Z, \lambda) = (1 - \lambda) \sum_{j=0}^N \lambda^{N-j} \|z - z_j\|^2 \quad (1.16)$$

Očividno je da se ovakvom definicijom postiže da skorije tačke imaju veći uticaj na inf. potencijal, samim tim povećavajući uticaj naglih promena radnih uslova. Vidi se da $S(z, Z)$ zavisi od svih prethodnih tačaka, što znači da teret izračunavanja i memorijskih resursa raste sa vremenom. Za praktičnu primenu potrebno je formirati rekurzivni algoritam, što je direktno moguće na osnovu (1.16), ovde dato bez izvođenja:

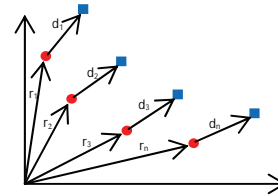
$$\begin{aligned} S_k &= \lambda S_k + 2\lambda(1-\lambda)(z_k - z_{k-1})^T W F_k + \lambda(1-\lambda) \|z_k - z_{k-1}\|^2 Z_k \\ F_k &= \lambda F_{k-1} + \lambda Z_{k-1} (z_{k-1} - z_{k-2}) \\ S_0 &= 0, F_0 = 0, Z_k = \lambda Z_{k-1} + 1, Z_0 = 0, \|z\| = \sqrt{z^T W z} \end{aligned} \quad (1.17)$$

Preostalo je da se odredi vektor osobina z kao neka slika posmatranog procesa. U glavi 1 je napomenuto da je u tu svrhu poslužio uređen skup vrednosti frekventne karakteristike procesa, jer se pokazalo da služi kao efikasan način poređenja procesa različitih redova i da ima direktnu vezu sa odzivom sistema u vremenskom domenu:

$$f(t) \approx \frac{1}{\pi} \int_0^{\Omega_m} \cos(\omega t) \operatorname{Re}\{F(j\omega)\} d\omega, \quad (1.18)$$

gde je Ω_m granična učestanost

Pošto je vrednost frekventne karakteristike kompleksan broj, potrebno je proširiti definiciju rastojanja iz (1.17):



Slika 2 Rastojanje između dva vektora osobina

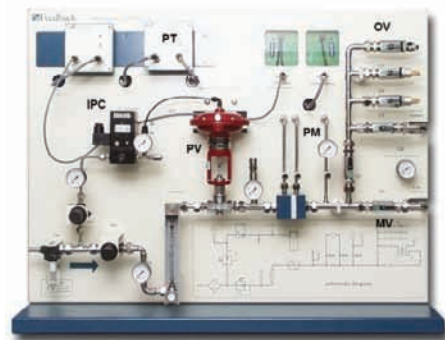
$$\begin{aligned} \|z\|^2 &= \sum_{k=1}^n r_k^2, \quad r_i = \sqrt{r_{i,x}^2 + r_{i,y}^2} \\ \|z_k - z_j\|^2 &= (z_{k,x} - z_{j,x})^T W (z_{k,x} - z_{j,x}) + \\ &+ (z_{k,y} - z_{j,y})^T W (z_{k,y} - z_{j,y}) \end{aligned} \quad (1.19)$$

$\{x, y\}$ su realna i imaginarna komponenta respektivno. Rekurzivne formule slede na osnovu (1.17):

$$\begin{aligned} S_k &= \lambda S_{k-1} + 2\lambda(1-\lambda)((z_{k,x} - z_{k-1,x})^T W F_{k,x} + \\ &+ (z_{k,y} - z_{k-1,y})^T W F_{k,y}) + \lambda(1-\lambda) \|z_k - z_{k-1}\|^2 Z_k \\ F_{k,x} &= \lambda F_{k-1,x} + \lambda Z_{k-1} (z_{k-1,x} - z_{k-2,x}), \\ F_{k,y} &= \lambda F_{k-1,y} + \lambda Z_{k-1} (z_{k-1,y} - z_{k-2,y}) \\ S_0 &= 0, F_{0,x} = 0, F_{0,y} = 0, Z_k = \lambda Z_{k-1} + 1, Z_0 = 0 \end{aligned} \quad (1.20)$$

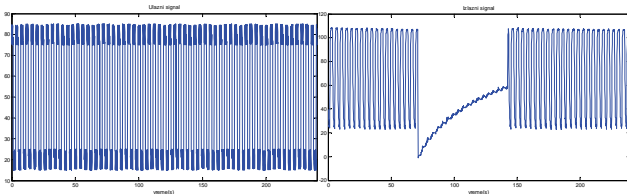
4. REZULTATI

Predložena metoda FDI je primenjena na realan pneumatski sistem:



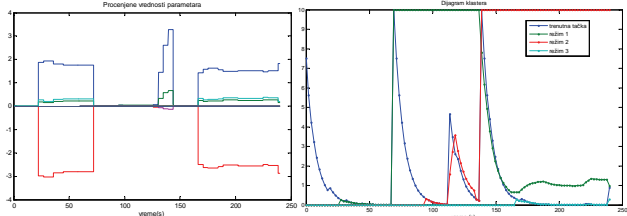
Slika 3 Tabla sa pneumatskim elementima

Na osnovu ulaznih i izlaznih podataka:



Slika 4 Ulazni (zadati) i izlazni (mereni) signali respektivno

Dobija se sledeći dijagram parametara i klastera:



Slika 5 Dijagrami procenjenih parametara i formiranih klastera

U prvom delu simulacije (otprilike do 70s), primećuju se male varijacije procenjenih parametara. Kao što se vidi i na dijagramu izlaza, od tog trenutka dolazi do nagle promene odziva, a to se vidi i na dijagramu klastera, jer se klaster centar režima 1 udaljava od trenutnog ponašanja procesa.

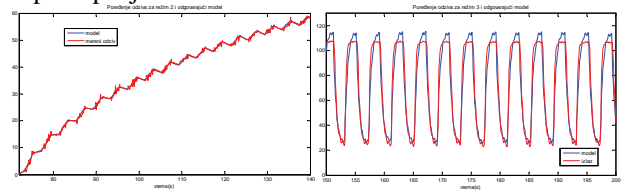
Na osnovu ovog odziva formira se režim 2, međutim treba istaći da zbog sporosti odziva u ovom delu, parametri na izlazu identifikatora nisu optimalni (iako su stabilni) sve do trenutka (~110s). Od ovog trenutka menja se i procenjeni red sistema koji sada ima znatno bolje performanse.

Vrlo je bitno da klaster centar koji predstavlja režim 2, prati ove promene i menja vrednosti svojih koeficijenata. U slučaju ponovnog pojavljivanja režima 2 u nekom budućem trenutku, klaster centar 2 bi ostvarivao dobro praćenje, i samim tim bi se sprečio uticaj trenutne tačke sve do momenta kada po performansama prevazilazi klaster centar.

Od trenutka ~140s, primetno je slično ponašanje kao i u prvom delu dijagrama, što se odlikava i na dijagramu izlaza, i na dijagramu klastera.

Algoritam je, ipak, uveo novi režim jer se performanse klaster centra 1 ne slažu u dovoljnoj meri sa trenutnim praćenjem sistema.

Da bi se uverili u kvalitet estimacije, izvršice se poređenje dobijenih modela (uključujući podatke o početnim stanjima) sa snimljenim odzivima. Konkretno, ispitaće se poklapanje za režim 2 i 3.



Slika 6 Poređenje odziva modela i procesa za iste ulaze

Posmatrajući sliku 6. (režim 2, levo) može se videti jako dobro poklapanje između modela i merenog odziva, što upućuje na zaključak da je proces u ovom segmentu vrlo linearan po karakteristikama. Funkcija prenosa koja se odnosi na režim 2 jeste:

$$G_{R2}(p) = \frac{-0.01296p^2 - 0.1088p + 0.01348}{p^3 + 2.506p^2 + 0.5084p + 0.008706} \quad (1.21)$$

Na slici 6. (režim 3, desno) uočava se dobro poklapanje između odziva, ali ne kao u prethodnom slučaju. Ako se dobro pogleda mereni odziv, primetiće se izvesne nesimetričnosti, koje vode na zaključak da se u ovom slučaju ispoljava neka nelinearnost režima (verovatno saturacionog tipa).

5. ZAKLJUČAK

Efikasna realizacija FDI metoda zahteva da se procena radnih uslova vrši brzo i uz što manju osetljivost na poremećaje. Korišćenjem PEM metoda ubrzalo je konvergenciju parametara ka ustaljenim vrednostima, dok je kontinualna parametrizacija povećala preciznost. Sa druge strane, predstava vektora osobina preko frekventne karakteristike rešilo je problem dimenzionalnosti kod poređenja različitih radnih uslova.

6. REFERENCE

- [1] Venkat V., "A review of process fault detection and diagnosis, Part I: Quantitative model-based methods", Computers and Chemical Engineering 27 (2003) 293_311
- [2] Bailey, S. J. (1984), "From desktop to plant floor, a CRT is the control operators window on the process" Control Engineering 31 (6), 86_/90.
- [3] Milena Petković, Milan R. Rapaić, Zoran D. Jeličić, Alessandro Pisano, "On-line adaptive clustering for process monitoring and fault detection", Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad, Serbia
- [4] Michael T. Heath, "Scientific Computing, An Introductory Survey", University of Illinois
- [5] Torsten Söderstrom, 1989, "System Identification", Uppsala University, Uppsala, Sweden
- [6] P.P. Angelov, D.P. Filev, N. Kasabov (eds.), "Evolving Intelligent Systems – Theory and Applications", John Willey and Sons, Inc. 2010

Kratka biografija:



Srđan Kovačević rođen je 22.02.1979. godine u Crvenki. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Sistemi automatskog upravljanja odbranio je 2012.god.

OPTIMIZACIJA PARAMETARA FRAKCIONOG PID REGULATORA UPOTREBOM GENETSKOG ALGORITMA**OPTIMIZATION OF PARAMETERS OF FRACTIONAL PID CONTROLLER USING GENETIC ALGORITHM**Dušan Bratić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U ovom radu opisuje se struktura, način funkcionisanja, podešavanje parametara i analiza performansi frakcionog PID regulatora. Frakcioni PID regulator umesto standardnog izvoda i integrala koristi frakcioni izvod i integral. Parametri ovog regulatora podešavaju se genetskim algoritmom. Performanse sistema koje se analiziraju jesu: maksimalna osetljivost, izlazne performanse, ukupna varijacija ulaza itd.

Abstract – This work describes structure, functionality, optimization of parameters and performance analysis of fractional PID controller. Fractional PID controller instead of standard derivate and integral uses fractional derivate and integral. Parameters of this controller are tuned by genetic algorithm. System performance elements that are analyzed in this work are: maximal sensitivity, output performance, total variation of input etc.

Cljučne reči: PID regulator, frakcioni izvod, genetski algoritam, optimizacija.

1. UVOD

Cilj ovog rada jeste numerička implementacija i optimizacija frakcionog (necelog) PID regulatora, u kome se umesto običnog integrala i izvoda koriste frakcioni integral i izvod. Frakcioni izvod je izvod čiji stepen predstavlja realan broj. U ovom radu red frakcionog izvoda i integrala će biti dat u opsegu između 0 i 1. Svakako je važno napomenuti, da frakcioni PID regulator, za razliku od klasičnog ima još dva nova parametra, a to su neceli stepeni integratora i diferencijatora, odnosno parametri α i β . Uvođenje ova nova dva stepena slobode regulatora ne usložnjava umnogome strukturu samog regulatora, a omogućava da se bolje zadovolje karakteristike sistema u smislu upravljanja. Svakako, još jedna od prednosti uvođenja frakcionih sistema, a samim tim i frakcionih regulatora, jeste ta, što je moguće dobiti i odzive koji se razlikuju od eksponencijalnih.

Analitički je često nemoguće rešiti frakcione diferencijalne jednačine nekih funkcija. Stoga je potrebno na neki način frakcione izvode i integrale predstaviti jednom od numeričkih metoda.

NAPOMENA:

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

Iz velikog broja metoda za numeričku interpretaciju frakcionih sistema koje su se pojavile u skorije vreme, posebno se izdvaja metoda Atanackovića i Stankovića, [2], koja omogućava da se frakciona jednačina svede na sistem običnih diferencijalnih jednačina.

Uzimajući u obzir sve prethodno spomenute osobine frakcionih regulatora, možemo za različite sisteme podešavati vrednosti parametara frakcionog PID regulatora tako da dobijemo optimalne performanse sistema u odnosu na neki kriterijum optimalnosti.

U ovom slučaju to radimo koristeći genetske algoritme, tj. sistem za optimizaciju koji omogućuje da se na osnovu zadatog cilja regulacije dobiju parametri koji maksimalno odgovaraju tom cilju, tj. kriterijumu optimalnosti. Postoji više načina da zadamo kriterijum optimalnosti o čemu će biti reči u radu.

2. FRAKCIONI RAČUN

Frakcioni račun je oblast matematike koja izučava izvode i integrale necelog (realnog) reda, tj. frakcione izvode i integrale.

Do danas su otkrivene mnoge fizičke manifestacije frakcionog izvoda i frakcionog integrala, kao i brojne praktične primene frakcionog računa.

Modeli zasnovani na frakcionim diferencijalnim jednačinama su se pokazali kao uspešniji od sličnih modela zasnovanih na običnim diferencijalnim jednačinama u brojnim oblastima kao što su: elektrotehnika, mehanika, biohemija, medicina, finansije, teorija verovatnoće i mnoge druge discipline koje su se razvijale poslednjih decenija. Da bismo definisali frakcioni izvod moramo definisati pojmove kao što su gama funkcija i Košijeva integralna formula.

2.1. KOŠIJEVA INTEGRALNA FORMULA

Definišemo operator $I^n f(t)$ na sledeći način

$$I^n f(t) = \int_0^t \int_0^{\tau_1} \dots \int_0^{\tau_{n-1}} f(\tau_n) d\tau_n d\tau_{n-1} \dots d\tau_1 \quad (1)$$

Korišćenjem Laplasove transformacije i konvolucije prethodni izraz postaje

$$I^n f(t) = \frac{1}{(n-1)!} \int_0^t f(\tau)(t-\tau)^{n-1} d\tau \quad (2)$$

2.2. FRAKCIONI INTEGRAL I FRAKCIONI IZVOD

Ukoliko u jednačini (2) faktorijel zamenimo gama funkcijom i pretpostavimo da n može biti i realan broj dobijamo izraz za frakcioni integral

$${}_0I_t^\alpha f(t) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \int_0^t f(\tau)(t-\tau)^{\alpha-1} d\tau \quad (3)$$

Ovo je definicija levog Riman-Liuvilovog frakcionog integrala. Ukoliko na jednačinu (3) primenimo operator izvoda $\frac{d}{dt}$ dobijamo formulu za levi Riman-Liuvilov frakcioni izvod

$${}_0D_t^\alpha f = \frac{d}{dt} {}_0I_t^{1-\alpha} f = \frac{1}{\Gamma(1-\alpha)} \frac{d}{dt} \int_0^t \frac{f(\tau)}{(t-\tau)^\alpha} d\tau \quad (4)$$

3. PID REGULATOR

Jedan od regulatora u sistemima sa povratnom spregom je PID regulator, koji je zbog svoje efikasnosti i jednostavne strukture najzastupljenij u upravljanju industrijskim procesima. PID regulator ima nekoliko važnih osobina: obezbeđuje povratnu spregu, eliminiše grešku u stacionarnom stanju zbog integralnog dejstva, može da predvidi buduće ponašanje zbog diferencijalnog dejstva itd. PID regulatori se danas koriste u različitim oblicima, u zavisnosti od prirode procesa kojim se upravlja[3].

PID regulator funkcioniše na jednostavnom principu i sastoji se od tri komponente

- proporcionalnog regulatora
- integralnog regulatora
- diferencijalnog regulatora.

Proporcionalni regulator ima upravljanje koje je proporcionalno greški

$$u(t) = K_p e(t) \quad (5)$$

Integralni regulator ima upravljanje koje je proporcionalno integralu greške

$$u(t) = \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt \quad (6)$$

Diferencijalni regulator ima upravljanje koje je proporcionalno prvom izvodu greške

$$u(t) = K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (7)$$

Dakle, jednačina dejstva PID regulatora glasi

$$u(t) = K_p \left(e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + T_d \frac{de(t)}{dt} \right) \quad (8)$$

3.1. PODEŠAVANJE PARAMETARA

Kao što se vidi iz jednačine (8) potrebno je optimalno podesiti tri parametra PID regulatora, i to: K_p, T_i i T_d . Postoji više metoda za podešavanje parametara PID regulatora od kojih su najpoznatije Ziegler-Nichols-ova, Chien-Hrones-Reswick-ova te metoda simetričnog i modulnog optimuma.

Ove metode se zasnivaju na eksperimentima koji se vrše nad upravljanim sistemom. Eksperimenti mogu biti u otvorenoj ili u zatvorenoj povratnoj sprezi, međutim ove metode ne mogu biti od veće koristi prilikom podešavanja parametara frakcionog PID regulatora, pa u tom slučaju možemo koristiti druge metode.

4. APROKSIMACIJA FRAKCIONOG IZVODA I FRAKCIONI PID

Sama definicija frakcionog izvoda i frakcionog integrala je nepraktična za praktičnu realizaciju i regulaciju u realnom vremenu, pa je zato potrebno na odgovarajući način aproksimirati frakcioni izvod.

U ovom radu se koristi Atanackovičeva i Stankovičeva aproksimacija frakcionog izvoda.

$${}_0D_t^\alpha f(t) \approx \frac{f(t)}{t^\alpha} \left[\frac{1}{\Gamma(1-\alpha)} - \frac{\frac{\Gamma(N+\alpha)}{\alpha(N-1)!} - \frac{\Gamma(1+\alpha)}{\alpha}}{\Gamma(\alpha-1)\Gamma(2-\alpha)} \right] - \frac{1}{\Gamma(\alpha-1)\Gamma(2-\alpha)} \sum_{p=2}^N \frac{\Gamma(p-1+\alpha)}{(p-1)!} \frac{V_p(t)}{t^{p-1+\alpha}} \quad (9)$$

Pri čemu važi

$$V_p^{(1)}(t) = (p-1)t^{p-2}f(t), V_p(0) = 0 \quad (10)$$

U praksi se pokazalo da je ovo dobra aproksimacija za N između 5 i 7.

Kao što je već rečeno, frakcioni PID regulator je analogan PID regulatoru, s tim što umesto običnog izvoda i integrala u računanju upravljačkog dejstva koristi frakcioni izvod, odnosno frakcioni integral.

4.1. FRAKCIONI DIFERENCIJALNI REGULATOR

U skladu sa aproksimacijom jednačina dejstva frakcionog diferencijalnog regulatora glasi

$$u(t) = \frac{e(t)}{t^\alpha} \left[\frac{1}{\Gamma(1-\alpha)} - \frac{\frac{\Gamma(N+\alpha)}{\alpha(N-1)!} - \frac{\Gamma(1+\alpha)}{\alpha}}{\Gamma(\alpha-1)\Gamma(2-\alpha)} \right] - \frac{1}{\Gamma(\alpha-1)\Gamma(2-\alpha)} \sum_{p=2}^N \frac{\Gamma(p-1+\alpha)}{(p-1)!} \frac{V_p(t)}{t^{p-1+\alpha}} \quad (11)$$

pri čemu za $V_p(t)$ važi (10), a α je stepen frakcionog izvoda.

4.2. FRAKCIONI INTEGRALNI REGULATOR

Sistem diferencijalnih jednačina za određivanje upravljačkog dejstva frakcionog integralnog regulatora je

$$u^{(1)}(t) = \frac{e(t)}{t^{1-\alpha}} \left[\frac{1}{\Gamma(\alpha)} - \frac{\frac{\Gamma(N+1-\alpha)}{(1-\alpha)(N-1)!} - \frac{\Gamma(2-\alpha)}{1-\alpha}}{\Gamma(\alpha-1)\Gamma(2-\alpha)} \right] - \frac{1}{\Gamma(-\alpha)\Gamma(1+\alpha)} \sum_{p=2}^N \frac{\Gamma(p-\alpha)}{(p-1)!} \frac{V_p(t)}{t^{p-\alpha}} \quad (12)$$

pri čemu za $V_p(t)$ važi (10), a α je stepen frakcionog integrala.

5. GENETSKI ALGORITAM

Za optimizaciju parametara frakcionog PID regulatora u ovom radu su korišćeni genetski algoritmi. Genetski algoritmi spadaju u grupu stohastičkih optimizacionih metoda. Poseduju veliki stepen prilagodljivosti, i mogu se koristiti za većinu optimizacionih problema. Mada su inicijalno predviđeni za optimizaciju diskretnih problema, uz prilagođenje se mogu koristiti i za kontinualne probleme.

Za razliku od standardnih iterativnih metoda optimizacije, koji u svakoj iteraciji imaju jedno aktuelno rešenje problema, u genetskom algoritmu, u svakom trenutku, tj. iteraciji ima više desetina potencijalnih rešenja. Taj skup rešenja se naziva populacija, a populacija u jednoj iteraciji čini jednu generaciju.

Osnovni elementi genetskog algoritma su

- Kodiranje
- Inicijalizacija – kreiranje populacije
- Selekcija
- Ukrštanje
- Mutacija
- Funkcija prilagođenosti
- Kriterijum zaustavljanja.

6. OPTIMIZACIJA PARAMETARA

U poglavlju o PID regulatorima smo pomenuli nekoliko načina da se podeše parametri PID regulatora. Te metode se kod podešavanja parametara frakcionog PID regulatora ne mogu u potpunosti upotrebiti zbog toga što oni ne podrazumevaju parametre frakcionog izvoda i integrala α i β . Dakle, imamo pet parametara koje treba podesiti, i to: K_p, K_d, T_i, α i β .

Kao što je pomenuto, u ovom radu se parametri frakcionog PID regulatora podešavaju pomoću genetskog algoritma.

6.1. KRITERIJUM OPTIMALNOSTI

Parametri koje uzimamo u obzir prilikom definisanja kriterijuma optimalnosti su: apsolutni integral greške (IAE), preskok, vreme smirenja i maksimalna osetljivost za ograničenje. Apsolutni integral greške definišemo na sledeći način

$$IAE = \int_0^{\infty} |y(t) - y_s(t)| dt \quad (13)$$

Preskok se definiše za oscilatorne sisteme i predstavlja maksimalnu vrednost izlaznog signala u odnosu na referentnu vrednost.

Vreme smirenja se odnosi na vremenski period posle koga izlaz sistema ne odstupa više od 2% od referentne vrednosti.

Ograničenje koje ćemo koristiti odnosi se na maksimalnu osetljivost, koja mora imati vrednosti 1.2, 1.59, 2.0. Maksimalna osetljivost je zapravo recipročna vrednost najmanje udaljenosti Nikvistove krive i kritične tačke -1.

$$M_s = \max_{\omega} \left| \frac{1}{1 + G(j\omega) C(j\omega)} \right| \quad (14)$$

Sada možemo definisati kriterijum optimalnosti

$$KO = 0.7 \cdot IAE + 0.2 \cdot \text{preskok} + 0.1 \cdot \text{vremesmirenja} + K \cdot (1.59 - M_s) \quad (15)$$

Parametri su odabrani empirijski, dok je parameter K dovoljno veliki broj koji omogućava da optimalno rešenje ima odgovarajuću vrednost maksimalne osetljivosti.

7. FREKVENTNA KARAKTERISTIKA

Frekventne metode analize sistema automatskog upravljanja nam omogućavaju da na osnovu analize frekventnih karakteristika sistema u otvorenoj povratnoj sprezi donosimo zaključke o stabilnosti sistema u zatvorenoj povratnoj sprezi, pre svega zahvaljujući preteku faze i preteku stabilnosti[1]. Frekventna karakteristika se odnosi na Furijeovu transformaciju sistema.

Frekventna karakteristika sistema sa opisanim frakcionim PID regulatorom glasi

$$C(j\omega) = \frac{Y(j\omega)}{E(j\omega)} = K_p + \frac{K_p}{T_i} I(\alpha) + K_p K_d D(\beta) \quad (16)$$

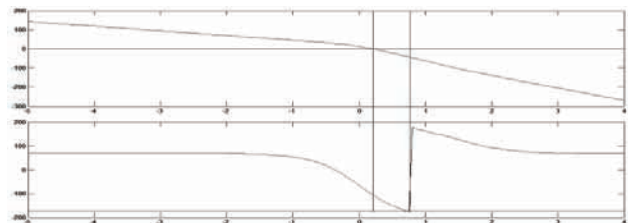
gde je $I(\alpha)$ frekventna karakteristika frakcionog integralnog regulatora, a $D(\beta)$ frekventna karakteristika frakcionog diferencijalnog regulatora.

$$I(j\omega) = \frac{\Gamma(2-\alpha)}{(j\omega)^{2-\alpha}} \left[\frac{1}{\Gamma(\alpha)} - \frac{\Gamma(N+1-\alpha)}{(1-\alpha)(N-1)!} - \frac{\Gamma(2-\alpha)}{1-\alpha} \right] + \frac{1}{\Gamma(-\alpha)\Gamma(1+\alpha)} \sum_{p=2}^N \frac{\Gamma(p-\alpha)\Gamma(2-\alpha)}{(p-1)!(j\omega)^{2-\alpha}} \quad (17)$$

$$D(j\omega) = \frac{\Gamma(1-\alpha)}{(j\omega)^{-\alpha}} \left[\frac{1}{\Gamma(1-\alpha)} - \frac{\Gamma(N+\alpha)}{\alpha(N-1)!} - \frac{\Gamma(1+\alpha)}{\alpha} \right] + \frac{1}{\Gamma(\alpha-1)\Gamma(2-\alpha)} \sum_{p=2}^N \frac{\Gamma(p-1+\alpha)\Gamma(1-\alpha)}{(p-1)!(j\omega)^{-\alpha}} \quad (18)$$

Sledeća slika prikazuje Bodeov dijagram sledećeg sistema

$$G(s) = \frac{1}{s(s+1)^3} \quad (19)$$



Slika 1. Bodeov dijagram sistema $G(s)$

8. ANALIZA PERFORMANSI REGULATORA

Kada analiziramo performanse ovakvog regulatora treba obratiti pažnju na sledeće osobine[4]

- performanse izlaza
- robusnost
- performanse ulaza
- osetljivost na poremećaj

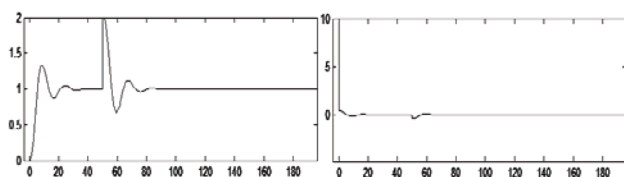
S obzirom da je nabrojano više ciljeva, treba istaći da je parametar koji dominantno utiče na ove osobine pojačanje regulatora.

Veliko pojačanje regulatora omogućuje dobre izlazne performanse, dok nisko pojačanje regulatora omogućuje ostale nabrojane osobine.

Od performansi izlaza ističemo apsolutni integral greške (15), parametar koji može da opiše robusnost sistema je maksimalna osetljivost (16), dok performance ulaza možemo predstaviti totalnom varijacijom ulaza

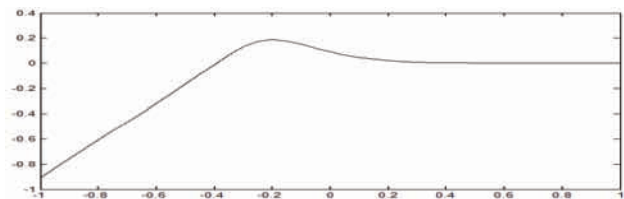
$$TV = \int_0^{\infty} \left| \frac{du}{dt} \right| dt = \sum_0^{\infty} |u_i - u_{i-1}| \quad (20)$$

Sledeća slika prikazuje karakteristike upravljačkog signala (desno) i izlaza (levo) sistema $G(s)$ za optimizovani frakcioni PID regulator sa vrednostima maksimalne osetljivosti od 1.2 i poremećajem nakon 50 sekundi.



Slika 2. Izlaz i upravljački signal za $G(s)$, $M_s=1.59$

Sledeća slika prikazuje osetljivost sistema za različite učestanosti ω . Osetljivost je definisana u (14). I apscisa i ordainta su prikazane u logaritamskoj skali.



Slika 3. Osetljivost za $G(s)$, $M_s=1.59$

Sledeća tabela prikazuje optimalno podešene parametre frakcionog PID regulatora za različite maksimalne osetljivosti. Parametar T_i nije prikazan zato što se u sistemu već nalazi integrator, pa bi integralni regulator sistem učinio nestabilnim. Takođe, prikazane su i performance sistema kao što su apsolutni integral greške, preskok i ukupna varijacija ulaza.

Sistem	M_s	α	β	K_p	K_d	AIE	Preskok	TV
G (s)	1.2	0.7	0.21	0.29	1.09	5.12	0.26	10.62
G (s)	1.6	0.87	0.96	0.35	0.82	5.84	0.33	10.16
G (s)	2.0	0.82	0.98	0.40	0.83	6.36	0.41	12.40

Tabela 1. Parametri i performance sistema $G(s)$

9. ZAKLJUČAK

Osnovni cilj ovog rada jeste optimizacija frakcionog PID regulatora primenom genetskog algoritma.

Po pronalazanju optimalnih parametara frakcionog PID-a bilo je potrebno izvršiti analizu performansi sistema regulisanog ovako optimizovanim PID regulatorom.

Frakcioni PID regulator je upravljački algoritam koji za razliku od klasičnog PID regulatora ima još dva stepena slobode. Uprkos dodavanju ova dva parametra, sama struktura ovako formiranog PID regulatora se umnogome ne usložnjava u odnosu na klasičnu. Upravo to, uz mogućnost obaranja amplitudske karakteristike za necelobrojne umnoške 20 dB/dec i pomeranja fazne za $\alpha * \pi/2$ stepeni predstavlja najveću prednost regulatora datog u ovoj formi.

Često se u okviru razmatranja upravljačkih strategija vodi računa o uzajmanom kompromisu između performansi sistema i robusnosti istog. Svakako, u ovom smislu, najčešće primenjivana mera kvaliteta performanse sistema je integralna apsolutna greška, dok se u smislu robusnosti akcenat daje na maksimalnoj osetljivosti na šum, M_s . Ova dva obeležja sistema su iz tog razloga bila i predmet istraživanja ovog master rada.

10. LITERATURA

- [1] Milić Stojć, „Kontinualni sistemi automatskog upravljanja“, peto izdanje, Naučna knjiga, Beograd 1988
- [2] T. M. Atanacković, B. Stanković, „On a numerical scheme for solving differential equations of a fractional order“, Mechanics Research Communications 2007.
- [3] Karl J. Astrom, Tore Hagglund, “PID Controllers” 2nd Edition, Instrument Society of America, 1995
- [4] Chriss Grimholt, Sigurd Skogestad, “Optimal PI – Control and Verification of the SIMC Tuning Rule”, IPAC Conference on Advantages in PID Control, Brescia, 2012
- [5] Z. Bingul, O. Karahan, “Fractional PID controllers tuned by evolutionary algorithms for robot trajectory control”, Department of Mechatronics Engineering, Kocaeli University, Turkey, 2011.
- [6] K.B. Oldham, J. Spanier, “The Fractional Calculus” Academic Press, New York, 1974
- [7] H. Panagopoulos, K. J. Astrom, T. Hagglund, “Design of PID controllers based on constrained optimisation”, 2001.

Kratka biografija:

Dušan Bratić rođen je u Trebinju 1987. godine. Diplomski master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnika i računarstvo – Automatika i upravljanje sistemima odbranio je 2012. god.

**DIZAJN I VERIFIKACIJA IP JEZGARA ZA RAČUNANJE 2D DCT I IDCT
TRANSFORMACIJA**
**DESIGN AND VERIFICATION OF IP CORES FOR CALCULATING 2D DCT AND IDCT
TRANSFORMATIONS**

 Dušan Šušić, Rastislav Struharik, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*
Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu su dizajnirana i verifikovana IP jezgra za računanje 2D DCT i 2D IDCT transformacija. Implementacija je izvršena u VHDL-u i Matlab-u.

Abstract – The core of this paper is design and verification of IP cores for calculating 2D DCT and 2D IDCT transformations in VHDL and Matlab.

Ključne reči: DCT, IDCT, VHDL, FPGA, JPEG

1. UVOD

Danas imamo nekoliko metoda za kompresiju pri čemu su dve najznačajnije kategorije kompresija bez gubitaka (engl. *lossless data compression*) i kompresija sa gubicima (engl. *lossy data compression*). U JPEG standardu, koji pripada kompresiji sa gubicima, kompresija se postiže izvršavanjem sledećih koraka: priprema slike, računanje 2D DCT-a, kvantizacija i entropijsko kodovanje. Implementacija jezgra za direktnu 2D DCT predstavlja jedan od prvih koraka u JPEG kompresiji, dok se 2D IDCT jezgro koristi kao završni korak pri dekompresiji prethodno kompresovane slike. Prvo se implementira jednodimenzionalna DCT, a zatim dvodimenzionalna DCT. Analogno DCT-u, 2D IDCT se realizuje implementacijom jednodimenzionalne IDCT, a nakon nje implementira se dvodimenzionalna IDCT.

2. DVIDIMENZIONALNA DIREKTNA DCT

Diskretna kosinusna transformacija (DCT) izražava niz konačno mnogo podataka pomoću sume kosinusnih funkcija različitih frekvencija. Jednačina za dvodimenzionalnu DCT jeste:

$$B_{pq} = \alpha_p \alpha_q \sum_{m=0}^7 \sum_{n=0}^7 A_{mn} \cos \frac{(2m+1)p\pi}{16} \cos \frac{(2n+1)q\pi}{16}, \quad (1)$$

$$\text{gde je } \alpha_p = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{8}}, & p = 0 \\ \sqrt{\frac{2}{8}}, & 1 \leq p \leq 7 \end{cases}, \quad \alpha_q = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{8}}, & q = 0 \\ \sqrt{\frac{2}{8}}, & 1 \leq q \leq 7 \end{cases}. \quad (2)$$

B_{pq} u jednačini (1) predstavlja koeficijent nad kojim je

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Rastislav Struharik, docent.

izračunata dvodimenzionalna DCT dok je A_{mn} koeficijent nad kojim se računa dvodimenzionalna DCT. Izraz za jednodimenzionalnu DCT je:

$$y(k) = w(k) \sum_{n=0}^7 x(n) \cos \frac{(2n+1)k\pi}{16}, k = 0, \dots, 7, \quad (3)$$

gde je

$$w(k) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{8}}, & k = 0 \\ \sqrt{\frac{2}{8}}, & 1 \leq k \leq 7 \end{cases}. \quad (4)$$

Ulazni koeficijent koji se transformiše samo po jednoj dimenziji, odnosno po vrstama, jeste $x(n)$ dok $w(k)$ zavisi od pozicije ulaznog koeficijenta. Argument k predstavlja indeks koeficijenta u matrici koja se transformiše.

2.1. Implementacija 2D DCT u Matlab-u

Programski paket Matlab sadrži ugrađenu funkciju $dcmtx(N)$ koja kao rezultat vraća bazične vrednosti koeficijenata za računanje DCT-a, na bloku formata $N \times N$ (više informacija može se pronaći u [2]).

U ovom radu su bazične vrednosti koeficijenata matrice C^t dobijene implementiranjem jednačine (1) i date su sa:

$$C^t = \begin{bmatrix} 0,3536 & 0,4904 & 0,4619 & 0,4157 & 0,3536 & 0,2778 & 0,1913 & 0,0975 \\ 0,3536 & 0,4157 & 0,1913 & -0,0975 & -0,3536 & -0,4904 & -0,4619 & -0,2778 \\ 0,3536 & 0,2778 & -0,1913 & -0,4904 & -0,3536 & 0,0975 & 0,4619 & 0,4157 \\ 0,3536 & 0,0975 & -0,4619 & -0,2778 & 0,3536 & 0,4157 & -0,1913 & -0,4904 \\ 0,3536 & -0,0975 & -0,4619 & 0,2778 & 0,3536 & -0,4157 & -0,1913 & 0,4904 \\ 0,3536 & -0,2778 & -0,1913 & 0,4904 & -0,3536 & -0,0975 & 0,4619 & -0,4157 \\ 0,3536 & -0,4157 & 0,1913 & 0,0975 & -0,3536 & 0,4904 & -0,4619 & 0,2778 \\ 0,3536 & -0,4904 & 0,4619 & -0,4157 & 0,3536 & -0,2778 & 0,1913 & -0,0975 \end{bmatrix}.$$

Dvodimenzionalna DCT može se računati kao $Y = C \cdot X \cdot C^t$ gde je C transponovana matrica matrice C^t . Dvodimenzionalni DCT koeficijenti u transponovanom redosledu mogu se dobiti ukoliko se rezultat jednodimenzionalne DCT, odnosno proizvod $X \cdot C^t$ matrica X i C^t transponuje, a zatim ponovo pomnoži matricom C^t . Videti [3] i [4].

2.2. Modelovanje 2D DCT jezgra u VHDL-u

Koeficijente matrice C^t koji su potrebni za računanje 2D DCT-a u VHDL-u nije moguće prikazati u formatu sa pokretnim zarezom. Zbog toga, potrebno je da se pomenuti koeficijenti prikažu kao celobrojne vrednosti. Celobrojne vrednosti koeficijenata matrica C^t dobijenih iz formule (1) su

$$C^t = \begin{bmatrix} 23170 & 32138 & 30274 & 27246 & 23170 & 18205 & 12540 & 6393 \\ 23170 & 27246 & 12540 & 6393 & -23170 & -32138 & -30274 & -18205 \\ 23170 & 18205 & -12540 & -32138 & -23170 & 6393 & 30274 & 27246 \\ 23170 & 6993 & -30274 & -18205 & 23170 & 27246 & -12540 & -32138 \\ 23170 & -6393 & -30274 & 18205 & 23170 & -27246 & -12540 & 32138 \\ 23170 & -18205 & -12540 & 32138 & -23170 & -6393 & 30274 & -27246 \\ 23170 & -27246 & 12540 & 6393 & -23170 & 32138 & -30274 & 18205 \\ 23170 & -32138 & 30274 & -27246 & 23170 & -18205 & 12540 & -6393 \end{bmatrix}$$

Koristeći koeficijente matrice C^t , vrednosti z_{k0}, \dots, z_{k7} 1D DCT se računaju na sledeći način:

$$\begin{aligned} z_{k0} &= 23170(x_{k0} + x_{k7}) + 23170(x_{k1} + x_{k6}) \\ &\quad + 23170(x_{k2} + x_{k5}) + 23170(x_{k3} + x_{k4}), \\ z_{k1} &= 32138(x_{k0} - x_{k7}) + 27246(x_{k1} - x_{k6}) \\ &\quad + 18205(x_{k2} - x_{k5}) + 6393(x_{k3} - x_{k4}), \\ z_{k2} &= 32274(x_{k0} + x_{k7}) + 12540(x_{k1} + x_{k6}) \\ &\quad - 12540(x_{k2} + x_{k5}) - 30274(x_{k3} + x_{k4}), \\ z_{k3} &= 27246(x_{k0} - x_{k7}) - 6393(x_{k1} - x_{k6}) \\ &\quad - 32138(x_{k2} - x_{k5}) - 18205(x_{k3} - x_{k4}), \\ z_{k4} &= 23170(x_{k0} + x_{k7}) - 23170(x_{k1} + x_{k6}) \\ &\quad - 23170(x_{k2} + x_{k5}) + 23170(x_{k3} + x_{k4}), \\ z_{k5} &= 18205(x_{k0} - x_{k7}) - 32138(x_{k1} - x_{k6}) \\ &\quad + 6393(x_{k2} - x_{k5}) + 27246(x_{k3} - x_{k4}), \\ z_{k6} &= 12540(x_{k0} + x_{k7}) - 30274(x_{k1} + x_{k6}) \\ &\quad + 30274(x_{k2} + x_{k5}) - 12540(x_{k3} + x_{k4}), \\ z_{k7} &= 6393(x_{k0} - x_{k7}) - 18205(x_{k1} - x_{k6}) \\ &\quad + 27246(x_{k2} - x_{k5}) - 32138(x_{k3} - x_{k4}), \end{aligned}$$

gde je $k = 0, \dots, 7$.

Opisano računanje jednodimenzionalne DCT je implementirano pomoću četiri množača dok su koeficijenti matrice C^t sačuvani u memoriji. Ulazne vrednosti iz matrice prvo prolaze kroz pomerački registar. Ulazi se pomeraju (engl. shift) osam puta. Jednačina

$$z_{ij} = P_{ij_0} + P_{ij_1} + P_{ij_2} + P_{ij_3}$$

prikazuje računanje elementa z_{ij} izlazne matrice Z gde je $i = 0, \dots, 7$ redni broj vrste, a $j = 0, \dots, 7$ redni broj kolone.

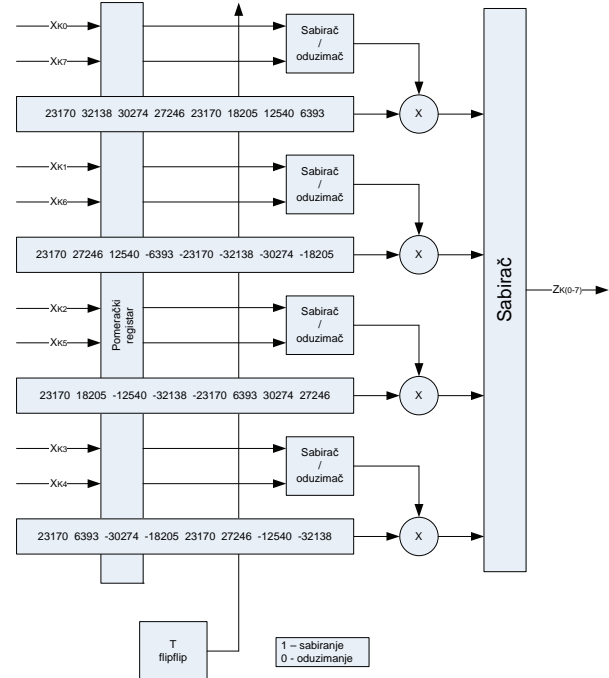
Računanje dvodimenzionalne DCT se postiže ponovnom primenom jednodimenzionalne DCT nad prethodnim rezultatima koji se iz RAM memorije iščitavaju u

transponovanom redosledu zbog optimizacije dizajna 2D DCT jezgra. Blok dijagram je prikazan na slici 1:



Slika 1. Blok dijagram za implementaciju 2D DCT

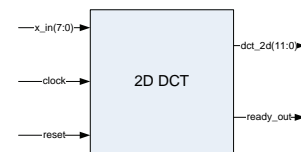
RTL model implementacije je prikazan na slici 2.



Slika 2. RTL model za računanje 1D DCT

2.3. Deklaracija 2D DCT entiteta

Spoljašnji izgled opisuje interfejs modula, uključujući broj i tip ulaza i izlaza dok unutrašnji pogled opisuje kako modul implementira svoju funkciju (videti [5]). Na slici 3 prikazan je spoljašnji izgled:



Slika 3. Spoljašnji izgled modula za računanje 2D DCT

X_{in} predstavlja ulazni port, port clock daje takt sistemu dok se preko porta reset sistem resetuje. Preko izlaznog porta dct_2d se dobijaju koeficijenti nad kojima je izvršena dvodimenzionalna DCT a port $ready_out$ signalizuje da se na izlazu nalaze ispravni podaci.

3. DVODIMENZIONALNA INVERZNA DCT

Inverzna DCT se koristi da dekoduje podatke kodovane korištenjem direktne DCT. Izraz za dvodimenzionalnu IDCT je:

$$A_{mn} = \sum_{p=0}^7 \sum_{q=0}^7 \alpha_p \alpha_q B_{pq} \cos \frac{(2m+1)p\pi}{16} \cos \frac{(2n+1)q\pi}{16}, \quad (5)$$

$$\text{gde je } \alpha_p = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{8}}, p=0 \\ \sqrt{\frac{2}{8}}, 1 \leq p \leq 7 \end{cases}, \alpha_q = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{8}}, q=0 \\ \sqrt{\frac{2}{8}}, 1 \leq q \leq 7 \end{cases}. \quad (6)$$

A_{mn} u jednačini (5) predstavlja koeficijent nad kojim je izračunata dvodimenzionalna IDCT dok je B_{pq} koeficijent nad kojim se računa dvodimenzionalna IDCT.

Izraz za jednodimenzionalnu IDCT je:

$$x(n) = \sum_{k=0}^7 w(k) y(k) \cos \frac{(2n+1)k\pi}{16}, k=0, \dots, 7, \quad (7)$$

gde je

$$w(k) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{8}}, k=0 \\ \sqrt{\frac{2}{8}}, 1 \leq k \leq 7 \end{cases}. \quad (8)$$

Ulazni koeficijent koji se transformiše samo po jednoj dimenziji, je $y(n)$ dok $w(k)$ zavisi od pozicije koeficijenta u ulaznoj matrici. Argument k predstavlja indeks koeficijenta u matrici koja se transformiše.

3.1. Implementacija 2D IDCT u Matlab-u

Vrednosti koeficijenata za računanje 2D IDCT izračunatih pomoću jednakosti (5) odgovaraju vrednostima transponovanih koeficijenata matrice C^t . Računanje dvodimenzionalne IDCT je realizovano tako što se prvo računa jednodimenzionalna IDCT množenjem rezultata dvodimenzionalne DCT matricom C . Dobijena matrica se transponuje i zatim ponovo množi matricom C .

3.2. Modelovanje 2D IDCT jezgra u VHDL-u

Kao i pri implementaciji DCT-a u VHDL-u koeficijenti matrice C koji se koriste pri implementaciji IDCT-a su u celobrojnom zapisu. Matrica C je transponovana matrica matrice C^t .

Vrednosti jednodimenzionalne IDCT računaju se na sledeći način (videti [1]):

$$\begin{aligned} z_{k0} &= (23170x_{k0} + 30274x_{k2} + 23170x_{k4} + 12540x_{k6}) \\ &\quad + (32138x_{k1} + 27246x_{k3} + 18205x_{k5} + 6393x_{k7}) \\ &= P_{01} + P_{02} \\ z_{k1} &= (23170x_{k0} + 12540x_{k2} - 23170x_{k4} - 30274x_{k6}) \\ &\quad + (27246x_{k1} - 6393x_{k3} - 32138x_{k5} - 18205x_{k7}) \\ &= P_{11} + P_{12} \\ z_{k2} &= (23170x_{k0} - 12540x_{k2} - 23170x_{k4} + 30274x_{k6}) \\ &\quad + (18205x_{k1} - 32138x_{k3} + 6393x_{k5} + 27246x_{k7}) \\ &= P_{21} + P_{22} \\ z_{k3} &= (23170x_{k0} - 30274x_{k2} + 23170x_{k4} - 12540x_{k6}) \\ &\quad + (6393x_{k1} - 18205x_{k3} + 27246x_{k5} - 32138x_{k7}) \\ &= P_{31} + P_{32} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} z_{k4} &= P_{31} - P_{32} \\ z_{k5} &= P_{21} - P_{22} \\ z_{k6} &= P_{11} - P_{12} \\ z_{k7} &= P_{01} - P_{02} \end{aligned}$$

gde je $k=0, \dots, 7$.

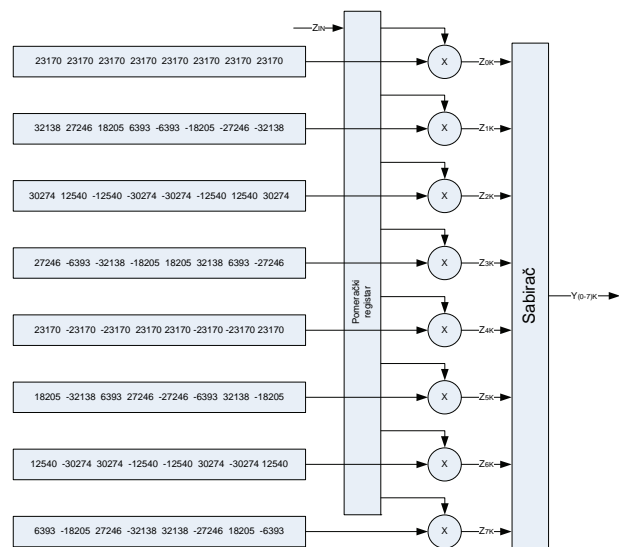
Opisano računanje jednodimenzionalne IDCT je implementirano pomoću osam množača dok su 64 koeficijenta matrice C sačuvana u memoriji.

Vrednosti elemenata z_{ij} izlazne matrice Z date su formulom

$$z_{ij} = P_{i_{j_0}} + P_{i_{j_1}} + P_{i_{j_2}} + P_{i_{j_3}} + P_{i_{j_4}} + P_{i_{j_5}} + P_{i_{j_6}} + P_{i_{j_7}},$$

gde je $i=0, \dots, 7$ redni broj vrste, a $j=0, \dots, 7$ redni broj kolone.

Blok dijagram je prikazan na slici 4:



Slika 4. RTL model za računanje 1D IDCT

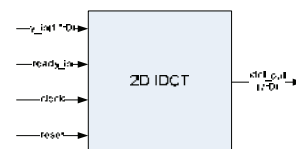
Računanje dvodimenzionalne IDCT analogno je računanju dvodimenzionalne DCT, a blok dijagram je prikazan na slici 5:



Slika 5. Blok dijagram za implementaciju 2D IDCT

3.3. Deklaracija 2D IDCT entiteta

Na slici 6 prikazan je spoljašnji izgled IDCT jezgra:



Slika 6. Spoljni izgled modula za računanje 2D IDCT

Ulazni port y_{in} prima koeficijente nad kojima treba izračunati inverznu dvodimenzionalnu DCT. Port $ready_{in}$ dobija vrednost preko $ready_{out}$ porta za računanje dvodimenzionalne DCT a signali $clock$ i $reset$ su globalni signali za oba jezgra. Na izlaznom portu $idct_{out}$ dobijaju se rezultati računanja 2D IDCT.

4. VERIFIKACIJA

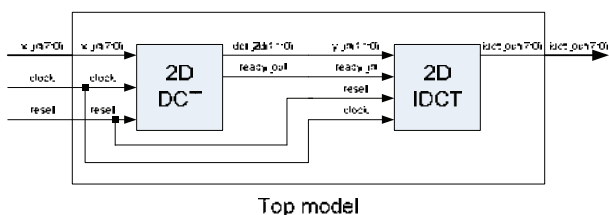
Opisane implementacije su funkcionalno verifikovane i izračunata je prosečna apsolutna greška koja je data izrazom

$$Greška = \frac{1}{10000} \sum_{k=1}^{10000} \frac{1}{64} \sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^8 \|X_{i,j} - Y_{i,j}\|$$

na 10000 slučajno generisanih test matrica. $X_{i,j}$ predstavlja ulazne vrednosti nad kojima se računa 2D DCT dok je $Y_{i,j}$ rezultat računanja 2D IDCT.

Greška implementacije u Matlab-u iznosila je 0,2031.

Jezgra modelovana u VHDL-u, prikazana na slici 3 i slici 6, povezana su u jedno jezgro kao na slici 7:



Slika 7. Šema verifikacionog okruženja

Implementacija u VHDL-u ima prosečnu apsolutnu grešku od 1,0313.

5. SINTEZA

Pri sintezi, implementaciji i generisanju fajlova modelovanih jezgara za programiranje FPGA razvojnog sistema iz familije Spartan3E korišten je Xilinx ISE Navigator 13.4. Nakon izvršavanja sinteze za DCT jezgro dobijen je izveštaj prikazan u tabeli 1:

Tabela 1. Iskorišćenost FPGA čipa.

2D DCT jezgro			
Iskorišćenost logičkih blokova	Iskorišćeno	Dostupno	Procenata
Ukupan br. slajs registara	1538	29504	5%
Flip flopovi	1536		
Lečevi	2		
Broj četveroulaznih LUT-ova	1275	29504	4%
Broj zauzetih slajsova	1195	14752	4%
Broj slajsova sa povezanom logikom	1195	1195	100%
Broj slajsova sa nepovezanom logikom	0	1195	0%
Ukupan broj četverozlaznih LUT-ova	1343	29504	4%
LUT-ovi kao logički blokovi	1275		
Broj korišten za rutiranje	68		
Broj ograničenih IOB-ova	23	376	6%
Broj BUFGMUXs	1	24	4%
Broj MULT18X18SIOs	8	36	22%
Prosečan fanout netaktivnih mreža	3,10		

Iskorišćenost čipa 2D IDCT jezgra približno je 10% veća. Značajnija razlika prisutna je jedino u broju množača. Maksimalna frekvencija na kojoj može da radi jezgro za računanje dvodimenzionalne DCT na Spartan3E jeste 98,213 MHz. Na Kintex7 razvojnem sistemu maksimalna frekvencija bila je 228,335 Mhz.

Maksimalna frekvencija koju može postići jezgro za računanje dvodimenzionalne IDCT na Spartan 3E je 95,850 MHz. Na Kintex-7 razvojnem sistemu maksimalna frekvencija bi bila 229,174 Mhz.

6. PERFORMANSE

Videli smo da su frekvencije 2D DCT i 2D IDCT jezgara približno jednake. U tabeli 2 prikazana je brzina računanja 2D DCT transformacije nad nekoliko standardnih formata u različitim razvojnim sistemima:

Tabela 2. Vreme računanja DCT za razne formate slike.

Slika		Razvojni sistem			
Standard	Rezolucija	Mpx	Spartan3E	Spartan6	Kintex7
VGA	640 × 480	0,30	3,13 ms	2,16 ms	1,35 ms
HD	1280 × 720	0,92	9,33 ms	6,48 ms	4,04 ms
FullHD	1920 × 1080	2,07	21,00 ms	14,57 ms	9,08 ms
/	2048 × 1536	3,2	32,03 ms	22,11 ms	13,76 ms
/	2592 × 1952	5	51,52 ms	35,60 ms	22,16 ms
/	3264 × 2448	8	81,3579	56,16 ms	34,99 ms
/	4288 × 3216	14	140,4128	96,92 ms	60,39 ms

7. ZAKLJUČAK

Dvodimenzionalna direktna i inverzna diskretna kosinusna transformacija, koja je implementirana u programskom paketu Matlab i jeziku za opis hardvera VHDL-u, polazna je tačka JPEG i MPEG kompresije. Dok je implementacija u Matlabu jednostavna, modelovanje jezgara u VHDL-u je mnogo kompleksnije. Jezgra su funkcionalno verifikovana čime je potvrđeno ispravno funkcionisanje oba jezgra. Modelovanjem jezgara za računanje dvodimenzionalne DCT i IDCT date su dobre osnove za modelovanje ostalih jezgara potrebnih za kompresiju i dekompresiju slike ili video signala. Prikazane performanse jezgara su i više nego zadovoljavajuće.

8. LITERATURA

- [1] Bhaskaran, V., Konstantinides, K., Image and Video compression standards, Kluwer Academic Publishers, Sixth Printing 2003.
- [2] Image processing Toolbox, User's guide, Version 2, the MathWorks, 1993-2000.
- [3] Jain, A.K., Fundamentals of Digital Image Processing, Englewood Cliffs, 1989.
- [4] Pannebaker, W.B., Mitchell J.L., JPEG Still Image Data Compression Standard, New York, 1993.
- [5] R. Struharik, VHDL, u pripremi za štampu, Novi Sad, 2012.

Kratka biografija:



Dušan Šušić rođen je u Trebinju 1988. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Mikroročunarska elektronika odbranio je 2012. god.



Rastislav Struharik rođen je u Novom Sadu 1974. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 2009. godine, a od 2010. godine je u zvanju docenta. Oblasti interesovanja su projektovanje i verifikacija složenih digitalnih sistema i mašinsko učenje.

**IMPLEMENTACIJA DDA U EMV SMART KARTICAMA
IMPLEMENTATION OF DDA FOR EMV SMART CARDS**Nedeljko Damnjanović, Milan Vidaković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – *Zadatak ovog rada jeste implementacija Java Card apleta, smeštenog na smart kartici koja simulira platnu karticu. Pored odgovarajuće smart aplikacije, razvijena je i terminalna aplikacija, koja simulira ATM (Automated Teller Machine). Obavljanje pojedinačne platne transakcije vrši se prema EMV standardu.*

Abstract – *This project represents one implementation of a Java Card applet, installed on smart card which represents a credit card. Besides implementing smart card application, a terminal application is also implemented, and it simulates ATM (Automated Teller Machine). Transactions are executed according to the EMV standard.*

Ključne reči – *EMV, smart card, DDA, ATM, APDU*

1. UVOD

Ekspanzija interneta i bežične digitalne komunikacije u potpunosti je promenila svet u kome živimo i način na koji komuniciramo sa drugim ljudima. Uporedo sa razvojem tehnologije, menjao se i sam poslovni model i evoluirao iz tradicionalnog (*face-to-face*) načina transakcije u *online* transakcije.

Smart kartice su revoluciju unele zahvaljujući mogućnosti da čuvaju i procesiraju podatke kroz elektronski čip koji je smešten u telu same kartice. Zahvaljujući tome, one ne zahtevaju nužno pristup udaljenim bazama podataka u trenutku transakcije, i samim tim eliminišu moguće ranjive spoljne resurse, koji su često meta napada. Da bi napadač došao do informacija sa kartice, morao bi da fizički poseduje karticu, da bude upoznat sa njenim softverom i hardverom, i da ima odgovarajuću opremu. Dodatne činjenice, da je pristup smart kartici moguć tek po unosu odgovarajućeg PIN-a (ličnog identifikacionog broja), kao i da je način čuvanja podataka u kartici osiguran koršćenjem kriptografskih funkcija, upad u smart karticu čine znatno težim nego u standardni računar.

Standardi i specifikacije koji se definišu za smart kartice treba da dodatno obezbede *smart* kartice, kao i da omoguće da aplikacije koje se razvijaju od strane različitih proizvođača, mogu zajedno da funkcionišu.

NAPOMENA:

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

Za potrebe ovog projekta poštovan je EMV standard, koji danas predstavlja standard za kreditne i debitne *smart* kartice.

2. JAVA CARD

Java Card tehnologija omogućuje pisanje programa u Java programskom jeziku, koji će moći da se izvršavaju na *smart* karticama. Kako su smart kartice među najmanjim računarskim platformama današnjice, sa malim memorijskim konfiguracijama, rešenje je nađeno u tome da se iskoristi samo podskup mogućnosti Java jezika, kao i upotrebom razdvojenog modela Java virtuelne mašine.

Najznačajnija odlika Java Card virtuelne mašine leži u činjenici da je omogućila razdvajanje između sistema smart kartice i aplikacija. Sama virtuelna mašina enkapsulira detalje sistema smart kartice, a aplikacije mogu komunicirati sa sistemom preko *high-level* programskog interfejsa. Zbog toga Java Card tehnologija u stvari predstavlja platformu za pisanje aplikacija koje će biti pokrenute na smart karticama. Ovako napisane aplikacije se nazivaju apleti (*applet*).

Java Card platforma [1] je podeljena u tri dela:

- Specifikacija za Java Card virtuelnu mašinu (JCVM) koja definiše podskup Java programskog jezika i virtuelnu mašinu koja odgovara aplikacijama za smart kartice.

- Specifikacija za *Java Card Application Programming Interface* (API) koji opisuje API za razvoj Java Card tehnologije.

- Specifikacija za *Java Card Runtime Environment* (JCRE ili samo kraće RE) opisuje potrebno ponašanje RE-a u bilo kojoj implementaciji Java Card tehnologije. RE u sebe uključuje implementaciju JCVM i Java Card API klase, i podršku za servise kao što su na primer selekcije i deselekcija apleta.

Java Card virtuelna mašina [2] je podeljena u dva dela. *Converter* je deo virtuelne mašine koji se nalazi van kartice, dok je *interpreter* deo koji se nalazi na samoj kartici. Ova dva dela, obavljaju osnovne funkcije virtuelne mašine, kao što su učitavanje Java *class* datoteka i njihovo izvršavanje.

Uloga konvertera je da učita *class* datoteke, kreirane od strane Java prevodioca, i da od njih napravi CAP (*Converted applet*) datoteke. Pored CAP datoteke, kao rezultat konverzije, može se dobiti i *export* datoteka, koja predstavlja API paketa koji je konvertovan.

Kreirana CAP datoteka se zatim učitava na smart karticu, korišćenjem instalera. Sam instaler čine Java Card instaler koji se nalazi na kartici, i instalacioni program koji se nalazi van kartice. Deo van kartice šalje instaleru na kartici CAP datoteku, a *interpreter* je zadužen za

izvršavanje instrukcija. Interpreter takođe vodi računa o alokaciji memorije i kreiranju objekata.

CAP datoteka, koja se dobija konverzijom *class* datoteka, predstavlja izvršivu binarnu prezentaciju klasa iz Java paketa. Ona ima format JAR datoteka, koje smo srećali kod standardnog Java jezika, i sadrži skup komponenti, od kojih je svaka smeštena u zasebnoj JAR datoteci. Svaka komponenta opisuje jedan aspekt sadržaja CAP-a, kao što su informacije o klasama, izvršni kod, informacije o povezivanju sa drugim paketima, informacije o verifikaciji itd. Skup komponenti varira, u zavisnosti da li datoteka sadrži definicije za aplet ili bibliotečki paket. Sadržaj je optimizovan, čime se postiže manje zauzeće memorije.

Export datoteke se dobijaju u procesu konverzije *class* datoteka, od strane konvertera. Namenjene su kao informacije potrebne za verifikaciju i povezivanje (*linking*), u slučaju kada jedan (prvi) paket koristi klase drugog paketa. Informacije export datoteke drugog paketa uključuju se u CAP datoteku prvog, a zatim se te informacije koriste u virtuelnoj mašini za povezivanje sadržaja prvog paketa sa uključenim elementima drugog. Export datoteke sadrže javni API za celokupni paket. Možemo ih posmatrati kao *header* datoteke u C programskom jeziku.

Java Card Runtime Environment (JCRE) [3] se sastoji od Java Card sistemskih komponenti koje se nalaze na samoj kartici. JCRE je odgovoran za upravljanje memorijom kartice, mrežnu komunikaciju, pokretanje i izvršavanje apleta, kao i za bezbednost celog sistema na kartici. Suštinski, JCRE služi kao operativni sistem smart kartice. Treba napomenuti da pored standardnog modela virtuelne mašine Java programskog jezika, JCRE ima i tri nove mogućnosti [4]:

- Trajni i privremeni objekti – Java Card objekti su po pravilu trajni i čuvaju se u trajnoj memoriji. Međutim, nekada je zbog sigurnosnih razloga, ili da bi se jednostavno poboljšale performanse, potrebno kreirati objekat u RAM memoriji kartice. Ovakvi objekti sadrže privremene podatke, i nisu deljivi među različitim CAD sesijama.

- Atomičnost operacija i transakcija - Java Card virtuelna mašina garantuje da je svaka operacija upisa bilo u polje objekta ili u klasu atomična. Polje koje se menja dobija ili novu vrednost, ili će sačuvati staru, ukoliko je došlo da greške prilikom upisa. Isto važi i za transakcije, u čijem sklopu može biti više operacija pisanja. Ili će se sva ažuriranja iz transakcije uspešno obaviti, ili nijedno od njih neće biti sačuvano.

- Aplet firewall i mehanizmi deljenja – Firewall apleta izoluje pojedinačne aplete, obezbeđujući im da se svaki izvršava u okviru svog memorijskog prostora. Na taj način, postojanje jednog apleta, kao i njegove operacije, nemaju uticaj na ostale aplete. Ipak, u situacijama gde je neophodno da apleti dele podatke, virtuelna mašina im to omogućava kroz bezbedne sisteme mehanizama deljenja.

Za razliku od PC-ja, kod kojeg se Java virtuelna mašina (JRE) pokreće kao sistemski proces, i po njegovom gašenju, završava se i životni ciklus virtuelne mašine, životni ciklus JCRE jednak je životu same kartice. JCRE se inicijalizuje samo jednom, i to prilikom inicijalizacije same kartice. U toku ovog procesa JCRE inicijalizuje

virtuelnu mašinu i kreira objekte neophodne za upravljanje apletima i korišćenje JCRE servisa. Po instaliranju apleta, JCRE kreira instance apleta, a apleti kreiraju objekte za čuvanje podataka.

Druga bitna stvar po kojoj se JCRE razlikuje od JRE jeste čuvanje podataka i objekata, koji se čuvaju u perzistentnoj memoriji (EEPROM), a ne u RAM-u kao što je slučaj sa JRE. Razlog tome je što većina podataka sa kartice mora da bude očuvana i nakon prestanka napajanja. To znači da je po vađenju kartice iz CAD-a, virtuelna mašina samo suspendovana, i da prilikom sledećeg napajanja, JCRE restartuje virtuelnu mašinu učitavanjem podataka iz trajne memorije.

Aplet koji se izvršava na kartici, jeste instanca apleta, objekat Applet klase. Kao i sa drugim trajnim objektima kod Java Card-a, jednom kreirana instanca apleta, živi koliko i sama kartica.

3. EMV STANDARD

EMV standard, razvijen je od strane *Europay*, *MasterCard* i *Visa*, danas predstavlja standard za kreditne i debitne smart kartice [5]. Osnovni cilj standarda je da se omogući interoperabilnost kartica i terminala na globalnom nivou. Pomenute kompanije su 1994. godine inicirale njegov razvoj, da bi tokom 1996. godine, standard dobio prvu zvaničnu verziju aplikacije. Specifikacija EMV standarda zasniva se na ISO/IEC 7816 standardu. Poslednja verzija EMV specifikacije 4.2., izdata je u junu 2008. EMVCo je organizacija koja je odgovorna za razvoj i održavanje standarda, kao i za izdavanje potvrda kompatibilnosti uređaja sa EMV standardom.

Tok EMV transakcije deli se na sledeće faze [6-9]:

- Selekcija aplikacije (Application selection)
- Procesne opcije (Get processing options)
- Off-line autentikacija kartice (Off-line data authentication)
- Procesne restrikcije (Processing restrictions)
- Verifikacija vlasnika (Cardholder verification)
- Terminalsko upravljanje rizikom (Terminal Risk Management)
- Autorizacija transakcije
- Terminal action analysis
- Generate AC
- Card action analysis
- On-line procesiranje transakcije i autentikacija izdavaoca kartice (On-line processing and Issuer authentication)
- Procesiranje skriptova (Script processing)

4. IMPLEMENTACIJA

Aplikacija za smart karticu, *EMV Purse*, predstavlja elektronski novčanik. Ona čuva trenutni balans na korisnikovom račun, i umanjuje ga prilikom svake uspešne transakcije. Sama aplikacija treba da brine o sledećim stvarima:

- Da omogući off-line autentikaciju kartice, u ovom slučaju DDA autentikaciju
- Da omogući off-line verifikaciju korisnika koršćenjem kriptovanog PIN-a
- Da upravlja rizicima na kartici na osnovu definisanih pravila izdavača

- Da generiše odgovarajući kriptogram na osnovu podataka iz transakcije
- Da vodi računa o promeni balansa nakon svake uspešne transakcije.

Da bi bila sposobna da iznese sve pobrojane zahteve, kartica u sebi čuva podatke upisane od strane izdavača. Unošenje PIN-a, od strane korisnika, ograničeno je na tri neuspešna pokušaja, nakon kojih se kartica blokira za dalju upotrebu. Upravljanje rizicima podrazumeva proveru:

- da li je verifikacija PIN-a bila uspešna
- da li se valute terminala i aplikacije na kartici poklapaju
- da li uneti iznos prelazi dozvoljenu sumu prilikom off-line transakcije

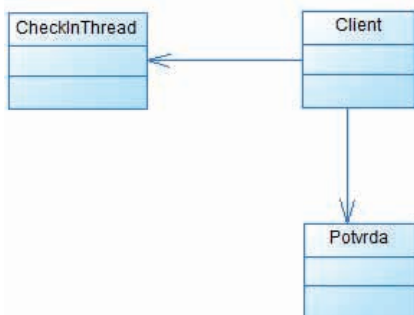
Ukoliko neki od navedenih rizika nije ispunjen, kartica će odbiti transakciju. Inicijalna vrednost balansa unosi se unapred.

Za potrebe realnije simulacije EMV transakcije, razvijena je i terminalna aplikacija, koja simulira ATM. Kao i kartica, i terminal poseduje podatke o svom poslovnom okruženju, neophodne za obavljanje transakcije. Pred terminalnu aplikaciju se postavljaju sledeći zahtevi:

- Slanje odgovarajuće SELECT komande kartici, za selekciju aplikacije
- Slanje GET PROCESSING OPTIONS, kojom započinje EMV transakciju
- Da omogući off-line autentikaciju kartice, u ovom slučaju DDA autentikaciju
- Da izvrši procesne restrikcije u okviru kojih se utvrđuje stepen kompatibilnosti između EMV aplikacije na kartici i u terminalu
- Da omogući unošenje PIN-a, i pripremi podatke za verifikaciju korisnika
- Da upravlja rizicima terminala i predloži kartici generisanje predloženog kriptograma
- Da izvrši verifikaciju dobijenog kriptograma i tako potvrdi uspešnost/neuspešnost transakcije.

Sve faze transakcije su izvedene po EMV standardu, kako sa strane *EMV Purse* aplikacije, tako i sa strane terminalne aplikacije.

Potreba za razvojem dve odvojene aplikacije (apleta i *desktop* aplikacije), uzrokovala je korišćenje dve platforme Java jezika. Sam aplet je napisan korišćenjem Java Card Development Kit 2.2.1, i kompajliranje Java datoteka je vršeno korišćenjem Java 1.2 verzije. Deo koji simulira terminalnu je razvijen korišćenjem verzije Jave 1.5.

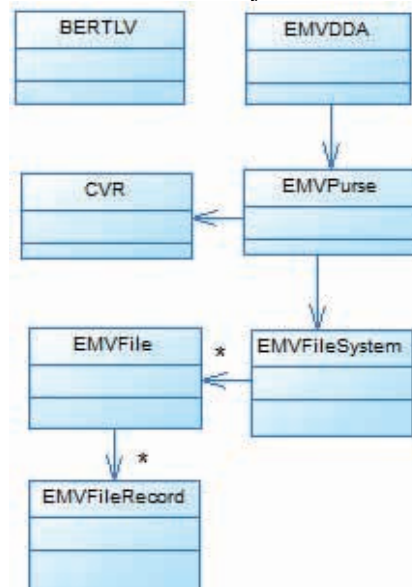


Sl. 1. Dijagram klasa terminalne aplikacije

Terminalna aplikacija je smeštena u okviru jednog paketa, što je prikazano na slici 1. Izgled terminalne

aplikacije je prikazan na slici 3. Ukratko će biti opisana uloga svake od postojećih klasa:

- Klasa *Client* jeste frontend deo terminalne aplikacije. Napravljena je tako da simulira izgled stvarnog ATM-a, i omogući interakciju između korisnika i terminala. Sve korisnikove akcije prihvataju metode ove klase, i prosleđuju parametre odgovarajućim metodama *CheckInThread* klase.
- Klasa *CheckInThread* predstavlja backend deo terminalne aplikacije, koji obavlja sve zadatke potrebne za izvršenje transakcije po EMV standardu. Može se reći da je ovo noseća klasa terminalne aplikacije, pa će ona biti detaljnije objašnjena.
- Klasa *EMV* čuva tagove BER-TLV objekata, koji se razmenjuju u toku transakcije.
- Klasa *Converter* je pomoćna klasa koja se koristi za rukovanje bajtovima i heksadecimalnim stringovima (npr konvertovanje bajtova u heksadecimalni string).
- Klasa *CARSAKEY* čuva par privatni/javni ključ, smešten u terminal od strane primača-a kartice
- Klasa *Potvrda* predstavlja priznanicu koju korisnik dobija po okončanoj transakciji, na kojoj se može videti rezultat izvršene transakcije.



Sl. 2. Dijagram klasa smart card aplikacije

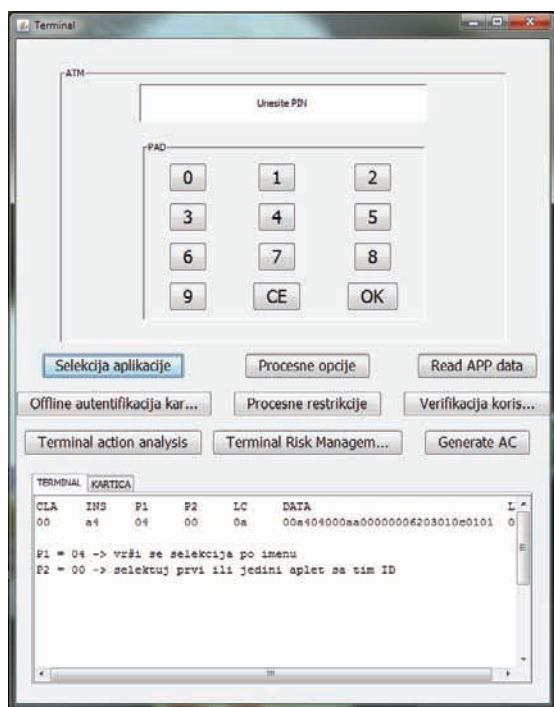
EMV Purse aplikacija je smeštena u okviru paketa *emvdda*, što je prikazano na slici 2. U nastavku će biti pojašnjena uloga svake od klasa u okviru paketa.

EMVDDA klasa nasleđuje *javacard.framework.Applet* klasu, odnosno predstavlja Java Card aplet, koji je razvijen za potrebe zadatka. Sama klasa sadrži neophodne metode za instalaciju apleta, kao i za procesiranje pristiglih APDU komandi, od strane terminalne aplikacije. Sve komande pristigle sa terminalne strane prima metoda *process()*. Parametar ove metode je instanca APDU klase, koja u sebi nosi informacije o vrsti APDU komande koja je poslata apletu.

EMVPurse klasa je zadužena za obradu pristiglih APDU komandi. Od nje se zahteva da sprovede akciju u skladu sa EMV standardom, i rezultat akcije vrati terminalu kroz *EMVDDA* klasu.

Pored dve navedene klase, u okviru *emvdda* paketa se nalaze još i klase *BERTLV* i *CVR*, koje omogućavaju

kreiranje BER TLV objekata, odnosno reprezentuju CVR (*Card Verification Result*) u koji se smeštaju rezultati u toku upravljanja rizicima kartice, kao i klase *EMVFileRecord*, *EMVFile* i *EMVFileSystem*, koje omogućavaju kreiranje sistema datoteka za datu karticu.



Sl. 3. Izgled terminalske aplikacije

5. ZAKLJUČAK

Platne kartice su izazvale revoluciju u dotadašnjem načinu poslovanja, a njihova migracija sa magnetnih na čip kartice predstavljala je prirodan tehnološki napredak. Čip kartice su ponudile veći nivo zaštite, bolje odlučivanje i sofisticiranije verifikacije korisnika. Zahvaljujući prednostima koje pružaju, danas su postale nezamenljiv deo savremenog elektronskog poslovanja. Java Card tehnologija je svojom pojavom ponudila načine da se premoste mnoge prepreke koje su kočile široko prihvatanje smart kartica. Definisanje pouzdane, portabilne, hardverski nezavisne i multiaplikacijske platforme za smart kartice, dovelo je do toga da ova tehnologija postane jednako prijemčiva i za programere i za izdavače smart kartica. Odlike Java jezika, prenete su na Java Card tehnologiju, i omogućile objektno-orijentisani pristup i pri razvijanju aplikacija za uređaje sa ograničenim resursima.

Definisanje EMV standarda obezbedilo je interoperabilnost u svetu elektronskog poslovanja, i omogućilo jedinstveno funkcionisanje terminala i kartica širom sveta. Poboljšanje sigurnosti i finija kontrola off-line transakcija ustalile su EMV standard, kao de facto standard u oblasti bankarske industrije.

Na osnovu navedenog, aplikacije poput EMV Purse stekle su centralno mesto među aplikacijama u oblasti elektronskog poslovanja. DDA autentifikacija uz generisanje kriptograma, kao i verifikacija PIN-a koji se kriptovan prenosi do terminala, značajno su povećale sigurnost off-line transakcija, i tako zaštitile sve učesnike platnog prometa, od mogućih napada.

6. LITERATURA

- [1] Java Card Platform Specification 2.2.2 , <http://www.oracle.com/technetwork/java/javacard/specs-138637.html>
- [2] Sun Microsystems, Virtual Machine Specification, Java Card™ Platform, Version 3.0.1 Classic Edition, 2009
- [3] Sun Microsystems, Runtime Environment Specification Java Card™ Platform, Version 3.0.1 Classic Edition, 2009
- [4] Chigun Chen, Java Card Technology for Smart Cards: Architecture and Programmer's Guide, Prentice Hall, New Jersey, 2000, ISBN 0201703297
- [5] Cristian Radu, Implementing Electronic Card Payment Systems, Artech House Publishers, Norwood, 2002, ISBN 1580533051
- [6] EMVCo, EMV Integrated Circuit Card Specifications for Payment Systems Book 1 ICC to Terminal Interface, 2008
- [7] EMVCo, EMV Integrated Circuit Card Specifications for Payment Systems Book 2 Security and Key Management, 2008
- [8] EMVCo, EMV Integrated Circuit Card Specifications for Payment Systems Book 3 Application Specification, 2008
- [9] EMVCo, EMV Integrated Circuit Card Specifications for Payment Systems Book 4 Other Interfaces, 2008

Kratka biografija:

Nedeljko Damnjanović je rođen 1986. godine u Šapcu. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Računarstvo i automatika – Računarske nauke i informatika, odbranio je 2012. godine.

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



UTICAJ SEMANTIKE IDENTITETSKIH SINONIMA NA RANGIRANJE
STRANICA U FOAF SOCIJALNIM MREŽAMA

INFLUENCE OF IDENTITY SYNONYMS SEMANTICS TO PAGES RANKING IN
FOAF SOCIAL NETWORKS

Gajo Petrović, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U radu je prikazano preliminarno istraživanje uticaja semantike identitetskih sinonima na rangiranje stranica (ličnih) u FOAF mrežama. Razvijen je softverski alat koji omogućuje prikupljanje podataka sa FOAF-baziranih socijalnih mreža, detekciju sinonima i korišćenje detektovanih sinonima za određivanje vlasnika stranice na FOAF mrežama. Dobijeni rezultati ukazuju na mogućnost postojanja razlike u rangiranju stranica u slučaju kada se koristi semantika sinonima i u slučaju kada se ta semantika ne koristi.

Abstract – In this master thesis a preliminary research is conducted that considers influence of identity synonyms semantics to personal pages ranking in FOAF networks. The software tool is developed enabling data collection from FOAF networks, synonyms' detection and their application to more accurate identification of the page owner identity.

The preliminary results achieved indicate that differences might exist in page rankings with and without synonyms semantics application.

Glavne reči: Semantički veb, FOAF, PageRank, HITS, SVM, mašinsko učenje

1. UVOD

1.1. Semantički veb, koncepti i tehnologije Semantičkog veba

Kao proširenje klasičnog "Veba dokumenata", u poslednje dve decenije razvija se skup tehnologija kojima bi se podržao "Veb podataka", odnosno omogućilo da se podaci raspoloživi na Vebu posmatraju kao globalna baza podataka. Krajnji cilj Veba podataka je da se automatizuje (omogućući da računari izvrše) najveći deo posla koji zahtevaju kompleksne interakcije na mreži.

Prema izvoru [1], predmet interesovanja Semantičkog veba su dve stvari. Prva su zajednički formati za integraciju i kombinovanje podataka iz različitih izvora, dok je klasični Veb bio koncentrisan na razmenu dokumenata. Druga su jezici za opisivanje odnosa tih podataka i objekata realnog sveta, čime se ljudima i (što je posebno važno) mašinama omogućuje da posao započnu nad jednom bazom podataka i da se, zatim, kreću kroz ogroman broj drugih baza koje su povezane samo činjenicom da se odnose na istu stvar.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila prof. dr Zora Konjović.

Jedan od osnovnih koncepata na koje se oslanja Semantički veb je *ontologija*. U računarskoj i informacionoj nauci ontologija služi za formalnu reprezentaciju znanja kao skupa koncepata nekog domena i međusobnih veza tih koncepata. Može se koristiti za rasuđivanje o entitetima tog domena i za opis tog domena. Tomas Gruber je u radu [2] definisao ontologiju na sledeći način: „*Ontologija* je eksplicitna specifikacija konceptualizacije.“ Skup tehnologija na koje se oslanja Semantički veb obuhvata sledeće grupe tehnologija: hipertekst veb tehnologije (URI, Unicode, XML), standardizovane tehnologije Semantičkog veba (RDF, RDFS, OWL i SPARQL) i, za sada, nerealizovane tehnologije Semantičkog veba (RIF/SWRL, kriptografija, poverenje i korisnički interfejs) [3].

Resource Description Framework (*RDF*) je grupa W3C specifikacija modela podataka za opisivanje metapodataka koja se koristi kao generalna metoda za opis veb resursa i veza između njih. *RDF* se ističe prvenstveno kao jednostavan model za opis semantike podataka. Osnovni gradivni element u *RDF*-a je tzv. *RDF* triplet: jednostavan iskaz, koji se sastoji od tri elementa: subjekta, predikata i objekta i piše se u SPO redosledu (subjekat-predikat-objekat, engl. *SVO*, *subject-verb-object*).

RDF Schema (RDFS) omogućava pravljenje domenskih modela nad *RDF*-om. U osnovi, *RDFS* definiše klase entiteta i svojstva nad njima.

Ontology Web Language (*OWL*) je grupa W3C standarda koja definiše nekoliko jezika (dijalekata) Semantičkog veba koji rešavaju ograničenja koja postoje kod *RDF*-a i *RDFS*-e.

SPARQL (SPARQL Protocol and RDF Query Language) predstavlja upitni jezik i protokol za pristup *RDF* skladištima podataka koji omogućava izvršavanje upita, čitanja i pisanja na način sličan kao kod *SQL* i *Xquery* jezika.

1.2. FOAF ontologija

Friend of a Friend (FOAF) je model, odnosno ontologija napisana u jeziku *OWL* koja se koristi u mnogim društvenim mrežama za opis korisnika i njihovih međusobnih veza (prijateljstava). *FOAF* opisi predstavljaju samo opise različitih stvari i njihovih međusobnih veza, pri čemu se tipovi stvari o kojima se govori nazivaju *klase* a veze se nazivaju *svojstvima*. *FOAF* je, u stvari, rečnik termina od kojih je svaki ili klasa ili svojstvo. Drugi, prateći projekti obezbeđuju druge skupove klasa i svojstava od kojih su mnogi povezani sa klasama i svojstvima definisanim u rečniku *FOAF*.

Osnovna namera FOAF modela jeste da standardizuje opise entiteta društvenih mreža kao što su korisnici, njihovi atributi i različite veze korisnika i drugih entiteta od interesa (projekti, članci, knjige, filmovi, pesme i sl.). Ovako standardizovan vid podataka sa društvenih mreža omogućuje pravljenje programa koji bi rukovali sa podacima iz više različitih socijalnih mreža, kao i pravljenje novih komunikacionih protokola koji bi se zasnivali na FOAF modelu.

Glavni termini FOAF rečnika grupisani su u tri kategorije:

- Jezgro koje obuhvata klase i svojstva kojima se opisuju karakteristike pojedinaca i društvenih grupa na način nezavisan od vremenskih odrednica i tehnologije.
- Društveni Veb obuhvata dodatne termine koji se koriste za opis Internet naloga, adresara i sličnih aktivnosti baziranih na Vebu.
- Pomoćne komponente za podršku povezanim podacima (Linked Data utilities) koje podržavaju (u određenoj meri) korišćenje Veba za integraciju faktografskih informacija sa informacijama namenjenim za ljudsku upotrebu.

Kako je cilj rada da se istraži uticaj identitetskih sinonima na algoritme HITS i PageRank, prvenstveno je analiziran deo FOAF-a koji označava veze poznanstva između ljudi kao i konkretni podaci koji takve veze predstavljaju. Konkrentno, od interesa za ovaj rad su sledeće vrste FOAF relacija:

1. *X rfd:type foaf:Person*. Ova relacija, gde *X* ima neku konkretnu vrednost, govori da je *X* FOAF tipa *Person*, i na taj način se predstavlja neki čovek.

2. *X foaf:knows Y*. Ova relacija, gde su *X* i *Y* entiteti, koji su definisani kao FOAF tip *Person*, predstavlja usmerenu relaciju poznavanja i ima interpretaciju: *X* poznaje *Y*. Ova relacija ništa ne govori o simetričnosti poznanstva.

3. *X rdfs:seeAlso Y*. Ova relacija predstavlja informaciju da su *X* i *Y* sinonimi (na FOAF nivou) i koristi se da definiše da je simbol *X* takođe simbol *Y*.

U slučaju veze poznanstva korisnika sa različitim sajtova obično se koristi da predstavi informaciju da je lokalni korisnik *X* zapravo korisnik na drugom sajtu i ima URI *Y*. Sinonimska veza je simetrična i tranzitivna.

2. IDENTITET, SINONIMI I DETEKCIJA IDENTITETSKIH SINONIMA

Upravljanje identitetom (Identity Management – IdM) bavi se upravljanjem identifikatorima individualnih entiteta (korisnika) sa ciljem identifikacije, autentikacije i autorizacije tih entiteta u okviru nekog sistema.

Svaki realni entitet može imati više digitalnih identita, označenih sa jednim ili više identifikatora. Identifikatori obično predstavljaju konačan skup atributa.

Pojam sinonima u računarskim naukama obično predstavlja višestruko pojavljivanje neke informacije, pri čemu ta informacija može ali i ne mora da zadrži originalni identifikator.

Sinonimska relacija, u kontekstu ovoga rada, povezuje sve digitalne identifikatore koji identifikuju isti entitet (konkretno, istu osobu). Pri tome se pretpostavlja da sinonimska relacija zadovoljava uslove refleksivnosti, simetričnosti i tranzitivnosti. Dakle, u nekom skupu

identifikatora dva identifikatora su u sinonimskoj relaciji ako označavaju isti entitet.

Uzrok postojanja sinonima može biti redundandnost, ali i referenciranje nekih entiteta iz udaljenih mesta. Primer takvog ponavljanja informacija, sa ciljem referenciranja, često je prisutan slučaj u semantičkom vebu i na FOAF mrežama. Razlog za dupliranje ljudi na više mesta obično je referenciranje istih ljudi u različitim FOAF datotekama. Ukoliko želimo da referenciramo ljude (a i bilo koji drugi tip entiteta), potrebno je deklarirati ljude, a zatim i dodati informaciju da su ti ljudi u potpunosti opisani na nekom drugom mestu. Ovo referenciranje mesta opisa deklariranih entiteta, vrši se pomoću pojma sinonima, tj. za to se može koristiti owl:sameAs svojstvo.

Nažalost, u realnim sistemima postoje datoteke u kojima se ne koristi owl:sameAs svojstvo za te svrhe, već neko drugo, npr. rdfs:seeAlso svojstvo ili čak i nedostatak direktnog linka. Problem pronalaženja nedefinisanih owl:sameAs svojstava opisan je u radu [4]. Takođe, postoji problem deklarisanja entiteta koji se koristi samo u svrhe referenciranja. Postoje slučajevi u kojima se tom entitetu daje ista vrednost kao i originalnom entitetu, obično neki validan i pristupan URL, ali takođe ima slučajeva u kojima se zadaje vrednost nekog generisanog URN-a.

Problem sa URN vrednostima je što se može desiti pojavljivanje istih generisanih URN-ova za različite ljude, definisanih obično u različitim datotekama. Zato, u svrhe identifikovanja ljudi, u ovom radu za sve ljude definisane putem URN vrednosti, koristila se i informacija o URL vrednosti RDF datoteke u kojoj je definisan FOAF Person, nazvana kontekst. Tj. u slučaju ljudi definisanih sa URN vrednostima ključ je uređena dvojka URN i konteksta.

Takođe, postoji druga vrsta sinonima gde su korisnici u potpunosti definisani na različitim sajtovima. Uzrok ovakve pojave može da bude eksplicitno kreiranje naloga akcijom korisnika, kao i automatsko generisanje naloga od strane nekih programa.

Kao posledica ovog fenomena, pojavljuje se situacija da se isti ljudi sa različitim URL adresama definišu u različitim datotekama, sa obično velikim brojem istih atributa. Idealno, ovi ljudi imali bi sve vrednosti atributa identične, ali u realnim podacima se pojavljuje i nedostatak nekih vrednosti, ili njihova različitost, obično kao rezultat korišćenja web sajtova sa mogućnostima reprezentacije samo određenog FOAF podskupa, kao i neažurnosti naloga koje su kreirali korisnici.

U ovom slučaju, za pronalaženje sinonima potrebna je ljudska akcija, ili pravljenje i obučavanje programa da to rade umesto ljudi, kao što je i urađeno u ovom radu, bazirano na radu [4].

Rezultat istraživanja je predlog postupka za identifikovanje koreferentnih agenata u FOAF mrežama korišćenjem vrednosti odabranih atributa Person entiteta.

3. SOFTVERSKI ALAT ZA ANALIZU UTICAJA SEMANTIKE IDENTITETSKIH SINONIMA NA RANGIRANJE U FOAF SOCIJALNIM MREŽAMA

Zadatak rada je bio da se izvrši analiza kojom bi se utvrdilo da li semantika sinonima utiče na rangiranje u FOAF socijalnim mrežama koje se dobija primenom HITS i PageRank algoritma.

Softverski alat za analizu uticaja sinonima na rangiranje u FOAF socijalnim mrežama obezbeđuje funkcionalne i nefunkcionalne zahteve koji su dati u nastavku.

Funkcionalni zahtevi su sledeći.

1. Prikupljanje podataka sa FOAF sajtova
2. Formiranje baze FOAF podataka prilagođene za analizu uticaja sinonima na rangiranje u FOAF mrežama
3. Formiranje skupa sinonima
4. Izvršavanje algoritama rangiranja i izdavanje rezultata

Nefunkcionalni zahtevi koji se postavljaju pred aplikaciju su da zadovolji skalabilnosti i performanse tako da omogući analizu podataka za standardne skupove podataka koji koriste za razvoj novih aplikacija zasnovanih na FOAF podacima [5].

U nastavku je dat sažet opis softverskog alata. Detaljan opis alata dat je u [7].

Model podataka reprezentuje redukovani skup FOAF podataka koji je korišćen za detekciju identitetskih sinonima.

Alat podržava sledeće funkcionalnosti.

- **Prikupljanje podataka sa FOAF sajtova.** U okviru ove aktivnosti vrši se prikupljanje podataka sa FOAF sajtova U ovom projektu prikupljeni su podaci sa dva sajta: <http://www.advogato.org/> i <http://identi.ca/>. Ovi podaci su preuzeti kao datoteke gde je svaka datoteka opisivala jednog korisnika, navodeći sve njegove atomske atribute i relacije sa drugim entitetima.
- **Formiranje baze prilagođenih FOAF podataka.** U prvom koraku ove aktivnosti vrši se parsiranje RDF/N4 i RDF/XML podataka i formiraju se sledeće tri tekstualne datoteke (CSV formata).
 - a) Datoteka `people_uri` koja sadrži URI i context vrednosti svih Person entiteta pronađenih u originalnim datotekama.
 - b) Datoteka `people_known` koja sadrži sve relacije poznanstva sa navedenim Person URI i context vrednostima za oba čoveka u datom poznanstvu.
 - c) Datoteka `people_synonym` koja sadrži sve relacije sinonima sa navedenim Person URI i context vrednostima za oba sinonima datog čoveka.

Takođe, za svaki od posmatranih atributa formirana je jedna nova tekstualna datoteka, `people_<ime_atributa>`, gde je `<ime_atributa>` vrednost imena odgovarajućeg atributa, npr. `people_nick`.

U **drugom koraku**, u bazi podataka formirane su tabele tako da sve tabele, izuzev `people_uri` imaju polja koja odgovaraju poljima slogova u datotekama formiranim u prvom koraku. Tabela `people_uri` ima i dodatno polje koje označava da li `URI` predstavlja validan `URL` i, ukoliko je to slučaj, garantovano je pojavljivanje samo jednog takvog `URI`-a u finalnoj tabeli.

U **trećem koraku**, u bazi podataka formirane su nove tabele sa ciljem da se eliminišu višestruke pojave istih `URI` i `context` podataka, kao i da se izvrši sekvencijalno dodeljivanje celobrojnih identifikatora redovima u `peopleURI_modified` tabeli.

- **Formiranje skupa sinonima.** Formiranje skupa sinonima izvršeno je na dva načina. Prvi način

formira sinonime na bazi `seeAlso` vrednosti. Pronalaženje ovih sinonima svodi se na formiranje skupova ljudi (entiteta) na bazi `seeAlso` vrednosti između članova skupa, odnosno formiranja grafa u kome su su čvorovi povezani `seeAlso` svojstvom.

Za drugi način formiranja sinonima korišćeno je mašinsko učenje za pronalaženje sinonima na osnovu njihovih atributa primenom mašina potpornih vektora (SVM). Postupak pronalaženja sinonima baziran je na rezultatima iz [4]. Postupak se sastoji iz sledećih koraka.

1. Formiranje skupa potencijalnih kandidatskih parova sinonima primenom jednostavne heurističke funkcije: kandidatski par su dva entiteta koja imaju makar jedan posmatrani atribut sa istom vrednošću.
 2. Ručna klasifikacija obučavajućeg skupa na osnovu kandidatskih parova slučajnim izborom skupa potencijalnih kandidatskih i ručnom dodelom klase (pozitivna i negativna).
 3. Obučavanje *SVM* klasifikatora, gde je kao ulaz korišćen vektor razlika (Levenštajnovu rastojanje) atributa dva para.
 4. Klasifikovanje kandidatskih parova korišćenjem *SVM* klasifikatora dobijenog u prethodnom koraku.
- **Izvršavanje algoritma rangiranja i izdavanje rezultata.** Alat omogućuje rangiranje pomoću *HITS* i *PageRanking* algoritama na četiri načina: bez korišćenja sinonima, korišćenjem sinonima identifikovanih samo primenom `seeAlso` semantike sinonima, korišćenjem sinonima identifikovanih samo primenom semantike sinonima na bazi sličnosti atributa, i korišćenjem obe vrste semantike sinonima) i izdavanje *n* prvorangiranih ljudi (entiteta). Implementirane su dve verzije algoritama: vektorizovana verzija u kojoj su algoritmi implementirani kao množenje retkih matrica povezanosti [6], i iterativna verzija u kojoj su čvorovi i veze grafa eksplicitno prikazani, tj. gde se sve iteracije i *PageRank* i *HITS* algoritama vrše iterativno za svaki čvor.

Softver se sastoji od sledećih komponenti.

- **Modul (Crawler) za prikupljanje FOAF datoteka sa sajtova.** Implementiran je kao dva Python skipta (jedan za prikupljanje podatke sa sajtova na kojima su korisnici identifikovani serijskim brojevima, a drugi za prikupljanje podataka sa sajtova koji poseduju liste ljudi) koji prikupljaju datoteke sa FOAF sajtova i skladište ih na hard disk
- **Modul za preprocesiranje podataka i popunjavanje baze podataka.** Sastoji se od komponenta koje parsiraju datoteke u *RDF/N4* (*RDF/N4* parser) i *RDF/XML* (*RDF/XML* parser) format, transformišu određene *FOAF* podskupove u nove *CSV* datoteke, komponente koja kreira originalne tabele u bazi podataka i popunjava ih podacima iz kreiranih *CSV* datoteka (*CSV* parser), i komponente koja kreira modifikovanu bazu podataka (*SQL* skriptovi za kreiranje novih tabela na osnovu postojećih).

- **Modul za prepoznavanje sinonima na bazi sličnosti atributa.** Sastoji se od komponente za ručno klasifikovanje parova, komponente za kreiranje SVM klasifikatora, i komponente za generisanje parova sinonima primenom SVM klasifikatora.
- **Modul za formiranja sinonimskih skupova.** Implementiran je kao jedna komponenta koja omogućuje formiranje sinonimskih skupova na bazi *seeAlso* vrednosti ili na bazi sličnosti atributa.
- **Modul za rangiranje.** Sastoji se od četiri komponente: Iterativni *HITS* algoritam, vektorski *HITS* algoritam, iterativni *PageRank* algoritam i vektorski *PageRank* algoritam.

4. REZULTATI

U ovom poglavlju upoređeni su rezultati izvršavanja *HITS* i *PageRank* algoritama bez korišćenja identifikacionih sinonima sa rezultatima dobijenim uz korišćenje semantike sinonima.

Algoritmi su izvršavani nad skupom podataka koji je imao ukupno 253414 čvorova sa 125522 veza poznanstava.

Postupkom na bazi *seeAlso* vrednosti pronađeno je 12384 sinonima, dok je postupkom baziranim na sličnosti atributa pronađeno 4573 sinonima.

Poređenje je vršeno na sledeći način.

Formirana je lista čvorova pomoću *PageRank/HITS* algoritma bez primene semantike sinonima i sortirana je po opadajućoj vrednosti koju algoritam dodeljuje čvorovima (osobama).

Formirane su liste čvorova pomoću *PageRank/HITS* algoritma primenom semantike sinonima (*seeAlso* semantika, Semantika na bazi sličnosti atributa, i obe semantike zajedno) i sortirane su po opadajućoj vrednosti koju algoritam dodeljuje čvorovima (osobama).

Izvršeno je poređenje po pozicijama i poređenje po različitosti vrednosti dodeljenih čvorovima. Detaljan opis načina računanja različitosti vrednosti dodeljenih čvorovima dat je u [6]. Dobijeni rezultati prikazani su u Tabeli 1.

Tabela 1. Rezultati poređenja *HITS* i *PageRank* algoritama

Primenjena semantika sinonima	PageRank algoritam		HITS algoritam			
	Rank		Hub		Authority	
	Razl. pozicija	Razl. čvorova	Razl. pozicija	Razl. čvorova	Razl. pozicija	Razl. čvorova
<i>seeAlso</i>	52%	0.0492%	39%	0.04831%	34%	0.0288%
Sličnost atributa	71%	0.00043%	40%	0.04554%	38%	0.0978%
<i>seeAlso</i> + sličnost atributa	78%	4.1974%	42%	0.08842%	40%	0.1225%

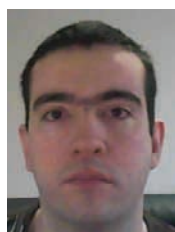
Dobijeni rezultati ukazuju na eventualnu mogućnost da se semantika sinonima iskoristi za unapređenje kvaliteta rangiranja na bazi podataka o identitetu u socijalnim mrežama.

5. LITERATURA

- [1] W3C Semantic Web Activity (n.d.). [WWW] W3C. Dostupno na: <http://www.w3.org/2001/sw/> [Pristup 12.09.2012]
- [2] Gruber, T R (1993). A translation approach to portable ontology specifications. *Knowledge Acquisition* 5 (2): 199–220.
- [3] Semantic Web Stack (n.d.). [WWW] Wikimedia Foundation, Inc. Dostupno na: http://en.wikipedia.org/wiki/Semantic_Web_Stack [Pristup 11.09.2012]
- [4] Sleeman J, Finin T (2010). A Machine Learning Approach to Linking FOAF Instances. [WWW] University of Maryland. Dostupno na: http://ebiquity.umbc.edu/file_directory/papers/475.pdf
- [5] Billion Triple Challenge Datasets (n.d.). [WWW] Digital Enterprise Research Institute Galway. Dostupno na: <http://km.aifb.kit.edu/projects/btc-2009/> [Pristup 03.07.2012]

- [6] Moler C (2011). Experiments with MatLab. [WWW] MathWorks. Dostupno na: <http://www.mathworks.com/moler/exm/chapters/pagerank.pdf> [Pristup 06.07.2012]
- [7] Petrović G (2012). Uticaj semantike identitetskih sinonima na rangiranje stranica u FOAF socijalnim mrežama. Neobjavljena teza (Master), Fakultet tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu

Kratka biografija:



Gajo Petrović je rođen 15.09.1988. godine u Novom Sadu, Republika Srbija. Osnovne akademske studije završio je 2011. godine sa prosečnom ocenom 9.43. Školske 2011/2012 godine godine upisao se na master studije na Fakultetu Tehničkih nauka, studentski program Računarstvo i automatika. Na master studijama položio je sve ispite propisane studentskim planom i programom sa prosečnom ocenom 10.

REALIZACIJA PROTOKOLA NA IP BAZIRANIM KONTROLERIMA ZA UPRAVLJANJE FANCOIL JEDINICAMA**PROTOCOL REALIZATION ON THE IP BASED CONTROLLERS FOR MANAGING FANCOIL UNITS**

Aleksandar Mudrić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA i RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu prikazan je proces postizanja komunikacije između IP baziranog kontrolera i FanCoil termostata. Nakon postizanja komunikacije, rešenje je implementirano u već postojeći WEB baziran SCADA sistem. Na kraju postignut je sam cilj ovog rada a to je praktičan rad ovih komponenti u već postavljenom sistemu.

Abstract – This paper describes the proces of developing communication between IP based controller and FanCoil unit. After establishing communication, the solution is implemented into already made WEB based SCADA system. In the end, real goal of this project was accomplished, practical use of this components in already developed system.

Ključne reči: IP kontroler, SCADA sistem, FanCoil jedinica

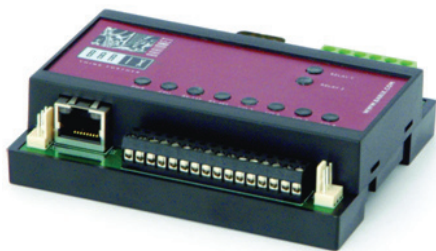
1. UVOD

Kako bi se krajnjem korisniku obezbedio što jednostavniji način upravljanja grejanjem i hlađenjem, došlo je do ideje da se svim kontrolerima u objektu ili više objekata, može upravljati sa jednog centralnog kontrolera, koji će ujedno pratiti sve bitne parametre na udaljenim jedinicama.

U ovom radu objašnjeno je kako je razvijen protokol koji obezbeđuje komunikaciju između IP baziranog kontrolera, kao centralnog dela sistema, i FanCoil termostata kao udaljenog dela sistema. Cilj rada jeste da se ostvari komunikacija među ovim komponentama sistema kako bi se, nakon toga, rešenje implementiralo u WEB orijentisan SCADA sistem gde bi se rešenje praktično proverilo.

2. OPREMA

Za izradu ovog master rada obezbeden je programabilni logički kontroler marke Barix pod nazivom Barionet 100.



Slika 1. Barix Barionet 100

Barionet 100 je programabilni ulazno-izlazni server sa dva serialna porta (RS-232 i RS-485), relejima i digitalnim izlazima, digitalnim i analognim ulazima i Dallas 1-wire podrškom, SNMP, Modbus/TCP i web interfejsom preko ugrađenog 10/100 ethernet interfejsa. Podržava standardne interfejse kao što su SNMP, CGI, HTTP i Modbus/TCP za nadgledanje i upravljanje različitim ugrađenih I/O funkcija. Za programiranje ovog uređaja koriste se DHTML i BCL (Barix Control Language) apikacije koje su importovane u uređaj [1].

Ovaj uređaj povezan je sa Tstat5 termostatima, onako kako je opisano u njegovom uputstvu.

Tstat5e je CPU bazirani termostat je dizajniran za grejanje i upravljanje vazduhom u rezidencijalnim i komercijalnim objektima.



Slika 2. Tstat5E termostat

Neke od osnovnih obeležja ovog zonskog kontrolera su kontrola temperature sa promašajem od 0.5°C, veoma otporna, vatrostalna plastika koja obezbeđuje dugotrajnost. Radi na temperaturama od -30°C - 70°C. Radi na napajanju od 12~24VAC/DC ±20%, na frekvenciji od 50-60Hz. Ima zaštitu IP31 i teži oko 200 grama [2].

Uređaj ima veliki broj registara kojima se mogu menjati mnoge vrednosti kao i sam izgled displeja. Neki od registara su trenutna temperatura, brzina ventilatora, adresa samog kontrolera itd.

Pri izradi ovog rada korišćeno je samo nekoliko od svih registara, tj. samo je nekima od njih menjana vrednost tako da bi neki dalji pravac razvoja bio u tom smeru da se proširi skup registara koji se nadgledaju ili kojima se menjaju vrednosti.

NAPOMENA:

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

3. MODBUS PROTOKOL

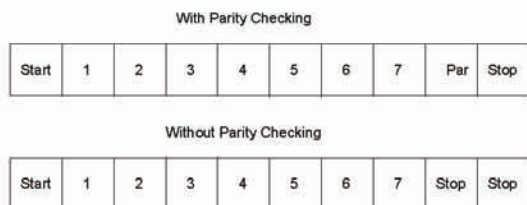
Jedan od osnovnih ciljeva ovog rada bio je da se uspostavi komunikacija između termostata i PLC-a, koji će biti na Ethernet mreži i komunicirati preko Modbus protokola. Modbus je komunikacijski protokol izvorno zamišljen za upotrebu s programabilnim logičkim kontrolerima (PLC), no zbog svoje jednostavnosti i lake dostupnosti danas je to praktični industrijski standard primijenjiv u raznim elektronskim uređajima.

Modbus protokol zasnovan je na serijskoj komunikaciji između master jedinice i jedne ili više (do 247) slave jedinica spojenih u istu mrežu, direktno ili pomoću modema. Svaka slave jedinica ima svoju adresu i samo jedinica kojoj je naredba poslata reaguje na naredbu. Izuzetak od ovog pravila su broadcast naredbe, koje se odnose na sve jedinice i na koje nije potrebno odgovarati. Standardni Modbus uređaji upotrebljavaju RS-232C kompatibilnu vezu koja definiše pinove konektora, kabel, razine signala, brzinu prenosa i proveru pariteta, no Modbus protokol je moguće primenjivati i na drugačijim mrežama, recimo na Ethernetu. Sam Modbus protokol određuje strukturu poruke koju uređaji mogu prepoznati bez obzira na tip mreže te način na koji će pojedini uređaj prepoznati svoju adresu, pročitati njemu namenjenu poruku i na nju primereno reagovati. Svaka poruka sastoji se od adresnog dela, funkcijskog koda, podatkovnog dela i dela koji se odnosi na proveru ispravnosti poruke.

Modbus protokol definiše dve varijante prenosa podataka (ASCII i RTU) koje opisuju način pakovanja podataka u poruku i njihovog dekodiranja. Željenu varijantu prenosa potrebno je odabrati pri inicijalizaciji mreže i ona mora biti ista za sve uređaje spojene na jednu mrežu.

Kod ASCII prenosa podataka svaki bajt se šalje kao dva ASCII znaka, od kojih svaki predstavlja jednu heksadecimalnu oznaku (0..9, A..F). Pri tome se svaki ASCII znak pakuje u reč na sledeći način:

- 1 start bit
- 7 bitova podataka poredanih po rastućoj važnosti (LSB)
- 1 paritetni bit (ako je pri inicijalizaciji odabrana opcija provere pariteta)
- 1 stop bit (ako je pri inicijalizaciji odabrana opcija provere pariteta), odnosno 2 stop bita (ako pri inicijalizaciji nije odabrana opcija provere pariteta).

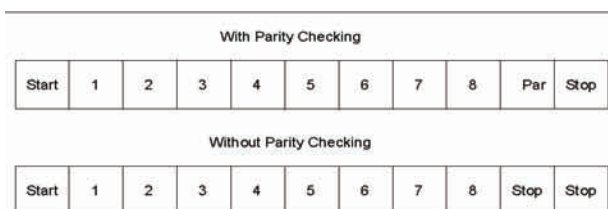


Slika 3. Redosled bitova reči (ASCII) sa i bez pariteta

RTU (*remote terminal unit*) prenos podataka direktno prenosi heksadecimalne oznake bez njihove konverzije u ASCII kod. Pri tome jedan bajt sadrži dva heksadecimalna znaka koji se šalju kao jedan znak u jednoj reči, što za rezultat ima veću korist pri istoj brzini

prenosa. Pakovanje podataka u reč provodi se na sledeći način:

- 1 start bit
- 8 bitova podataka poredanih po rastućoj važnosti (LSB)
- 1 paritetni bit (ako je pri inicijalizaciji odabrana opcija provere pariteta)
- 1 stop bit (ako je pri inicijalizaciji odabrana opcija provere pariteta), odnosno 2 stop bita (ako pri inicijalizaciji nije odabrana opcija provere pariteta).



Slika 4. Redosled bitova (RTU) sa i bez provere pariteta

Sada, kada je napravljena osnovna poruka, trebalo je obezbediti komunikaciju preko Ethernet-a. To je urađeno tako što su se ovakve poruke pakovale u paket podataka koji će biti moguće slati preko mreže.

Svaka poruka sastoji se od istih delova: okvira, adresnog dela, funkcijskog koda, podatkovnog dela i dela za proveru ispravnosti poruke.

- Okvir

Okvir, koji služi za označavanje početka i kraja poruke, razlikuje

se u zavisnosti od varijanti prenosa. Kod ASCII prenosa on se sastoji od dvotačke na početku i CRLF znaka na kraju poruke, dok se kod RTU prenosa kao okvir upotrebljavaju pauze određenog trajanja u prenosu podataka.

- Adresni deo

Adresni deo sastoji se od dva ASCII znaka, odnosno 8 bitova. Slave jedinice imaju adrese u rasponu od 1 do 247, dok adresa nula označava *broadcast* naredbu. Master u adresni deo poruke postavlja adresu na koju se poruka upućuje, a *slave* jedinica u odgovoru u adresni deo postavlja svoju adresu.

- Funkcijski deo

Funkcijski deo sastoji se od dva ASCII znaka, odnosno 8 bitova. On sadrži funkcijski kod poruke, u rasponu od 0 do 255, koji *slave* jedinici prenosi naredbu koju treba izvršiti.

Slave jedinica u odgovoru vraća funkcijski kod nepromenjen ako je poruka primljena, dok u slučaju nemogućnosti izvršenja naredbe zbog greške u sadržaju poruke *slave* jedinica vraća funkcijski kod kojemu je najviši bit postavljen u 1.

Primeri naredbi koje *master* može poslati *slave* jedinici su provera statusa ulaznih pinova, čitanje sadržaja registara, dijagnostička provera *slave* jedinice, pisanje u registre, promena stanja izlaznih pinova, te učitavanje, snimanje ili provera programa samog kontrolera.

- Podaci

Podatkovni deo sastavlja se od parova heksadecimalnih znakova (0x00 do 0xFF), pri čemu one mogu, zavisno od varijante prenosa, predstavljati par ASCII znakova ili jedan RTU znak. *Master* u ovaj deo poruke upisuje adrese registara ili spoljnih pinova kojima treba pristupiti, broj traženih podataka te, ako *master* šalje podatke koje treba negde upisati, broj bajtova podataka i potom same podatke. Za neke naredbe *slave* jedinica ne treba dodatne podatke, već joj je dovoljan funkcijski kod, pa neke poruke ne sadrže podatkovni deo. *Slave* jedinica u podatkovnom delu odgovora šalje tražene podatke, odnosno kod greške ako iz nekog razloga nije u mogućnosti izvršiti poslanu naredbu.

- Provera ispravnosti poruke

Provera ispravnosti poruke je obavezna i provodi se nezavisno odabiru paritetne provere znakova. Zavisno od varijante prenosa, ispravnost poruke proverava se pomoću LRC (za ASCII) odnosno CRC (za RTU) proračuna. Proračun radi *master* jedinica pri slanju poruke i upisuje rezultat na kraj poruke (pre znaka koji označava kraj). *Slave* jedinica tokom prijema poruke ponovno proračunava LRC odnosno CRC i uspoređuje rezultat s onim koji je *master* poslao.

Ako se rezultati razlikuju, znači da je došlo do greške tokom prenosa podataka. LRC se primenjuje na poruku bez dvotačke i CRLF znaka, a sastoji se od 2 ASCII znaka (1 bajt). LRC se proračunava zbrajanjem bajtova poruke uz odbacivanje prenosa, nakon čega se nad rezultatom izvede operacija dvojnog komplementiranja. CRC se primenjuje na celu poruku, ali se u proračun uzima u obzir samo osam podatkovnih bitova svake reči (bez start i stop i paritetnih bitova). CRC se sastoji od dva bajta koji se postavljaju na kraj poruke, pri čemu se prvo upisuje niži, a potom viši bajt. Proračun CRC provodi se na sledeći način:

1. 16-bitni registar napuni se jedinicama,
2. nad 8-bitnim znakom i sadržajem registra provede se operacija
3. ekskluzivno ili (XOR),
4. rezultat se pomakne za jedan bit u smeru najnižeg bita (LSB),
5. u najviši bit (MSB) upiše se nula,
6. ako je LSB = 1, provede se operacija XOR nad sadržajem registra i nekom prethodno definiranom vrednosti

Koraci 2 do 5 ponavljaju se osam puta za svaki bajt podataka, pri čemu se operacija ekskluzivno ili za svaki novi bajt provodi sa trenutnim sadržajem registra, a krajnji rezultat, kad se obradi cela poruka, upisuje se u poruku kao CRC.

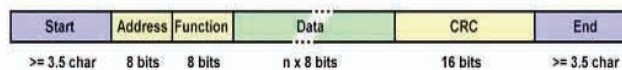
Potrebno je još navesti da u slučaju pojave greške tokom prenosa podataka adresirana *slave* jedinica neće reagovati na poslanu poruku. U tu svrhu *master* ima konfigurisano vreme (*timeout*) koje treba čekati na odgovor *slave* jedinice (dovoljno dugo da *slave* jedinica stigne reagovati); nakon isteka tog vremena, *master* jedinica će prekinuti komunikaciju. Isto će se dogoditi i ako *master* adresira nepostojeću *slave* jedinicu.

Za proveru ispravnosti poruke kod ASCII prijensa upotrebljava se LRC metoda (*longitudinal redundancy check*), a znakovi se mogu slati s do 1 sekundom razmaka bez da uređaj to detektira kao grešku. U svrhu uokvirivanja poruke kao prvi znak šalje se dvotačka (: , heksadecimalno 3A), dok se kao zadnji znak šalje CRLF (*carriage return-line feed* – ASCII 0D, heksadecimalno 0A). Uređaji na mreži kontinuirano nadziru mrežnu sabirnicu i čekaju da se pojavi znak za početak poruke. Nakon pojave dvotačke, svi uređaji pročitaju adresni deo poruke da bi proverili odnosi li se poslana poruka na njih.



Slika 5. ASCII frejm poruke

Za proveru ispravnosti poruke upotrebljava se CRC metoda (*cyclic redundancy check*), a znakovi se moraju slati kontinuirano. Početak i kraj poruke označavaju se pauzama u komunikaciji u trajanju od barem 3.5 znakovnih intervala (obično se uzima višekratnih znakovnih intervala pri brzini prijensa definisanoj na mreži, na slici dole označeno kao T1-T2-T3-T4). Ako se u toku prenosa poruke pojavi pauza duža od 1.5 znakovnih intervala, primalac će izbrisati nedovršenu poruku i pretpostaviti da sledeći bajt predstavlja adresni deo nove poruke. Osim toga, ako nova poruka počne za manje od 3.5 znakovnih intervala nakon završetka prethodne, primalac je neće prepoznati kao novu poruku, već kao nastavak prethodne, što će uzrokovati grešku. i u ovoj varijanti uređaji konstantno nadziru mrežnu sabirnicu, a kad se poruka pojavi, svi dekodiraju adresni deo da bi ustanovili odnosi li se ista na njih. [3]



Slika 6. RTU frejm poruke

Što se samog projekta tiče, nakon pravljenja ovakvog tipa poruka i slanja tih istih na port 502, koji je zadužen za Modbus TCP/IP protokol, ostvarena je kompletna komunikacija preko PLC-a sa termostatima. Sada je bilo moguće napraviti bilo kakvu poruku, tj. bilo je moguće pristupiti ili očitati vrednost bilo kojeg od registara na termostatu što je i bio cilj.

4. MAGIESTA

Magiesta je serversko rešenje namenjeno za kontrolu kućne automatike, automatizaciju uređaja, dobijanje podataka i za komunikaciju. Namenjena je da umreži celokupnu kuću i da obezbedi različite mogućnosti preko različitih uređaja kao što su "touchscreen", računar, iPhone i iPod touch, mobilni uređaji, itd.

Uz pomoć ovog sistema i njegovog grafičkog interfejsa, korisnik može na jednostavan način da upravlja zonskim kontrolerima, bez ikakvog poznavanja sistema i načina njegovog funkcionisanja.

Magiesta treba da bude instalirana na stabilnom računaru koji se nalazi unutar kuće i treba da bude uključen tokom celog dana.

Preporučuje se da se ovom računaru dodeli statička IP adresa, ali nije i obavezno – bilo kakva konfiguracija kućne mreže sa pristupom ovom server sa drugih uređaja je prihvatljiva.

Za pristup izvan svog doma, preporučuje se da se računar sa Magiesta-om nalazi iza nekog “firewall”-a [4].

5. ZAKLJUČAK

U radu je opisan proces uspostavljanja komunikacije između Barix Barionet 100 i TSTAT5E termostata, odnosno, IP baziranog kontrolera i FanCoil jedinica. Napravljen je novi protokol koji omogućava krajnjem korisniku da upravlja termostatom. To je Modbus TCP/IP protokol koji se bazira na pravljenju komande koja se nakon toga enkapsulira u frejm, nakon čega se šalje ka uređaju.

Protokol omogućava funkcije kao što su menjanje željene temperature, menjanje brzine ventilator i mnoge druge. Pomoću WEB baziranog SCADA sistema - Magieste mogućnosti korisnika su još veće.

Magiesta pruža dobar korisnički interfejs koji rasterećuje korisnika i na slikovit način mu omogućava kontrolu uređaja.

Što se tiče daljeg razvoja, termostati TSTAT5E imaju veliki broj registara koje bi trebalo detaljnije pregledati i iskoristiti sve mogućnosti koje oni nude.

6. LITERATURA

- [1] Barix Barionet 100 [internet] Dostupno na:http://www.barix.com/Barionet_100/511
- [2] Tstat5E termostati [internet] Dostupno na:http://temcocontrols.com/ftp/pdf/Tstat5_Brochure.pdf

- [3] Modbus [internet] Dostupno na: http://spvp.zesoi.fer.hr/seminari/2007/seminari/Ma-raZivcic_Modbus.pdf
- [4] Magiesta [internet] Dostupno na:<http://www.magiesta.com/howitworks.html90>
- [5] Larmouth, J. (1995), *Understanding OSI*, Prentice Hall
- [6] Sierra, K., Bates, B. (2005), *Head First Java, 2nd Edition*, O'Reilly Media
- [7] Harold, E. (2004), *Java Network Programming*, O'Reilly Media
- [8] Rodriguez, A., Gatrell, J., Karas, J. (2006), *TCP/IP Tutorial and Technical Overview*, Roland Peschke - Prentice Hall PTR
- [9] Microsoft Corporation (2008), *TCP/IP Fundamentals for Microsoft Windows*
- [10] Chipkin, P. (2011), *Modbus For Field Technicians*
- [11] Rusell, J. (2012), *Fan coil unit*, Book on Demand
- [12] Wulfinghoff, D. (2003), *Energy Efficiency Manual*, Energy Institute Press

Kratka biografija:



Aleksandar Mudrić rođen je u Rumi 1987. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – računarstvo i automatika odbranio je 2012.god.



TEHNIČKO-EKONOMSKI ASPEKTI INTEGRACIJE DISTRIBUIRANIH IZVORA U DISTRIBUTIVNU MREŽU

TECHNO-ECONOMICAL ASPECTS OF DISTRIBUTED GENERATION INTEGRATION TO THE DISTRIBUTION NETWORK

Duško Gvozdrenović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj - U ovom radu analizirani su tehnički i ekonomski aspekti priključenja distribuiranih generatora na distributivnu mrežu. Analiziran je i uticaj na kvalitet električne energije, kao i mogući pozitivni i negativni aspekti priključenja distribuiranih generatora. Prikazan je tehničko-ekonomski projekat izgradnje jedne fotonaponske elektrane instalisane snage 22,08 kW/panelu.

Abstract – This paper presents the techno-economical aspects of the distributed generation integration to the distribution network. A special attention is given to the energy quality during the integration and possible positive and negative aspects of the distributed generation integration. The techno-economical project for construction of the photovoltaic power plant with installed capacity of 22,08 kW/panel is shown.

Cljučne reči: distribuirani generatori, distributivna mreža, kvalitet električne energije, integracija distribuiranih izvora, tehničko-ekonomska analiza, fotonaponska elektrana.

1. UVOD

Pojava prostorno raspodeljene proizvodnje i njen povećani udeo u pokrivanju potreba potrošača električne energije počinje da igra važnu ulogu u planiranju razvoja i eksploataciji elektroenergetskih sistema (EES-a) na početku 21-og veka [1, 2].

Izgradnja distribuiranih generatora (DG) u svetu je danas veoma intenzivna, naročito u zemljama Evropske unije, SAD, Kini i Indiji [3, 4]. Planovi razvoja distribuirane proizvodnje iz obnovljivih izvora električne energije se baziraju sve više na primeni novih tehnologija, a koji se oslanjaju na stalno pojeftinjenje inicijalnih troškova izgradnje, povećanjem energetske efikasnosti i podsticajnim merama države i njenih institucija.

Sa povećanjem integracije DG u distributivni sistem, povećavaju se izazovi za operatora distributivnog sistema da održi sistem u stabilnim naponskim prilikama, da, između ostalog, obezbedi snabdevanje potrošača u ugovorenim zakonskim okvirima po pitanju kvaliteta isporuke električne energije, ali i da postojeći sistem učini kompatibilnim sa novim zahtevima koji se nameću sa razvojem novih tehnologija distribuirane proizvodnje.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji je mentor dr Andrija Sarić, vanr. prof.

Razvoj energetskeg sektora u oblasti obnovljivih izvora treba da se uskladi sa realnim potrebama i mogućnostima koristeći najbolje raspoložive tehnologije, kao i najbolje dostupne tehnologije koje ne zahtevaju enormne troškove.

U ovom radu predstavljeni su, pre svega, tehnički aspekti priključenja DG za proizvodnju električne energije na rad distributivne mreže. Problemi koji su analizirani u tom pogledu, odnose se na kvalitet isporučene električne energije, zaštitu distributivnog sistema u slučajevima integracije DG-a u distributivnu mrežu. U poslednjem poglavlju predstavljen je primer projekta fotonaponske elektrane, koji je u početnoj fazi praktične realizacije, a koji treba da se izgradi u Staroj Pazovi.

2. ASPEKTI INTEGRACIJE DISTRIBUIRANIH GENERATORA (DG) U DISTRIBUTIVNU MREŽU

U stacionarnim stanjima posebno je značajan uticaj DG na tokove snaga u distributivnoj mreži, odnosno na naponski profil i gubitke aktivne i reaktivne snage. Na Slici 1 je prikazan primer dela EES-a sa priključenim DG na distributivnu mrežu.

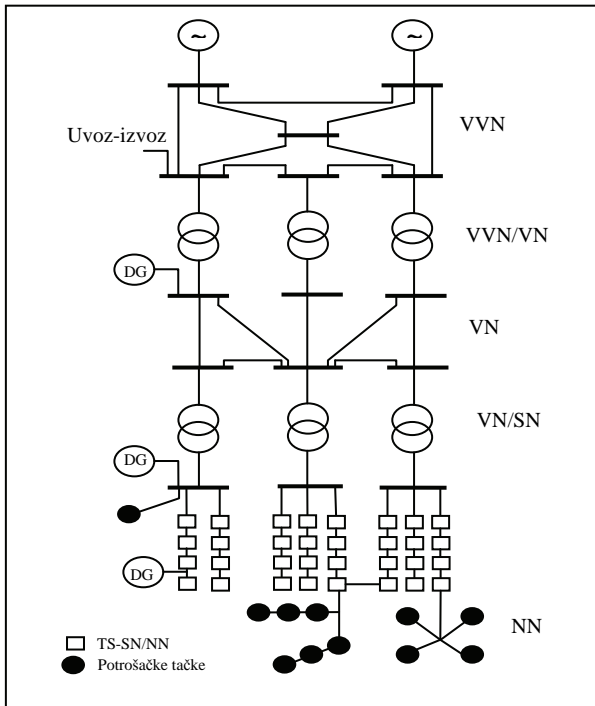
Uopšteno, priključenje DG menja tokove snaga u samoj distributivnoj mreži. Uticaj DG na distributivnu mrežu u stacionarnom stanju zavisi od [4, 5]:

- snage DG u odnosu na električnu prenosnu snagu distributivne mreže, koja se izražava snagom trolnog kratkog spoja na mestu priključenja;
- mesta priključenja DG, posebno u odnosu na napojne transformatorske stanice i dominantne potrošače;
- načina regulacije pobude/napona generatora.

Ukoliko DG u svim radnim stanjima (minimalno i maksimalno opterećenje distributivne mreže) napajaju lokalnu potrošnju, a posebno ukoliko je ta potrošnja bliža DG-u nego napojnoj transformatorskoj stanici, njihov uticaj na distributivnu mrežu, s tehničkog aspekta, je pozitivan (smanjuju se gubici u mreži i poboljšavaju se naponske prilike). Napon se povećava na samom mestu priključka DG-a. Upravljanje naponom (preko proizvedene reaktivne snage DG-a) zbog toga predstavlja važno pitanje za operatora distributivne mreže, što vodi ka zahtevima vezanim za učešće DG-a u regulaciji napona. Ti zahtevi mogu poprimiti različite oblike i oni mogu varirati od onih osnovnih, do vrlo sofisticiranih. Na

primer, operator distributivne mreže može zahtevati da DG-i rade sa:

- konstantnom reaktivnom snagom;
- konstantnim faktorom snage;
- konstantnim naponom.



Slika 1. Primer EES sa priključenim DG u distributivnoj mreži [1].

Uobičajeno je da za manje jedinice operator distributivne mreže ne dozvoljava da DG učestvuje u regulaciji napona [5].

3. NAPONSKI PROFIL MREŽE SA PRIKLJUČENIM DISTRIBUIRANIM GENERATORIMA (DG)

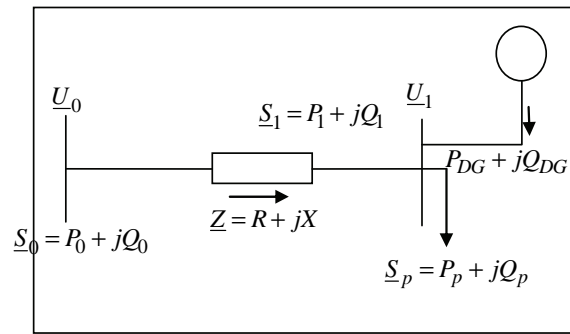
Nakon priključenja DG-a dolazi do povećanja napona u tački priključenja, i to prema sledećoj formuli [1]:

$$\Delta \underline{U} = \Delta U \approx \frac{RP_1 + XQ_1}{U_1} \quad (1)$$

Pozitivni predznaci snaga u izrazu (1) znače da one teku od mreže ka potrošačima. Kada se na mrežu priključi DG, kao na Slici 2, koji proizvodi snagu $\underline{S}_{DG} = P_{DG} + jQ_{DG}$, prema izrazu (1) pad napona duž voda će biti:

$$\Delta \underline{U} = \Delta U \approx \frac{RP_1 + XQ_1}{U_1} = \frac{R(P_p - P_{DG}) + X(Q_p - Q_{DG})}{U_1} \quad (2)$$

Ako prema izrazu (1), aktivna snaga promeni smer, to će uzrokovati povišenje napona duž čitavog voda, odnosno pad napona će biti manji. Međutim, ako je snaga priključenog DG velika, može doći do nedozvoljeno visokog povišenja napona, što zahteva određene korektivne aktivnosti [1, 4, 5].



Slika 2. Distributivni vod sa priključenim DG

4. ZAŠTITA DISTRIBUIRANIH GENERATORA (DG)

Sistemi relejne zaštite tradicionalnih distributivnih mreža baziraju se na pretpostavci jednoznačnog toka snage od mreže višeg napona ka mreži nižeg napona, što je omogućilo relativno jednostavno rešavanje problema vezanih za regulaciju napona u potrošačkim čvorovima i održavanje propisanog nivoa kvaliteta napajanja [1]. Osnovnu zaštitu sredjenaponskih (SN) vodova čine prekostrujna i zemljospojna zaštita. Releji su podešeni tako da se, zbog kvarova, isključi što manji broj potrošača [1, 4, 5].

Nakon priključenja DG-a struje kvara kroz pojedine releje će porasti, a kroz neke će se smanjiti, zavisno od mesta nastanka kvara i mesta priključenja DG-a. Da bi se obezbedila selektivnost i osetljivost releja, studije koordinacije moraju uzeti u obzir minimalne i maksimalne struje koje mogu doći sa strane DG-a i sa strane mreže. Ovo može da predstavlja značajnu teškoću, ako se ima u vidu intermitentnost rada pojedinih tipova DG-a, ili isključenje DG-a sa mreže iz bilo kog razloga. Relejna zaštita mora ispravno da reaguje u svim mogućim situacijama, bez obzira da li su DG na mreži ili ne.

Realizacija zaštite DG-a u eksploatacionim uslovima obično nije problematična u slučajevima kada je penetracija distribuiranih izvora mala. Teškoću predstavlja zaštita međupoveznog dela između DG-a i mreže. Ta zaštita treba da spreči oštećenje elemenata distributivne mreže koje bi nastalo kao posledica struja koje bi na mesto kvara dotekle sa strane DG-a. Takođe, DG mora da bude zaštićen od širenja poremećaja iz mreže. Ova zaštita, tipično, sastoji se od zaštite od ostrvskog rada, koja mora da obezbedi [1]:

1. da DG ne izazove nedozvoljene varijacije napona i učestanosti;
2. da DG bude isključen u slučaju nastanka kvarova na strani mreže;
3. da u slučaju nastanka kvarova na strani DG reaguju prekidači u pripadajućoj transformatorskoj stanici (TS), a ne na strani mreže.

Da bi se obezbedio ispravan rad zaštite potrebna je pažljiva koordinacija sa uređajima relejne zaštite distributivne mreže u svim mogućim pogonskim okolnostima. Ovo zahteva poznavanje topologije mreže i eksploatacionih režima u kojima će zaštita da radi [1].

5. UTICAJ DISTRIBUIRANIH GENERATORA (DG) NA KVALITET ELEKTRIČNE ENERGIJE

Moderni sistemi za distribuciju električne energije su složene celine, koje se sastoje od velikog broja napojnih tačaka i tačaka u kojima su priključeni potrošači. Interakcija sistema i potrošača rezultuje u privremenim varijacijama parametara kvaliteta električne energije [1]. Ove varijacije se ogledaju u prekidima kraćeg ili dužeg trajanja, ili nedozvoljenim vrednostima napona i/ili učestanosti. Kvalitet električne energije je određen ovim varijacijama, dok pouzdanost napajanja zavisi od učestanosti (SAIFI indeks) i trajanja prekida (SAIDI indeks) [1].

Zbog uvođenja u upotrebu osetljivih električnih i elektronskih uređaja, kvalitet električne energije i pouzdanost napajanja potrošača su pitanja kojima se prethodnih nekoliko godina posvećuje znatna pažnja [1, 4, 5]. Radi zaštite ugrađene opreme od štetnih posledica pomenutih varijacija i događaja, isporučio, a sve više i potrošači, sprovode ugradnju:

- 1) sistema koji će parametre električne energije da održavaju u zadatom opsegu i/ili
- 2) sistema za rezervno napajanje električnom energijom.

Integracija DG u formi mikromreža može znatno da poboljša kvalitet električne energije i pouzdanost napajanja potrošača.

Neke od pogodnosti koje pruža formiranje i eksploatacija mikromreža su [1]:

- Primena kogeneracionih CHP (*Combined heat and power*) sistema omogućava povišenje ukupnog stepena iskorišćenja proizvedene električne energije. Štaviše, CHP-sistemi su znatno ekonomičnije rešenje, nego odvojena proizvodnja ili kupovina električne i toplotne energije.
- Dobijanje električne ili toplotne energije iz DG blizu mesta potrošnje je veoma isplativo rešenje za potrošače koji su udaljeni od električne mreže ili toplane.
- Uključivanje DG-a u periodima vršnih opterećenja doprinosi smanjenju angažovanja snage koju će distributer električne energije da plati vlasniku prenosne mreže. Time se u tradicionalnom proizvodnom delu EES-a oslobađaju kapaciteti za napajanje ostalih potrošača.
- DG koji mogu da rade u oba režima (paralelno na mrežu i kao rezervne jedinice) mogu da napajaju prioritete potrošače tokom ispada napojne mreže. Prelaz iz jednog režima rada u drugi veoma efikasno se obavlja primenom inteligentnih kontrolera, tako da su smetnje kod osetljivih potrošača svedene na minimum.
- DG proizvode električnu energiju visokog kvaliteta (u smislu vrednosti napona i učestanosti), zahvaljujući primeni sofisticiranog elektronskog interfejsa, što ih čini pogodnim za napajanje osetljivih potrošača, bez potrebe za držanjem posebnih sistema za neprekidno napajanje električnom energijom.

6. UTICAJ INTEGRACIJE DISTRIBUIRANIH GENERATORA

Iskustvo velikih korisnika pokazuje da se pravilnom integracijom DG-a u sistem znatno poboljšavaju pouzdanost napajanja potrošača i kvalitet isporučene električne energije [1].

Zavisno od namene, razlikuju se i šeme integracije DG-a. Prema neformalnoj подели i nameni, karakteristični slučajevi su [1]:

- DG koji služe kao klasično rezervno napajanje;
- DG koji služe za rezervno napajanje osetljivih potrošača;
- DG koji služe za osnovno napajanje prioriteta potrošača;
- DG koji mogu da rade u oba režima (paralelno na mrežu i u ostrvskom pogonu);
- DG sa fotonaponskim nizovima;
- DG sa vetroturbinom;
- DG vezani preko dualnih jednosmernih veza.

7. PRIMER PROJEKTA IZGRADNJE SOLARNE FOTONAPONSKE ELEKTRANE

Za izradu primera projekta fotonaponske elektrane odabrana je lokacija u Staroj Pazovi, koja se nalazi na 44°59'26" severne geografske širine i 20°08'26" istočne geografske dužine. Instalirana snaga ove fotonaponske elektrane je 22,08 kW/panel [6]. Fotonaponski paneli se montiraju pod nagibnim uglom od 34°, a kako željena lokacija odstupa za 2° od pravca istok-zapad azimutni ugao iznosi -2°. Za izradu ovog projekta korišćen je softver Sunny Design, version 1.57 nemačke firme SMA, kao što je to prikazano na Slici 3. Ovaj softver omogućuje realizaciju projekta kroz 3 koraka:

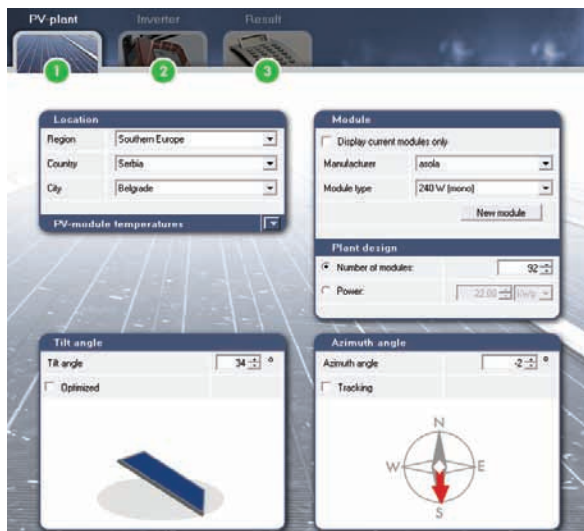
- izbor fotonaponskog generatora;
- izbor invertora;
- prikaz rezultata.

U prvom koraku se unose geografski podaci o odabranoj lokaciji i vrši izbor fotonaponskih modula. Iz lista ponuđenih proizvođača odabran je fotonaponski modul kompanije Asola sa sledećim karakteristikama:

• nominalna snaga	240 W
• nominalni napon	31,2 V
• nominalna struja	7,8 A
• napon na otvorenoj vezi	37,17 V
• struja kratkog spoja	8,28 A
• dimenzije panela	1660 x 990 x 46 mm
• efikasnost	14,6%.

Za izgradnju celokupne elektrane predviđene snage neophodna su 92 ovakva modula. Sledeći korak je izbor odgovarajućeg invertora, kao što je prikazano na Slici 4. Iz liste ponuđenih invertora odabran je Sunny Tripower STP 10000TL-10.

Obaveštenjem u zelenoj boji softver potvrđuje da je izabrani inverter kompatibilan sa odabranim fotonaponskim generatorom. Izborom ovog invertora ostvaren je faktor dimenzionisanja 0,92, što je u dozvoljenim granicama.



Slika 3. Prikaz primene Sunny Design programa - prozor za unos parametara



Slika 4. Prikaz primene Sunny Design programa - prozor za izbor invertora sa prikazom proračunatih parametara

Zadavanjem parametara koji su vezani za izabranu lokaciju (koordinate, nagibni i azimutni ugao fotonaponskog panela) dobijaju se podaci o Sunčevom zračenju i proizvedenoj električnoj energiji. Fotonaponski sistem zadate konfiguracije bi godišnje proizvodio oko 25.475 kWh električne energije.

Po trenutnim otkupnim cenama proizvedena električna energija bi se predavala EPS-u po povlašćenoj (Feed-in) tarifi koja za solarnu energiju u Srbiji iznosi 0,23 €/kWh, te bi se na godišnjem nivou ostvario promet od $25.475 \text{ kWh} \times 0,23 \text{ €} = 5.859,3 \text{ €}$

Predračunska vrednost ovakve fotonaponske elektrane iznosi oko 48.850,00 € što navodi na zaključak da će se sistem isplatiti za nešto više od 8 godina.

Ugovor o otkupu električne energije se potpisuje na 12 godina i EPS je obavezna da otkupi kompletnu proizvodnju.

7. ZAKLJUČAK

Sa ekonomskog stanovišta, distribuirana proizvodnja treba da omogući pokrivanje povećane potrošnje jednog dela potrošača, zatim, upotrebom kogeneracijskih sistema, treba da se omogući bolja efikasnost u proizvodnji toplotne i električne energije, i ne manje bitno, da omogući upravljanje potrošnjom u pogledu dijagrama opterećenja koji bi elektrodistributivnim preduzećima mogla da donese finansijske uštede.

Izgradnja distribuiranih izvora u svetu je danas veoma intenzivna, naročito u zemljama Evropske unije, SAD, Kini i Indiji. Planovi razvoja distribuirane proizvodnje iz obnovljivih izvora električne energije se baziraju, sve više, na primeni novih tehnologija koji se oslanjaju na stalno pojeftinjenje inicijalnih troškova izgradnje, povećanjem energetske efikasnosti i podsticajnim merama države i njenih institucija.

Usvajanjem nacionalne energetske strategije, pred Srbiju se postavlja izazov (*Energetski izazov Srbije 2020-30-50*) da do 2020. godine izvrši integraciju distribuiranih izvora u distributivni mrežu u visini od 27 % ukupne proizvodnje električne energije, svakako predstavlja zahtev za mobilizaciju svih energetskih učesnika, materijalnih i ljudskih potencijala.

8. LITERATURA

- [1] V. Mijailović, *Distribuirani izvori energije*, Akademska misao, Beograd, 2011.
- [2] M. Čalović, A. Sarić, M. Mesarović, P. Stefanov, *Planiranje razvoja elektroenergetskih sistema u regulisanom i deregulisanom okruženju*, Tehnički fakultet Čačak, 2011.
- [3] *RENEWABLES 2012. Global status report*, str. 13-15, REN21, Pariz, 2012.
- [4] T. Ackermann, *Distributed generation: a definition*, Electric Power Systems Research, Izdanje 57, 2000.
- [5] N. Dizdarević, M. Majstorević, S. Žutobradić, *Distribuirana proizvodnja električne energije*, HEP, Energija 1, članak, Zagreb, 2008.
- [6] *Studija o proceni ukupnog solarnog potencijala-solarni atlas i mogućnosti „proizvodnje“ i korišćenje solarne energije na teritoriji AP Vojvodine*, Pokrajinski sekretarijat za energetiku i mineralne sirovine AP Vojvodine, 2011.

Kratka biografija:



Duško Gvozdenuvić je rođen u Drvaru (BiH) 1966. godine. Master rad je odbranio 2012. godine na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Elektroenergetski sistemi.

OPTIMIZACIJA LOAD GRAPH APLIKACIJE LOAD GRAPH APPLICATION OPTIMIZATION

Vladimir Savić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – Predmet ovog rada je opis optimizacije Load Graph aplikacije. Pred optimizaciju su postavljeni zahtevi za povećanje performansi aplikacije, u vidu povećane brzine izvršavanja i smanjenja memorijskih resursa koje aplikacija alokira. U radu su opisani koraci koji su preduzeti radi implementacije tih zahteva.

Abstract – The subject of this paper is the description of the Load Graph application optimization. The optimization requirements are set to increase the application performance, through the increased speed of execution and the reduced memory resources that the application allocates. The paper describes the steps being taken to implement these requirements.

Ključne reči: Load Graph, SCADA, Spectrum, Java, worldmap, serialization, culling, optimization

1. UVOD

Load Graph (LG) aplikacija je postojeći deo Siemens Spectrum Power 4 [1] sistema i služi da pomogne dežurnom dispečeru pri praćenju stanja elektro-energetske mreže. Funkcionalnost LG-a usmerena je na vizualizaciju očitavanja vrednosti sa mernih stanica, koje su prikazane na grafičkim šemama koje su nazvane worldmap-e. Aplikacija učitava eksportovane elektro-energetske mape, koje se nalaze u obliku datoteka, i formira objektno-orijentisani model koji će koristiti za vizualizaciju.

Testiranje aplikacije nije dalo dobre rezultate u pogledu brzine izvršavanja pojedinih aktivnosti. Takođe memorijski resursi koje je aplikacija zauzimala bili su veliki.

Iz tih razloga izvršena je profajlerska analiza, čiji cilj je da pronade kritične sekcije u kodu aplikacije.

Profajliranje je izvršeno uz pomoć NetBeans Profiler [3] komponente, koja se nalazi u okviru NetBeans razvojnog okruženja.

Nakon što su kritične sekcije pronađene, moglo se pristupiti optimizaciji aplikacije, što je i tema ovog rada. Cilj optimizacije je implementacija rešenja koje će poboljšati performanse aplikacije u pogledu brzine izvršavanja i manjeg zauzeća radne memorije.

2. OPIS REŠAVANOG PROBLEMA

2.1 SPECTRUM SISTEM I LG APLIKACIJA

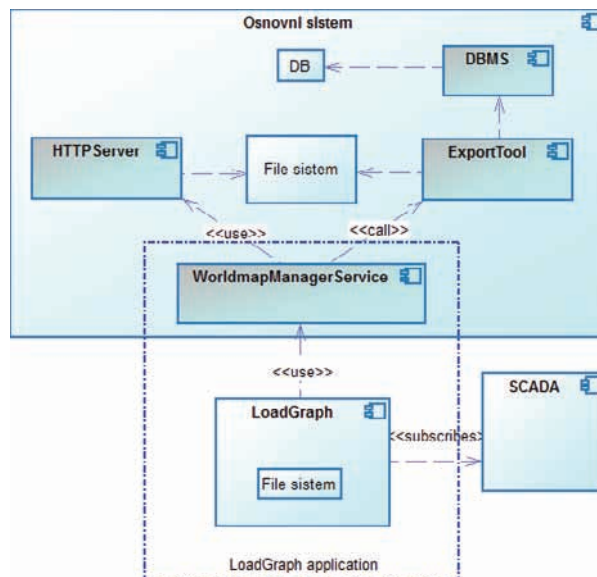
Spectrum je slojevit, modularan i distribuiran informacioni sistem čiji je zadatak da prikuplja informacije iz energetske mreže i da u realnom vremenu vrši obradu, prikaz obaveštenja, alarmiranje i upravljanje.

NAPOMENA:

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

Arhitektura Spectrum sistema se sastoji iz 3 dela:

- osnovnog sistema koji treba da pruži konzistentan skup distributivnih servisa potrebnih klijentskim aplikacijama,
- SCADA-e, dela sistema zaduženog za prikupljanje i skladištenje svih relevantnih podataka, i
- aplikacija, koje implementiraju široki opseg funkcionalnosti, predviđenih dizajnom Spectrum sistema. LG spada u grupu tih aplikacija. Arhitektura LG aplikacije prikazana je na slici 1.



Slika 1. Arhitektura LG aplikacije

Osnovni arhitektonski šablon koji je korišćen pri implementaciji LG aplikacije je MVC [5] (Model-View-Controller) arhitektonski šablon. LG aplikacija se oslanja na WorldmapManagerService (WMS), koji ima ulogu u pokretanju alata (ExportTool) za generisanje export datoteka. Grafičke šeme su fizički smeštene u bazi podataka, a ExportTool alat vrši njihovo eksportovanje u export datoteke. Klijentski deo aplikacije potom vrši preuzimanje tih datoteka u svoj file-system. WMS servis vrši i proveru ažurnosti tih datoteka.

Grafički objekti, koji se iscrtavaju na kanvasu, njihov raspored, veze između njih i tehnološke adrese sa kojih se prikupljaju vrednosti, formiraju se parsiranjem export datoteka. Parseri se nalaze na klijentskoj strani aplikacije, i pokreću se pri svakom učitavanju worldmap-e. Izgled jedne worldmap-e prikazan je na slici 2.

Opisi svih figura nalaze se tabeli figura, dok se boje nalaze u tabeli boja. Figura predstavlja kombinaciju osnovnih grafičkih primitiva: polilinije, poligona, kruga i teksta. Boja je predstavljena strukturom koja sadrži količinu crvene, zelene i plave boje. Svaka figura i svaka boja poseduju jedinstveni identifikator.



Slika 2. Izgled worldmap-e

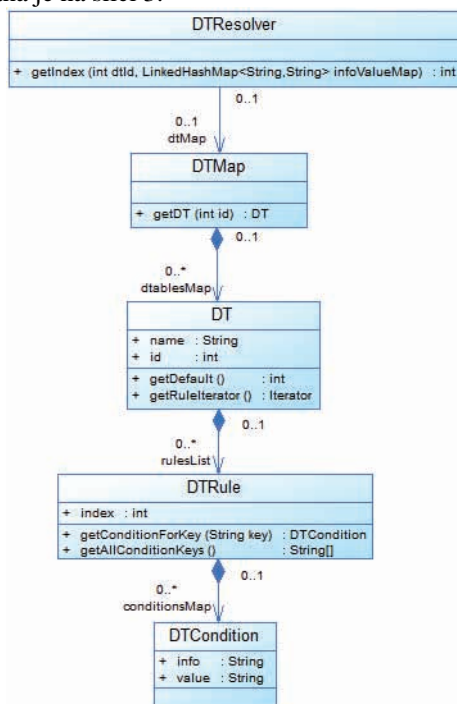
Na mapi postoje elementi koji se statički iscrtavaju (ne zavise ni od čega) i elementi koji se dinamički iscrtavaju (način na koji se element iscrtava zavisi od vrednosti merenja dobijene sa tehnološke adrese, koja se nalazi u opisu elementa). U opisu elementa se nalaze:

- njegova 2D pozicija na kanvasu, koji predstavlja 2D Dekartov desni koordinatni sistem i
- tip objekta, koji određuje da li je element neka grafička primitiva, tekst ili figura.

Ukoliko je element dinamičke prirode, u njegovom opisu će se nalaziti i sledeći atributi:

- referenca na grupu figura, koja predstavlja podskup figura kojima element može biti iscrtan,
- referenca na grupu boja, koja predstavlja podskup boja kojima element može biti obojen i
- referenca na tabelu odluka, u kojoj se nalaze pravila za iscrtavanje elementa.

Logika odlučivanja, na osnovu vrednosti merenja, razrešava indekse figure i boje iz grupe figura i grupe boja, respektivno. To praktično znači da razrešava i identifikatore figure i boje za traženi element. Grafički podsistem, na osnovu tih vrednosti, iscrtava traženi element. Prilikom parsiranja export fajlova, formiraju se strukture koje sadrže opise figura i boja. Takođe, formira se struktura razrešavanja indeksa, na osnovu koje logika odlučivanja određuje figuru i boju elementa. Ta struktura prikazana je na slici 3.



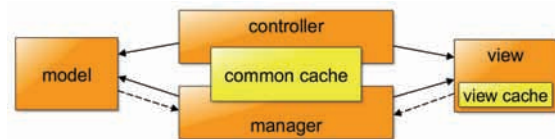
Slika 3. Struktura razrešavanja indeksa

Worldmap-a je, radi lakše organizacije, podeljena u manje celine - segmente. Nijedan element ne može da postoji van segmenta. Segmenti se formiraju prema tome kakvo je stanje u realnom sistemu. Na primer, jedna stanica, koja obuhvata nekoliko transformatora, sabirnica i rastavljača, obično se modelira pomoću jednog segmenta na worldmap-i.

3. OPIS REŠENJA PROBLEMA

3.1 OSNOVA IMPLEMENTACIJE

Osnovna verzija MVC šablona nije mogla u potpunosti da odgovori zahtevima postavljenim pred optimizaciju aplikacije. Iz tog razloga šablon je morao biti prilagođen. Konceptualni model novog, prilagođenog, arhitektonskog šablona prikazan je na slici 4.



Slika 4. Nova arhitektura LG aplikacije

Život aplikacije počinje kreiranjem objektno-orijentisanog modela worldmap-e. Inicijalna worldmap-a će predstavljati samo kostur mape. Imaće u sebi informacije o planovima i segmentima, ali sadržaj segmenata neće biti učitani. Ovaj prazan kostur mape će biti popunjen i pražnjen po potrebi na osnovu toga šta kontroler proglasi vidljivim.

Za vreme rada aplikacije uvek će postojati samo jedan zajednički model. Kontroler će znati da rukuje sa svakim tipom podataka (DTO – data transfer object) iz modela i imaće zadatak:

- da poveže tip podatka sa njegovim prikazom (view-om),
- da izračuna vidljivi deo mape (pošto je segment najmanja jedinica učitavanja, izračunavaće se vidljivi segmenti),
- da učita deo modela koji je vidljiv u zajednički keš aplikacije (common cache),
- da iz keša obriše deo modela koji nije vidljiv i
- da rukuje korisničkim akcijama.

Zajednički keš je novi element u arhitekturi. On sadrži menadžere koji predstavljaju jedan vid pojednostavljenja kontrolera, u smislu da je posao, koji je kontroler nekada obavljao sam, sada distribuiran na više menadžera. Svaki od njih obavlja deo u svojoj nadležnosti, a kontroler upravlja interakcijom između njih. Menadžeri i kontroler predstavljaju kontrolerski deo MVC šablona. Kada kontroler potvrdi vidljivost nekog segmenta, kreira se segment menadžer objekat koji se nalazi u okviru cache komponente. Menadžer je takođe preuzeo i neke dužnosti koje je, u prvobitnoj verziji aplikacije, obavljao kontroler, a koje se tiču ažuriranja vrednosti dobijenih sa SCADA-e. Po dobijanju vrednosti, menadžer je dužan da razreši način na koji će element u njegovoj nadležnosti biti iscrtan. Nakon toga, dužan je da od kontrolera zatraži osvežavanje prikaza.

View deo MVC šablona dizajniran je kroz dve komponente: viewer i view cache. Svaki tip podatka iz modela (figura, linija, tekst itd.) poseduje svog para u view delu, kog nazivamo viewer. Njegova dužnost je da

na kanvas iscrta vizualnu reprezentaciju modela iz njegove nadležnosti. View cache enkapsulira podatke u formi u kojoj mogu biti iscertani direktno, shodno potrebama grafičkog API-ja.

3.2 OPTIMIZACIJA AŽURIRANJA WORLDMAP-E

U prvobitnoj verziji LG aplikacije, provera ažurnosti worldmap-e podrazumevala je upoređivanje vremenskog otiska export datoteka sa onim u bazi podataka. Ukoliko su se otisci razlikovali, potrebno je bilo izvršiti ponovno generisanje export datoteka pomoću ExportTool-a. Ta provera se vršila samo prilikom učitavanja worldmap-e, tako da je ovakav mehanizam imao manu, jer je postojala mogućnost da, ukoliko dođe do izmene u modelu (bazi), operater ne poseduje najnoviju verziju worldmap-e. Pred programere je postavljen zahtev za observer mehanizmom ažuriranja, koji obezbeđuje uvek najsvežiju verziju podataka. Implementacija ovog mehanizma izvršena je na WMS (WorldmapManagerService), i u trenutku prijema poruke o izmeni na modelu, LG aplikacija biva obavještena. Operateru se ispisuje poruka o tome, i nudi se opcija za ažuriranje modela. Tehnologija koja je pri implementaciji korišćena opisana je u [2].

Model baze podataka je morao biti izmenjen, kako bi bilo moguće pozvati Java kod nakon izmene. Tabele koje su sadržale podatke od važnosti za LG aplikacije, dopunjene su sa okidačima (triggers) koji pozivaju ugrađenu proceduru radi poziva Java koda. Taj kod ponovno izvršava algoritam učitavanja worldmap-e.

3.3 OPTIMIZACIJA UČITAVANJA WORLDMAP-E

Prilikom preuzimanja i učitavanja export fajlova, uvek je izvršavan jedan te isti posao: svi fajlovi se prvo preuzmu na lokalnu mašinu, vrši se njihovo parsiranje, te formiranje grafičkih objekata i na kraju njihovo iscertavanje. U suštini zadatak klijentske aplikacije trebalo bi da bude samo iscertavanje objekata uz primenu pravila iscertavanja na osnovu merenja dobijenih sa SCADA-e. Posao parsiranja dakle treba odvojiti od klijentskog dela aplikacije (LG) i prebaciti na serversku stranu (WMS). Dakle WMS će biti proširen dodatnom funkcionalšću parsiranja, tj. programski kod koji implementira parsiranje će biti prebačen na WMS. Za dopremanje parsiranih objekata biće korišćena standardna Java implementacija serijalizacije objekata [4]. Objekte dobijene parsiranjem potrebno je serijalizovati u fajlove (u daljem tekstu binarni fajlovi).

Umesto preuzimanja export tekstualnih fajlova, biće vršeno preuzimanje binarnih fajlova. Nakon preuzimanja binarnih fajlova, na zahtev za prikazom određenog dela mape, vrši se čitanje zahtevanih fajlova, tj. njihova deserijalizacija i formiranje „živih“ objekata. Ti objekti će biti isti kao i oni koji su bili dobijani nakon parsiranja u staroj verziji aplikacije.

Prednost ovog vida optimizacije se ogleda u boljoj organizaciji raspodele posla između servera i klijenta. Posao koji je zajednički za sve klijente trebalo bi da obavlja server, dok je na klijentu samo da prikaže rezultate koji se nalaze na serveru.

Takođe, dvostruko je smanjena veličina fajlova koji treba da budu preuzeti, što u praksi znači da je potrebno duplo manje vremena za preuzimanje (download) fajlova, što je prilično značajno u slučaju srednjih i velikih mapa.

3.4 OPTIMIZACIJA PREUZIMANJA DATOTEKA

U cilju smanjenja vremena potrebnog za prenos, razmatrana je mogućnost kompresije datoteka. Prilikom ispitivanja kompresije export datoteke, korišćenjem normalnog moda kompresije, utvrđeno je da je datoteka umanjena oko 8 puta.

Dakle kompresijom foldera, koji sadrži datoteke sa serijalizovanim objektima, dobiće se jedna zapakovana datoteka sa celim sadržajem foldera, koja je 8 puta manja od originalne veličine foldera. Za potrebe preuzimanja jedne datoteke, otvara se po jedan ulazni i izlazni tok podataka, što takođe doprinosi značajnoj uštedi vremena. Ceo postupak preuzimanja datoteka sveden je na preuzimanje jedne datoteke i njenu dekompresiju.

3.5 OPTIMIZACIJA RAZREŠAVANJA INDEKSA

Implementacija strukture za razrešavanje indeksa figure ili boje trošila je suviše procesorskog vremena za iteraciju kroz listu pravila, upoređivanje svih uslova i pronalazak pravila kod kog su svi uslovi ispunjeni. Pošto je utvrđeno da jedno pravilo odgovara jednom indeksu, tj. skup svih uslova jednog pravila odgovara jednom indeksu, došlo se na ideju formiranja mapiranja, u kom bi se uslovi jednog pravila mapirali na jedan indeks. Dakle od mape uslova, koja se nalazi u jednom pravilu, potrebno je formirati ključ. Pošto u suštini odluka o indeksu zavisi od kombinacije vrednosti svih uslova u jednom pravilu, ključ će biti formiran od kombinacije tih vrednosti. Ograničenje koje se pri implementaciji moralo poštovati je sledeće: iteracija kroz sve uslove jednog pravila mora se uvek vršiti na isti način, tj. mora postojati i mora se poštovati redosled. Zato je mapa uslova implementirana kao spregnuta mapa, koja je idealna za ovakav tip problema. Ona predstavlja mapu u kojoj se poštuje redosled dodavanja elemenata. Java standardna biblioteka nudi implementaciju spregnute mape i ta implementacija će biti iskorišćena u svrhu LG implementacije.

Prednost ovakvog mehanizma se ogleda u izostavljanju iteracije kroz listu pravila, a zatim i poređenja svih uslova tekućeg pravila sa uslovima, zadatim kao ulazni parametar. Praktično je izbegnuta dvostruka iteracija, koja traje značajno duže u odnosu na optimizovani mehanizam traženja pravila preko generisanog ključa. U optimizovanom slučaju, iteracija se obavlja samo kroz mapu zadatih uslova i to samo jednom kako bi bio formiran ključ. Nakon toga se iz jednog koraka, na osnovu ključa, izvlači odgovarajući uslov, a samim tim i indeks.

3.6 OPTIMIZACIJA ISCERTAVANJA

Optimizacija iscertavanja izvršena je u delu aplikacije koji sadrži logiku iscertavanja. Logika iscertavanja proširena je algoritmom koji omogućava parcijalno učitavanje worldmap-e, tj. učitavanje vidljivih segmenata. Vidljivi deo worldmap-e nazvan je viewing volume. Pošto je worldmap-a dvodimenzionalna, viewing volume će biti predstavljen pravougaonikom sa svojom visinom i širinom, izraženim u pikselima.

Da bi identifikovali elemente koji se nalaze unutar viewing volume-a, koristi se culling algoritam. Ovaj algoritam opisuje proceduru za identifikaciju unutrašnjih i spoljašnjih grafičkih objekata u odnosu na zadati viewing

volume. Culling logika odlikuje se velikom brzinom rada. Ona grubo odbacuje one elemente koji su van viewing volume-a, dok prihvata one elemente koji su bar nekim delom u preseku sa viewing volume-om. Funkcioniše tako što brzo prolazi kroz skelet modela worldmap-e i selektuje sve elemente (segmente) koji imaju uticaj na prikaz. Zatim se vrši učitavanje samo potrebnih segmenata. Ovaj podskup segmenata je za red veličine manji od cele worldmap-e, jer viewing volume nije toliko velik da bi cela worldmap-a stala na sliku. Grafički podsistem vrši intenzivne matematičke proračune za svaki prosleđeni grafički objekat: transformacija koordinata, računanje osvetljenja, senčenje, odlučivanje, razrešavanje indeksa itd. Ako je viewing volume mnogo manji od cele mape, onda je itekako efikasno odbaciti većinu grafičkih objekata i ne opteretiti grafički podsistem poslom koji nije potreban. Takođe, potrošnja memorije biće značajno smanjena.

Prilikom učitavanja worldmap-e, prvo se učitava worldmap fajl, koji opisuje worldmap-u, i sadrži reference na segmente. Referenca na segment između ostalog sadrži i podatke o koordinatama segmenta i njihovim granicama. Culling logika proverava koliziju pravougaonika koji je vidljiv (viewing volume) i pravougaonika koji predstavlja granice segmenta. Ova provera implementirana je u Java klasi Rectangle2D i nije procesorski zahtevna. Ukoliko logika utvrdi da je do kolizije došlo, izvršiće se učitavanje segmenta.

5. ZAKLJUČAK

Optimizovana verzija LG aplikacije ispunila je sve zahteve koji su pred nju postavljeni i značajno povećala performanse aplikacije.

Serijalizacijom objekata u fajlove i kompresijom tih fajlova, veličina worldmap-e je smanjena gotovo 30 puta. Preuzimanje worldmap-e sa servera je, u odnosu na prvobitnu verziju, ubrzano 10 puta.

Parsiranje tekstualnih fajlova i formiranje grafičkih objekata zamenjeni su deserijalizacijom serijalizovanog sadržaja i u tom pogledu je napravljena ušteda od 10 % vremena potrebnog za izvršenje te operacije.

Novi algoritam razrešavanja indeksa figure i boje brži je 3 puta od starog. To je od velikog značaja tokom iscrtavanja koje treba da bude veoma brza operacija.

Culling logika doprinela je značajnijoj uštedi memorijskog prostora, koja je proporcionalna odnosu veličine vidljivog dela worldmap-e i njene ukupne veličine. Takođe grafički podsistem je značajno rasterećen ovim smanjenjem, jer su izbegnuti složeni matematički proračuni za elemente koji u tom trenutku nisu vidljivi korisniku.

Učitavanje serijalizovanih objekata nije donelo značajniju uštedu u vremenu, međutim treba imati na umu da je serijalizacija vršena pomoću standardnog Java mehanizma serijalizacije. Korišćenjem neke biblioteke specijalizovane od treće strane (jserial), donelo bi napredak i na ovom polju. U trenutku implementacije nije bilo moguće koristiti neku od tih biblioteka, pa je implementacija ostala na standardnoj Java biblioteci.

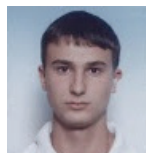
Implementacija LOD (Level Of Detail) algoritama takođe bi dala bolje performanse pri vizualizaciji mapa. Cilj ovih algoritama je dodatno smanjenje detalja grafičkih objekata u slučaju kada su ti elementi daleko od posmatrača i nije potreban njihov detaljan prikaz.

U budućim verzijama vizualizacija bi mogla da se vrši i u trodimenzionalnom koordinatnom sistemu upotrebom JOGL (Java OpenGL) biblioteka.

6. LITERATURA

- [1] www.energy.siemens.com, Siemens Spectrum Power
- [2] <http://docs.oracle.com>, Calling Java from Database Triggers
- [3] <http://netbeans.org/kb/index.html>, NetBeans Knowledge Base
- [4] <http://javapapers.com/core-java/java-serialization>, Java Serialization
- [5] <http://en.wikipedia.org/wiki/Model-view-controller>, MVC Pattern

Kratka biografija:



Vladimir Savić rođen je u Novom Sadu 1986. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Računarske nauke i informatika odbranio je 2012.god.

SERVISNA PODRŠKA TEHNOLOGIJI I ORGANIZACIJI NASTAVNOG PROCESA**THE EDUCATIONAL TECHNOLOGY AND ORGANIZATION SUPPORT - THE EXAMPLE OF INFORMATION SYSTEM SERVICES**

Goran Čeko, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U sklopu ovog rada objašnjen je koncept kreiranja realizacije studijskih programa, načini njegove interpretacije, kao i mehanizmi i sredstva njegove realizacije. Takođe, prikazani su alati i tehnologije pogodni za brz razvoj, uz oslonac na konceptualno i fizičko modelovanje. Aplikacija je realizovana kao radni okvir, a posebna pažnja je posvećena razvoju uz oslonac na inženjerstvo upravljano modelima (MDE), dizajn šablone i kompozitne forme.

Abstract – This article describes the concept of creation of study programs and academic calendars, a ways of interpretation, and also mechanisms and tools for its creation. Tools and technologies suitable for rapid development are also described, based on conceptual and physical data modeling. Application is implemented as framework, with special attention devoted to development based on Model Driven Engineering (MDE), Design Patterns and Composite Forms.

Ključne reči: Inženjerstvo upravljano modelima, generisanje rasporeda, realizacija studijskog programa, dizajn šablona, kompozitne forme

1. UVOD

Softversko inženjerstvo predstavlja oblast koja je izuzetno dinamična u pogledu problema sa kojima se suočava. Stalni cilj je zadovoljenje tekućih informacionih potreba korisnika, kao i povećanje kvaliteta softverskog rešenja.

2. PLANIRANJE I PROGRAMIRANJE NASTAVE, USLOVI KOREKTNOSTI I UDOBNOСТИ

Planirati znači predvideti sredstva i metode za realizaciju određenih zadataka u određenim vremenskim segmentima. Programiranje nastave, kako je navedeno u [1], jeste specifičan intelektualno stvaralački rad koji se temelji na nastavnikovim teorijskim znanjima i iskustvima prethodne prakse.

Programiranje nastave se deli u četiri etape i to: eksplicitno definisanje cilja programa, određivanja sadržaja programa, programiranje procesa usvajanja gradiva i sl., praćenje, proveravanje, analiza dobijenih saznanja o efikasnosti programa.

Da bi planiranje i programiranje nastave bilo vredno pažnje i postiglo svoj cilj, mora da ispuni uslove efikasnosti, efektivnosti nastavnog procesa, u pravo vreme i na pravom mestu.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Branko Perišić, vanr.prof.

Problem raspoređivanja aktivnosti zahteva dodeljivanje vremenskih perioda svakoj od unapred zadatih aktivnosti, poštujući pri tome unapred zadata ograničenja. Za rešavanje problema rasporeda aktivnosti, često se koriste tehnike optimizacije, koje za definisana ograničenja pokušavaju da pronađu najbolja moguća rešenja koja ih zadovoljavaju.

Planiranje i programiranje aktivnosti kao rezultat daje raspored ili plan, koji obavezno mora da ispuni uslove korektnosti i opciono uslove udobnosti. Svojevremeno korektnosti drugim rečima predstavlja svojstvo ispravnosti. Uslovi korektnosti su uslovi koje je potrebno zadovoljiti da bi raspored uopšte mogao da bude pušten u rad. Uslovi udobnosti predstavljaju meka ograničenja, koja je poželjno zadovoljiti, ukoliko je to moguće.

Implementacija uslova korektnosti i udobnosti zahteva postojanje procedura i algoritama za pronalaženje slobodnih termina za zadate entitete, kao što su izvođač nastave, grupa studenata i prostorija.

Cilj istraživanja ovog rada je implementacija i dokumentacija rešenja koje ima zadatak da pruži doprinos traženju odgovora na sledeća pitanja:

1. Kako pomoći korisnicima da nađu rešenje za svoje esencijalne potrebe?
2. Kako dokumentovane informacije iskoristiti za dobijanje novih, optimizovanih rešenja?
3. Kako omogućiti obavljanje aktivnosti planiranja i raspoređivanja, uz minimalno vreme i trud?
4. Kako sve navedene aktivnosti obavljati dovoljno brzo, tako da IS može da pruži odgovarajuću podršku dosadašnjem poslovanju preduzeća?

U nastavku će biti objašnjeni pojmovi radnih kalendara i realizacija studijskih programa i njihova implementacija.

3. MODEL PODATAKA**3.1. Radni kalendar**

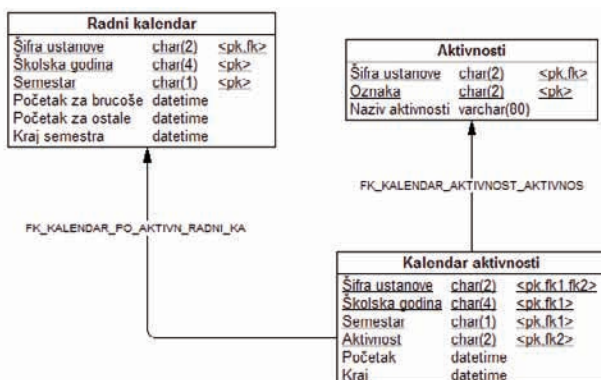
Radnim kalendarom se utvrđuje postupnost i dinamika ostvarivanja nastavnog programa tokom čitave školske godine. Predstavlja raspored aktivnosti u toku godine, na nivou semestara. Problem raspoređivanja aktivnosti zahteva dodeljivanje vremenskih perioda svakoj od unapred zadatih aktivnosti, poštujući pri tome unapred zadata ograničenja. Za svaku aktivnost koja se raspoređuje, definiše se semestar u kojem se izvodi, datum početka i završetka.

Inicijalni skup obuhvata aktivnosti kao što su:

- Ispitni rokovi
- Ankete
- Radni i neradni dani i nadoknade
- Overe semestara

Na osnovu obavljenog istraživanja i postojećih podataka, može se zaključiti da se aktivnost kreiranja radnog kalendara u najvećem broju slučajeva obavlja ručno. Razlog je najčešće nepostojanje odgovarajućih rešenja, nepoverljivost prema generatorima rasporeda ili nedovoljno dobar generator koji bi radio pouzdano i brzo u velikim sistemima.

Mane ručnog kreiranja rasporeda su teško otkrivanje nekorektnosti, pronađeno rešenje najčešće nije optimalno, a uočavanje slobodnih termina zahteva vreme. Izmene u rasporedu je relativno teško vršiti, i u određenom broju slučajeva zahtevaju da se ceo proces kreiranja počne ispočetka. Kao podrška kreiranja radnog kalendara razvijeno je rešenje, čiji deo modela je prikazan na slici 1.



Slika 1. Model Radnog kalendara

Ono što je važno napomenuti jeste da dinamika aktivnosti može da se menja, tj. da se u toku trajanja semestra dodaju nove i ažuriraju postojeće aktivnosti (kao npr. ankete studenata).

Pre samog korišćenja funkcionalnosti sistema, od svih korisnika zahteva se prijavljivanje na sistem, jer je jedan od zahteva prema sistemu bio da sistem mogu da koriste samo autorizovani korisnici – rukovodioci studijskih programa. Postupak raspoređivanja aktivnosti obuhvata unos i ažuriranje slogova u tabelama koje su prikazane na slici 1.

3.2. Realizacija studijskih programa

Realizacija studijskog programa predstavlja kolekciju informacija o entitetima koji učestvuju u izvođenju studijskog programa. Realizacija je vezana za ustanovu na kojoj se izvode studijski programi. U okviru realizacije studijskih programa postoje entiteti kao što su grupe studenata, izvođači nastave, nastavni predmeti i termini. Realizacija se kreira na nivou školske godine, za dati studijski program i godinu studija.

Realizacija sadrži sledeće podatke:

1. Visokoškolska ustanova
2. Datum kreiranja
3. Studijski program
4. Školska godina
5. Semestar
6. Grupe studenata
7. Termin
8. Prostorija gde se čas izvodi
9. Vrsta nastave
10. Nastavni predmet
11. Izvođač nastave

Kreiranje nove realizacije studijskog programa se bazira na korišćenju postojećih. Ovakav pristup omogućava

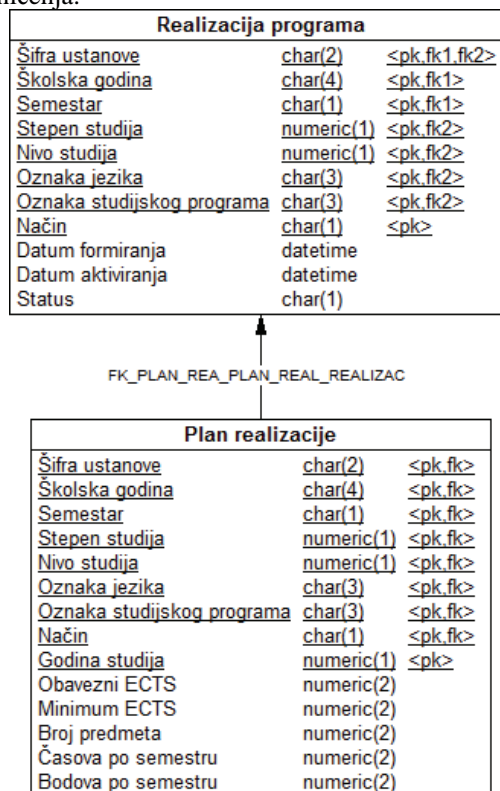
ponovno korišćenje, i izbegavanje da se svaki put ispočetka kreira raspored. Nakon kreiranja postoji mogućnost dodatne rafinacije i finog podešavanja. Vršiti se interaktivno generisanje realizacije programa na osnovu zadatih podataka i uslova. Ono što je važno napomenuti je da se ne koristi veštačka inteligencija ili neuronske mreže za kreiranje rasporeda.

Zadavanje i ažuriranje podataka obavlja rukovodilac studijskog programa pomoću interfejsa u potpunosti prilagođenog korisniku. Praktična efikasnost i ograničenja sistema sagledavaju se kako na složenim tako i na sasvim jednostavnim primerima. Pošto generisani raspored zavisi od osnove, odnosno modela na osnovu koje se on pravi, iz toga sledi da je novi raspored dobar koliko je dobra njegova osnova.

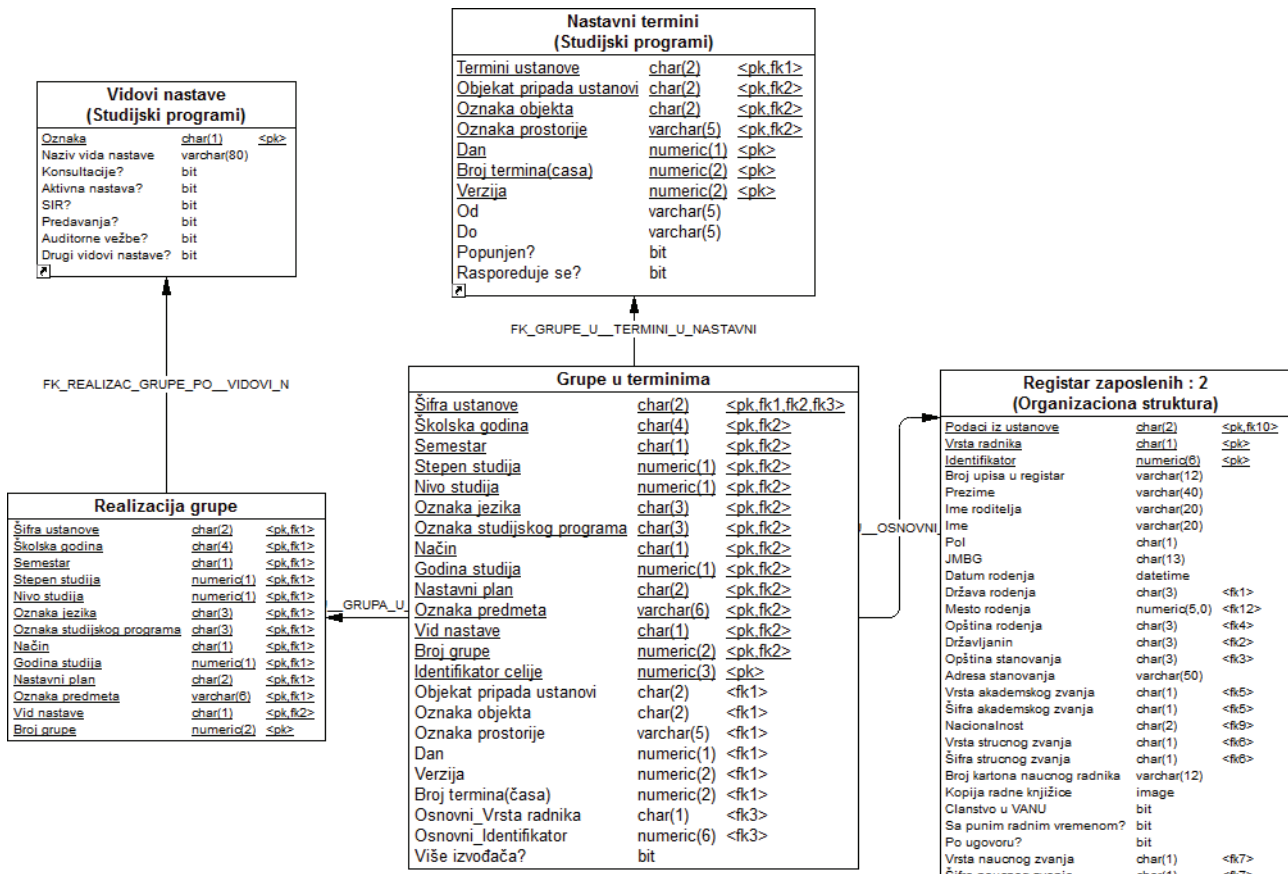
Kad se jednom kreira raspored koji funkcioniše, on se koristi, ali se takođe i čuva kao osnova za naredne, koji opciono mogu da se ručno menjaju i prilagođavaju. Sistem omogućava otkrivanje poklapanja i protivrečnosti u generisanom rasporedu, a mogućnost finog podešavanja omogućava da se pod restriktivnim uslovima mogu generisati rasporedi koji su kvalitetniji od ručno kreiranih, što pokazuju i iskustva na realnim praktičnim primerima. Procedure i algoritmi provere pri unosu omogućavaju sprečavanje unosa fatalnih grešaka, koje bi uticale na nastanak nekorektnog rasporeda.

Postoje dva algoritma za generisanje rasporeda: na osnovu postojeće realizacije (prošla, pretprošla godina, itd.) ili na osnovu postojećeg rasporeda iz akreditacije. Ukoliko ne postoji postojeća realizacija, moguće je kreirati raspored samo na osnovu akreditacije. Svaki pronađeni model određuje jedan ispravan raspored časova.

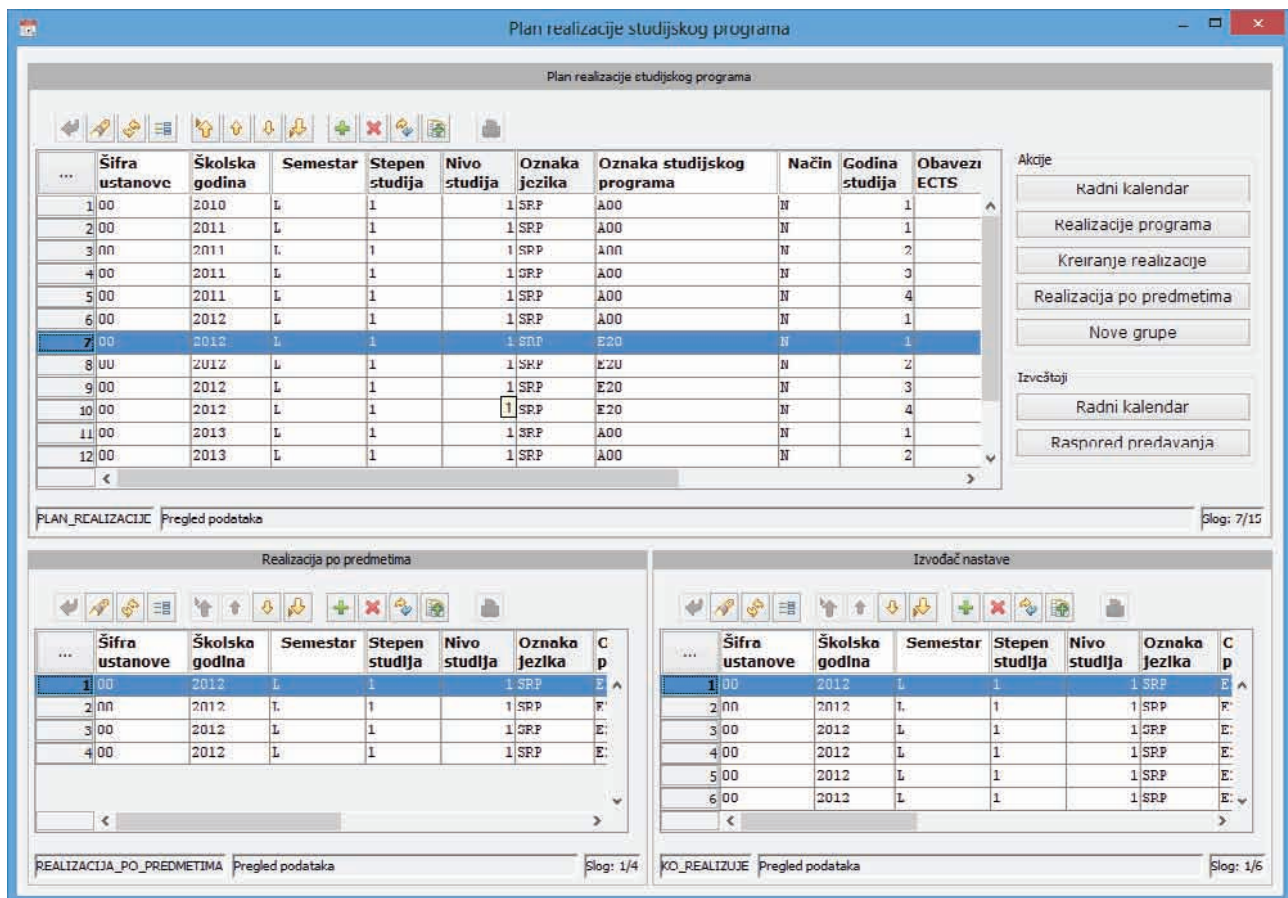
Prilikom modelovanja ovog aspekta sistema bilo je potrebno obuhvatiti kompleksan skup funkcionalnosti i ograničenja.



Slika 2. Model plana realizacije



Slika 3. Deo modela koji opisuje raspoređivanje grupa po terminima



Slika 4. Primer kompozitne forme za plan realizacije studijskog programa

Na slici 2 prikazan je deo modela vezan za realizaciju programa i planove realizacije po godinama studija, a na slici 3 deo modela koji sadrži tabele za smeštanje podataka o raspoređivanju grupa po terminima, prostorijama i izvođačima nastave.

4. KOMPOZITNE FORME

Jedan od ciljeva razvoja ovog sistema bio je da se standardizovane operacije pregleda, unosa i izmene podataka generišu i tako znatno olakša i ubrza proces kreiranja realizacija studijskih programa.

Standardna forma, kako je navedeno u [2], predstavlja koncept ekranskih formi. Projektovana je s ciljem pronalazjenja minimalnog skupa funkcija potrebnih za podršku uočenim aktivnostima korisnika u okviru poslovnih aplikacija, radi smanjenja potrebe za pamćenjem veće količine informacija i skraćanjem vremena učenja kod korisnika. Koristi se za izvođenje operacija na podacima jedne tabele u bazi podataka.

Ono što se može videti i na slici 4 jeste da svaka standardna forma ima svoje stanje ili *mode* u kom se trenutno nalazi. Ova funkcionalnost je implementirana pomoću *State* dizajn šablona, koji je detaljnije objašnjen u [3].

Pomoću programskog alata *JGeIS* se generišu standardne forme na osnovu tabela iz fizičkog modela sistema.

Kompozitna forma predstavlja poseban tip formi, koja se sastoji od dve ili više međusobno zavisnih standardnih formi. One su obično podeljene na dve sekcije u kojima smeštene standardne forme. Pošto standardne forme služe za prikaz tabela iz baze podataka, sledi da se u kompozitnoj formi prikazaju povezane tabele. Ta veza je najčešće tipa *parent-child* kod koje jedna tabela ima kao atribut ključ iz druge tabele.

Standardne forme je moguće dodatno podešavati, pa je u nastavku implementacije iskorišćena osobina dodavanja komponenti. Takve komponente se nazivaju *custom* komponente i za njih su vezane programski definisane akcije, kao na primer, otvaranje drugih formi ili kreiranje izveštaja, što se može videti na slici 4, u desnom delu gornje sekcije.

5. ZAKLJUČAK

U sklopu ovog rada objašnjen je koncept kreiranja realizacije studijskih programa, načini njegove interpretacije, kao i mehanizmi i sredstva njegove realizacije.

Analizom postupka generisanja realizacija studijskih programa i radnih kalendara, dolazi se do zaključka da se, u odnosu na ručno kreiranje, primenom ovih principa dobija rešenje za koje je obezbeđena podrška ažuriranju, uz maksimalnu kontrolu korektnosti izmena. Korisnicima se olakšava rad, jer postoji velika mogućnost izbora osnove generisanja, poznavanje složenih algoritama raspoređivanja nije neophodno, a dugotrajan proces kreiranja i menjanja rasporeda se skraćuje.

Iskustva stečena prilikom implementacije ovakvog načina rešavanja navedenih problema izdvajaju ovaj način na poziciju podrazumevanog u rešavanju budućih zadataka. Postupak generisanja softvera je, zaključujući iz svega navedenog, opravdao očekivanja za povećanjem iskoristivosti i kvaliteta softverskih komponenti, smanjenjem vremena njihovog razvoja i olakšanom evolucijom funkcionalnosti.

6. LITERATURA

- [1] Ilić D., Ilić M., Gatarić M., Planiranje i programiranje nastave, Pedagoški zavod, Banja Luka, 2008
- [2] Milosavljević G. Prilog metodama brzog razvoja adaptivnih poslovnih informacionih sistema, FTN, Novi Sad, 2010
- [3] E. Gamma, R. Helm, R. Johnson, J. Vlissides, Design Patterns - Elements of Reusable Object-Oriented Software, Addison Wesley, 1994, ISBN 0-2016-3361-2

Kratka biografija:



Goran Čeko rođen je u Banjaluci 1988. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Primenjene računarske nauke i informatika odbranio je 2011. god. Zaposlen je kao saradnik u nastavi na Katedri za informatiku Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu. Oblast interesovanja su mu softversko inženjerstvo i razvoj mobilnih aplikacija.

Implementacija i optimizacija grafičke korisničke sprege digitalnog TV prijemnika

Nemanja Jovičić, Nikola Smiljković, Tomislav Maruna, dr Nikola Teslić, Pavlović Goran, Vrcelj Nikola

Sadržaj — U ovom radu opisan je način izrade grafičke korisničke sprege digitalnog TV prijemnika kao i njena veza sa programskom podrškom preko priključaka internet pretraživača. Grafička korisnička sprega treba da obezbedi prikaz informacija o servisima, roditeljsku kontrolu, podsetnik, prikaz multimedijalnih sadržaja DLNA servera, izbor audio signala, kontrolu zvuka, teletext, titl, itd. Predstavljene su tri tehnike optimizacije HTML/JavaScript aplikacije i prikazani su dobijeni rezultati.

Ključne reči — digitalna televizija, grafička korisnička sprega, HTML, JavaScript, optimizacija.

I. UVOD

POJAVA digitalnih prijemnika omogućila je izvršavanje aplikacija na televizijskim platformama, pisanim u različitim programskim jezicima kao što su: *Java*, *HTML*, *JavaScript*, itd.

Jednostavnost implementacije, dizajn, brzina odziva i jednostavnost rukovanja veoma su bitne stavke pri izradi grafičke korisničke sprege, zato je potrebno voditi računa o ciljnim platformama i njihovim procesnim mogućnostima.

II. ANALIZA

Potrebno je napraviti korisničku spregu koja će se koristiti na jeftinijoj platformi ograničenih resursa. Zbog toga, optimalno rešenje je: napraviti aplikaciju koja će se izvršavati u optimizovanom internet pretraživaču, koristeći HTML, JavaScript i priključke (eng. *plugins*) za taj pretraživač koji će biti spona između programske podrške TV prijemnika (eng. *middleware*) i grafičke korisničke sprege.

Meni treba da sadrži: početni ekran, glavni meni, programsku šemu, podsetnik, roditeljsku kontrolu (zabrana određenih kanala, vremenskog perioda i sadržaja za određeni uzrast), mediateku (pretraga DLNA servera u mreži, izlistavanje datoteka i reprodukcija multimedije), podešavanja (pretraga signala, izbor početnog servisa, PIN kod, meni CAM modula), informacije o sadržaju servisa, lista servisa, alatni meni (izbor audio signala, titla, teletext), Slika 1. Organizacija i dizajn menija urađen je po preporuci dizajnera grafičke korisničke sprege.

Ovaj rad je delimično finansiran od strane ministarstva obrazovanja i nauke Republike Srbije pod oznakom TR32030.

Nemanja Jovičić, Nikola Smiljković, Tomislav Maruna, dr Nikola Teslić, Pavlović Goran, Vrcelj Nikola Fakultet Tehničkih Nauka u Novom Sadu, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija (telefon: +381 60 321 9000, email: nemanja.jovicic@rt-rk.com)

NAPOMENA:

a) Ovaj rad proistekao je iz master rada Nemanje Jovičića. Mentor je bio dr Ilija Bašičević.

b) Rad je prethodno publikovan na konferenciji ETRAN, Zlatibor, juni 2012.



Slika. 1. Organizacija stabla grafičke korisničke sprege

III. REALIZACIJA

A. HTML

HTML stranica sadrži reference na sve CSS i JS datoteke kao i na graficke resurse radi učitavanja u memoriju (eng. *caching*) [1]. Predefinisana rezolucija HTML stranice je 1280x720 što je ujedno i rezolucija visoke definicije (eng. *High Definition*)

Stranica je podeljena u tri sloja različite dubine. Najdublji sloj, Slika 2(1), sadrži objekat video priključka preko koga se reprodukuje programski tok živog TV servisa kao i video koji se nalazi na nekom od DLNA servera u lokalnoj mreži. Srednji sloj, Slika 2(2), obuhvata glavni meni i sve što se u njemu nalazi, dok gornji sloj, Slika 2(3), sadrži iskakajuće menije (eng. *popup*) i obaveštenja kao što su: meni za podešavanje jačine zvuka, promena kanala na brojeve, oznaka za ukinut zvuk (eng. *mute*), podsetnik i unos PIN koda ukoliko je servis na bilo koji način zaključan.



Slika. 2. Trodimenzionalni prikaz slojeva HTML stranice

B. JavaScript

Preko *JavaScript-a* se pristupa *DOM-u* (eng. *Document Object Model*), tj. upravlja se celokupnim prikazom grafičke korisničke sprege, rukuje se i obrađuje pritisak na različite tastere [2], pozivaju se funkcije priključka, koji kasnije pozivaju funkcije *JavaScript-a* preko povratne sprege (eng. *callback*). Skripte su funkcionalno podeljene u dve grupe: upravljanje *DOM-om* i komunikacija sa priključcima.

Svaka manja celina grafičke korisničke sprege ima svoju odvojenu java skriptu, koja u sebi sadrži funkcije za rukovanje tasterima, pokretanje i zatvaranje te celine, kao i manipulaciju sa njenim elementima (*DOM*).

Ostale java skripte direktno su vezane za funkcionalnosti priključaka tipa puštanje videa, prebacivanje sa servisa na servis, pregled programske šeme, izlistavanje datoteka, itd.

C. Priključci

Priključci se koriste kao sprega između *Comedia* programske podrške i *JavaScript-a*. Priključci su podeljeni po funkcionalnostima i ima ih šest:

- *Comedia* priključak – služi za manipulaciju i operacije sa servisima
- Video priključak – služi da iscertava ravan na kojoj se reprodukuje video sadržaj programskog toka, kao i video sadržaj pušten kroz mediateku
- Teletekst priključak – iscertava ravan teleteksta i rukuje komandama za teletekst.
- Titl priključak – iscertava ravan sa titlom, pronalazi broj titlova u programskom toku, bira koji će se titl prikazati.
- EPG priključak – služi za pribavljanje podataka o programskoj šemi kao i podešavanja podsetnika
- Setup priključak – poseduje funkcionalnosti za podešavanje roditeljske kontrole, jačinu zvuka, izmenu i čuvanje PIN koda, itd.

Priključci su realizovani u C programskom jeziku. Komunikacija sa *JavaScript-om* se vrši preko NPAPI-a (eng. Netscape Plugin Application Programming Interface) [4] na dva načina:

- Direktnim pozivom funkcije – iz *JavaScript-a* se direktno poziva funkcija priključka i čeka na njeno izvršenje, a ona na kraju svog izvršenja vraća

rezultat obrade.

- Preko povratnog poziva (eng. *callback*) – koristi se u slučaju kada *JavaScript* ne sme da čeka izvršenje, već iz priključka dobija obaveštenja pri različitim događajima (npr. uspešnom prebacivanju kanala, podsetnik, završetak izlistavanja datoteka u trenutnom direktorijumu, trenutni procenat pretrage kanala, pojavu DLNA servera, kao i druga obaveštenja).

IV. OPTIMIZACIJA

Brzina izvršavanja, tj. odziv, kao jedan od najbitnijih faktora, mora biti što kraći, idealno trenutni.

A. JavaScript – iscertavanje

1) Korišćenje *documentFragment* objekta

Pri svakoj izmeni nekog elementa dokumenta, ponovo se računa pozicija svakog elementa a zatim se opet iscertava cela stranica (eng. *reflow*). Problem se rešava uvođenjem posebnog objekta, zvanog *documentFragment*, koji nije prikazan na ekranu, a na koji se povezuju svi potrebni elementi. Zatim se taj objekat dodaje na glavnu stranicu, čime se ostvaruje samo jedno iscertavanje [2][5].

Na ovaj način se umesto *n* iscertavanja za *n* objekata ostvaruje jedno iscertavanje za isti broj objekata.

2) Menjanje CSS klase umesto pojedinačnih stilova

Izmena pojedinačnih svojstava (visina, širina, pozicija, boja, izgled font-a, itd.), takođe izaziva nova iscertavanja za svaku promenu. Rešenje se nalazi u CSS klasama koje sadrže sva potrebna svojstva za određeni HTML element, pa tako sa izmenom CSS klase imamo samo jedno iscertavanje, dok pojedinačnim izmenama CSS stilova iscertavanja ima koliko i tih izmena [3][5].

```
//Primer neoptimizovanog koda:
element.style.color = "red"; //Isertavanje
element.style.height = "100px"; //Isertavanje
element.style.fontSize = "25px"; //Isertavanje
element.style.backgroundColor = "white"; //Isertavanje

//Primer optimizovanog koda:
.active{
  color: red;
  height: 100px;
  width: 25px;
  background-color: white;
}
element.className = "active"; //Isertavanje
```

Slika. 3. Optimizacija iscertavanja korišćenjem CSS klase

U neoptimizovanom primeru, Slika 3, prikazuje se izmena pojedinačnih CSS stilova. Pri svakoj promeni internet pretraživač radi novo iscertavanje. Optimizovana verzija sastoji se od CSS klase koja sadrži sve stilove koji treba da se primene, a dodelom te klase elementu, izvršava se samo jedno iscertavanje.

B. JavaScript – optimizacija koda

Zbog osobine da se prvo pretražuju lokalne promenljive u funkciji, a zatim ostale u lancu (eng. *Scope chain*), potrebno je smanjiti upotrebu globalnih promenljivih. Ukoliko je potrebno globalnu promenljivu koristiti nekoliko puta u nekoj funkciji, rešenje se ostvaruje

dodeljivanjem njene vrednosti novoj lokalnoj promenljivoj. Na ovaj način se smanjuje pretraga interpretera kroz kod a samim tim i ubrzava izvršavanje [2][5].

Sličan problem je i sa poljima neke strukture, npr. ukoliko je potrebno da nekoliko puta pristupimo polju ime strukture kanal optimalnije je dodeliti vrednost tog polja lokalnoj promenljivoj a zatim tu lokalnu promenljivu dalje koristiti.

```

//Primer neoptimizovanog koda
function process(data){
    if(data.count>0){
        for(var i=0; i<data.count; i++){
            processData(data.item[i]);
        }
    }
}

//Primer optimizovanog koda:
function process(data){
    var count = data.count;
    item = data.item;
    if(count>0){
        for(var i=0; i<count; i++){
            processData(item[i]);
        }
    }
}

```

Slika. 4. Optimizacija koda korišćenjem lokalnih promenljivih

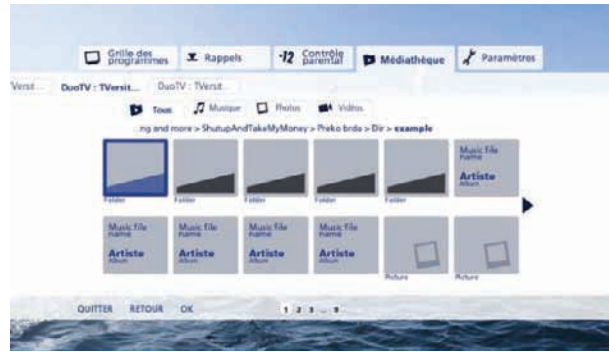
U neoptimizovanom primeru, Slika 4, javlja se problem pristupa poljima strukture u svakom izvršenju for ciklusa, stoga se u optimizovanoj verziji vrednosti polja strukture dodeljuju lokalnim promenljivama čime je povećana brzina izvršavanja.

Pošto JavaScript ne poseduje kompajler već ga internet pretraživač sekvencijalno čita i izvršava, brzina izvršenja koda uveliko zavisi od njegove dužine. Stoga je potrebno planski pisati što kraći kod, a zatim i koristiti *Closure* alate koji optimizuju imena promenljivih, izbacuju prazna mesta i u zavisnosti od alata do alata dodatno optimizuju i smanjuju kod. Na ovaj način kod postaje praktično nečitljiv, stoga je ovo poslednji korak optimizacije JavaScript-a.

C. Optimizacija priključaka

Priključci, sami po sebi, trebali bi da imaju što manje logičkih celina, jer bi njihova jedina uloga trebala da bude samo komunikacija između JavaScript-a i Comedia programske podrške, a video, titl i teletext priključak osim osnovne funkcionalnosti definišu ravni u kojima se iscertava njihov sadržaj.

Problem sa priključcima je u tome što svaki od njih zauzima deo ekrana za iscertavanje, pa čak i ako priključak ne iscertava ništa [6]. Rešenje je postavljanje CSS svojstva *display* objekata koji inicijalizuju Comedia, EPG i setup priključak na vrednost *none*, čime se postiže blokiranje njihovog iscertavanja. Takođe, priključci za titl i teletext ne treba da budu vidljivi sve vreme, pa se njihovi objekti, po potrebi, dinamički ubacuju u HTML stranicu. Video priključak uvek mora biti prikazan jer u svakom trenutku treba da bude prikazan video sadržaj živog programskog toka ili videa puštenog kroz mediateku (Slika 5).



Slika. 5. Izgled direktorijuma i multimedijalnih sadržaja u mediateci

V. REZULTATI

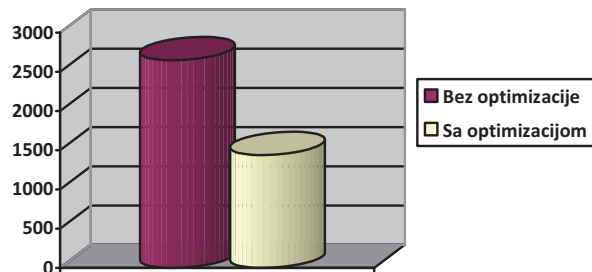
Napomena: Brzina odziva je merena na ciljnoj platformi sa ST7105 čipsetom i 64MB rama, procesor radi na 400MHz i nije omogućena hardverska akceleracija, već se iscertavanja vrše programski. Merenje je vršeno na delu menija koji sadrži najviše različitih elemenata (Slika 6.) i najviše linija koda, pa je samim tim i najzahtevnije za iscertavanje.

A. Optimizacija iscertavanja



Slika. 6. Programska šema sa listom kanala, deo menija korišćen za merenje brzine odziva

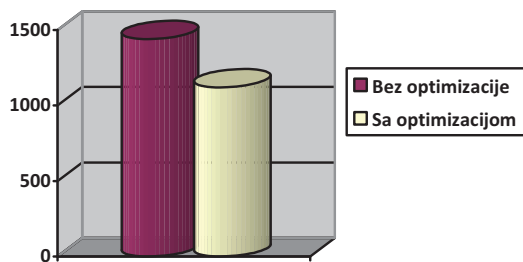
Bez ikakvih optimizacija, odziv menija na pritisak dugmeta bio je 2,65 sekundi.



Slika. 7. Rezultati postignuti optimizacijom priključaka

Sa optimizacijom priključaka ostvareno je skoro duplo ubrzanje. Odziv je 1,44 sekunde.

Korišćenjem *documentFragment* objekta i smanjenjem CSS klasa umesto pojedinačnih svojstava, ostvaren je odziv od 1,12 sekundi, što je skoro 2,4 puta brže nego početno stanje.

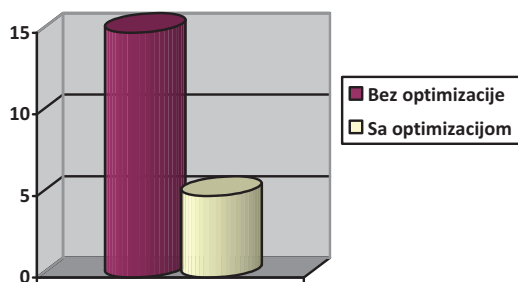


Slika. 8. Rezultati postignuti korišćenjem *documentFragment* objekta i menjanjem CSS klasa umesto pojedinačnih svojstava prikazani u milisekundama.

B. Optimizacija koda

Izvršavanje koda u JavaScript-u je potpuno nezavisno u odnosu na iscrtavanje, što znači da internet pretraživač (eng. browser) po izvršenju koda odlučuje kada će započeti iscrtavanje.

Optimizacijom koda ostvarilo se ubrzanje od 3 puta, tj. sa 15 ms na 5ms.



Slika. 9. Rezultati optimizacije koda smanjenim korišćenjem globalnih promenljivih, polja struktura i *Closure* alata.

VI. ZAKLJUČAK

HTML/JavaScript grafička korisnička sprega ima veoma spor odziv bez optimizacije na jeftinijim platformama, ali i uprkos obimnosti koda (13 hiljada linija *JavaScript* i 2,5 hiljada linija *CSS*) velika prednost kodovanja u JavaScriptu je u jednostavnosti održavanja, izmeni određenih delova, pa čak i izmeni kompletnog dizajna. Osim toga, još jedna velika prednost je što nisu potrebne izmene u kodu za različite ciljne platforme.

LITERATURA

- [1] Bruce Lawson and Remy Sharp, *Introducing HTML5*, New Riders 2010.
- [2] David Flanagan, *JavaScript: The Definitive Guide*, O'Reilly Media, Inc. 2006.
- [3] Eric Meyer, *Smashing CSS: Professional Techniques for Modern Layout*, John Wiley & Sons 2010.
- [4] NPAPI documentation : Gecko Plugin API Reference Available: http://developer.mozilla.org/en/Gecko_Plugin_API_Reference
- [5] Nicholas C. Zakas, *Speed Up Your JavaScript (2009.06.05)*. Available: <http://www.nczonline.net/blog/2009/06/05/speed-up-your-javascript-the-talk/>
- [6] Mozilla Plugins documentation. Available: <http://developer.mozilla.org/en-US/docs/Plugins>

ABSTRACT

This paper presents implementation of graphical user interface (GUI) for digital TV receiver and GUI connection to middleware via browser plugins.

GUI needs to provide information about services, parental control, reminder, browsing and displaying DLNA contents, selection of audio signal, sound settings, teletext, subtitle, etc.

This paper also presents three techniques for optimisation of HTML/JavaScript application with their results.

IMPLEMENTATION AND OPTIMIZAZION OF GRAPHICAL USER INTERFACE FOR DIGITAL TV RECEIVER

Nemanja Jovičić, Nikola Smiljković, Tomislav Maruna, dr Nikola Teslić, Pavlović Goran, Vrcelj Nikola

**ODVOĐENJE OTPADNIH VODA ROMSKOG NASELJA U APATINU
EVACUATION OF WASTE WATER ROMA SETTLEMENT IN APATIN**

Tamara Dražić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – Rad se sastoji od teorijskog i stručnog dela. U teorijskom delu analizirane su otpadne vode, njihov štetan uticaj na okolinu, načini njihovog prečišćavanja i odvođenja. U stručnom delu rada analizirana su dva moguća načina odvođenja otpadnih voda predmetnog naselja. Predloženi su mogući načini prečišćavanja otpadnih voda, kao i rešenje priključenja sistema kanalizacione mreže na centralni prečištač otpadnih voda. Izvršen je hidraulički proračun i dimenzionisanje kanalizacione mreže i predmer i predračun radova.

Abstract – The paper consists of theoretical and practical part. The theoretical part analyzes waste water and adverse effects of waste water on the environment and methods of waste water treatment and their transfer. The practical part analyzes two possible ways of waste water treatment and solution sewer connection to the central wastewater treatment plant. Here were performed hydraulic calculations and design of sewage and bill of quantities of works.

Ključne reči: otpadne vode, prečišćavanje, kanalizaciona mreža

1. UVOD

U teorijskom delu rada ukratko je predstavljena podela otpadnih voda i njihove karakteristike, osnovni sistemi kanaliziranja istih, a zatim i dispozicija i elementi kanalizacije. Detaljno su izloženi načini odvođenja otpadnih voda iz naseljenih mesta sa svim karakteristikama i normama za njihovu primenu. Predstavljani su kriterijumi za ispuštanje otpadnih voda u recipijente kao i proces prečišćavanja otpadnih voda i dostupne tehnike.

U drugom delu rada projektovana su i analizirana dva moguća tipa kanalizacionog sistema koja se mogu primeniti u predmetnom naselju. Dat je kratak opis područja, kao i prirodne i opšte karakteristike područja i predmetnog naselja. Sproveden je hidraulički proračun, dimenzionisanje kanalizacije, predložene su mere prečišćavanja otpadnih voda, dat je predmer i predračun radova i zaključak.

Predmetno naselje je Romsko naselje u Apatinu.

2. OTPADNE VODE, NJIHOVO KANALISANJE I PREČIŠĆAVANJE**2.1. Otpadne vode**

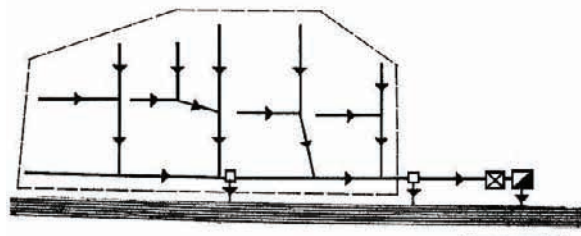
Otpadne vode predstavljaju mešavinu raznih voda gde svaka komponenta ima svoj sastav.

Prema poreklu i karakteru zagađenja, otpadne vode delimo u četiri kategorije:

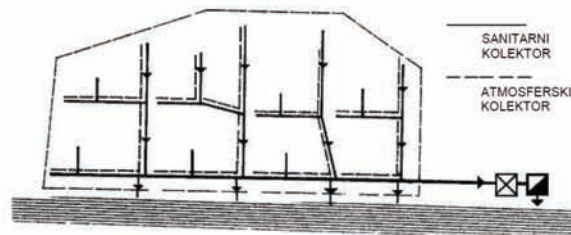
- upotrebne vode iz domaćinstva (fekalne – sanitarne)
- upotrebne vode iz industrije
- atmosferske vode
- komunalne vode.

2.2. Sistemi kanaliziranja

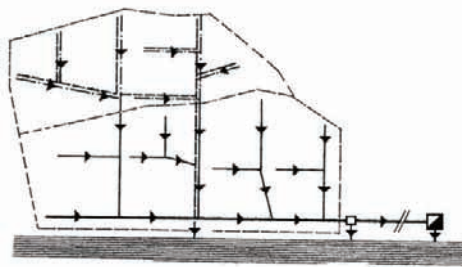
Pod sistemom kanaliziranja podrazumeva se način transportovanja različitih vrsta otpadnih voda, pri čemu to može biti zajedničko ili odvojeno. U zavisnosti od načina sakupljanja i evakuacije otpadnih voda razlikuju se opšti sistem, separacioni sistem i kombinovani sistem kanalizacije. Ovi sistemi su dati na slikama 1, 2 i 3.



Slika 1. Opšti sistem kanalizacije



Slika 2. Separacioni sistem kanalizacije



Slika 3. Kombinovani sistem kanalizacije

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio prof. dr Duško Đurić

2.3. Dispozicija i objekti kanalizacije

Dispozicija kanalizacije nekog naseljenog mesta zavisi od topografskih uslova, stepena zagađenosti otpadnih voda, planiranog razvoja naselja, lokacije postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda, položaja recipijenta itd. Na osnovu tih činilaca postoje različite dispozicije kanalizacionih sistema: poprečna, obuhvatna, uzdužna, radijalna, prstenasta, razgranata, zonirana dispozicija. Dispozicije kanalizacionih sistema se dele još i prema tome da li se otpadne vode odvode na jedno zajedničko postrojenje za prečišćavanje ili se raspoređuju na više njih. U tom slučaju govorimo o centralizovanoj ili decentralizovanoj dispoziciji.

Objekti kanalizacionog sistema se dele na dve osnovne grupe:

- 1) prvu grupu čine objekti koji služe za prijem i evakuaciju otpadnih voda:
 - a) unutrašnje kanalizacione instalacije
 - b) spoljna kanalizaciona mreža sa objektima
 - c) crpne stanice, cevovodi pod pritiskom
- 2) drugu grupu čine:
 - a) objekti za prečišćavanje otpadnih voda
 - b) objekti za evakuaciju prečišćenih voda u recipijent.

2.4. Načini odvođenja otpadnih voda iz naseljenih mesta

U izgradnji kanalizacije postoji nekoliko načina odvođenja otpadnih voda iz naseljenog mesta. Tri osnovna rešenja su:

1. Odvođenje otpadnih voda sa slobodnim tečenjem u kanalizacionim kolektorima,
2. Odvođenje otpadnih voda sa periodičnim tečenjem, pod pritiskom (pritisak veći od atmosferskog), sa velikim brojem crpnih stanica i dugačkim potisnim vodovima,
3. Odvođenje otpadnih voda sa periodičnim tečenjem, stvaranjem vakuuma (pritisak u cevovodu manji od atmosferskog) pomoću vakuum crpnih stanica.

U savremenoj građevinskoj praksi način sa slobodnim tečenjem je najčešće primenjivan i ima široku primenu na našem području.

2.5. Kriterijumi za ispuštanje otpadnih voda

Važno je poštovati normative za ispuštanje otpadnih voda radi zaštite recipijenta u koji se ona upušta. Razlikujemo dva recipijenta:

- kanalizaciona mreža
- prirodni recipijent.

Postavljaju se tehnički uslovi o prijemu otpadnih voda u kanalizacionu mrežu koji se moraju poštovati kako ne bi došlo do neželjenih havarija i zagađenja životne sredine.

Pri upuštanju otpadnih i prečišćenih voda u prirodne recipijente, kada je u pitanju naša država, moraju se poštovati normativi dati u sledećim zakonskim aktima: Zakon o vodama („Sl. gl. RS“, broj 30/10), Uredba o kategorizaciji vodotoka („Sl. gl. SRS“, broj 5/68), Uredba o klasifikaciji vodotoka („Sl. gl. SRS“, broj 5/68).

Evropska Unija je donela svoje Direktive o obavezi izrade programa mera kako bi se sprečila degradacija ekološkog kvaliteta i dalja zagađenja površinskih voda, zatim da se

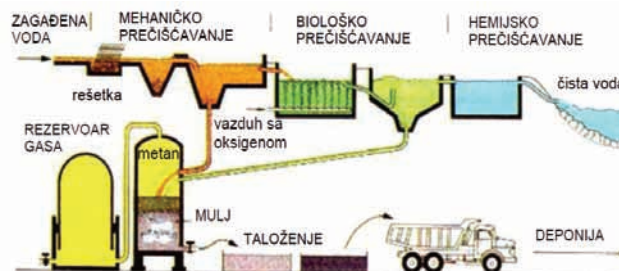
revitalizuju zagađeni vodotoci i postigne dobar ekološki i hemijski kvalitet.

2.6. Prečišćavanje otpadnih voda

Pre ispuštanja u recipijent potrebno je kvalitet otpadne vode svesti na nivo kvaliteta vode vodoprijemnika kako bi se sačuvala i zaštitila životna sredina.

Proces prečišćavanja otpadnih voda dat je na slici 4, a može se podeliti na četiri stepena:

- ✧ I stepen – primarno prečišćavanje: mehaničko prečišćavanje kojim se uklanjaju krupne (grube) materije, lako taložive suspendovane čestice i plivajuće materije;
- ✧ II stepen – sekundarno prečišćavanje: biološko prečišćavanje kojim se obezbeđuje uklanjanje rastvorenih organskih materija, koloidnih i netaloživih čvrstih materija;
- ✧ III stepen – tercijarno prečišćavanje: uklanjanje nutrijenata (azotnih i fosfornih materija);
- ✧ IV stepen – kvarternarno prečišćavanje: završno prečišćavanje u cilju uklanjanja preostalog opterećenja i dezinfekcija vode ukoliko je neophodno.



Slika 4. Proces prečišćavanja otpadnih voda

Termin „najbolja dostupna tehnika prečišćavanja otpadnih voda“ se koristi u zakonodavnoj praksi Evropske Unije i odnosi se na procese prečišćavanja otpadnih voda naselja gde se obraća pažnja na sledeće činioce:

- ✧ kvalitet sirove otpadne vode
- ✧ zahtevi u pogledu kvaliteta prečišćene otpadne vode, zavisno od karakteristika recipijenta u koji se ispuštaju prečišćene otpadne vode
- ✧ mogućnost primene datih postupaka prečišćavanja otpadne vode u praksi u pogledu tehničkih i ekonomskih uslova.

U zavisnosti od navedenog, a takođe i od veličine naseljenog mesta, tj. broja stanovnika, bira se optimalno najbolje rešenje prečišćavanja otpadnih voda.

Rešenja najbolje dostupne tehnike za odgovarajuće naselje bili bi: postupci sa aktivnim muljem, odnosno sa suspendovanom mikroflorom i postupci sa imobilisanom mikroflorom.

3. PROJEKTOVANJE KANALIZACIJE PREDMETNOG NASELJA

3.1. Uvod

Apatin se nalazi na teritoriji AP Vojvodine, u Zapadnobačkom okrugu, na levoj obali reke Dunav, na njegovom srednjem toku, i prostire se na površini od 350 km² i time se svrstava u grupu srednje velikih pokrajinskih opština. Položaj opštine je dat na slici 5.



Slika 5. AP Vojvodina – položaj apatinske opštine

Nalazi u zoni koju karakteriše umereno kontinentalna klima sa jasno izraženim godišnjim dobima. Prosečna temperatura vazduha se kreće od minimalnih $-1,8^{\circ}\text{C}$ (januar) do maksimalnih $21,2^{\circ}\text{C}$ (jul).

Prosečna količina padavina na teritoriji opštine Apatin je 550-650 mm na godišnjem nivou. Prosečan godišnji broj dana sa padavinama je 125, a prosečna relativna vlažnost vazduha je 79% .

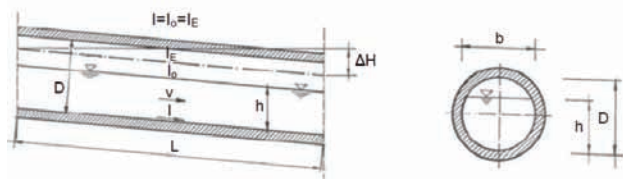
Na području apatinske opštine su lesna i aluvijalna ravan. Teren je tipično ravničarski. Dunav je mnogo meandrirao i stvarao ade i rukavce, koji su vremenom pretvoreni u „mrtvaje“. Aluvijalne površine su ispresecane dugim i uzanim depresijama, nekadašnjim rečnim rukavcima.

Izgradnja odbrambenog nasipa 60-tih godina prošlog veka je imala uticaj na formiranje mikroljelja.

Područje preseca više hidromeliorativnih kanala i starih vodotoka.

3.2. Hidraulički proračun i dimenzionisanje kanalizacione mreže predmetnog naselja

Kanalizaciona mreža mora biti dimenzionisana tako da u svakom trenutku omogućava nesmetanu odvodnju otpadnih voda. Hidraulički proračun se u praksi gotovo uvek sprovodi uz pretpostavku turbulentnog stacionarnog (ustaljenog, jednolikog) režima. Takav način tečenja odvija se sa stalnom dubinom vode, istim uzdužnim padovima dna kanala, vodnog ogledala i linije energije (hidraulički pad) i prikazan je na slici 6.



Slika 6. Grafički prikaz stacionarnog tečenja u kružnoj kanalizacionoj cevi

h – dubina vode; I – pad dna kanala; I_o – pad vodnog ogledala; I_E – hidraulički pad

Hidrauličko dimenzionisanje kanalizacione mreže sprovodi se na osnovu maksimalne časovne potrošnje vode. Analiziranjem potrošnje vode dolazi se do pretpostavke o količini vode koja se mora odvesti iz naseljenog mesta što za predmetno naselje iznosi 250 litara po stanovniku na dan. Ova količina vode, koju stanovništvo potroši iz vodovodne mreže, najvećim delom odlazi u kanalizacionu mrežu. Za naše područje ova količina iznosi 90% od specifične potrošnje vode, a to bi

značilo da količina vode koja odlazi u kanalizacionu mrežu iznosi 225 litara po stanovniku dnevno.

Objekti na kanalizacionoj mreži projektuju se i grade tako da zadovoljavaju potrebe koje se očekuju u budućnosti, tj. na kraju takozvanog projektnog perioda, odnosno računskog perioda. Broj stanovnika u budućnosti daje urbanistički plan grada na osnovu demografskih i ekonomskih studija koje se oslanjaju na podatke iz prethodnog perioda i predviđanja za nastupajući period. Zaključuje se da sa porastom broja stanovnika u naselju raste i potreba za vodom, pa samim tim se povećavaju i količine upotrebljenih voda koje treba odvesti iz naselja. Iz tog razloga je planiranje broja stanovnika važno za projektovanje kanalizacione mreže.

Količine atmosferskih voda se računaju preko pripadajućih površina. Za svaku deonicu se odredi površina koja joj pripada, a zatim se ona množi sa koeficijentom oticanja i intenzitetom kiše. Pošto je predmetni teren ravničarski, odgovarajuće pripadajuće površine se određuju sistemom krovova.

Na osnovu analize usvaja se gravitacioni sistem kanalizacije.

Hidraulički proračun i dimenzionisanje urađeni su za dva kanalizaciona sistema: opšti i separacioni.

3.3 Tehničke karakteristike kanalizacione mreže

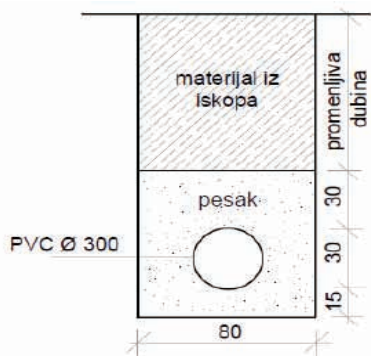
Prilikom proračuna kanalizacione mreže primenjuju se odgovarajući kriterijumi koji će omogućiti tehnički ispravno rešenje bez prevelikih dubina i sa malim padovima. Primarni kriterijum pri polaganju cevovoda jeste poštovanje minimalnog dopuštenog nagiba cevovoda koji omogućuje tečenje otpadnih voda uz ostvarenje samočišćujuće brzine.

Pri izboru materijala za izgradnju kanalizacione mreže treba težiti materijalu koji omogućava dugotrajnost, ekonomičnost, jednostavnost gradnje i sigurnost u održavanju i eksploataciji.

Za izgradnju kanalizacionog sistema Romskog naselja usvojen je materijal PVC. Potrebni prečnici za predmetni cevovod su za:

- a) separacioni sistem:
 - fekalni kanalizacioni sistem: $\text{Ø}250, \text{Ø}300$
 - atmosferski kanalizacioni sistem: $\text{Ø}300, \text{Ø}400, \text{Ø}500, \text{Ø}600, \text{Ø}700, \text{Ø}800$
- b) opšti sistem: $\text{Ø}300, \text{Ø}400, \text{Ø}500, \text{Ø}600, \text{Ø}700, \text{Ø}800$.

Cevovod je projektovan tako da prati trasu saobraćajnica. Niveleta cevovoda prati kotu terena duž trase cevovoda na prosečnoj dubini 2,6 m. Spajanje PVC cevi vrši se na licu mesta, pomoću spojnih elemenata. Ukopavanje cevi je potrebno izvesti prema postojećim propisima. Cevi se postavljaju u kanale na minimalnoj propisanoj dubini radi zaštite od mraza. Minimalna dubina ukopavanja PVC cevi predmetne kanalizacije je 1,2 m. Takođe, potrebno je ispoštovati i maksimalnu dubinu ukopavanja PVC cevi koja prema propisima iznosi 4,0 m. Ispod dna cevi postavlja se pesak debljine 15 cm. Na ovu podlogu se postavlja cev i zatrpava peskom 30 cm iznad cevi. Nakon toga, rov se zatrpava iskopanom zemljom. Zatrpavanje rova treba vršiti u slojevima sa sabijanjem materijala. Iskop rova može biti ručni ili mašinski (rovkopačem). Detalj preseka rova prikazan je na slici 7.



Slika 7. Detalj preseka rova

Nakon postavljanja cevi, a pre potpunog zatrpavanja rova, sprovodi se ispitivanje sistema na vodonepropusnost. Ispitivanje se sprovodi po deonicama između dva ulazna (reviziona) okna na način da se cev ispuni vodom koja osigurava pritisak od 0,3 do 0,5 bar.

3.4. Uslovi gradnje i objekti na kanalizacionoj mreži

Predmetno naselje se karakteriše blagom denivelacijom terena u nagibu prema Dunavcu, u pravcu zapada. Visinska denivelacija ekstremnih kota iznosi 7m, od kote 82 mm do kote 89 mm. Nivo pozemnih voda je takav da njihovo snižavanje u toku postavljanja cevovoda nije neophodno. Pri postavljanju cevovoda koristiće se oplata, a polaganje cevi vrši se na posteljici od peska. Ulice su uske. Celo naselje je pokriveno vodovodnom mrežom i vazdušnom mrežom električnih kablova.

Revizione silaze (šahtove) potrebno je postavljati na rastojanju od $L=160 \times D$ (m) gde je D prečnik cevovoda u metrima. Obavezno ih postavljati na mestima loma trase kanalizacije. Šahtovi se rade na licu mesta od betona marke MB 30 uz obavezu zadovoljenja kriterijuma vodonepropusnosti betona. Debljina zida šahta iznosi $d=15$ cm. Šaht se radi sa konusnim završetkom. Elementi revizionog silaza su: revizioni poklopac, radna komora, fundament (kineta i bankina).

3.5. Opis primenjenog tehničkog rešenja

Oba projektovana sistema su urađeni tako da trasa kanalizacije prati trasu saobraćajnica. Pad dna kanala se kreće od 2 – 16 ‰. Glavni kolektor je lociran na trasi ulice koja se nalazi uz sam recipijent, gde su kote terena najniže. Cevovod je urađen od PVC cevi. Minimalan prečnik cevi je kod opšteg sistema i atmosferske kanalizacije je $\varnothing 300$, a maksimalni $\varnothing 800$, dok je minimalni prečnik kod fekalne kanalizacije $\varnothing 250$, a maksimalni $\varnothing 300$. Ukupna dužina trase cevovoda iznosi 8120 metra. Na trasi cevovoda predviđeni su revizioni silazi sa poklopcima od livenog gvožđa pri čemu se vodi računa o nosivosti poklopacu u odnosu na položaj revizionog silaza.

Kanalizaciona mreža je urađena kao gravitaciona. Na mestu ispusta otpadne vode u recipijent, predviđena je crpna stanica. U ovom delu, predviđena je i izgradnja privremenog postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda. Sakupljena atmosferska voda se odvodi direktno u recipijent, dok se otpadne vode iz fekalne kanalizacione mreže odvede na prečistač. Kod opšteg sistema, sva prikupljena voda odvodi se na prečistač.

4. PREDLOG IZBORA NAČINA PREČIŠĆAVANJA OTPADNIH VODA I REŠENJE PRIKLJUČENJA KANALIZACIONE MREŽE NA CENTRALNI PREČISTAČ

Predmetno naselje spada u grupu manjih naselja i na osnovu stavki navedenih u uvodnom poglavlju ovog rada, može se zaključiti da bi odabir SBR tehnologije ili eventualno prečišćavanje korišćenjem zemljišta bilo jedno od mogućih rešenja. Naravno, pri odabiru odgovarajućeg prečistača, potrebno je sagledati ekonomsku isplativost takvog projekta i mogućnost formiranja tima stručnjaka.

Pri spajanju kanalizacione mreže Romskog naselja na centralni prečistač, koji je u fazi projektovanja, treba premostiti prepreku, tj. Dunavac. Rešenje za ovaj problem je izgradnja potisnog cevovoda koji bi se postavio uz nadvožnjak.

5. ZAKLJUČAK

Kada se sagledaju karakteristike oba analizirana sistema, može da se zaključi da je separacioni sistem povoljniji sa tehničko-tehnološkog aspekta, jer svaka je mreža prilagođena količini, kvalitetu i osobinama vode koju provodi. Samim tim, opterećenje postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda je daleko manje što utiče na izbor jednostavnijeg i ekonomski povoljnijeg postrojenja. Kanalizacioni sistem opšteg tipa je po pravilu najjeftiniji u pogledu gradnje kanizacionih kolektora, jer se umesto dve kanizacione mreže gradi samo jedna. Međutim, zbog prečišćavanja velikih količina vode koja se nalazi u kanalima i zbog česte potrebe za izgradnjom dodatnih objekata (preliva, ispusta, retenzionih bazena i sl.) ovaj sistem postaje pogonski i investiciono nepovoljniji.

6. LITERATURA

- [1] D. Đurić, "Snabdevanje vodom za piće", Novi Sad, 2006.
- [2] S. Kolaković, S. Trajković, "Hidrotehničke melioracije – Odvodnjavanje", Novi Sad-Niš, 2006.
- [3] M. Milojević, "Snabdevanje vodom i kanalisanje naselja", Beograd, 1995.
- [4] D. Uzelac, "Skripta sa predavanja iz predmeta Hidromašinska oprema"
- [5] D. Ljubisavljević, B. Babić, A. Đukić, B. Jovanović, „Komunalna hidrotehnika – Primeri iz teorije i prakse“, Beograd, 2001.
- [6] <http://www.cecra.dh.pmf.uns.ac.rs/OkrugliSto-Otpadne%20vode.pdf>

Kratka biografija:



Tamara Dražić rođena je u Apatinu 1983. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstvo – Hidrotehnički smer, odbranila je 2012. god.

IZBOR TIPRA GLAVNIH NOSAČA RASPONA $L=24$ m U FUNKCIJI EKONOMIČNOSTI**SELECTION OF THE MAIN GIRDERS TYPE AS A FUNCTION OF THE COST EFFECTIVENESS FOR SPAN $L=24$ m**Marina Pešić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

Kratak sadržaj – U radu je data analiza AB montažnih glavnih nosača - "A" nosača, rešetkastih nosača i AB nosača sa čeličnom zategom, za fiksni raspon od $L=24$ m. Razmatrane su usvojene dimenzije glavnih nosača za podužne raspone $\lambda=8.0$ m i $\lambda=12.0$ m. U poslednjem delu je dato poređenje usvojenih nosača, na osnovu koga su donešeni zaključci o ekonomskoj isplativosti istih.

Abstract – This paper presents the analysis of the main prefabricated RC girders - "A" girders, trusses and RC girders with steel tie, for a fixed span of $L = 24$ m. Adopted dimension of the main girders were considered for the longitudinal spans $\lambda = 8.0$ m and $\lambda = 12.0$ m. In the last part, comparative analysis of the adopted girders is given, according to which the conclusions about cost effectiveness are derived.

Ključne reči: Armirani beton, montažni sistem, glavni nosači, ekonomičnost AB nosača

1. UVOD

Kao jedna od najstarijih privrednih grana, građevina se kroz vekove razvijala i menjala u skladu sa razvojem ljudskih misli, paralelno sa razvojem ostalih tehnologija. Današnje vreme zahteva maksimalnu racionalnost u svakom smislu, naročito ekonomskom. Stoga se montažni tip građenja pokazao efikasnim, kako zbog racionalnijeg utroška materijala, tako i vremena izgradnje.

1.1. Cilj istraživanja

U ovom radu se istražuje dobijanje najekonomičnijeg rešenja za armiranobetonske montažne nosače raspona $L=24.0$ m. Analiziraju se: „A” nosači, rešetkasti nosači i AB nosači sa zategom van betonskog preseka. Nosači su na razmaku od $\lambda=8.0$ m i $\lambda=12.0$ m, čime se varira opterećenje. Pri povećanju opterećenja, povećavaju se i dimenzije preseka.

Polazeći od dimenzija koje se mogu pretpostaviti na osnovu iskustvenih (empirijskih) formula, usvojene su početne dimenzije nosača. Daljim proračunom dimenzije su varirane na taj način da se odnos statičkih uticaja od sopstvene težine i ukupnog opterećenja smanjuje, ali ne van realnih veličina koje bitno utiču i na druge elemente objekta. Na taj način je postignut balans između optimalnih dimenzija nosača, uticaja u nosaču i njegove cene na tržištu.

2. MONTAŽNA GRADNJA

Da bi primena montažnih konstrukcija bila ekonomična potrebno je predvideti i obezbediti dobar kvalitet materijala i rada. Pre usvajanja montažnog konstruktivnog sistema treba razmotriti način montaže. Težine elemenata treba da budu (ukoliko je to moguće) u što većoj meri ujednačene, da bi se pravilno koristio rad dizalica. Montaža treba da se obavlja bez prekida i da omogućuje sukcesivnu predaju objekta. Težiti montiranju elemenata, ako se prevoze, neposredno sa vozila.

Spojeve i veze za sve faze građenja treba projektovati jednostavne, lake za izvođenje i unificirane. Veoma je važno strogo poštovati projektovane mere bezbednosti pri radu.

Prednost montažnih nad klasičnim konstrukcijama je u mogućnosti racionalnog oblikovanja elemenata. Primenom "T", "I", kao i složenijih poprečnih preseka smanjuje se sopstvena težina elemenata, a nosivost ostaje očuvana. Montažni betonski elementi izrađuju se uglavnom serijski, u zatvorenim proizvodnim pogonima, gde prilagođena tehnologija zbog visokog učešća mehanizacije i automatizacije može znatno da smanji utrošak materijala i troškova izrade, a da se pri tom još poveća kvalitet izrade [1].

Dobar kvalitet betona je velika prednost montažnih konstrukcija, koja se postiže pravilnom ugradnjom betona, kao i korišćenjem većih marki betona. Kvalitet je na strani montažne gradnje i zbog kontrole kvaliteta betona i kontrole sastava betona. Primena montažne gradnje dovodi do brže i jeftinije izgradnje objekata, smanjenja količine ljudskog rada, kao i smanjenja količina završnih radova.

Međutim, montažna gradnja ima i svojih nedostataka. Potrebna su velika početna ulaganja u pogone - fabrike za proizvodnju elemenata, ona su opravdana tek sa serijskom proizvodnjom. Povećani su troškovi transporta, jer se gotovi elementi moraju dovesti iz fabrike do gradilišta. Ovi troškovi se mogu smanjiti dobrom organizacijom ili izradom elemenata na samom gradilištu. Teškoću pri građenju predstavljaju mnogobrojne spojnice.

Uslovi primene montažnih konstrukcija su veoma široki, a ekonomski uspeh zavisi od pravilnog rešenja svih osnovnih elemenata koji ih sačinjavaju. Pri tome je potrebno naglasiti da svaki od njih treba da bude najbolje rešen i, što je najvažnije, ostvaren kao takav. U suprotnom dovodi se u pitanje opravdanost i ekonomičnost primene montažnih konstrukcija.

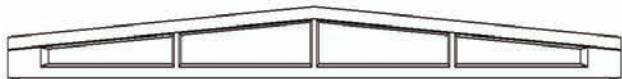
NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Zoran Brujić, docent.

3. VRSTE NOSAČA

3.1. „A“ nosači

Nosač je statičkog sistema proste grede, dominantno opterećene na savijanje. Silueta nosača se projektuje tako da približno prati promenu momenata savijanja. Promenljiva visina nosača određena je nagibom krovnih ravni. Izgled nosača prikazan je na slici 1.



Slika 1. - Izgled armiranobetonskog „A“ nosača

Velika sopstvena težina ima značajan uticaj, što je kod ovog nosača nepovoljno. Optimalan oblik poprečnog preseka je određen potrebnom nosivošću pritisnute zone betona, kao i minimiziranjem zategnute površine betonskog preseka na meru dovoljnu za smeštaj i pravilno vođenje armature [5]. U cilju optimizacije usvojen je presek „I“ oblika.

Nosač se radi u metalnim kalupima postavljenim vertikalno, tako da nakon skidanja oplata ostaje u eksploacionom položaju. Transport, podizanje i montaža nosača vrši se u istom položaju. Za promenu položaja nosača bilo bi neophodno računati i sa uticajima u drugom položaju i dodatno armirati, što izaziva nepotrebne dodatne troškove. Gotovi nosači su dužine koja je veća od standardnih vozila za prevoz u drumskom saobraćaju, što dodatno utiče na cenu prevoza gotovih elemenata. Za veću seriju nosača preporučuje se prefabrikacija na gradilištu.

3.2. Rešetkasti nosači

Oblik rešetke zavisi od nagiba krovne ravni, položaja krovnog pokrivača u odnosu na pojasne štapove i stinjenosti ($H/L=1/10-1/7$) [2]. Na slici 2 je prikazan renderovan model rešetke. Pri izboru oblika rešetke poželjno je da se ravan oslanjanja nalazi iznad težišta ukupne njene mase, zbog autostabilnosti. Najčešće se izvode za raspane od 15 do 30 m. Mali utrošak materijala čini ih racionalnim elementima i konkurentnim drugim vrstama nosača.



Slika 2. - Renderovan prikaz modela rešetke

Prefabrikacija rešetkastih nosača se najčešće izvodi u horizontalnom položaju, u paketima, jedan iznad drugog, ili pojedinačno.

Nakon očvršćavanja betona i skidanja oplata, ispravljaju se u vertikalni položaj u kojem se vrši njihov transport i montaža. Obavezna je kontrola stabilnosti nosača za sve predeksploatacione faze.

3.3. AB nosač sa čeličnom zategom

Osnovni oblik nosača je tip dvopojasnih štapova. Gornji pojas nosača je armiranobetonska greda koja je oslonjena na stub i vertikalni čelični deo – razupirač, koji razupire betonski deo i čeličnu zategu, i kao takva čini kontinualnu gredu. Renderovan model nosača prikazan je na slici 3.



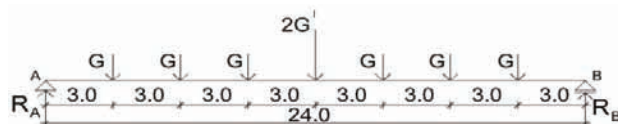
Slika 3. - Renderovan prikaz modela nosača sa zategom

Gornji pojas je iz dva betonska dela koji se na vrhu spajaju visokovrednim zavrtnjima preko anker ploča i cevi kojom se formira zglob. Promena visine, tj. razmaka gornjeg i donjeg pojasa, ne utiče znatno na povećanje količine materijala i zato je kod ovog nosača najracionalnije rešavanje stabilnosti nosača povećanjem visine. Donji pojas je zatega od okrugle debelozidne cevi preseka određenog iz uslova dozvoljenih napona zezatanja u čeliku, i opterećen je isključivo na zatezanje.

4. ANALIZA OPTEREĆENJA

Opterećenja koja su korišćena pri proračunu nosača su: stalno opterećenje, opterećenje snegom i opterećenje vetrom. Stalno opterećenje čine sopstvena težina nosača, i težina krovnog pokrivača $g=0.22\text{kN/m}^2$ krovne ravni. Opterećenje od snega uzeto je $s=0.75\text{kN/m}^2$. Dejstvo vetra je sišuće $q_w=-0.975\text{kN/m}^2$ i smanjuje uticaje u svim presecima nosača. Izuzimanjem dejstva vetra iz proračuna dobijamo nepovoljniju kombinaciju opterećenja. U proračunu uticaj vetra nije razmatran, a to je na strani sigurnosti.

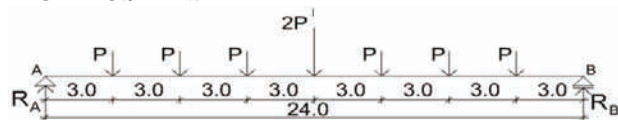
Opterećenje se sa krovne ravni preko rožnjača raspona 8.0 m i 12.0 m prenosi na nosače kao koncentrisano, kako je prikazano na slikama 4 i 5.



Slika 4. - Stalno opterećenje

Za razmak nosača $\lambda=8.0$ m koncentrisane sile od težine krovnog pokrivača i sopstvene težine rožnjača su:

$G = 26.0\text{ kN}$ i $2G' = 46.68\text{ kN}$, a za $\lambda=12.0$ m $G=76.92\text{ kN}$ i $2G' = 145.92\text{ kN}$.



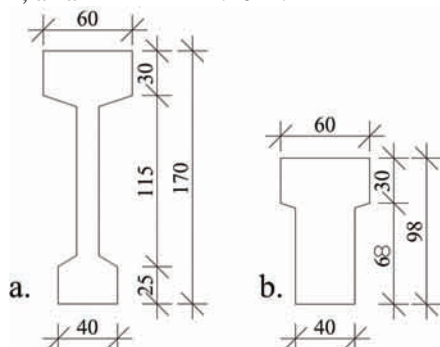
Slika 5. - Povremeno opterećenje

Za razmak nosača $\lambda=8.0$ m koncentrisane sile od težine snega su: $P=2P'=18.0\text{ kN}$, a za $\lambda=12.0$ m $P=2P'=27.0\text{ kN}$.

5. DIMENZIJE NOSAČA

Poprečni preseki „A“ nosača za $\lambda=8.0$ m prikazani su na slici 6. Poprečni presek u sredini nosača je oblika „T“ (slika 6a), a na osloncu oblika „T“ (slika 6b). Dimenzije flanši su iste za razmak nosača $\lambda=8.0$ m i $\lambda=12.0$ m. Dimenzije gornje flanše usvojene su iz uslova obezbeđenja naleganja rožnjača, ali i da bi se sprečilo izbočavanje nosača. Dimenzije donje flanše nosača usvojene su tako da obezbeđuju pravilno raspoređivanje

armature prema PBAB-u [3] i omogućuju potrebnu površinu naleganja na stub. Visina nosača za $\lambda=8$ m je $H=1.70$ m, a za $\lambda=12$ m $H=2.10$ m.



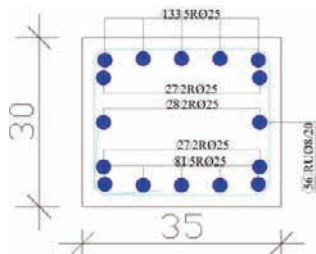
Slika 6. Poprečni preseki "A" nosača, $L=24.0$ m, $\lambda=8.0$ m

Rebro "A" nosača je ojačano vertikalnim ukrucenjima, širine 20 cm, sa vutama, zbog lakše demontaže oplata. Ojačanja sprečavaju izbočavanje rebra nosača.

Povećanjem visine nosača smanjuje se veličina ugiba, kao i potrebna armatura, povećava se količina betona ali uzimajući u obzir malu debljinu rebra, to nije od velikog uticaja. Bilo je potrebno naći povoljan odnos svih parametara tako da nosač bude maksimalno iskorišćen, tj. racionalizovan.

Rešetkasti nosač sa razmakom rožnjača $\lambda=8$ m, usvojen je sa sledećim dimenzijama: gornji pojas $b/d=40/30$ cm; donji pojas $b/d=30/25$ cm; štapovi ispune $b/d=20/20$ cm. Visina nosača je $H=2.0$ m.

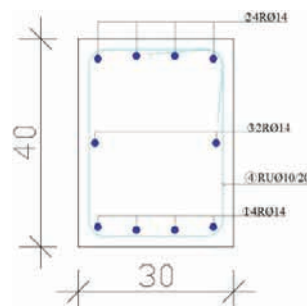
Rešetkasti nosač sa razmakom rožnjača $\lambda=12$ m, usvojen je sa sledećim dimenzijama: gornji pojas $b/d=40/50$ cm; donji pojas $b/d=35/30$ cm; štapovi ispune $b/d=25/25$ cm. Visina nosača je $H=2.4$ m. Na slici 7 je prikazana usvojena armatura u sredini raspona donjeg pojasa rešetke.



Slika 7. Presek donjeg pojasa rešetkastog nosača, $L=24.0$ m, $\lambda=12$ m

Betonski deo nosača sa zategom je dimenzija $b/d=30/40$ cm, za nosače na podužnom razmaku $\lambda=8.0$ m. Visina nosača je $H=2.40$ m. Za nosače na razmaku $\lambda=12$ m dimenzije betonskog dela su $b/d=40/50$ cm, a usvojena visina nosača je $H=3.0$ m. Kod betonskog dela ovih nosača veća visina preseka daje povoljnije rezultate ugiba. Racionalizacija betonskog preseka moguća je izradom sandučastog preseka ili dva paralelno postavljena betonska nosača, koji su međusobno povezani betonskim blokovima. Oplata za ovaj tip preseka je komplikovana i zahteva veći utrošak materijala i rada za izradu. Cena oplata može značajno da utiče na konačnu odluku pri projektovanju.

Na slici 8 dat je poprečni presek sa usvojenom armaturom betonskog dela nosača sa zategom, $L=24.0$ m, $\lambda=8.0$ m.



Slika 8. Presek betonskog dela nosača sa zategom, $L=24.0$ m, $\lambda=8$ m

6. UPOREDNA ANALIZA NOSAČA

Analiza nosača na osnovu statičkih parametara izvedena je upoređivanjem opterećenja od sopstvene težine i ukupnog opterećenja koje deluje na nosač.

$$D_{min} = U_g / U_{(g+G+P)} \quad (1)$$

D_{min} - najpovoljnije dimenzionisan nosač; U_g - opterećenje od sopstvene težine nosača; $U_{(g+G+P)}$ - ukupno opterećenje

$$U_{g+G+P} = g + 6 \times G + 2G' + 6 \times P + 2P'$$

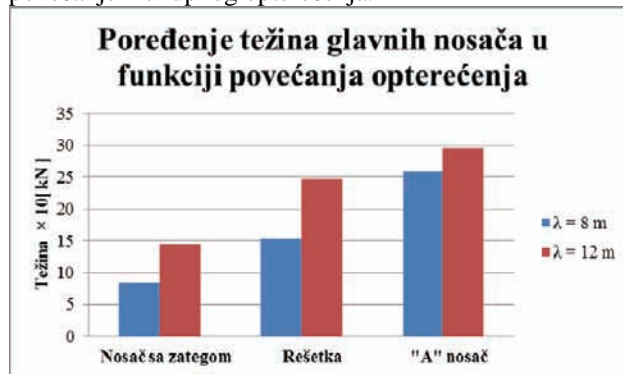
g (kN)- sopstvena težina posmatranog nosača

Tabela 1. Odnos opterećenja od sopstvene težine i ukupnog opterećenja

Nosači		D_{min} . [%]
Nosač sa zategom	$\lambda=8$ m	20.4
Nosač sa zategom	$\lambda=12$ m	15.3
Rešetkasti nosač	$\lambda=8$ m	31.8
Rešetkasti nosač	$\lambda=12$ m	23.7
"A" nosač	$\lambda=8$ m	44.0
"A" nosač	$\lambda=12$ m	27.1

Na osnovu učešća sopstvene težine nosača u ukupnom opterećenju najpovoljniji odnos dobija se kod AB nosača sa zategom, a najnepovoljniji kod "A" nosača.

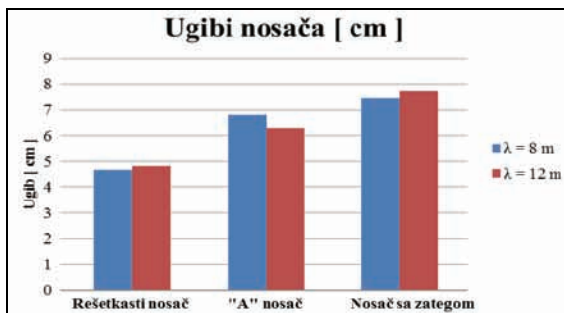
Za usvojene nosače analizirane su promene težina sa povećanjem ukupnog opterećenja.



Slika 9. Težine glavnih nosača

Iz rezultata prikazanih na slici 9 vidi se da je sa povećanjem λ , tj. opterećenja, povećana i težina nosača. Povećanjem opterećenja sa $\lambda=8$ m na $\lambda=12$ m "A" nosač je povećao sopstvenu težinu za 14.18%, rešetkasti nosač za 61.09%, a nosač sa zategom za 70.73 %.

Karakteristično je za sve razmatrane nosače da je dozvoljeni ugib granični uslov koji određuje dimenzije nosača.



Slika 10. – Ugibi nosača

Smanjenjem dimenzija betonskog preseka radi racionalizacije smanjuje se krutost nosača, a samim tim povećava veličina ugiba. Ugib nosača se smanjuje povećanjem visine, koja treba da je u granici koja ne utiče na povećanje drugih delova objekta. Na osnovu slike 10 može se zaključiti da kod rešetkastog nosača postoji mogućnost veće racionalizacije. Racionalizacija bi se sastojala u smanjivanju dimenzija gornjeg pojasa. Ograničenje u ovoj racionalizaciji, veličine preseka gornjeg pojasa, je u obezbeđenju površine naleganja rožnjaca, kao i u sprečavanju izbočavanja nosača. Donji pojas se ne može dalje racionalizovati jer je dimenzija određena iz uslova raspoređivanja armature u preseku u skladu sa PBAB-om [4]. Najveća racionalizacija je ostvarena kod nosača sa zategom jer su ugibi vrlo blizu dozvoljenim.

Izbor nosača na osnovu ekonomičnosti:

$$E = C_{\min} / T \quad (2)$$

E – ekonomičnost; C_{\min} - najmanja tržišna cena nosača; T- troškovi proizvodnje nosača

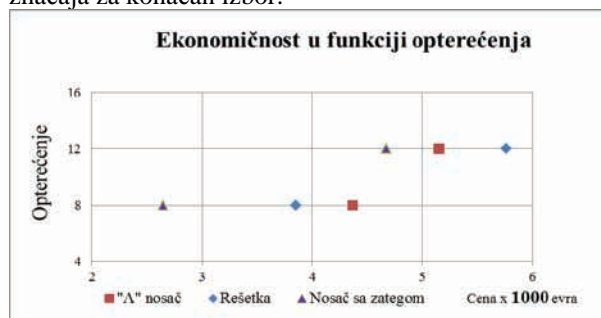
Za vrednost C_{\min} usvojena je najveća cena troškova izrade nosača uvećana za 5%, kao najmanja tržišna cena.

Za $\lambda=8.0$ m merodavna je vrednost troškova izrade "A" nosača uvećana za 5%, $C_{\min}=4588.0$ evra, a za $\lambda=12.0$ m vrednost troškova izrade rešetkastog nosača uvećana za 5%, $C_{\min}=6054.0$ evra.

Tabela 2. Podaci o ekonomičnosti nosača

Nosači		T[evra]	E
Nosač sa zategom	$\lambda=8m$	2651.0	1.730
Rešetkasti nosač	$\lambda=8m$	3854.0	1.190
"A" nosač	$\lambda=8m$	4369.0	1.050
Nosač sa zategom	$\lambda=12m$	4674.0	1.295
Rešetkasti nosač	$\lambda=12m$	5765.0	1.050
"A" nosač	$\lambda=12m$	5155.0	1.174

Podaci o ekonomičnosti razmatranih nosača su od velikog značaja za konačan izbor.



Slika 10. – Dijagram ekonomičnosti

Na slici 10 date su vrednosti cena nosača za $\lambda=8.0$ m i $\lambda=12.0$ m, na osnovu kojih je definisana ekonomičnost.

Vrednosti cena nosača dobijene su na osnovu utvrđenih količina i jediničnih cena materijala i rada za svaki nosač. Upoređivanjem sa rešetkastim nosačem, nosač sa zategom je na dijagramu paralelno pomeren tako da je konstantno jeftiniji od rešetke. Ovo je posledica konstantne razlike u količinama betona i dela armature koja je potrebna za donji pojas rešetke, kao i betona i armature u štapovima ispune rešetke.

Investitori uvek zahtevaju od projekatara upravo rešenja koja su najekonomičnija, tj. rešenja za koja je potrebno najmanje ulaganje za izgradnju objekta odgovarajuće namene. Kod razmatranih nosača rezultati ukazuju na to da je armiranobetonski "A" nosač ekonomičniji od rešetkastog nosača za manja opterećenja, a rešetkasti nosač za veća opterećenja. Ako ove rezultate uporedimo sa rezultatima armiranobetonskog nosača sa zategom van betonskog preseka, evidentno je da je ovaj nosač najekonomičniji u svim slučajevima.

7. ZAKLJUČAK

Najveća racionalizacija ostvarena je kod nosača sa zategom jer su ugibi vrlo blizu dozvoljenim. Činjenica da su kod AB nosača sa čeličnom zategom dimenzije betonskog preseka određene prema silama pritiska, zatega dimenzionisana prema sili zatezanja, ukazuje na to da je ovaj nosač maksimalno iskorišćen po dozvoljenim naponima u materijalu.

Razmatrani nosači su ekonomski opravdani za raspone do 25 m, i opterećenjem koje se dobija sa rožnjačom do 10 m. U praksi rožnjače su najčešće dužine 5 m, 6 m, 8 m i 10 m. Rožnjače od 12 m, i veće, retko se primenjuju.

Za raspon nosača veći od 25.0 m i rožnjače raspona većeg od 10.0 m javlja se značajno povećanje sopstvene težine, samim tim i povećanje uticaja i dimenzija nosača. Preko navedenih raspona glavnih nosača i rožnjača, nosači se rade sa prednapretnjem. Praktično, to znači da se korišćenjem materijala sa većim dopuštenim naponima, smanjuju dimenzije nosača, a samim tim sopstvena težina istih za isto ili veće opterećenje.

8. LITERATURA

- [1] Grupa autora: „Montažni građevinski objekti”, Ekonomika, Beograd 1983.
- [2] Zoran Brujić, Materijal sa predavanja – „Linijski elementi”, 2009.
- [3] Grupa autora: „BETON I ARMIRANI BETON prema BAB 87, knjiga 1”, Građevinska knjiga, Beograd, 1991.
- [4] Grupa autora: „BETON I ARMIRANI BETON prema BAB 87, knjiga 2”, Građevinska knjiga, Beograd, 1991.
- [5] Živorad Radosavljević, Dejan Bajić: „Armirani beton 3”, Građevinska knjiga, Beograd, 2008.

Kratka biografija:



Marina Pešić rođena je u Užicu, 13.11. 1987. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstvo – Konstrukcije odbranila je 2012. god.

ANALIZA DEONICE VODOTOKA REKE MORAVICE PRIMENOM PROGRAMSKOG PAKETA „HEC-RAS“**ANALYSIS OF RIVER STREAM SECTION OF MORAVICA USING SOFTWARE „HEC-RAS“**Andrea Salvai, Srđan Kolaković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

Kratak sadržaj – U radu je analiziran uticaj na strujanje izgrađenih objekata u rečnom toku Golijske Moravice primenom 1D hidrauličkog modela. Simulacija je izvršena primenom programskog paketa „HEC-RAS“. Dobijeni rezultati ukazuju na malu propusnost profila reke gde je izgrađen most kao i na probleme pri nailasku poplavnog talasa. Na osnovu ovih analiza daju se smernice za regulaciju reke i rešenje propusne moći pri nailasku velikih voda.

Ključne reči: Golijska Moravica, hidraulički proračun, most, kaskada, „HEC-RAS“

Abstract – This paper shows influence of structures on flow of the Golijska Moravica river using 1D hydraulic model. Simulation is done in software „HEC-RAS“. Given results point out on low permeability of cross-section of the river at the point where the bridge was constructed and also point out on problems in time of flood wave propagation. Guidelines on regulation of the river flow and solution of throughput capacity in time of flood wave propagation are given based on these analysis.

Key words: Golijska Moravica, hydraulic computation, bridge, cascades, „HEC-RAS“

1. UVOD

Reka Golijska Moravica (Moravica), koja se nalazi u zapadnoj Srbiji, zbog nepravilnog oblika korita, velikog broja krivina i velike erozije često se izliva pri nailasku velikih voda. Da bi se zaštitilo područje u blizini reke, sačuvale poljoprivredne površine i naselja, potrebno je izvršiti regulaciju vodotoka. Idejnim projektom „HIDROZAVODA DTD“ predlaže se regulisanje korita nasipima i oblaganje kosina žičanim gabionima [1]. U daljem radu, korišćenjem predloženih načina regulisanja reke, vršen je hidraulički proračun dela toka Moravice u dužini od 4.140 m. Proračun je vršen upotrebom softverskog paketa HEC-RAS čije su teorijske osnove kao i primena prikazani u radu.

HEC-RAS je program pomoću kojeg se znatno brže i jednostavnije analiziraju otvoreni tokovi.

2. PRIKAZ KARAKTERISTIKA ANALIZIRANOG DELA REKE MORAVICE

Prirodni tok reke Moravice uzvodno od ušća sa rekom

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Srđan Kolaković, red. prof.

Rzavom je nepravilnog oblika sa mnogobrojnim meandrima i obalom koja je podložna rušenju. Pri nailasku velikih voda dolazi do erozije korita, plavljenja poljoprivrednog zemljišta, ugrožavanja saobraćajnica, industrijskih i stambenih objekata.

Idejnim projektom „HIDROZAVODA DTD“ predlaže se regulisanje korita nasipima sa kosinama na nebranjenoj strani od 1:1. Kosine se oblažu lomljenim kamenom dimenzija 10-20 cm u žičanim gabionima, (tzv. „reno“ madracima) na podlozi od geotekstila i plastične folije-geomembrane [1]. U daljem radu biće prikazan hidraulički proračun regulisanog dela toka reke Moravice upotrebom programskog paketa HEC-RAS. Korišćeni su poprečni profili iz idejnog projekta, koji odgovaraju obliku uređenog vodotoka. Analizirana je deonica dužine od 4.140 m koja se nalazi između stacionaža 0+885 km i 5+025 km. Merenje stacionaža je vršeno od ušća reka Moravice i Rzave. Na posmatranoj deonici se nalazi kaskada na stacionaži 3+911 km i most na stacionaži 2+944 km. U proračunu je korišćen Manningov koeficijent od 0,035 koji se usvaja prema iskustvima pri upotrebi „reno“ madraca. Pored opisa unosa podataka i proračuna pri niskom vodostaju, korišćeni su i proticaji pri nailasku velikih voda. Prema podacima Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije, proticaj za 2% povratni period iznosi $Q_{2\%} = 367 \text{ m}^3/\text{s}$, a za 1% povratni period iznosi $Q_{1\%} = 433 \text{ m}^3/\text{s}$.

3. TEORIJSKA OSNOVA HEC-RAS-a**3.1. Opšte karakteristike**

Programski paket HEC-RAS je koncipiran da simulira 1D hidrauličke proračune za celokupnu hidrografsku mrežu prirodnih ili veštačkih vodotoka sa različitim formama poprečnog preseka, odnosno služi za:

- izračunavanje linije nivoa-vodenog ogledala u uslovima stacionarnog tečenja,
- simulaciju nestacionarnog tečenja,
- proračun transporta nanosa / promenu oblika poprečnog preseka,
- analizu kvaliteta vode [4].

3.2. Klasifikacija tečenja

Klasifikacija tečenja je izvršena na osnovu promene hidrauličkih parametara u vremenu i prostoru:

- stacionarno i nestacionarno tečenje,
- jednoliko i nejednoliko tečenje,
- tečenje prelaznim režimima,
- mirno i burno tečenje.

3.2.1. Teorijska osnova za slučaj stacionarnog tečenja
 Polazeći od zakona održanja energije, Daniel Bernuli (D. Bernoulli) je 1738. godine postavio jednu od najznačajnijih jednačina u hidraulici, koja za slučaj stacionarnog kretanja realne tečnosti glasi:

$$Z_1 + h_1 + \frac{\alpha v_1^2}{2g} = Z_2 + h_2 + \frac{\alpha v_2^2}{2g} + h_w, \quad (1)$$

gde su: Z_1, Z_2 - položajne kote dna u posmatranim profilima u odnosu na referentnu ravan, h_1, h_2 - dubine vode u posmatranim profilima, $Z_1 + h_1$ i $Z_2 + h_2$ - potencijalna energija jedinice težine tečnosti u odnosu na usvojenu referentnu ravan, v_1, v_2 - srednja brzina u poprečnom preseku, h_w - izgubljena energija jedinice težine tečnosti pri njenom premeštanju, $\frac{\alpha v_1^2}{2g}$ - kinetička

energija jedinice težine tečnosti.

Gubici koji ulaze u proračun ukupnih gubitaka nastaju usled trenja i neprizmatičnosti korita:

$$h_w = L \times S_f + C \left(\frac{\alpha v_1^2}{2g} - \frac{\alpha v_2^2}{2g} \right), \quad (2)$$

gde su: L - dužina deonice, S_f - pad linije energije usled trenja, C - koeficijent gubitaka na bočno suženje i proširenje toka (kontraktija i ekspanzija površine živog preseka) [3].

3.2.2. Teorijska osnova za slučaj nestacionarnog tečenja

Ova komponenta hidrauličke analize omogućuje simulaciju nestacionarnog tečenja kroz čitavu mrežu otvorenih vodotoka. Zakoni fizike koji opisuju tečenje u vodotoku su:

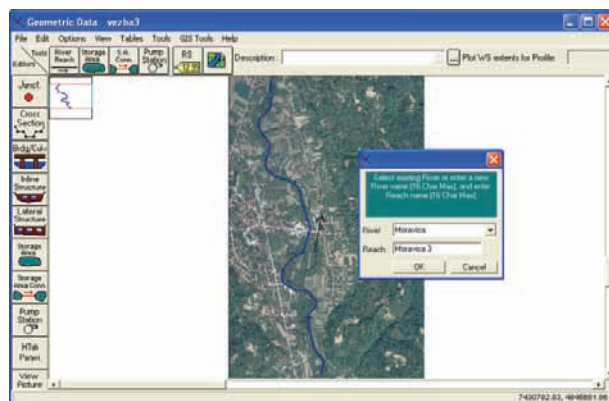
- zakon održanja mase (jednačina kontinuiteta),
- zakon održanja količine kretanja (jednačina održanja količine kretanja) [3].

4. PRORAČUN TEČENJA ISPOD MOSTA I PREKO KASKADE

4.1. Unos podataka

Pri startovanju programa prvo je izabran SI sistem jedinica „Options > Unit system...“ i snimljen projekat: „File > Save Project As...“. Da bi se izvršio unos trase vodotoka neophodno je u HEC-RAS učitati odgovarajuću georeferenciranu podlogu (topografsku kartu, ortofoto, itd.). To je izvršeno u prozoru „Geometric Data“ klikom na opciju „Add/Edit background pictures“. Sam unos trase vodotoka se vrši alatom „River Reach“. Jednostavno se kursorom prati trasa vodotoka po učitanj podlozi. Treba obratiti pažnju da se digitalizacija započinje od najuzvodnije tačke pa nizvodno, u pravcu toka. Digitalizacija se završava dvoklikom. Nakon toga potrebno je i uneti naziv vodotoka i naziv deonice vodotoka (slika 1). U sledećim koracima uneti su podaci o geometriji poprečnih preseka korita i hidraulički parametri. Unete su: stacionaže poprečnih preseka (River Station), koordinate karakterističnih tačaka poprečnih preseka (Cross Section Coordinates), rastojanje od leve obale (Station), kota (Elevation), rastojanje posmatranog preseka u odnosu na nizvodni presek mereno duž glavnog korita i inudacije (Downstream Reach Lengths), Maningov koeficijent hrapavosti (Manning's n values), položaji prelomnih tačaka kojima je ograničeno glavno

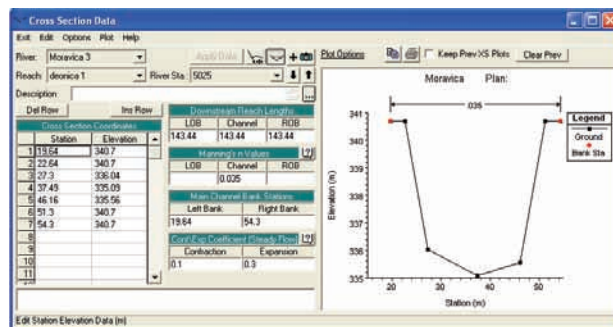
korito (Main Channel Bank Stations), podaci o koeficijentima lokalnih gubitaka na suženje i proširenje toka (Cont\Exp Coefficient).



Slika 1. Georeferencirana podloga sa unesenom trasom vodotoka

Unos navedenih podataka vršio se u prozoru „Cross Section Data“: „Edit > Geometric data > Cross Section“.

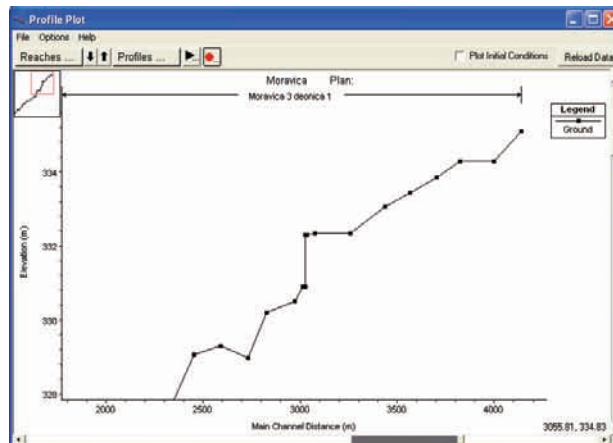
Napomena: prvo se unosi najuzvodniji poprečni presek, a zatim se redom unose nizvodni preseki. Vizuelni pregled unetih poprečnih preseka je prikazan u prozorima „Geometric Data“ i „Cross Section Data“ (slika 2).



Slika 2. Prozor „Cross Section Data“ u kojem je prikazan poprečni presek na stacionaži 5025

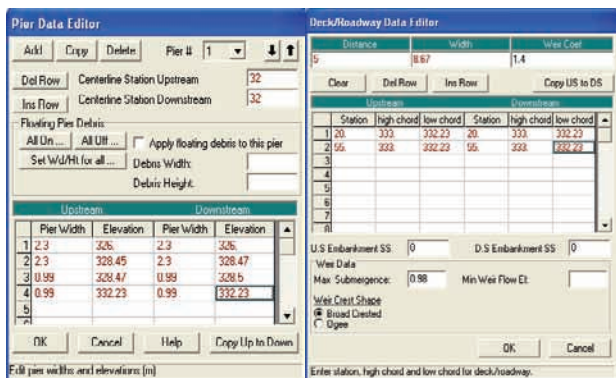
Nakon unosa snimljeni su podaci: „File > Save Geometric Data As...“.

U program je uneta kaskada trapeznog preseka sa vertikalnim stepenikom, bez bučnice. Kaskada je predstavljena sa četiri preseka, stacionaže 3920, 3912, 3911.99 i 3900, i može se detaljnije pogledati u prozoru „Cross Section Data“ ili u „Profile Plot“ (slika 3).



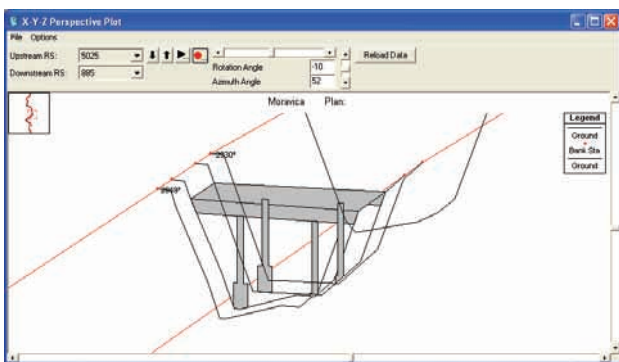
Slika 3. Prozor „Profile Plot“ u kojem je prikazan podužni presek kaskade

Na stacionaži 2944 unet je most. Uobičajena praksa kod mostova je da se u proračunima gubitka energije zbog strukture koriste četiri poprečna preseka koji su unapred definisani. Tokom hidrauličkih proračuna, program automatski formuliše dva dodatna poprečna preseka unutar konstrukcije mosta. Geometrijske karakteristike mosta su unete u prozoru „Geometric Data“, opcija „Bridges and Culverts“. Prvo je uneta stacionaža na kojoj se nalazi most: „Bridge Culvert Data > Options > Add a Bridge and/or Culvert“. Zatim su unete dimenzije gornje konstrukcije mosta, klikom na ikonu „Deck/Roadway“. Rastojanje uzvodne strane platforme mosta do prvog uzvodnog preseka (Distance) iznosi 5 m. Širina (Width) mosta iznosi 8,67 m. Dodeljena vrednost (default value) koeficijenta preliivanja (Weir Coef) iznosi 1,4. Koordinate karakterističnih tačaka platforme mosta prikazane su na slici 5, „Station“ označava rastojanje od leve obale, a „high chord / low chord“ su kote gornje i donje ivice platforme mosta. Izabrana je opcija preliivanja preko širokog praga (Weir Crest Shape > Broad Crested). Nakon toga uneti su podaci o geometriji stubova mosta klikom na ikonu „Pier“. Podaci koji su uneti za jedan stub prikazani su na slici 5.



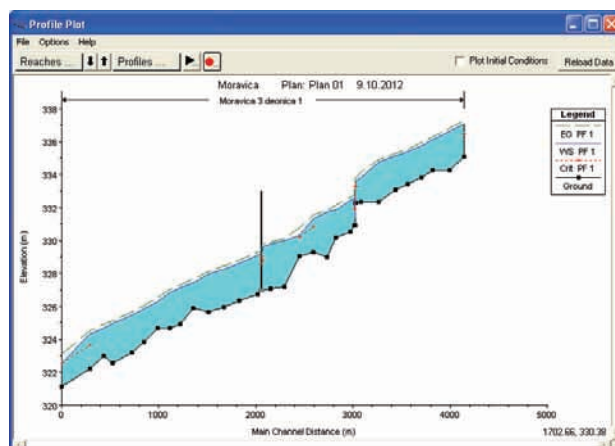
Slika 5. Prozori „Pier Data Editor“ i „Deck / Roadway Data Editor“ u kojima su prikazane dimenzije mosta

Rastojanje centralne ose uzvodne i nizvodne strane prvog stuba od leve obale (Centerline Station Upstream / Downstream) iznosi 32 m, a koordinate karakterističnih tačaka stuba su date u tabeli na slici 5. Nakon unosa podataka za prvi stub, klikom na dugme „Add“ otvara se prazan obrazac u koji je uneta geometrija drugog stuba mosta. Pregled mosta je dat u prozorima „Bridge Culvert Data“, „Geometric Data“ i „X-Y-Z Perspective Plot“ (slika 6).



Slika 6. Prozor „X-Y-Z Perspective Plot“ u kojem je prikazan most

Hidraulički proračun je izvršen za stacionarno tečenje i zbog toga je potrebno definisati protoke i granične uslove: „Steady Flow Data“. Definisnje stacionarnih uslova: „Edit > Steady Flow Data“. Nakon tog, zadat je iznos protoka: $RS = 5025$, $PF1 = 60 \text{ m}^3/\text{s}$. Zbog objekata koji se nalaze u vodotoku i zbog relativno velikog pada dna korita (3,4 ‰) na pojedinim mestima se može javiti kritična dubina, odnosno na pojedinim deonicama tečenje može biti burno. Iz navedenih razloga hidraulički proračun je izvršen za mešoviti režim tečenja (mixed flow regime). Mešoviti režim tečenja zahteva definisanje uzvodnog i nizvodnog graničnog uslova. Kao uzvodni i nizvodni granični uslov uzete su kritične dubine (Critical Depth) koje su unete u prozoru „Steady Flow Boundary Conditions“. Nakon unetih podataka snimljeni su granični uslovi: „File > Save Flow Data As...“. Nakon unošenja svih potrebnih podataka u vezi geometrije, protoka i graničnih uslova snimljen je projekat: „File > Save“, naredbom „Run > Steady Flow Analysis“ pristupilo se izvršenju proračuna. Pre samog izvršenja proračuna izabrana je opcija mešovitog režima tečenja (mixed flow regime). Rezultati kompjuterskog proračuna se mogu pregledati u grafičkom i tabelarnom prikazu. Grafički pregled: „View > Water Surface Profiles“ (slika 7), tabelarni pregled: „View > Profile Summary Table“ (slika 8).



Slika 7. Prozor „Profile Plot“ u kojem je prikazan most i kaskada

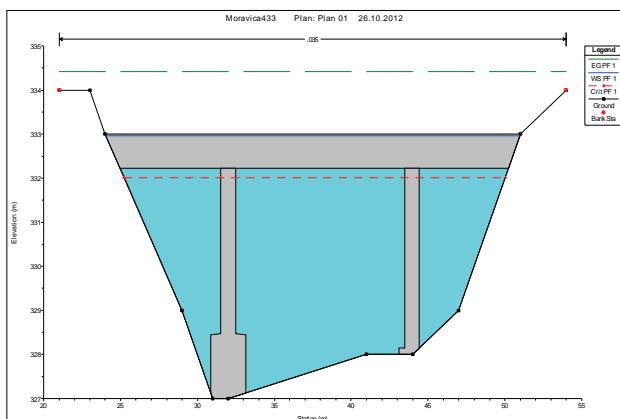
Na slici 8 je prikazan prozor „Profile Output Table – Standard Table 1“ u kojoj su prikazane zadate vrednosti protoka (Q total), kote dna kanala (Min Ch El) i rezultati proračuna: kota nivoa vode (W. S. Elev), kota kritične dubine (Crit W. S.), kota linije energije (E. G. Elev), pad linije energije (E. G. Slope), srednja brzina u koritu (Vel Chnl), površina živog preseka toka (Flow Area), širina vodenog ogleđala (Top Width) i Frudov broj (Froude # Chl). Pregledom dobijenih rezultata može se zaključiti da je tečenje stacionarno i nejednoliko. Miran režim tečenja se javlja duž celog toka osim kod kaskade, gde se javlja buran režim tečenja.

4.2. Analiza posmatranog dela toka pri nailasku velikih voda

Osim, proračuna kojim je prikazan rad HEC-RAS programa pri niskom vodostaju, analizirani su i proticaji reke Moravice pri nailasku poplavnih talasa. Korišćeni su protoci za 2% i 1% povratni period koji iznose: $Q_{2\%} = 367 \text{ m}^3/\text{s}$ i $Q_{1\%} = 433 \text{ m}^3/\text{s}$. Poprečni profil mosta pri nailasku vode 1% povratnog perioda prikazan je na slici 9.

Reach	Flow Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.5. Elev (m)	Cr W.5. Elev (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Val Chri (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Reflow #	Frroude #	Chl
deonica1	5025	PF 1	80.00	326.09	337.07	336.45	337.24	0.002694	1.87	32.03	21.39	0.49		
deonica1	4992	PF 1	60.00	334.26	336.61		336.81	0.003329	2.00	30.01	21.30	0.54		
deonica1	4377	PF 1	60.00	334.26	336.13		336.29	0.002500	1.85	32.45	21.46	0.48		
deonica1	4593	PF 1	60.00	333.04	335.75		335.95	0.003292	1.99	30.11	21.50	0.54		
deonica1	4452	PF 1	60.00	333.44	335.40		335.56	0.002319	1.78	33.77	21.64	0.45		
deonica1	4323	PF 1	60.00	333.07	335.13		335.26	0.002058	1.71	35.09	21.89	0.43		
deonica1	4145	PF 1	60.00	332.32	334.74		334.90	0.002171	1.75	34.37	22.02	0.44		
deonica1	3963	PF 1	60.00	332.34	333.80		334.17	0.003956	2.65	22.21	21.50	0.84		
deonica1	3523	PF 1	60.00	332.30	333.55	333.28	333.84	0.005701	2.34	25.61	21.54	0.63		
deonica1	3312	PF 1	60.00	332.30	333.28	333.28	333.75	0.013078	3.05	19.63	21.02	1.00		
deonica1	2911.99	PF 1	60.00	330.90	331.37	331.88	333.59	0.106319	6.60	9.09	19.67	3.12		
deonica1	2900	PF 1	60.00	330.90	332.59	331.88	332.74	0.002190	1.74	34.55	21.73	0.44		
deonica1	2856	PF 1	60.00	330.90	332.45		332.63	0.002614	1.91	31.34	19.46	0.48		
deonica1	2711	PF 1	60.00	330.20	331.87		332.12	0.004588	2.29	26.22	19.19	0.62		
deonica1	2619	PF 1	60.00	329.98	331.73		331.87	0.001927	1.64	36.56	19.18	0.38		
deonica1	2477	PF 1	60.00	329.38	331.32	330.81	331.54	0.003543	2.10	28.55	19.55	0.56		
deonica1	2338	PF 1	60.00	329.07	330.34	330.23	330.77	0.003245	2.00	20.84	16.49	0.07		
deonica1	2176	PF 1	60.00	327.17	329.98		330.13	0.001766	1.70	35.20	19.41	0.40		
deonica1	2029	PF 1	60.00	327.00	329.77		329.91	0.001452	1.61	37.32	19.20	0.37		
deonica1	2049	PF 1	60.00	327.00	329.57	328.79	328.74	0.002275	1.84	32.59	19.28	0.45		
deonica1	2044	Bridge												
deonica1	2030	PF 1	60.00	327.00	329.19		329.35	0.002054	1.79	33.55	19.37	0.43		
deonica1	2003	PF 1	60.00	326.72	329.08		329.26	0.002867	1.94	30.91	19.68	0.48		
deonica1	2709	PF 1	60.00	326.36	328.61		328.79	0.002283	1.88	31.86	19.94	0.46		
deonica1	2682	PF 1	60.00	326.53	328.27		328.44	0.002101	1.79	33.95	19.51	0.44		
deonica1	2298	PF 1	60.00	325.67	327.97		328.13	0.001919	1.75	34.26	19.59	0.42		
deonica1	2220	PF 1	60.00	325.90	327.44		327.59	0.004037	2.18	27.49	19.62	0.50		
deonica1	2107	PF 1	60.00	324.94	327.12		327.29	0.002136	1.80	33.38	19.72	0.44		
deonica1	1959	PF 1	60.00	324.67	326.82		327.02	0.002871	1.87	30.48	19.80	0.51		
deonica1	1873	PF 1	60.00	324.66	326.29		326.56	0.004676	2.29	26.17	19.51	0.63		
deonica1	1732	PF 1	60.00	323.82	325.95		326.04	0.002710	1.94	30.89	19.45	0.49		
deonica1	1610	PF 1	60.00	323.20	325.45		325.68	0.003245	2.10	28.60	19.25	0.54		
deonica1	1405	PF 1	60.00	322.57	324.96		325.12	0.002147	1.81	33.17	19.67	0.44		
deonica1	1317	PF 1	60.00	323.00	324.63		324.90	0.003045	1.99	30.10	19.81	0.52		
deonica1	1179	PF 1	60.00	322.20	324.33	323.64	324.51	0.002495	1.86	32.25	20.07	0.47		
deonica1	895	PF 1	60.00	321.12	322.54	322.54	323.09	0.012486	3.27	18.33	17.01	1.01		

Slika 8. Prozor „Profile Output Table – Standard Table 1“ u kojem su prikazani rezultati proračuna i uneti podaci



Slika 9. Poprečni profil mosta pri nailasku 1% vode

Pregledom dobijenih rezultata utvrđeno je da neće doći do izlivanja reke iz svog korita, nakon regulacije vodotoka. Međutim, utvrđeno je da postojeći otvori mostovskih stubova neće moći da propuste poplavni talas. Potrebno je dodatno regulisati korito kako bi se povećala propusna moć ili izgraditi nov most koji će biti u mogućnosti da propusti poplavni talas.

5. ZAKLJUČAK

Reka Golijska Moravica (Moravica) koja je analizirana u ovom radu ima korito nepravilnog oblika, veliki broj krivina i dno reke je veoma podložno eroziji. Zbog navedenih razloga često dolazi do njenog izlivanja pri nailasku velikih voda. Da bi se sprečile poplave potrebno je izvršiti regulaciju vodotoka. Idejnim projektom regulacije reke predviđena je izgradnja nasipa i oblaganje kosina. Proračunom velikih voda zaključeno je da će pomoću navedenih mera propusna moć korita biti veća i samim tim neće doći do izlivanja reke.

Međutim, most koji je izgrađen pre regulisanja korita nema dovoljno veliku propusnu moć, tako da će doći do njegovog preliivanja. Postoje dve mogućnosti rešenja problema male propusnosti mosta:

- izgradnja devijacije pored osnovne konstrukcije mosta za nailazak velikih voda
- izgradnja novog mosta sa većom propusnom moći

Pored ekstremnih vodostaja u radu je opisan unos podataka i pregled dobijenih rezultata za deo toka reke Moravice pri niskom vodostaju.

Posmatrana je deonica od 4.140 m na kojoj se nalaze kaskada i most. Pregledom dobijenih rezultata zaključuje se da je tečenje stacionarno i nejednoliko. Rezim tečenja je miran duž vodotoka dok se na kaskadi javlja buran režim tečenja sa potopljenim hidrauličkim skokom pri nailasku velikih voda.

Može se zaključiti da program HEC-RAS u velikoj meri pojednostavljuje i ubrzava radove vezane za projektovanje, modeliranje, simulaciju i analizu otvorenih tokova. Pregledom teorijske osnove programa HEC - RAS ustanovljeno je da su jednačine i metode koje su zastupljene u hidrauličkom proračunu fundamentalnog tipa, koje uglavnom koristi većina programa namenjenih za hidrauličke proračune otvorenih tokova. Može se zaključiti da su izračunati hidraulički parametri u granicama realnih vrednosti, čime je dokazano da se programski paket HEC-RAS može uspešno koristiti u inženjerskoj praksi.

6. LITERATURA

- [1] HIDROZAVOD DTD A.D., „Idejni projekat regulacije reke Moravice kroz Arilje od uliva reke Rzave u Moravicu pa do mosta u MZ Miroslavci“, Novi Sad, 2007.
- [2] Kolaković S., „Mere odbrana od poplava“, Skripta, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2011.
- [3] US Army Corps of Engineers - Hydrologic Engineering Center, „HEC-RAS River Analysis System Hydraulic Reference Manual“, 2010.
- [4] US Army Corps of Engineers - Hydrologic Engineering Center, „HEC-RAS River Analysis System User's Manual v. 4.1.“, 2010.

Kratka biografija:



Andrea Salvai rođena je u Novom Sadu 1987. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstva-Hidrotehnike odbranila je 2012. god.

Srdan Kolaković rođen je u Zrenjaninu 1958. god. Doktorirao je na Građevinskom fakultetu u Subotici 1993. god. Od 2003. god. je redovni profesor na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu.

**HIDRAULIČKA ANALIZA OSETLJIVOSTI SISTEMA ATMOSFERSKE
KANALIZACIJE NASELJA PLANDIŠTE****HYDRAULIC ANALYSIS OF THE URBAN DRAINAGE SYSTEM SENSITIVITY OF
SETTLEMENT PLANDIŠTE**Rade Kajkara, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

Kratka sadržaj – U radu je prikazano rešenje odvođenja atmosferskih voda naselja Plandište. Modeliranje sistema atmosferske kanalizacije je urađeno primenom programskog paketa 3DNet. Pored osnovnog modela hidraulički proračuni su urađeni za uslove povećanja hrapavosti kanala i koeficijenta oticaja.

Abstract – This paper presents the solution of urban drainage for settlement Plandište. Modelling of urban drainage system was done with 3DNet software. Along with main model, hydraulic analysis was also conducted for the situations of increasing roughness parameters and runoff coefficient.

Ključne reči: sistem atmosferske kanalizacije, Plandište, 3DNet, hidraulički proračun

1. UVOD

U novije vreme se sve češće primenom savremenih programskih paketa vrši proračun i dimenzionisanje sistema kišne kanalizacije. Samo modeliranje je složen i komplikovan proces za koji je potrebno definisati elemente sliva i kanalizacionog sistema, njihove karakteristike i parametre, i izvršiti izbor metode proračuna. Tačnost i pouzdanost ulaznih parametara je od izuzetne važnosti prilikom samog proračuna.

Predmet razmatranja ovog rada jeste osetljivost sistema atmosferske kanalizacije naselja Plandište na promenu parametara hrapavosti i koeficijenta oticaja odnosno numeričko modeliranje površinskog toka kišnice po terenu i njen dalji oticaj kroz granatu mrežu otvorenih kanala. Tečenje u mreži otvorenih kanala se modelira kao neustaljeno (nestacionarno). Tečenje u otvorenim kanalima je trodimenzionalno ali se za praktične proračune koristi jednodimenzionalna analiza. Matematički model oticanja sa urbanih slivova na kojem se zasniva programski paket 3DNet spada u grupu fizički zasnovanih modela što znači da modeli svih faza oticanja vode računa o zakonima održanja mase i količine kretanja, kao i da svi parametri modela imaju jasnu fizičku strukturu.

U radu će biti prikazan koncept modeliranja i daće se detaljna objašnjenja vezana za metode proračuna.

2. NASELJE PLANDIŠTE - OPŠTI PODACI**2.1. Položaj naselja i demografija**

Naselje Plandište je selo i centar istoimene opštine. U geografskom smislu položaj naselja Plandište predstavlja šire područje lokacije 45° 13' 23'' severne geografske širine i 21° 07' 11'' istočne geografske dužine. Pripada panonskom tipu naselja sa dužinom od 1600 m i širinom od oko 1000 m. Površina Plandišta iznosi 236 ha dok broj stanovnika prema popisu iz 2002. godine iznosi 4 248 sa gustinom naseljenosti od 18 st/km².

2.2. Prirodne karakteristike područja**2.2.1. Reljef i geomorfološke osobine**

Geomorfološki elementi koji karakterišu reljef naselja Plandište su:

- istočno banatska depresija i
- delovi lesne terase kao mikroregionalne celine

Prvi element reljefa predstavljaju delovi istočne banatske depresije poznate pod imenom Alibunarska močvara i Ilandžanska depresija. Drugi, i važniji, element reljefa je lesna terasa sa svojim morfološkim osobinama. Lesna terasa na području naselja predstavlja deo banatske lesne terase sa prosečnom nadmorskom visinom od 75 - 81 m. Lesna terasa je ovde sa nešto više aluvijalnih i barskih primesa. Severoistočni i središnji deo naselja je izgrađen na višoj nadmorskoj visini od 80 m a 500 i 1500 m severno i zapadno od naselja se nalaze tereni koji imaju 1 - 4 m niže nadmorske visine.

2.2.2. Klimatske karakteristike

Naselje se nalazi u umereno kontinentalnom klimatskom pojasu. Prosečna godišnja količina padavina (posmatrano za period od 1991. - 2006. god.) koja se izluči nad ovim prostorom iznosi 638.2 mm, sa maksimumom u julu 85.8 mm i minimumom u martu 26.9 mm. Broj dana sa padavinama u obliku snega prosečno godišnje se javlja 23.9 dana, dok se snežni pokrivač zadrži u proseku 26.9 dana. Srednja godišnja temperatura od 11.5 °C je najviša u Vojvodini.

2.2.3. Hidrografske i hidrološke karakteristike

Naselje Plandište u hidrografskom pogledu gravitira Dunavu putem magistralnog kanala (HS) DTD, N. Bečej -

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio prof. dr Matija Stipić.

Bačka Palanka. Neposredno pored naselja protiče reka Rojga koja izvire u Rumuniji.

Nivo podzemnih voda je visok tokom čitave hidrološke godine. Delovi naselja na kotama terena od 78 do 79 mmn pate od prevlaženosti zemljišta i zabarenosti terena.

2.3. Stanje postojeće mreže atmosferske kanalizacije

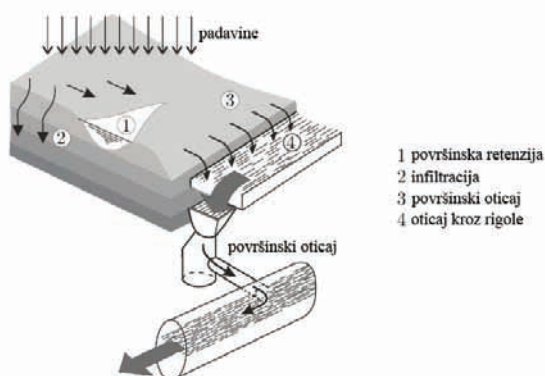
U svim ulicama postoje otvoreni kanali sa obe strane kolovoza. Njihova funkcija je poremećena jer se isti ne održavaju kao jedinstvena tehnička celina. Kanalska mreža je u lošem stanju, kanali su delom poluzatpani, zatpani i zamuljeni. U sadašnjim uslovima oni služe samo kao retenzija za atmosferske vode koje stalno ugrožavaju naselje. Pošto su neprotočni sva voda se upija u podzemlje što ima za posledicu trajno povišenje nivoa podzemnih voda.

3. PROGRAMSKI PAKET 3DNet - PRINCIPI RADA

Programski paket 3DNet je hidroinformatički alat koji se koristi za simulaciju tečenja atmosferskih padavina sa urbanih površina i oticaj upotrebljenih voda kroz mrežu otvorenih ili zatvorenih kanala. Program je podeljen na komponente (metode proračuna) kojima se modeliraju određene faze procesa, kao što je površinski oticaj ili tečenje u cevima. Postoje dve osnovne faze modela simulacije oticanja sa urbanih slivova:

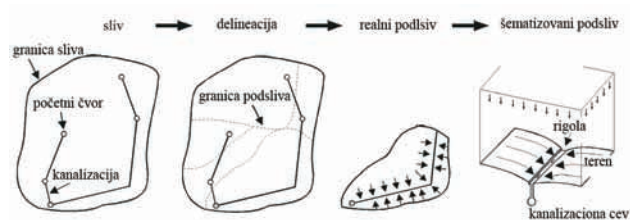
- proračun i definisanje hidrograma površinskog oticaja
- simulacija toka kroz kanalizacionu mrežu

Rezultati prve faze se unose i koriste u drugoj.



Slika1: Faze površinskog oticanja

U pogledu prostorne dekompozicije sliva, model spada u tzv. distribuirane modele a to znači da se zasniva na podeli sliva na podslivove, zasebnom proračunu površinskog oticaja za svaki podsliv, a zatim proračunu tečenja u kolektorima na osnovu sračunatih hidrograma kao graničnih uslova.



Slika 2: Šematizacija sliva

Programski paket 3DNet nudi mogućnost simulacije tečenja u kanalizacionoj mreži korišćenjem sledeća dva modela:

- SIPSON (Simulation of Interaction between Pipe flow and Surface Overland flow in Networks) koji se bazira na jednačinama punog dinamičkog talasa,
- BEMUS (Belgrade Model of Urban Sewers) koji se bazira na jednačinama kinematskog talasa.

Model SIPSON koji je zasnovan na na jednačinama punog dinamičkog talasa koristi diskretizaciju Saint Venantovih jednačina pomoću Preissmannove šeme.

Model BEMUS koji je zasnovan na jednačinama kinematskog talasa koristi Muskingum-Cunge metod sa promenljivim koeficijentima za rešavanje jednačina.

4. PRIMENA PROGRAMSKOG PAKETA 3DNet NA ATMOSFERSKU KANALIZACIJU NASELJA PLANDIŠTE

Do konceptijskog rešenja odvođenja atmosferskih voda naselja Plandište došlo se uočavanjem hidrografskog i topografskog položaja naselja. Tu se pre svega misli na sledeće činjenice:

- Meliorativni kanali prikupljaju atmosferske vode sa celokupnog područja građevinskog reona.
- Predmetni sliv gravitira ka reci Dunav koja je krajnji recipijent svim melioracionim kanalima.

Za potrebe ovog rada analizirani su sledeći modeli:

- **Osnovni model** (vrednost Manningovog koeficijenta hrapavosti za otvorene kanale iznosi $n=0.025 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$ odnosno $n=0.014 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$ za kanale sa betonskom oblogom dok koeficijent oticaja za ceo sliv naselja iznosi $\Psi=0.16$)
- **Varijanta 1** (pri nepromenjenom procentu propusnih i nepropusnih površina na slivu izvršeno je postepeno povećanje Manningovog koeficijenta hrapavosti. U prvom slučaju koeficijent je povećan sa $n=0.025 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$ na $n=0.033 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$ a u drugom na $n=0.040 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$)
- **Varijanta 2** (pri konstantnoj vrednosti koeficijenta hrapavosti izvršeno je postepeno povećanje procenta nepropusnih površina odnosno koeficijenta oticaja. U prvom slučaju koeficijent oticaja je sa $\Psi=0.16$ povećan na $\Psi=0.20$ a u drugom na $\Psi=0.24$)

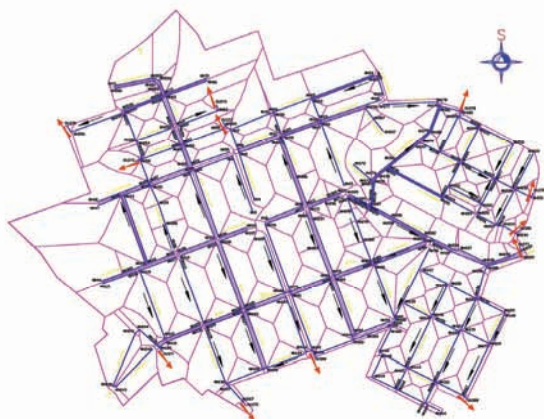
U usvojenom rešenju sistema atmosferske kanalizacije vode od palih kiša se prihvataju granatom mrežom otvorenih kanala. Ukupan broj deonica u sistemu iznosi 280 sa ukupnom dužinom od 28.89 km. Otvoreni kanali su postavljeni jednostrano odnosno, najčešće, obostrano u profilu ulice. Za minimalne nagibe dna kanala je usvojena veličina od 0.5 ‰. Kanali su trapeznog poprečnog preseka, nagiba kosina 1:1, širine dna kanala 0.5 m i dubine od 0.4 do 1.2 m. Na nekoliko deonica su kanali drugačijih geometrijskih karakteristika jer je bilo važno zadovoljiti hidrauličke zahteve odnosno povećati im propusnu sposobnost.

Slivno područje naselja Plandište je podeljeno na dvanaest podslivova sa istim brojem izliva u meliorativne kanale.

4.1. Hidraulički proračun

Hidraulički proračun je izvršen korišćenjem modula SIPSON koji je zasnovan na jednačinama punog dinamičkog talasa. Merodavne padavine su dvogodišnjeg povratnog perioda vremena trajanja 20, 30, 45 i 60 minuta. Svi rezultati proračuna u ovom radu se odnose na kišu trajanja 20 min.

Nakon što je početna varijanta trasa kanala kreirana digitalizacijom na ekranu preko rasterske podloge naselja, uz istovremeno unošenje poznatih ili pretpostavljenih oblika i dimenzija preseka za sve otvorene kanale, zacevljenja i propuste, softverski su testirani ovi podaci o mreži u smislu povezanosti. U isto vreme su unošene i kote dna otvorenih kanala kao i propusta, koje su vezane za kote dna kanala u zajedničkim čvorovima.



Slika 3: Mreža atmosferske kanalizacije sa prikazanim deoničnim podslivovima

Ulazni parametri kojima su definisani pojedini delovi podslivova su površina, procenat površine krovova, procenat ostalih nepropusnih površina i prosečan nagib terena. Ukupna površina celog sliva naselja Plandište iznosi 216.38 ha od čega je:

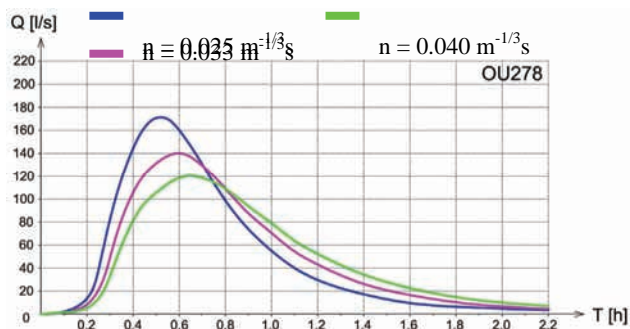
- površina krovova 57.39 ha
- ostale nepropusne površine 86.09 ha
- propusne površine 72.9 ha

Procenat nepropusnih površina (sem krovova) teško je bilo proceniti sa podloga koje su bile na raspolaganju pa je ova vrednost globalno procenjena kao neki deo, između jedne trećine i jedne polovine od procenta krovova.

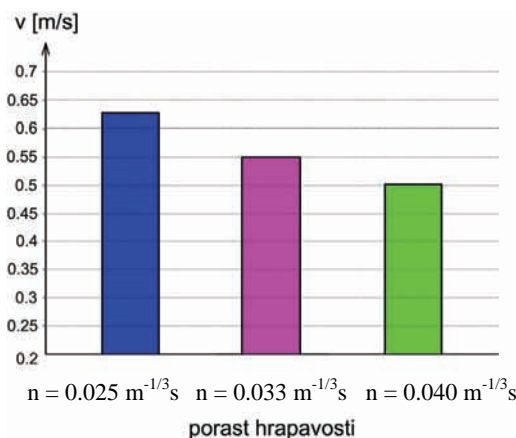
Posledično ovoj proceni nepropusnih površina mogao se, po završenim simulacijama tečenja, izračunati postignuti globalni koeficijent oticaja.

4.2. Varijanta 1: Poređenje rezultata hidrauličkih proračuna u uslovima promene parametara hrapavosti

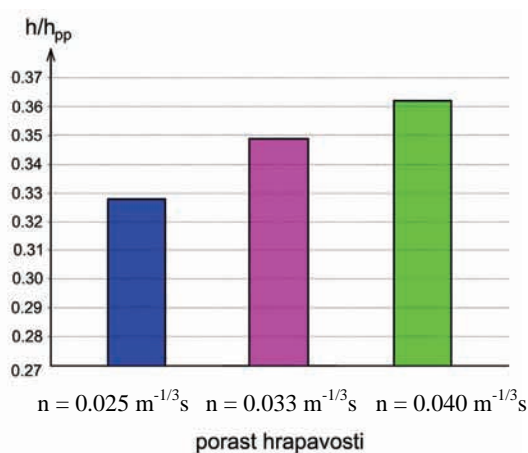
Hidraulički proračun sistema atmosferske kanalizacije naselja Plandište je sproveden za različite vrednosti hrapavosti kanala odnosno vršeno je variranje Manningovog koeficijenta hrapavosti. U nastavku su dati neki hidraulički pokazatelji promena koje su posledica povećanja hrapavosti kanala.



Slika 4: Promena hidrograma na jednom od izliva usled promene hrapavosti



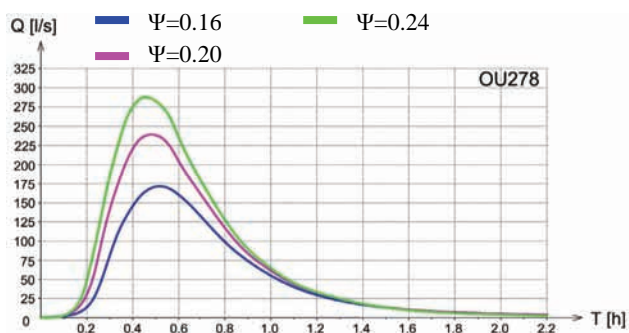
Slika 5: Promena prosečne brzine u kanalima usled promene hrapavosti



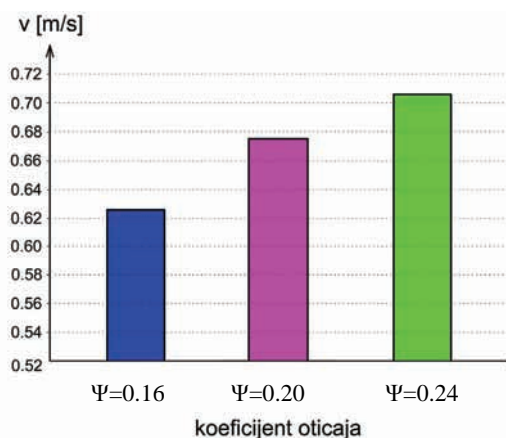
Slika 6: Promena prosečne ispunjenosti kanala usled promene hrapavosti

4.2. Varijanta 2: Poređenje rezultata hidrauličkih proračuna u uslovima promene koeficijenta oticaja

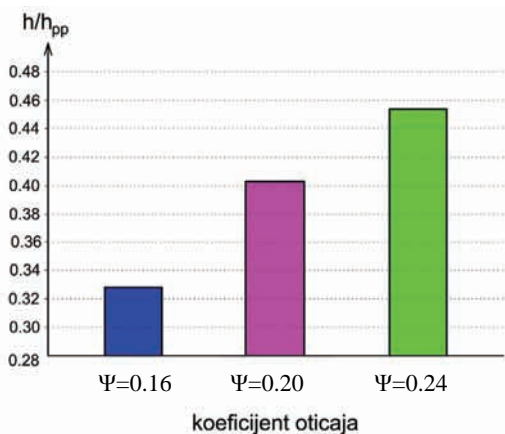
Za potrebe ovog rada izvršeni su hidraulički proračuni sistema atmosferske kanalizacije u uslovima povećanja procenta nepropusnih površina odnosno koeficijenta oticaja celokupnog sliva. U nastavku su dati hidraulički pokazatelji promena koje su posledica povećanja koeficijenta oticaja.



Slika 7: Promena hidrograma na jednom od izliva usled promene koeficijenta oticaja



Slika 8: Promena prosečne brzine u kanalima usled promene koeficijenta oticaja



Slika 9: Promena prosečne ispunjenosti kanala usled promene koeficijenta oticaja

5. ZAKLJUČAK

Sistem atmosferske kanalizacije naselja Plandište je projektovan za prihvatanje količina padavina koje daju kiše dvogodišnjeg povratnog perioda.

U slučaju povećanja koeficijenta hrapavosti sa $n=0.025 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$ na $n=0.033 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$ odnosno na $n=0.040 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$ rezultati hidrauličkog proračuna su pokazali da nema izlivanja atmosferske vode po površini terena.

U uslovima porasta koeficijenta hrapavosti ustanovljeno je da na pojedinim deonicama dolazi do izlivanja vode na teren. Pri povećanju koeficijenta oticaja sa $\Psi=0.16$ na $\Psi=0.20$ izlivanje se javlja na 5 deonica, što čini oko 1.8 % od ukupnog broja deonica. Pri vrednosti koeficijenta oticaja $\Psi=0.24$ do izlivanja dolazi kod 19 deonica, što čini oko 6.8 % od ukupnog broja deonica.

Pošto sistem atmosferske kanalizacije naselja Plandište funkcioniše bez izlivanja za kiše dvogodišnjeg povratnog perioda odnosno sa malim brojem deonica na kojima dolazi do izlivanja u uslovima visoke urbanizacije, odustalo se od mogućih povećanja dimenzija kritičnih deonica.

Ovo dovodi do zaključka da sistem odvodnjavanja naselja Plandište sistemom otvorenih kanala - jarkova, koji čini tradiciju u načinu rešavanja prikupljanja atmosferskih voda na području cele Vojvodine, ostavlja dovoljno prostora za prihvatanje povećanih količina voda kao posledica povećanja izgrađenosti.

6. LITERATURA

- [1] Berggren K., Lans A., Viklander M., Ashley R., *Future changes affecting hydraulic capacity of urban storm water systems*, 9th International Conference on Urban Drainage Modelling, Beograd, 2012.
- [2] Đorđević S., *Users Manual - 3DNet Systems*, Građevinski fakultet, Beograd, 2011.
- [3] Đorđević S., *Matematički model oticanja sa urbanih slivova interaktivnim tečenjem po površini i kroz mrežu podzemnih kolektora*, Građevinski fakultet, Beograd, 2002.
- [4] Stipić M., *Eksperimentalno i numeričko istraživanje neustaljenog tečenja u kanalu sa ustavom na nizvodnom kraju*, Magistarski rad, Građevinski fakultet, Subotica, 1999.
- [5] Hajdin G., *Mehanika fluida*, Građevinski fakultet, Beograd, 1992.

Kratka biografija:



Rade Kajkara rođen je u Travniku 1987. godine. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstvo - Hidrotehnika, odbranio je 2012. godine.

**БЕЗБЕДНОСТ САОБРАЋАЈА НА РУРАЛНИМ ПУТЕВИМА
TRAFFIC SAFETY ON THE RURAL ROADS**Милорад Страњанац, *Факултет техничких наука, Нови Сад***Област – САОБРАЋАЈ**

Кратак садржај – Просторна дистрибуција саобраћајних незгода и њихових последица је веома различита. На руралним путевима настаје мањи број саобраћајних незгода у односу на урбане средине, али је њихова тежина много већа. У раду су истакнути поједина обележја безбедности саобраћаја на руралним деоницама за поједина подручја.

Abstract – *Spatial distribution of traffic accidents and their consequences, is very different. On rural roads caused a small number of traffic accidents in urban areas, but their weight is much higher. The present paper discusses some characteristics of traffic safety on rural sections for the area.*

Кључне речи: *Безбедност саобраћаја, рурални путеви.*

1. УВОД

Просторне карактеристике саобраћајних незгода у феноменолошком смислу представљају врло важан сегмент у проучавању безбедности саобраћаја уопште, а анализа и стално праћење ових карактеристика омогућавају да се утврди просторни размештај и трендови просторног кретања саобраћајних незгода, па самим тим и њихова концентрација, цикличне варијације и разлике у регионима, односу град-село, разних категорија путева, па све до конкретне микролокације. Ово омогућава ефикасније планирање и спровођење мера и активности у спречавању саобраћајних незгода, јер у овом случају знамо где одређене мере треба спроводити.

На ову различиту просторну расподелу утичу низ различитих фактора, између осталог најзначајнији су обим и структура саобраћаја, дужина и квалитет путне мреже, стање и структура возног парка, па и социјални, културни чиниоци, навике, обичаји, схватања.

Наведени етиолошки чиниоци утичу на просторну расподелу саобраћајних незгода, па је на неким локацијама већа дисперзија незгода, а на неким долази до “гроздастог” окупљања незгода.

Предмет рада је безбедност саобраћаја на руралним путевима. Основни циљ је утврдити обележја саобраћајних незгода и њихових последица на руралним путевима.

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Драган Јовановић, ванр. проф.

2. ПРИКАЗ ИСТРАЖИВАЊА**2.1 Аустралија**

У овом истраживању које је спроведено у Аустралији и то у округу Викторија, разматране су саобраћајне незгоде које су се догодиле на руралним путевима, а просторна подела извршена је на руралне градове (rural cities), који по свом значењу представљају насељена места са популацијом која варира између 10.000 – 25.000 становника и који имају своју локалну власт; рурална насеља и друге области, који представљају насеља која имају популацију од око 250 становника, немају локалне органе власти и удаљене мало насељене области.

У овом округу у периоду од пет година између 1997. – 2001. године, десило се укупно 22.446 саобраћајних незгода са тешким, лаким телесним повредама и смртним исходом. Највише саобраћајних незгода догодило се у руралним насељима и другим областима, чак 15.248, затим у руралним градовима 6.848, а у удаљеним мало насељеним областима 350. Увиђа се да на различитим нивоима када се ради о последици саобраћајне незгоде, постоје статистички значајне разлике у различитим областима. Па тако саобраћајне незгоде са смртним исходом учествују у највећем проценту у укупном броју саобраћајних незгода у датој области код удаљених, мало насељених области са 7%, затим у руралним насељима са 4%, а најмањи проценат је у оној области где има највише саобраћајних незгода, у руралним градовима и то 2%. Исти однос увиђа се и код тешких телесних повреда. Закључак је да су веће последице саобраћајних незгода код ових мало насељених удаљених области, затим код руралних насеља, а најмање последице код руралних градова, мада готово две трећине од укупног броја саобраћајних незгода се десило у овој области.

Када се ради о отвореним путевима, аутори истраживања извршили су поделу на три брзинске зоне и то на:

I. Зоне са ниским брзинама до 60 km/h

II. Зоне са средњим брзинама од 70 – 90 km/h

III. Зоне са високим брзинама од 100 – 110 km/h

Анализирајући податке о саобраћајним незгодама кроз ове три зоне, долази се до податка да се 43% незгода деси у зонама са ниским брзинама, 10% у зонама са средњим брзинама, а 46% у зонама са високим брзинама. У осталих 1% саобраћајних незгода брзинска зона није забележена. Закључак је, да са повећањем брзине расте и величина последица саобраћајних незгода, па тако саобраћајне незгоде са смртним исходом и тешким телесним повредама учествују у најмањем проценту код зона са ниским

брзинама, па са средњим брзинама, а код зона са високим брзинама овај проценат сеже до 45%.

Код геометрије пута анализирале су се саобраћајне незгоде које су се десиле на раскрсницама и кривинама, са упоређењем према оним незгодама које су се десиле ван ових елемената пута. Дошло се до података да су ови елементи пута имали велики утицај на укупан број саобраћајних незгода у целом округу.

Што се раскрсница тиче, од укупног броја саобраћајних незгода у целом округу Victoria десило се 37% на раскрсницама. Највећи проценат (54%) десио се у руралним градовима, затим у руралним насељима 30%, а у удаљеним мање насељеним областима 21%. Ипак, овде је потребно указати на то да се и највећи број раскрсница налази у руралним градовима па се респективно по областима тај број смањује. Разматрајући податке о саобраћајним незгодама на раскрсницама и ван њих, дошло се до закључка да су последице незгода на раскрсницама блаже него ван њих, што је и разумљиво с обзиром на мање брзине. У прилог овоме, код руралних градова увиђа се већи број лакших телесних повреда код незгода на раскрсницама него ван њих, док су смртни исходи и тешке телесне повреде бројнији код незгода ван раскрсница.

Што се кривина тиче, од укупног броја саобраћајних незгода, на кривине отпада 21%. Највећи проценат ових незгода је у руралним насељима, 27%, затим у удаљеним мало насељеним областима, 15%, а најмање у руралним градовима. Овде је битно напоменути и запажање да су саобраћајне незгоде на кривинама у просеку са већим последицама него оне на равним деоницама путева.

Под појмом тип саобраћајне незгоде, у овом истраживању, подразумева се да ли је у незгоди учествовало више возила, једно возило и пешак, као и само једно возило. Према овоме подела је извршена, а подаци који су добијени класификују се на следећи начин:

- Незгоде у којима је учествовало више од једног возила, од укупног броја незгода процентуално учествују у 50%;
- Незгоде у којима је учествовало једно возило и пешак, од укупног броја незгода процентуално учествују у 6%;
- Незгоде у којима је учествовало само једно возило, од укупног броја незгода процентуално учествују у 44%.

Овде се долази до податка да је у руралним градовима проценат саобраћајних незгода са више возила чак 68%, па затим у руралним насељима 43%, а у мање насељеним областима 29%. Ови подаци могу се објаснити и степеном моторизације који је по природи највећи у руралним градовима. Занимљив је и податак да је потпуно супротна ситуација када се ради о само једном возилу које је учествовало у саобраћајној незгоди.

Што се тиче опасности поред путева, у истраживању се дошло до податка да је чак 28% саобраћајних незгода повезано са ударом возила у објекат поред пута. Највећи процентуални однос забележен је у удаљеним мало урбанизованим областима и то 45%,

затим у руралним насељима 33%, а најмањи у руралним градовима, 17% од укупног броја саобраћајних незгода у овим областима.

Објекат поред пута који у највећем броју случајева у свим областима буде ударен од стране возила су дрвећа различитих врста (учествују са близу 3.000 незгода). У руралним градовима, следећи најчешћи објекат удара су бандере, док су у руралним насељима то насипи поред пута. Ова расподела је врло логична, с обзиром да су бандере (бандере за осветљење пута најчешће) у руралним градовима много интензивније постављене.

Што се тиче последица саобраћајних незгода узрокованих ударом возила у објекат поред пута, можемо констатовати да 52% саобраћајних незгода од укупног броја незгода које су настале ударом возила у дрво резултирају фаталним исходом или тешком телесном повредом. Ово можемо поредити са 45% саобраћајних незгода после удара у бандеру, 38% незгода после удара у насип и 34% незгода после удара у заштитну ограду, што илуструје наредни график. Удари у бандере стварају веће последице у руралним насељима и малим урбанизованим областима, него у руралним градовима, због саме расподеле брзина. У различитим областима, други објекти показали су статистички значајне разлике у погледу самих последица саобраћајних незгода.

2.2 Велика Британија

Истраживање TRL Limited које се бавило анализом саобраћајних незгода на руралним путевима, спроведено је у Великој Британији, на иницијативу Одељења за безбедност саобраћаја.

Наиме, утврђено је да на руралним путевима страда око 31% од свих жртава у саобраћајним незгодама, али да ове незгоде доводе до чак 44% од укупних трошкова незгода са повређенима у Великој Британији, што говори о већим последицама незгода на руралним путевима. На следећем дијаграму дат је проценат свих повређених на руралним путевима од 1993. – 2002. године, према тежини повреде у односу на просек из периода 1988. – 1992 године.

Што се тиче статистика руралних саобраћајних незгода, највећи проценат саобраћајних незгода дешава се на „А“ путевима са једним коловозом. Међутим, највећи део руралних путева спада у „Ц“ путеве или неklasификоване путеве. Највећи проценат саобраћаја одвија се на „А“ путевима са једним коловозом и на аутопутевима. Ако овде говоримо пак о густини кривина и раскрсница на путевима, увиђа се да се кривине јављају у просеку око 14 на сваких десет километара пута „А“, „Б“ и „Ц“ са једним коловозом, а раскрсница има у просеку 23. Што се тиче путева са два коловоза, увиђа се мали број раскрсница, па су колизије и ређе.

Овде је врло битно и анализирати број погинулих и повређених према типу пута. Највећи проценат имају „А“ и „Б“ путеви са једним коловозом и то око 26%, затим следе „Ц“ путеви са једним коловозом и неklasификовани путеви са 24%, па „А“ путеви са две коловозне траке са 20% и на крају аутопутеви са 16%. Када ове податке посматрамо кроз призму дужине путева, видимо да највећи удео руралних путева чине

„Ц“ путеви, па је податак да су ови путеви трећи по реду по процентима погинулих и повређених, а тек нешто испод прве две категорије путева, врло забрињавајућ. Пошто је познато да веза између саобраћајних незгода и протока возила није линеарна, путеви са различитим обимом се не истражују заједно. Познавајући ово, путеви се класификују и тако посебно врши анализа. Мада је број саобраћајних незгода по км већи на путевима са два коловоза него на путевима са једним коловозом, путеви са два коловоза имају доста мање стопе саобраћајних незгода (по возило-km).

Када су у питању бициклисти и мотоциклисти, кружне раскрснице су нарочито опасне, имајући у виду да се скоро половина саобраћајних незгода са овим типовима учесника у саобраћају на руралним А путевима са два коловоза догађа на кружним раскрсницама. Поређења ради, само 8% од свих саобраћајних незгода у руралним областима догађа се на кружним раскрсницама. Око петине саобраћајних незгода са мотоциклистима и бициклистима на руралним путевима са једним коловозом догађа се на Т или У раскрсницама, или на удаљености до 20 м од њих. Преко четвртине возача моторних возила на два точка у саобраћајним незгодама на „А“ путевима са једним коловозом и око две петине ових учесника у саобраћају на „Б“, „Ц“ или неklasификованим путевима, учествују у саобраћајним незгодама на кривинама.

На руралним путевима са једним коловозом, око четвртине пешачких саобраћајних незгода догађа се на неосветљеним путевима у ноћним часовима, а око једне трећине на влажним путевима. Деца пешаци нарочито су изложени ризику на руралним путевима, при чему између три и девет десетина (8 од 9 деце пешака повређених на аутопутевима) гине или задобија тешке повреде.

2.3 Сједињене америчке државе

Ово истраживање спроведено је у САД, у округу Stratford, New Hampshire, на 87 локација на путевима са две саобраћајне траке у периоду од 1993. – 1997. године. Округ Стратфорд састоји се од приградских и руралних заједница, а према полицијским извештајима десило се 892 саобраћајне незгоде.

Од овог укупног броја саобраћајних незгода, тачно 300 је са повредама, од тога 58 повреда пешака, четири смртна случаја пешака, 365 повреда путника са 30 смртних случајева. Овде је извршена и подела на три локације, које су респективно поређане према броју саобраћајних незгода без и са повређеним лицима, па према томе добијамо А, Б и Ц локације.

За ове три локације посебно, мерени су обими саобраћаја у броју возила дневно, па су се добијене вредности множиле са петогодишњим периодом у данима, што резултира изложеношћу саобраћају. Посматрајући добијене вредности констатовано је да локација А има највећу изложеност саобраћају, а самим тим и највећи потенцијал за саобраћајне незгоде. Да ли би требало или не, ове локације сматрати ризичним, показује концепт појединачног животног ризика, односно вероватноће да ће особа страдати пре зрелог доба у саобраћајној незгоди.

Прихватљиви ризик, изражен као очекивана вредност у петогодишњем периоду, је производ изложености саобраћају и прихватљивог ризика, који се добија као количник вероватноће појединачног животног ризика и периода до зрелог доба (70 година), подељен са бројем дневних путовања. Локација је безбедна уколико је број незгода са повређеним лицима мањи или једнак са овим прихватљивим ризиком, па добијене вредности говоре да су све три локације ризичне.

Вероватноће саобраћајних незгода, добијају се у количнику броја незгода и изложености саобраћају, посебно за оне незгоде са повредама, а посебно за оне без повреда. Када се узме у обзир највећи проценат (на А локацији, незгоде без повреда), види се да на милион возила која прођу локацијом А, буде око две незгоде. Пошто су процентуалне вредности вероватноће незгода приближне, везу између незгода и повреда даје условна вероватноћа (однос броја незгода са повредама и без њих).

Локације А, Б и Ц налазе се у границама истог места, па се сврставају у зоне које припадају куповини, сеоске зоне и стамбене зоне респективно. Међутим, карактеристике локација не могу да објасне зашто је вероватноћа за саобраћајну незгоду 7,84 пута већа на локацији А него на локацији Ц, у стамбеној зони. Што се тиче коришћења земљишта, у сеоским зонама активнији је пешачки саобраћај, док је у зони куповине он сведен на кретање по паркинг простору. Од укупног броја незгода само 70 се догоде на локацијама у сеоској зони, а у стамбеној и зони куповине знатно више, око 400.

Када говоримо о окружењу путева, сеоске зоне су више прилагођене пешачком саобраћају, док се стамбене и зоне за куповину сматрају неприлагођеним. Раскрснице повећавају број конфликта, а имајући у виду релативно велики обим саобраћаја на главним путевима и раскрсницама, зоне за куповину имају највише конфликта у саобраћају, док стамбене зоне имају најмање ових конфликта.

За брзину, као врло чест фактор настанка саобраћајних незгода, аутори нису имали релевантне податке, па су као еквивалент узимали ширину поплочане зауставне траке и паркинг на улици. Доказано је да код саобраћајних незгода са једним возилом, стопа саобраћајних незгода опада са повећањем ширине зауставне траке, док код саобраћајних незгода са више возила, стопа саобраћајних незгода опада са смањењем исте. Паркирање на улици смањује брзину, али и тенденцију повећања ризика. Имајући у виду релативно велику просечну ширину зауставне траке, типична зона за куповину вероватно ће имати веће просечне брзине од типичних сеоских или стамбених зона.

Генерално посматрано, долази се до закључка да су сеоске локације најмање ризичне, очекивани број незгода и незгода са повређеним лицима је готово два пута већи код куповних локација него код сеоских. Особине, попут прилагођености пешачком саобраћају, поседовање тротоара, смањују ризичност сеоских локација, док највеће вредности изложености саобраћају, мањак тротоара повећавају ризик код

куповних локација. Код стамбених локација имамо сличне карактеристике као код куповних, сем када се говори о изложености саобраћају, која је овде знатно мања.

2.4 Канада

Децембра 1997. године, Организација за економску сарадњу и развој (OECD) предложила је експертској групи да направи анализу безбедности саобраћаја на руралним путевима за све своје чланице, јер је уочен пораст смртних случајева у саобраћајним незгодама на овим путевима. Ово истраживање анализирано је и дало одговор на три главна проблема, а то су незгоде са једним возилом, незгоде на раскрсницама и чеони судари, а подаци су узети из базе повређених у саобраћајним незгодама, канадског Traffic Accident Injury Data (TRAID).

Канада, сама по себи, је врло урбанизована земља, међутим, због њене величине, веома је ниска густина насељености (3,2 становника по квадратном километру). Из овог разлога, већина популације се ослања на моторна возила која чине основна превозна средства и главни модел транспорта. Ове демографске особине допринеле су томе да велики број фаталних исхода и тешких повреда настаје на руралним путевима.

У овом петогодишњем периоду анализирале су се саобраћајне незгоде са тешко повређеним и страдалим лицима на руралним асфалтираним путевима и то кроз призму незгода са једним возилом, чеоних судара и незгода на раскрсницама.

Када се говори о незгодама у којима је учествовало једно возило, закључује се да је у просеку од 35,2% од свих смртних исхода на руралним путевима резултат незгода са једним возилом. У групи тешко повређених, овај просек у овим незгодама износи 44,4%. На раскрсницама, у просеку је 21,9% смртно страдалих од укупног броја на руралним путевима, а 27,9 тешко повређених. У чеоним сударима смртно страда око 34,6% од укупног броја незгода на руралним путевима, а тешко је повређено 20,2%. Овде се долази до закључка да је током овог периода дошло до знатног смањивања броја смртно страдалих.

Незгоде у којима је учествовало једно возило, анализирале су преко карактеристика возача, возила и пута, односно околине. Када се говори о возачима, а ту се подразумева да су возачи кључан фактор у настајању оваквих типова незгода, добијају се подаци да је готово 45% смртно страдалих било под дејством алкохола, старосна група возача који највише партиципирају у овим незгодама је група од 25 – 34 година, више од трећине возача прекорачује брзину, а ту највише учествује најмлађа група возача (16 – 19 година). Више од две трећине смртно страдалих возача од 16 – 54 године старости није користила сигурносни појас. Некоришћење сигурносних појаса, карактеристично је за возаче комбија и теретних возила носивости до 1.815 kg (light truck). Тешка теретна возила, тегљачи, у врло малом проценту (4%) учествују у овим незгодама. Када говоримо о времену у току дана, ноћу највише ових незгода чине возачи под дејством алкохола и они који немају везан сигурносни појас. Геометрија пута такође има свој

утицај и то скоро половина гине у незгодама на кривинама.

Код незгода на раскрсницама, дошло се до податка да је изразито ризична група возача изнад 65 година старости, који учествују у 25,5% од укупног броја страдалих на раскрсницама. Под дејством алкохола било је око 16% страдалих и 11% тешко повређених, а чак 62,1% изгубило је контролу над возилом возећи непрописно. У време незгоде на раскрсници, чак 32% страдалих возача није користило сигурносни појас. Чак 70% страдалих возача кретало се својим возилом право, а петина је скретала лево пре незгоде. Сличан однос је и код тешких повреда. Један од пет возача гине, а један од шест буде тешко повређен у незгодама на раскрсницама које су у кривинама.

Чеони судари су најчешћи међу старосном категоријом до 24 године, а чак више од 95% погинулих су возачи моторних возила, док су мотоциклисти са учешћем од око 3%. Од укупно страдалих возача, 23,2% није било везано, а под дејством алкохола било је око 26% страдалих. Грешку у вожњи после које је дошло до саобраћајне незгоде, начинило је приближно 74% страдалих и тешко повређених возача. На кривинама, отприлике је трећина страдалих и тешко повређених возача, а скоро половина возача је смртно страдала на коловозу који је био под снегом или ледом, или мокар, док је више од половине тешко повређених.

3. ЗАКЉУЧАК

Инострана искуства потврђују хипотезу о мањем броју саобраћајних незгода на руралним путевима, али су са много већим последицама. У циљу ефикасне превенције неопходно је вршити константне анализе безбедности саобраћаја, а поготово стање инфраструктуре и понашања учесника у саобраћају.

4. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Monash University Accident Research Centre, "Rural Road Safety - Overview of Crash Statistics", Victoria, Australia, 2004.
- [2] Paul J. Ossenbruggen, Jyothi Pendharkar, John Ivan, "Roadway safety in rural and small urbanized areas", Stratford, New Hampshire, USA, 2001.
- [3] TRL Limited, "Accidents analysis on rural roads", United Kingdom, 2004.
- [4] Expert Group OECD, "Safety Strategies for Rural Roads", Canada, 1997.

Кратка биографија:

Милорад Страњанац рођен је у Новом Саду 1982. год. Дипломски-мастер рад на Факултету техничких наука из области Саобраћај – Друмски саобраћај одбранио је 2012. год.



Драган Јовановић рођен је у Зрењанину 1974. Докторирао је на Факултету техничких наука 2005. год., а од 2011. је у звању венредни професор. Област интересовања је безбедност саобраћаја.

**АНАЛИЗА УСЛОВА ОДВИЈАЊА САОБРАЋАЈА У ЦЕНТРАЛНОЈ ЗОНИ
БИЈЕЉИНЕ****THE ANALYSIS OF TRAFFIC CONDITIONS IN THE CENTRAL ZONE OF BIJELJINA**Младенка Мићић, Вук Богдановић, *Факултет техничких наука, Нови Сад***Област - САОБРАЋАЈ**

Кратак садржај – У оквиру рада анализирани су услови одвијања саобраћаја у улицама Змај Ј. Јовановића и Николе Тесле у Бијељини, тачније, на раскрсницама Милоша Обилића-Змај Јове Јовановића-Светог Саве, Змај Ј. Јовановића-Гаврила Принципа-Николе Тесле и Вука Караџића-Николе Тесле, као и раскрснице Николе Тесле-27.марта-Српске војске. Наведене улице припадају централној зони града Бијељине. Анализа обухвата постојећи начин регулисања саобраћаја и ниво услуге у складу са постојећим захтјевима за протоком. На раскрсницама и прилазима са лошим нивоом услуге предложена су рјешења, као што су промјене начина регулисања и реконструкције, која доприноси побољшању услова одвијања саобраћаја и провјерени су ефекти предложених мјера.

Кључне ријечи: саобраћајни ток, капацитет, ниво услуге, регулисање саобраћаја

Abstract – This paper analyzes traffic conditions at Zmaj J. Jovanović and Nikola Tesla streets in Bijeljina, precisely on intersections of streets Miloša Obilića-Zmaj J. Jovanovića-Svetog Save, Zmaj J. Jovanovića-Gavrila Principa-Nikole Tesle, Vuka Karadžića-Nikole Tesle and Nikole Tesle-27.mart-Srpske vojske. Stated streets are related to the center of town Bijeljina. The analysis includes the existing method of traffic regulation and service levels in accordance with existing demands for the flow. At intersections and entrances to the poor level of service solutions were proposed, such as modification of regulation methods and reconstructions, which will contribute to the improvement of traffic conditions and effects of suggested measurements were examined.

Key words: traffic flow, capacity, level of service, traffic regulation

1. УВОД

Основни предмет овог истраживања је испитивање карактеристика саобраћајних токова и услова одвијања саобраћаја у централној градској зони на дијелу уличне мреже која обухвата раскрснице Милоша Обилића-Змај Ј. Јовановића-Светог Саве, Змај Ј. Јовановића-Гаврила Принципа-Николе Тесле и Вука Караџића-Николе Тесле, као и раскрснице Николе Тесле-27.марта-Српске војске-Жртва фашистичког терора.

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији је ментор био др Вук Богдановић, ванр.проф.

Бијељина је град и средиште истоимене општине у сјеверно-источном дијелу Републике Српске. Након рата на просторима БиХ нагло је добила на значају. Површина општине износи 734 km², а укупни број становника износи око 150 000. По величини је други град у Републици Српској.

**2. ПОЛОЖАЈ ПУТНОГ ПРАВЦА И ЊЕГОВЕ
КАРАКТЕРИСТИКЕ**

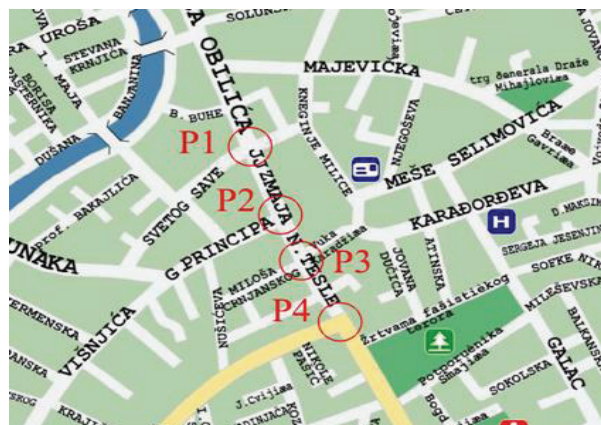
Путни правац који је анализиран у оквиру рада обухвата раскрснице Милоша Обилића-Змај Ј. Јовановића-Светог Саве, Змај Ј. Јовановића-Гаврила Принципа-Николе Тесле и Вука Караџића-Николе Тесле и раскрснице Николе Тесле-27. марта-Српске војске-Жртва фашистичког терора. Прва и последња раскрсница на анализираном потезу спадају у неправилне четворокраке раскрснице.

Друга и трећа раскрсница су правилне трокраке раскрснице са малом транзитном зоном од 45m па су због тога у даљој анализи посматране као спрегнута раскрсница.

Услови одвијања саобраћаја су регулисани свјетлосном сигнализацијом, осим на последњој раскрсници која функционише као приоритетна јер су семафорски уређаји ван функције. Смјерови кретања су физички раздвојени раздјелним острвима само на неким прилазима.

На свим прилазима посматраних раскрсница постоје пјешачки прелази осим на једном прилазу треће раскрснице. Не постоје издвојене бицикличке стазе.

Улице Српске војске и 27. марта припадају магистралном путу М 14-1 Брчко-Бијељина -Зворник-Сарајево/Лозница. На слици 1 приказан је положај ових раскрсница у градској уличној мрежи Бијељине.



Слика 1. Положај раскрсница у уличној мрежи

2.1. Раскрсница улица Милоша Обилића - Светог Саве - Змај Ј. Јовановића (P1)

Ова раскрсница је четворокрака несиметрична, специфичне геометрије, а средиште раскрснице је развучено. Сви прилази су двосмјерни осим последњег који је једносмјеран и на коме постоји само уливна саобраћајна трака. Смјерови кретања нису физички раздвојени раздјелним острвима. Регулисање коришћења заједничких површина раскрснице извршено је светлосном сигнализацијом. На раскрсници саобраћај је регулисан и знацима приоритета, при чему је за главни правац одређен правац Милоша Обилића-Светог Саве.

2.2. Раскрсница улица Змај Ј. Јовановића-Гаврила Принципа-Николе Тесле-Вука Караџића (P2 и P3)

Раскрсница ових улица је специфичне геометрије јер се састоји од двије правилне трокраке раскрснице (P2 и P3) које су повезане кратком транзитном зоном од 45m.

Положај раскрснице је у централном градском језгру, тако да од њеног рада директно зависи функционисање саобраћаја у граду. Због тога је рад свјетлосних сигнала пројектован тако да омогући спрезање раскрсница.

У случају да свјетлосна сигнализација не ради саобраћај је регулисан знацима приоритета при чему је приоритетни правац Змај Ј. Јовановића-Николе Тесле.

Смјерови кретања су физички раздвојени раздјелним острвима на свим прилазима осим на прилазу 1 (улица Змај Ј. Јовановића) гдје су уливно и изливно грло раздвојени хоризонталним уздужним ознакама. Сви прилази имају по двије саобраћајне траке за сваки смјер кретања осим на прилазу 1 гдје постоји само једна изливна саобраћајна трака.

2.3. Раскрсница улица Николе Тесле-27.марта-Српске војске-Жртва фашистичког терора (P4)

Ово је неправилна четворокрака раскрсница. Опремљена је саобраћајном сигнализацијом која је често ван употребе тако да је саобраћај на овој раскрсници регулисан знацима приоритета, а приоритетни правац су улице Николе Тесле и Српске војске.

Прилаз 4, улица Жртва фашистичког терора је једносмјерна улица у којој постоји само изливно грло. Улице 27. марта и Српске војске припадају магистралном путу Брчко-Бијељина-Зворник М 14-1 и на њима је дозвољено кретање свим категоријама возила.

3. АНАЛИЗА ПОСТОЈЕЋЕГ СТАЊА

Анализа услова одвијања саобраћаја на посматраном путном правцу заснива се на резултатима бројања саобраћаја, које је вршено мануелно уношењем података у унапријед припремљене обрасце на уливним грлима раскрсница.

Са графика укупног саобраћајног оптерећења раскрсница можемо видјети да се на свим раскрсницама

највећи број возила у јутарњим часовима јавља у периду од 07:00 до 08:00h, а у послеподневним часовима од 15:00 до 16:00h.

4. ПРОРАЧУН КАПАЦИТЕТА И НИВОА УСЛУГЕ СИГНАЛИСАНИХ РАСКРСНИЦА ПО МЕТОДОЛОГИЈИ НСМ-2000

Теоријска база, на основу које су добијени одговарајући квалитативни показатељи услова одвијања саобраћаја на задатом путном правцу, преузета је из методологије Highway Capacity Manual НСМ-2000 за сигнализоване раскрснице. 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 пјешачких токова, фактор вршног сата, структура саобраћајног тока итд.) и управљачки услови (дужина циклуса, трајање зеленог времена, фазни план итд.).

Општи образац за утврђивање засићеног тока гласи:

$$S_i = S_o \cdot N \cdot f_w \cdot f_{HV} \cdot f_g \cdot f_p \cdot f_{bb} \cdot f_a \cdot f_{LU} \cdot f_{RT} \cdot f_{LT} \cdot f_{Lpb} \cdot f_{Rpb}$$

где је:

S_o - основни засићен ток по траци [1900 PAJ/h/traci]

N - број трака у групи трака

f_w - фактор утицаја ширине саобраћајне траке

f_{HV} - фактор утицаја тешких возила на засићен ток

f_g - фактор утицаја уздужног нагиба коловоза

f_p - фактор утицаја паркирања у зони раскрснице

f_{bb} - фактор утицаја заустављања возила 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 лијевих скретања

f_{Lpb} - фактор утицаја пјешака на лијева скретања

f_{Rpb} - фактор утицаја пјешака и бициклиста на десна скретања

Основни образац за капацитет групе трака гласи:

$$c_i = S_i \cdot \frac{g_i}{C}$$

где је:

c_i - капацитет групе трака i [voz/h]

S_i - величина засићеног тока за групу трака i [voz/h]

g_i/C - однос између ефективног зеленог и циклуса за групу трака i

Укупни временски губици траке се рачунају на основу следеће једначине:

$$d = d_1 \cdot PF + d_2 + d_3$$

где је:

d_1 - униформни временски губици [s/voz]

PF - фактор утицаја 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]
 У табели 1 дате су временски интервали губитака на основу којих се одређује ниво услуге.

Табела 1. Критеријум за оцјену нивоа услуге

Ниво услуге	Временски губици [s]
А	≤ 10
Б	$> 10 - 20$
Ц	$> 20 - 35$
Д	$> 35 - 55$
Е	$> 55 - 80$
Ф	> 80

5. ПРОРАЧУН И ПРОВЈЕРА ТРАЈАЊА ЗАШТИТНИХ ВРЕМЕНА ЗА ВОЗИЛА И ПЈЕШАКЕ

Заштитно вријеме за возила или интервал чишћења представља вријеме којим се избјегава сукоб возила конфликтних фаза које се смјењују.

Последње возило које пређе зауставну линију и уђе у раскрсницу у последњој секунди жутог свјетла на сигналу фазе која истиче сукобљава се са првим возилом које у раскрсницу уђе у првој секунди зеленог свјетла на сигналу фазе која почиње.

Возила се сусрећу у колизионим тачкама на пресецању путања ових возила кроз раскрсницу.

На сигналисаним пјешачким прелазима заштитно вријеме се јавља у два наврата: на почетку и на крају пјешачке фазе.

За утврђивање заштитног времена на почетку пјешачке фазе мјеродаван је онај саобраћајни ток из конфликтне фазе чије је вријеме путовања до осовине пјешачког прелаза најдуже, а на крају пјешачке фазе, онај саобраћајни ток чије је вријеме путовања најкраће.

6. ПРЕДЛОГ МЈЕРА ЗА ПОБОЉШАЊЕ УСЛОВА ОДВИЈАЊА САОБРАЋАЈА

На основу претходне анализе, кроз приказ резултата бројања саобраћаја и анализе капацитета и временских губитака, у наставку ће се указати на одређене мјере за побољшање и унапређење постојећег стања одвијања саобраћаја. Прорачуном временских губитака утврђен је ниво услуге на посматраним раскрсницама. Тако се на раскрсницама P1, P2 и P3 саобраћај одвија на нивоу услуге Ц, а на раскрсници P4 ниво услуге је Ф.

Координација рада свјетлосних сигнала је могућа, али овом мјером би добијено само незнатно побољшање на координисаном правцу.

Друго могуће рјешење којим би се добили повољнији услови одвијања саобраћаја на раскрсницама P1 и P3 јесте реконструкцијом, тј. пројектовање кружне раскрснице на раскрсници P1, а на P3 у улици Николе Тесле на прилазу 5 проширење прилаза за траку намјењену само десним скретањима.

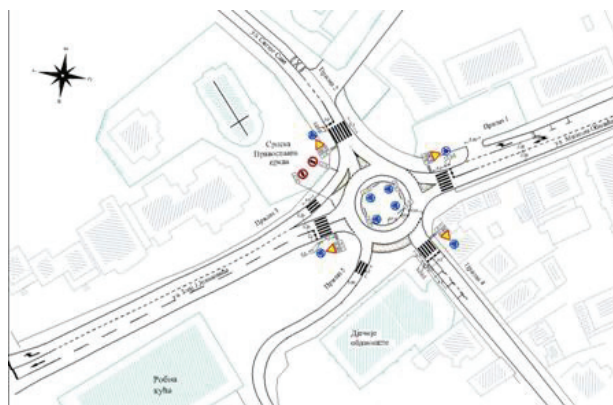
На раскрсници P4 постоји саобраћајна опрема, тако да је потребно пројектовати одговарајуће сигналне планове.

6.1. Пројектовање кружне раскрснице на раскрсници улица Милоша Обилића-Светог Саве-Змај Ј. Јовановића (P1)

Кружне раскрснице представљају посебан облик приоритетних раскрсница на којима је увођењем кружног кретања елиминисано укрштање саобраћајних токова са главних и споредних прилаза као код стандардних кракастих раскрсница.

Према садашњем стању не постоје реални услови за пројектовање кружне раскрснице, међутим, рушењем објеката на углу улица Змај Ј. Јовановића и Светог Саве, тзв. шупа, био би добијен неопходан простор за изградњу. На раскрсници P1 би постојало још једно изливно грло које би водило до паркинга иза робне куће, а улицу Змај Ј. Јовановића би било могуће проширити за још једну саобраћајну траку.

На слици 2 дат је приказ кружне раскрснице P1. А у наредној табели 2 дат је упоредни приказ временских губитака прије и након предложених мјера за P1.



Слика 2. Кружна раскрсница-пројектовано стање

Табела 2. Приказ временских губитака за P1

P1	прилаз	вр.губици прије [s]		раск	вр.губици послје [s]	
		траке	прилаза		прилаза	раск
1	п	18,9	18,0	23	8,0	8
	д	16,3				
2	л,д	24,6	24,6	23	6,1	8
	л,п	19,8	19,8			
4	л,д,п	33,7	33,7	23	9,7	8
	л,д,п	33,7	33,7			

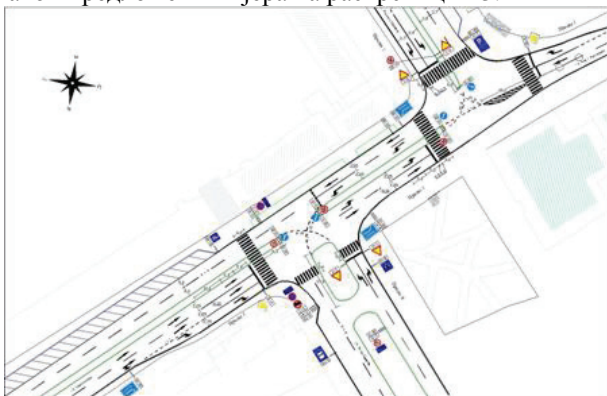
Након предложених рјешења смањење укупних временских губитака раскрснице је са 23s на 8s, тј. Од нивоа услуге Ц добијен је ниво услеге А.

6.2. Реконструкција прилаза 5 (улица Николе Тесле) на P3

На раскрсницама P2 и P3 већ је извршена координација рада свјетлосних сигнала и то методом зидања зелених таласа. Предложена мјера за побољшање услова одвијања саобраћаја јесте проширење коловозне траке у улици Николе Тесле на прилазу 5 за саобраћајну траку која би била намјењена само десним скретањима, док би трака која је била намјењена за кретања право и десно служила само за кретање право.

Просјечни временски губици цијеле раскрснице су такође смањени са 23s на 18s и сада дају овој раскрсници ниво услуге Б.

На слици 3 дат је приказ раскрсница Р2 и Р3. У табели 3 дат је упоредни приказ временских губитака прије и након предложених мјера на раскрсници Р3.



Слика 3. Проширење улице Николе Тесле (прилаз 5) за једну саобраћајну траку

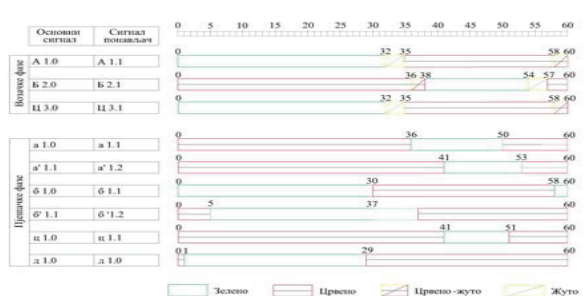
Табела 3. Приказ временских губитака за Р3

Р3	прилаз	вр.губици прије [s]			вр.губици послеје [s]		
		траке	прилаза	раск	траке	прилаза	раск
4	л	3,5	4,7	21	3,5	4,7	18
	п	5,5			5,5		
5	п	31,9	34,3	21	31,9	25,6	18
	п	36,1			30,9		
	д				0,1		
6	л	36,8	32,4	21	36,8	32,4	18
	д	28,4			28,4		

6.3. Пројектовање сигналних планова на раскрсници улица Николе Тесле-27.марта-Српске војске-Жртва фашистичког терора (Р4)

На овој раскрсници постоји саобраћајна опрема за свјетлосну сигнализацију тако да увођење свјетлосне сигнализације не би захтјевало улагање финансијских средстава већ само пуштање у рад постојеће свјетлосне сигнализације према пројектованом сигналном плану.

На слици 4 дат је план темпирања на Р4. Табела 4 показује упоредни приказ временских губитака прије и након предложених мјера на раскрсници Р4.



Слика 4. Новопројектовани план темпирања

На новопроектваном сигналном плану је двофазни циклус у трајању од 60s. Од нивоа услуге Ф и временских губитака од 175s постигнуто је знатно смањење временских губитака на 21s и ниво услуге Ц.

7. ЗАКЉУЧАК

Циљ овог рада је био да се изврши анализа услова одвијања саобраћаја у централној зони града

Бијељине на раскрсницама улица Милоша Обилића-Змај Ј. Јовановића-Светог Саве, Змај Ј. Јовановића-Гаврила Принципа-Николе Тесле и Вука Караџића-Николе, Николе Тесле-27. марта-Српске војске-Жртва фашистичког терора, и да се на основу те анализе идентификују проблеми и предложи рјешења за њихово побољшање.

Табела 4. Приказ временских губитака за Р4

Р4	прилаз	вр.губици прије [s]			вр.губици послеје [s]		
		траке	прилаза	раск	траке	прилаза	раск
1	л	7,1	3,0	175	11,7	15,5	21
	п	2,5			17,7		
	д	2,0			0,1		
2	л,п	1320,2	703,7	175	40,1	22,2	21
	д	9,0			0,3		
3	л,п,д	2,8	2,8		26,3	26,3	
4	-	-	-		-	-	

Приликом анализе интензитета саобраћаја на посматраном потезу уочено је да је интензитет саобраћаја висок током читавог дана. Анализом је утврђено да се вршни период јавља од 15:00 до 16:00 часова. На раскрсници Р1 најбоље рјешење представља изградња кружне раскрснице што је показано постизањем нивоа услуге А. Увођењем посебне траке за десна скретања на раскрсници Р3 ниво услуге је побољшан и означен је оцјеном Б. Такође, омогућен је бољи координисани рад са раскрсницом Р2. Пројектовањем сигналних планова на раскрсници Р4 од нивоа услуге Ф и временских губитака од 175s постигнут је ниво услуге Ц и временски губици од 21s и рјешена су скретања са споредно правца.

8. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Регулисање саобраћајних токова светлосном сигнализацијом, Тихомир Ђорђевић, Институт за путеве, Београд 1997.
- [2] Теорија саобраћајног тока, Љубиша Кузовић, Вук Богдановић, Факултет Техничких Наука, Нови Сад, 2004.
- [3] Highway Capacity Manual HCM – 2000, Signalized Intersections, Washington D.C., 2000
- [4] Геодетска подлога града Бијељине, ЈП“Дирекција за изградњу и развој града“ Бијељина

Кратка биографија:



Младенка Мићих рођена је у Бијељини 1984. године. Дипломски-мастер рад на Факултету техничких наука из области Саобраћајно пројектовање одбранила је 2012. године.



Вук Богдановић рођен је у Сремској Митровици 1966. године. Запослен је на Департману за саобраћај Факултета техничких наука. Тренутно у звању ванредног професора на Катедри за саобраћајне системе.



ANALIZA PROCESA UVOĐENJA DIGITALNE TELEVIZIJE U BOSNI I HERCEGOVINI

THE ANALYSIS OF DIGITAL TV INTRODUCTION TO BOSNIA AND HERZEGOVINA

Veliborka Radović, Željko Trpovski, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – SAOBRAĆAJ

Kratak sadržaj – U ovom radu opisan je značaj procesa digitalizacije televizije kao i oprema koja je neophodna za prijem digitalnog signala. Izvršena je analiza tržišta komunikacija Bosne i Hercegovine i dat plan digitalizacije televizije u ovoj zemlji.

Abstract – In this paper the importance of television digitalization process is described, as the equipment that is necessary for digital signal receiving. Analysis of communication field in Bosnia and Herzegovina and the plan for television digitalization for this country is given.

Ključne reči: digitalna zemaljska (terestrijalna) televizija, digitalni signal, digitalne regije, MP4 standard, digitalizacija televizije.

1. UVOD

U dinamičnom okruženju ubrzanog razvoja tehnologije i konvergencije medija i medijskih sadržaja, prelazak sa analognog na digitalnu radiodifuziju postaje potreba modernog društva. Mobilna telefonija, interaktivni servisi i bežični pristup Internetu, povećavaju potrebu za bržim, boljim i jednostavnijim uslugama, koje postaju ograničene frekvencijskim spektrom kojim raspolazemo. Razvoj tehnologije utiče direktno i na naš odnos prema okruženju u kojem se nalazimo i oblikuje prostor u kojem živimo. Digitalna televizija ne samo da će ponuditi veći izbor, bolji kvalitet i više programskih sadržaja, nego će omogućiti otvoreno i slobodno medijsko tržište koje će dalje stvoriti uslove za nove poslovne mogućnosti u ovoj oblasti u Bosni i Hercegovini.

Jedan od glavnih razloga zbog čega su se evropske zemlje odlučile da postepeno pređu na digitalizaciju zemaljske radiodifuzije jeste već iscrpljen prostor za televizijske (TV) frekvencije. Uprkos tome što televizija kao medijum ne pruža punu interaktivnost kao internet, digitalizacija donosi nove usluge koje zahtjeva informaciono društvo. Digitalizacija ne predstavlja za televiziju neku revoluciju, već je više evolutivni razvoj, koji omogućava gledaocima veći izbor programa uz kvalitetniju sliku i ton (takođe nezavisno od televizijskih TV prijemnika), pri čemu digitalni TV programi donose mnogo više informacija, uz mogućnost interakcije.

Multipleksiranje obezbeđuje prenos značajno više programa, nego što je to bio slučaj kod analogne tehnike, uz racionalnije korišćenje frekvencijskog spektra.

NAPOMENA:

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

Dozvole za analogno emitovanje programa emiterima u BiH važe do 2015. Prema akcionom planu za prelazak sa analognog na digitalno emitovanje programa predviđeno je da se projektuje plan raspodjele digitalne frekvencije i stvore neophodni uslovi za paralelno emitovanje do 2014.

Realno je da se u tom roku formira jedna mreža za emitovanje multipleksa koji bi sadržao programe medijskog javnog servisa i tradicionalno najgledanijih komercijalnih emitera Pink BH, Hayat, OBN.

Proces prelaska s analogne na digitalnu zemaljsku radio difuziju u frekvencijskim opsezima 174-230 MHz i 470-862 MHz u Bosni i Hercegovini prolazi kroz stručnu analizu postojećeg stanja, utvrđivanja potreba i mogućnosti razvoja sektora komunikacija u BiH, vodeći računa o nužnim pravcima i dinamici prelaska na digitalnu zemaljsku radiodifuziju, definiše optimalno rješenje, temeljne strateške odrednice i uslove za tranzicijski period u cilju da se postigne uspješno gašenje analogne zemaljske radiodifuzije u navedenim opsezima.

Uvođenje digitalne zemaljske (terestrijalne) televizije (DTT) u BiH, period prelaska sa analogne na digitalnu zemaljsku radiodifuziju i gašenje analogne radiodifuzije u navedenom RF opsegu je obaveza Bosne i Hercegovine koja treba biti urađena u skladu sa važećim međunarodnim sporazumima iz ove oblasti.

Prema Zakonu o komunikacijama Bosne i Hercegovine Regulatorna agencija za komunikacije, u saradnji s Vijećem ministara, upravlja frekvencijskim spektrom u skladu sa međunarodnim sporazumima.

Bosna i Hercegovina se ovom procesu odlučila za kompresioni standard MP4 i DVB-T standard pri prenosu signala do gledaoca.

2. PRINCIP RADA I POTREBNA OPREMA

Tehnički digitalna televizija podrazumijeva čitav lanac, od scene koja se snima pa do krajnjih korisnika digitalne televizije.

Video i audio snimci sa realne scene koja se snima, ili arhivski analogni snimci, najprije se pretvaraju u digitalni oblik pomocu odgovarajućih A/D konvertora i zatim se komprimuju u video i audio MPEG koderima. Programi koji se realizuju u odvojenim digitalni video i audio produkcijama, spajaju se u MPEG multipleksu u jedinstven programski i transportni strim. Da bi se obezbijedio pouzdan prenos digitalnih podataka sa velikom količinom bita, primjenjuju se zaštitni kodovi za kodovanje mogućih grešaka [1].

Za digitalnu zemaljsku radiodifuziju s predajnika, prema evropskom standard DVB-T, u RF modulatoru se primjenjuje odgovarajuća digitalna modulacija OFDM. Po jednom UHF kanalu širine 8 Mhz može se emitovati nekoliko digitalnih televizijskih i radio programa, koji su komprimovani prema standardu MPEG-4.

Program se prima pomoću klasične antene. Pojedinačni korisnici treba da instaliraju prijemni **Set-top box** uređaj (Slika 1), koji treba da obavi:

- prijem digitalno moduisanih DVB-T signala,
- selekciju i demodulaciju COFDM signala,
- MPEG-4 dekodovanje,
- D/A konverziju i
- prilagođenje dolaznih signala, koji se pomoću SKART konektora, dovede na klasičan televizor.

Eksterni Set-top box uređaj može biti ugrađen i u TV prijemnik kao poseban digitalni tjuner.

Korisnicima koji posjeduju IDTV- televizijski set koji sadrži sve komponente potrebne da se dobije i prikaže digitalni signal nije potreban Set-top-box uređaj, (Sl. 2.)



Slika 1. Set-top-box



Slika 2. IDTV

3. PLAN DIGITALIZACIJE U BiH

U skladu sa principima planiranja, a na osnovu tehničkih ograničenja planiranja digitalnih mreža i propagacionih uslova, BiH je podijeljena na 9 „allotmenta“ (*allotment – teritorija u kojoj funkcioniše jedna SFN mreža*). Svakom allotmentu je dodijeljena 1 VHF i 7 UHF frekvencija [3].



Slika 3. Digitalne regije u BiH [3]

Tabela 1. Allomenti

R.Br.	Allomenti
1.	<i>Bjelašnica</i>
2.	<i>Kozara</i>
3.	<i>Leotar</i>
4.	<i>Majevisa</i>
5.	<i>Plješevica</i>
6.	<i>Trovrh</i>
7.	<i>Tušnica</i>
8.	<i>Velež</i>
9.	<i>Vlašić</i>

U trenutku prelaska na digitalno emitovanje predviđeno je da se formiraju multipleksi A,B,C. Licence za MUX - A su već dodijeljene javnim TV servisima. Njihovo pravo i obaveza je da emituju u digitalnom formatu postojeće programe JRTVS BiH: program RTV Republike Srpske, program Federalne TV, i program BHT1., dok će MUX - B biti u službi komercijalnih TV stanica. Na osnovu tenderske dokumentacije, će se vršiti odabir operatera, a odabrani operater će biti dužan izvršiti dopremu i instalaciju opreme, testiranje i puštanje u rad. Nešto kasnije biće raspisan i tender za operatera MUX-a C. Glavna uloga ovih operatera će biti da pruže usluge emitovanja TV programa stanicama koje se nalaze u njihovoj mreži.

Prva faza digitalizacije u BiH jeste nabavka opreme i pokrivanje digitalnim signalom Sarajeva, Banjaluke i Mostara, uvezivanje glavnog prstena u BiH i povezivanje

pet informativno-tehničkih centara Brčko, Zenica, Istočno Sarajevo, Bijeljina i Tuzla. Druga faza bila bi uvezivanje istočnih i zapadnih prstenova, uspostavljanje linkovskih veza, predajnika itd. Nakon toga uslijedila bi izgradnja primarne emisione mreže. Strategijom je prelazak sa analogne na digitalnu zemaljsku televiziju bio predviđen još prošle godine, međutim taj rok je redefinisana, a on je 1. decembar 2014. godine i sudeći prema svemu taj plan će biti ispunjen. Prema ovom planu, već u jesen na području Sarajeva, Mostara i Banjaluke će se prostirati digitalni signal. Veoma važno je naglasiti da to u veoma visokoj mjeri zavisi od javnih emitera koji trebaju svoju produkciju prilagoditi digitalnim normama odnosno da digitalizuju proizvodne pogone i da emituju digitalni program. Tender za nabavku digitalnih mikrotalasnih linkova javnih radiotelevizijskih servisa u BiH na relaciji Sarajevo-Banja Luka i Sarajevo-Mostar, uvezivanje pet informativno-tehničkih centara u sistem digitalnih veza Javnih RTV servisa i odašiljača za pokrivanje digitalnim

signalom područja gradova Sarajeva, Banja Luke i Mostara je u završnoj proceduri.

Početak digitalnog emitovanja odvija se u frekventijskom prostoru u kojem već radi analogna zemaljska radiodifuzija.

Izbor i broj kanala za inicijalno uvođenje utvrđivale su administracije na nivou podregiona. BiH je sa Hrvatskom, Srbijom, Crnom Gorom, Mađarskom, Slovenijom i Austrijom dogovorila da se inicijalno uvođenje vrši na po dva kanala u svakom allotmentu. Korištenje svakog pojedinačnog kanala će se posebno usaglašavati na međunarodnim koordinacionim sastancima.

Na sljedećoj slici prikazani su plan i prijedlog zamjenskih lokacija (crvene strelice) u Bosni i Hercegovini za uvođenje digitalne zemaljske radiodifuzije. Razlog za ovaj izbor zamjenskih lokacija je nepostojanje emisione infrastrukture na svim lokacijama na osnovu kojih je pravljen plan.



Slika 2. Prikaz pokrivanja sa referentnim lokacijama

Tabela 2. – Analiza prijema TV signala

Prijem sa sobnom antenom		Prijem sa krovnom antenom	
Pokrivena površina	21.474 km ²	Pokrivena površina	41.943 km ²
Pokrivena populacija	36.91%	Pokrivena populacija	78.27%

Da bi se osiguralo pokrivanje većeg procenta stanovništva BiH treba provesti dalje aktivnosti na izboru dopunskih lokacija u svakom allotmentu.

4. ANALIZA TRŽIŠTA TELEKOMUNIKACIJA

Prema podacima Agencije za statistiku BiH, u Bosni i Hercegovini živi oko 3,9 miliona stanovnika, tj. 1.150.000 domaćinstava, od čega 94,9% ima televizijski prijemnik.

Tabela3. Udio različitih platformi u prijemu TV programa

Ukupno domaćinstava	TV	Zemaljska TV	Kablovska TV
1.100.000		770.00	330.000

Udio kablovske TV bilježi porast i značajan nivo iskorištenosti u posljednjih nekoliko godina. Većina kablovskih operatora lokalno je licencirano, te svoje usluge nudi ograničenoj zajednici unutar jednog grada ili područja. Tržište zemaljske radiodifuzije u Bosni i Hercegovini karakteriše prisustvo brojnih učesnika, osim Javnog RTV sistema (BHT1, RTRS i FTV), usluge pruža još 45 TV stanica, od kojih su 15 javne i 30 privatne TV stanice. Do sada je izdato i 15 AVM dozvola. Većina licenciranih TV stanica ima ograničenu lokalnu pokrivenost i emituje

program samo na dijelu teritorije BiH. Kada je u pitanju pokrivenost stanovništva programima članica Javnog RTV sistema BiH, samo BHT1 pokriva većinu populacije Bosne i Hercegovine (89,3%), dok RTRS pokriva 93,96% stanovnika Republike Srpske, a FTV 89,0% stanovnika Federacije BiH.

Niti jedan emiter, isključujući javne RTV servise, ne pokriva čitavu teritoriju, dok je nekoliko emitera dostupno na 70-80% teritorije BiH. Zbog toga se smatra da će veliki broj emitera biti zainteresovan za prelazak na digitalno emitovanje koje bi im moglo omogućiti veću pokrivenost, pa čak i pokrivenost cjelokupne teritorije BiH.

5. ZAKLJUČAK

U Bosni i Hercegovini, koja je na početku procesa prelaska na upotrebu nove tehnologije u oblasti radiodifuzije još uvijek ne postoji politička ni društvena svijest o značaju i neophodnosti usvajanja nove tehnologije. Takva situacija je nepovoljno uticala na dosadašnji tempo prelaska i prekoračenje zadatah rokova. Upravo ovakva situacija zbunjuje građane ali i emitere i njihovo planiranje budućih biznis modela koji će morati da budu usklađeni sa trendovima na tržištu koje diktiraju novi mediji.

Razvoj digitalne televizije u BiH svakako mora biti sinhronizovan sa napretkom digitalizacije u zemljama okruženja. S obzirom na to da je riječ o zemljama koje već emituju digitalne programe i koje imaju strategiju za prelazak na novu tehnologiju u kojima su se opredijelile za standarde koji su u širokoj primjeni u Evropi i da završavaju tranzicioni proces u najavljenom roku (prema[2]), BiH ne može računati na njihovo kašnjenje kako bi imala izgovor za odugovlačenje tranzicije u koju i sama ulazi.

Bilo kako bilo, sve treba učiniti da se izbjegne prividno tehnološka, socijalna komunikacija sa svijetom, da se međunarodne obaveze ispune na vrijeme, mada pored međunarodnih posljedica koje može imati, prijeti opasnost da BiH nakon ovog roka neće moći primati digitalni signal, da ostane crna rupa regiona i da značajno ometa druge zemlje u tom procesu.

6. LITERATURA

- [1] S. Zdravković, Osnovi digitalne televizije, 2009
- [2] T. Čitić, Razvoj digitalne televizije u Srbiji, Doktorska disertacija, Beograd 2008.
- [3] Startegija prelaska s analogne na digitalnu zemaljsku radiodifuziju u BiH, 2009

Kratka biografija:

Veliborka Radović rođena je u Gacku 1987. god. Diplomski master rad odbranila je 2012. godine na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Saobraćaja - Poštanski saobraćaj i telekomunikacije.



Željko Trpovski rođen je u Rijeci 1957. godine. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 1998. god. Od 2004. ima zvanje vanrednog profesora. Oblast interesovanja su telekomunikacije i obrada signala.

STAVOVI I PONAŠANJE MLADIH VOZAČA U SAOBRAĆAJU

ATTITUDES AND BEHAVIOR OF YOUNG DRIVERS

Nataša Rodić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – SAOBRAĆAJ**

Kratak sadržaj – Mladi vozači predstavljaju jednu od najrizičnijih grupa u saobraćaju. U ukupnoj populaciji nastradalih u saobraćajnim nezgodama njihovo učešće je veoma značajno. Važni prediktori njihovog rizika učešća u saobraćaju su stavovi o bezbednosti saobraćaja. U radu su analizirani najznačajniji stavovi mladih vozača o bezbednosti saobraćaja.

Abstract – Young drivers are one of the groups most at risk in traffic. In the total population of people died in traffic accidents, their participation is very important. Important predictors of risk of their involvement in traffic attitudes about road safety. This paper analyzes the most important attitudes of young drivers about road safety.

Ključne reči: Bezbednost saobraćaja, mladi vozači.

1. UVOD

Rana adolescencija i mlado odraslo doba predstavljaju period visokog rizika i telesnih povreda, i period brzog razvoja, koje imaju uticaja na ostatak života. Tokom ovog perioda pojedinci prolaze kroz mnoge promene u svim aspektima svog života. Period razvoja je karakterisan visokim nivoom ličnog istraživanja, povećanom mobilnošću i nezavisnošću od roditelja i usvajanjem uloga odraslih. Tokom ovog perioda pojedinci obično dođu do vozačke dozvole, nauče da voze i dođu do najvećeg životnog rizika nezgode, gde mladi vozači imaju najveće stope dešavanja u vezi sa morbidnošću i smrtnošću u odnosu na sve grupe vozača. Nakon nekog vremena, stope dešavanja nezgoda naglo opadaju, ali nakon prvog pada dešavanja dolazi do manjeg pada rizika od nezgode koji dolazi na najniži nivo u godinama 40-45. Pad rizika u prvim mesecima vožnje verovatno je rezultat prakse i veština i znanja koje su u vezi sa bezbednošću vozača. Ipak, nakon prvog pada, stopa dešavanja nezgoda za pojedince koji su dozvolu dobili u svojim tinejdžerskim godinama polako opada i svoje najniže vrednosti dobija u ranim i srednjim četrdesetim godinama. Promene u riziku po zdravlje od adolescencije u mlado odraslo doba su povezane sa usvajanjem pravila odraslih, stavovima i ponašanjem, i završetkom zadataka razvoja koji su povezani sa zrelošću.

Predmet rada su mladi vozači. Osnovni cilj rada je utvrditi da li postoje značajne razlike u stavovima i ponašanju mladih vozača u saobraćaju u funkciji nivoa stručnog obrazovanja.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Dragan Jovanović, vanr. prof.

2. STRADANJE MLADIH VOZAČA U SAOBRAĆAJU

Posmatrano iz perspektive učešća u nezgodama, mladi vozači, a posebno mladi vozači muškog pola, čine starosnu grupu sa najvećim učešćem u nezgodama (Maycock, 2002.). Ovaj podatak je istinit ako posmatramo verovatnoću da će oni biti učesnici saobraćajne nezgode u odnosu na populaciju svih vozača. Takođe je istinit kada se posmatra verovatnoća da će biti učesnici saobraćajne nezgode po pređenom kilometru u odnosu na vozače drugih starosnih grupa. Mladi vozači čine najveći broj žrtava u saobraćajnim nezgodama. U odnosu na celokupnu populaciju vozača, za vozače mlađe od 24 godine verovatnoća da će poginuti u saobraćajnoj nezgodi je 2 do 4 puta veća nego za ostale vozače: dva puta veća u Australiji, Kanadi, Islandu, Irskoj, Novom Zelandu, Poljskoj, Portugalu, Španiji i SAD; tri puta veća u Austriji, Velikoj Britaniji, Belgiji, Danskoj, Finskoj, Francuskoj i Holandiji; i četiri puta veća u Nemačkoj (OECD, 2006.). Neke od ovih povišenih vrednosti učešća u nezgodama mogu se pripisati vožnji u rizičnijim uslovima i situacijama (vožnja noću, umor, intoksikacija), ili vožnji rizičnijih automobila (kao što su manji i stariji automobili koji imaju manje zaštitne opreme) (Williams, 2000). Međutim, u odnosu na doprinos samih vozača povećanom riziku, ti uticaji, posebno faktori vozila, verovatno su veoma mali.

Ne postoji razlika između muškaraca i žena u njihovim kognitivnim i perceptivnim motoričkim veštinama, ali postoji razlika u njihovom stavu prema vožnji. Muškarci generalno, a posebno mladi muškarci, manje su motivisani da poštuju saobraćajne propise, doživljavaju ih kao manje bitne u odnosu na druge zakone, a kao posledica toga, verovatnije je i da će ih kršiti. Mladi muškarci takođe imaju više samopouzdanja u vožnji, pa tako smatraju kršenje saobraćajnih propisa manje rizičnim nego žene (Gregersen et al., 2000). Dakle, dok veće učešće mladih vozača u nezgodama ne mora biti uzrokovano isključivo njihovim ponašanjem u odnosu na preduzimanje rizika, razlika između mladih vozača muškog i ženskog pola je verovatno pod snažnim uticajem njihovog različitog ponašanja u odnosu na rizik. Da bismo razumeli suštinske uzroke njihovog učešća u nezgodama, moramo biti spremni da razdvojimo uticaj dva otežavajuća faktora koji utiču na sve mlade vozače: mladost, koja je povezana sa nezrelošću i rizičnim ponašanjem, i neiskustvo, koje je povezano sa nedovoljno razvijenim vozačkim veštinama. Kako u današnjem svetu, pogotovo u razvijenim državama, skoro svi dobijaju vozačku dozvolu čim im je to zakonom dozvoljeno, bilo bi nemoguće razdvojiti faktor godina starosti od faktora iskustva. Srećom, ovo nije uvek slučaj. Korišćenjem

nacionalnih baza podataka velikih motorizovanih država još uvek je moguće pronaći vozače početnike različitih godina starosti, što omogućava poređenje učešća u nezgodama vozača početnika koji prvi put dobijaju vozačku dozvolu u različitim godinama starosti. Ovo su uradili Cooper i saradnici (1995) koji su analizirali učešće u nezgodama 140.000 kanadskih vozača u Britanskoj Kolumbiji. Njihova prva analiza bila je usmerena na prve tri godine vožnje. Podelili su nezgode na one koje su se desile u toku prve, druge i treće godine posedovanja dozvole. Dalje, posebno su posmatrali nezgode u kojima su vozači optuženi za prekršaj (nezgode sa krivicom) i nezgode u kojima nisu bili optuženi (nezgode bez krivice). Najvažniji zaključci istraživanja su: (1) vozači početnici, makar oni mlađi od 35 godina, imaju značajno veći broj nezgoda u prvoj godini vožnje nego u drugoj i trećoj godini koje se međusobno značajno ne razlikuju i (2) kada se posmatraju samo nezgode sa krivicom, vozači u prvoj godini veoma se razlikuju od populacije svih ostalih vozača.

3. STAVOVI I PONAŠANJE MLADIH VOZAČA U SAOBRAĆAJU

3.1 Predmet i cilj istraživanja

Osnovni predmet istraživanja su mladi vozači u saobraćaju. Oni se razlikuju kako po svojim psihofizičkim sposobnostima, tako i socio-demografskim karakteristikama, stavovima, shvatanjima i dr. Sve ovo utiče da njihovo ponašanje i rizik učešća u saobraćaju bude značajno različit. Cilj istraživanja je utvrditi da li postoje razlike u stavovima i ponašanju mladih vozača u saobraćaju u funkciji nivoa stručnog obrazovanja.

3.2 Metod

Ispitanici su podeljeni u 4 grupe. U okviru svake grupe anketa je sprovedena na reprezentativnom uzorku studenata. Što se tiče veličine uzorka u prvoj godini anketirano je 104, u drugoj grupi 52, u trećoj 40, a u četvrtoj 37 studenata. Anketa je rađena u terminima predavanja, tako da su studenti u tišini i miru mogli da se skoncentrišu i objektivno odgovore na sva postavljena pitanja koja su dobili na jedinstvenim anketnim obrascima. Vreme koje je predviđeno za popunjavanje ankete je iznosilo oko 45 minuta po ispitaniku. U procesu obrade podataka utvrđeno je da su svi anketni obrasci bili validni, samo kod neki pitanja određeni broj ispitanika nije dao odgovor i u daljoj obradi ovi podaci su svrstani u kategoriju "bez odgovora".

Socijalni stavovi prema riziku u saobraćaju na putevima koji su se ispitivali u ovom istraživanju mogu se grupisati u šest važnih oblasti, i to:

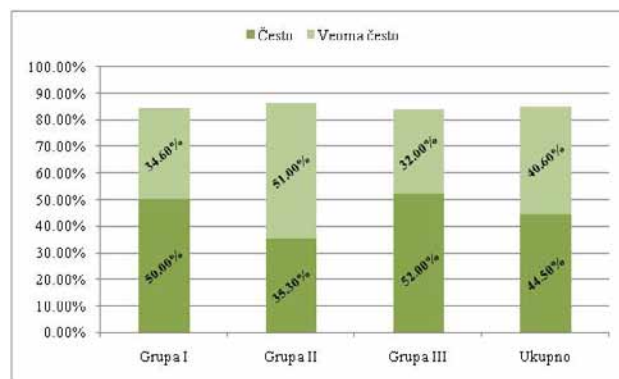
- Prva oblast su pitanja vezana za njihove lične stavove o tome čemu treba posvetiti više pažnje, kazne za koje prekršaje treba da budu strožije, šta su to po njima najčešći uzroci nezgoda, koliko pažnje treba posvetiti pojedinim učesnicima u saobraćaju...
- Druga oblast su pitanja vezana za način vožnje, ograničenje brzine, držanja dovoljnog odstojanja sa vozilima, ustupanje prava prvenstva prolaza pešacima na pešačkim prelazima, prelazi na žuto svetlo na semaforu, preticanjima, vezanju sigurnosnim pojasevima, kažnjavanjima usled nepoštovanja propisa itd.

- Treća oblast su pitanja vezana za upotrebu alkohola i vožnju.
- Četvrta grupa su pitanja o zagađenju životne okoline, sistemu kaznenih poena, odnosu sa drugim vozačima, o korisnim uređajima u automobilu tipa: sistem vodič, uređaj za upozorenje saobraćajne gužve, alkohol-metar, sistem za registraciju umora i dr.
- Peta oblast su pitanja vezana za učešće anketiranih u nezgodama, nivou obrazovanja, vlasništvu automobila koji voze, području gde žive, upotrebi lekova i vožnji, korišćenju mobilnih telefona i vožnja, o automobilu koje voze, godinama iskustva u vožnji, starosti vozila i najduži period koji su vozili automobil bez pause.
- Opšta pitanja o ispitanicima: vreme polaganja vozačkog ispita, da li su vozili automobil u proteklih 12 meseci, opština gde žive, broj stanovnika opštine, zanimanje, pol, godina rođenja itd.

3.3 Rezultati istraživanja

Od ukupnog broja anketiranih 32,8% je izjavilo da je njihova vožnja u poređenju sa drugim vozačima opasna „mnogo manje“, zatim 32,0% „malo manje“, da je „otprilike ista“ vožnja kao kod drugih vozača 28,9% , „malo više“ 3,9% i „mnogo više“ 2,3%.

Najveći procenat ispitanika (44,5%) misli da drugi vozači ne poštuju ograničenje brzine „često“, 40,6% misli da je nepoštovanje brzine „veoma često“, 9,4% „ponekad“, 3,1% „uvek“, 2,3% „retko“ i 0,0% ispitanika misli da nema vozača koji uvek poštuju ograničenje brzine (Grafik 1).



Grafik 1. Šta mislite koliko često drugi vozači ne poštuju ograničenje brzine

Najveći broj ispitanika (48,8%) je odgovorilo da će na tipičnom putovanju, verovatnoća brzina biti proverena „ponekad“, 29,1% ispitanika odgovorilo da će brzina biti proverena „retko“, 15,7% „često“, 3,9% „nikad“, 2,4% je odgovorilo „veoma često“, dok ni jedan ispitanik nije odgovorio da će brzina biti proverena „uvek“, (Grafik 5.). Od ukupnog broja anketiranih, njih (86,6%) nije kažnjavano, ni pronađeno zbog nepoštovanja ograničenja brzine, dok je 9,4% ispitanika pronađeno i kažnjeno, a 3,9% ispitanika je samo pronađeno za nepoštovanje ograničenja brzine.

Na pitanje koliko često prolazite na žuto svetlo na semaforu, (33,3%) ispitanika su odgovorila da „retko“ prolaze, 28,1% „nikad“ ne prolazi na žuto svetlo, 25,8% „ponekad“, 6,3% „veoma često“, 4,7% „uvek“ i 3,9% „često“ prolazi na žuto svetlo.

Najveći broj ispitanika (66,9%) je odgovorio da „nikad“ ne pretiče kada je to jedva izvodljivo, 26,8% „retko“ pretiče, 3,9% „ponekad“, dok 2,4% ispitanika „često pretiče“ u situaciji kada je to jedva izvodljivo.

Korišćenje sigurnosnog pojasa prilikom upravljanja automobilom (Grafik 2):

- Na auto-putu

Najveći broj anketiranih (89,0%) je izjavio da „uvek“ veže sigurnosni pojas na auto-putu kada ide na putovanje, 3,1% pojas veže „veoma često“ i „ponekad“, 2,4% „često“, 1,6% „nikad“ i 0,8% ispitanika je odgovorilo da „retko“ veže sigurnosni pojas kada voze automobil.

- Na glavnim putevima

Najveći broj anketiranih (88,2%) je izjavio da „uvek“ veže sigurnosni pojas na glavnom putu kada ide na putovanje, 3,9% pojas veže „često“ i „veoma često“, 1,6% „retko“ i „ponekad“, dok 0,8% ispitanika „nikad“ ne veže sigurnosni pojas u toku vožnje na glavnim putevima.

- Na seoskim putevima

Na seoskim putevima najveći broj anketiranih (75,0%) sigurnosni pojas veže „uvek“, 6,3% pojas veže „retko“ i „ponekad“, 5,5% „često“, 3,9% „nikad“, dok 3,1% ispitanika pojas veže „veoma često“.

- U naseljenim mestima

Najveći broj ispitanika (79,9%) „uvek“ veže sigurnosni pojas kada vozi automobil u naseljenim mestima, 4,7% „često“ i „veoma često“ veže pojas, dok 3,9% „nikad“, „retko“ i „ponekad“ veže sigurnosni pojas dok vozi automobil u naseljenim mestima.



Grafik 2. Kada vozite automobil, koliko često vežete sigurnosni pojas kada idete na putovanje

Od ukupnog broja ispitanika najveći broj (41,4%) je odgovorio da „uvek“ koristi odgovarajuću vrstu zaštite kada vozi dete (ili decu) u automobilu ili ih veže sigurnosnim pojasom, 34,4% „nikad ne vozi decu“, 16,4% „obično“, 6,3% „ponekad“ i 1,6% „nikad“ ne koristi sigurnosni pojas i odgovarajuću vrstu zaštite dok vozi dete.

Mišljenje o opravdanosti ograničenja brzine (Grafik 3):

- Auto-putevima

Najveći procenat ispitanika (53,9%) misli da je ograničenje brzine na auto-putu treba da bude „isto“, 41,4% misli „veće“ i 2,3% da ograničenje bude „niže“ i „bez ograničenja“.

- Glavnim putevima između gradova

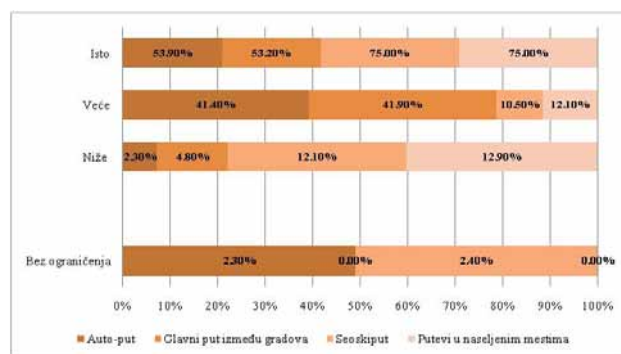
Najveći procenat ispitanika (53,2%) misli da ograničenje brzine na glavnim putevima između gradova treba da bude „isto“, 41,9% misli da treba da bude „veće“, 4,8% „niže“ i 0,0% ispitanika misli da treba da bude bez ograničenja.

- Seoskim putevima

Najveći procenat ispitanika (75,0%) se složio da ograničenje brzine na seoskim putevima treba da bude „isto“, 12,1% misli da ograničenje treba da bude „niže“, 10,5% „veće“ ograničenje, dok 2,4% ispitanika misli da seoski putevi treba da budu „bez ograničenja“ brzine.

- Putevima u naseljenim mestima

Najveći procenat ispitanika (75,0%) misli da ograničenje brzine na putevima u naseljenim mestima treba da ostane „isto“, 12,9% „niže“ ograničenje, 12,1% ispitanika misli da je potrebno „veće“ ograničenje, dok 0,0% ispitanika misli da na putevima u naseljenim mestima nije potrebno ograničenje.



Grafik 3. Poredeći sadašnja ograničenja, šta mislite koliko treba da bude ograničenje brzine

Najveći broj ispitanika (36,7%) je odgovorio da „1 ili 2“ dana u nedelji pije alkoholna pića, 32,0% ispitanika „<1“ dana, 24,2% „nikada“ ne pije alkoholna pića, 5,5% „3 ili 4“ dana, 1,6% „većinu dana“ dana pije alkoholna pića, dok niko od ispitanika nije odgovorio da pije alkoholna pića „5 ili 6“ dana u nedelji. Od ukupnog broja ispitanika, najveći broj ispitanika (71,9%) je odgovorio da „nikada“ ne vozi nakon pića čak i male količine alkohola, 16,4% ispitanika vozi „<1“ dana, 10,9% ispitanika vozi „1 ili 2“ dana u nedelji nakon pića, 0,8% „3 ili 4“ dana, dok niko od ispitanika nije odgovorio da vozi „5 ili 6“ i „većinu dana“ u nedelji nakon pića.

Kada je u pitanju tvrdnja, ako brzo vozim ništa mi se neće desiti zato što zadržavam kontrolu nad situacijom na putu i vozilom, 53,2% ispitanika odgovorilo je „uopšte se ne slažem“, 26,2% ispitanika odgovorilo je „uglavnom se ne slažem“, 12,7% „neodlučan sam“, 5,6% ispitanika odgovorilo je „uglavnom se slažem“, a 2,4% „u potpunosti se slažem“.

Najveći broj ispitanika (99,2%) izjavilo je da nisu bili umešani u saobraćajne nezgode u protekle tri godine kao vozači vozila, u kojim je neko, uključujući i njih, bio povređen i dobio medicinsku pomoć, dok je 0,8% ispitanika odgovorilo „jednom“.

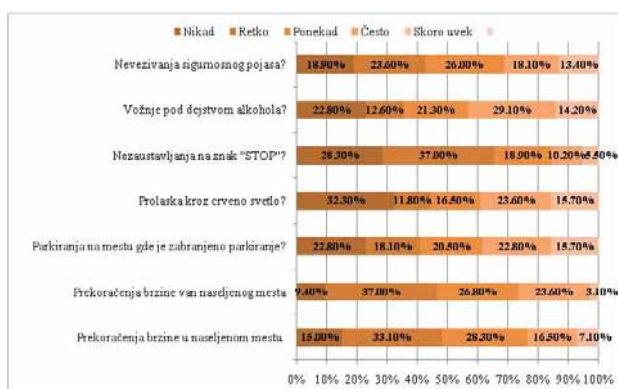
Najveći broj ispitanika (82,7%) izjavilo je da nisu učestvovali u nezgodama u protekle tri godine kao vozači vozila, u kojim je bila samo materijalna šteta, 15,7% ispitanika je učestvovalo „jednom“, dok je 1,6% ispitanika učestvovalo „dva“ puta u nezgodama u kojima je bila samo materijalna šteta.

Najveći broj ispitanika (63,9%) odgovorilo je da nisu bili uključeni ni u jednoj od različitih situacija (zamalo nezgoda) kao vozači u prethodna tri meseca, 14,8% ispitanika bilo je uključeno u „jednoj“ takvoj situaciji, 10,7% ispitanika bilo je uključeno u „dve“ situacije (zamalo nezgode), 5,7% ispitanika odgovorilo je da je učestvovalo u „tri“ takve situacije, 3,3% odgovorilo je u „deset“ situacija, dok je 0,8% ispitanika odgovorilo da je učestvovalo u „šest“ i „petnaest“ različitih situacija (zamalo nezgoda) u prethodna tri meseca.

Najveći broj ispitanika (64,3%) je odgovorilo da nikad u toku dana ne napravi ili odgovori na telefonski poziv dok vozi, oni pozovu, 15,1% ispitanika odgovorilo je „jedan“ put, 9,5% ispitanika odgovorilo je „dva“ puta, 5,6% „tri“ puta, 3,2% „pet“ puta, dok je 0,8% ispitanika odgovorilo da „šest“, „osam“ i „deset“ puta u toku dana u proseku naprave ili odgovore na telefonski poziv dok voze, oni pozovu.

Na pitanje, koliko puta u toku dana u proseku napravite ili odgovorite na telefonski poziv dok vozite? - Vi odgovorite na poziv, najveći broj ispitanika (46,8%) je odgovorilo nikad, 19,8% ispitanika odgovorilo je „jedan“ put, 15,1% ispitanika odgovorilo je „dva“ puta, 7,1% „tri“ puta, 6,3% „pet“ puta, 3,2% „deset“ puta, dok je 0,8% ispitanika odgovorilo da „četiri“ i „petnaest“ puta u toku dana u proseku naprave ili odgovore na telefonski poziv dok voze.

Najveći procenat ispitanika (33,1%) se složilo da će „retko“ biti kažnjeni od strane policije zbog prekoračenja brzine u naseljenom mestu, dok je 37,0% ispitanika takođe reklo da će „retko“ biti kažnjeni zbog prekoračenja brzine van naseljenog mesta. 22,8% ispitanika reklo je „nikad“ i „često“ kada je u pitanju kazna od strane policije zbog parkiranja na mestu gde je zabranjeno parkiranje. 32,3% ispitanika misli da je verovatnoća da „nikad“ neće biti kažnjeni zbog prolaska na crveno svetlo. 37,0% ispitanika se složilo da će „retko“ biti kažnjeni zbog nezaustavljanja na znak „STOP“. Najveći broj ispitanika (29,1%) misli da će „često“ biti kažnjeni zbog vožnje pod dejstvom alkohola, a 26,0% ispitanika misli da će „ponekad“ biti kažnjeni od strane policije zbog nevezivanja sigurnosnog pojasa (Grafik 4).



Grafik 4. Kolika je verovatnoća da biti kažnjeni od strane policije zbog

4. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Skorija istraživanja nam objašnjavaju, zašto mladi vozači imaju veći rizik od nezgoda, potencirajući nam da se najveće promene dešavaju u prvih par meseci po

dobijanju vozačke dozvole, a ne u prvih nekoliko godina. Ova otkrića pokazuju da, vozačko iskustvo, više nego godine vozača i godine dobijanja vozačke dozvole, ima veliku ulogu, te da se kod mladih vozača uočava ovakav nedostatak pri rizicima od nezgoda. Ovim se smatra da mladost ima veliku ulogu. Postoji dovoljno dokaza da pri riziku od nezgoda faktori, vezani za mladost i verovatno nezrelost, imaju veliku ulogu, ali najbitniju ulogu u ovakvim situacijama ima neiskustvo.

Saobraćajnu nezgodu uprošćeno možemo prikazati i kao sumu grešaka i kršenja pravila. Ponašanje vozača možemo shvatiti kao skup određenih navika, sklonosti i emocionalnih reakcija prilikom vožnje. Imajući u vidu da smo zemlja u tranziciji jasno je da mnogi faktori utiču na neprilagođeno i opasno ponašanje pri vožnji. Naročito veliki broj nezgoda čine mladi vozači. Njih odlikuje negativan stav prema saobraćajnim propisima i potcenjivanje rizika. To podrazumeva: prekoračenje brzine, prolazak kroz crveno svetlo, održavanje nepropisnog rastojanja među vozilima, ignorisanje saobraćajnih znakova, vožnja pod uticajem alkohola ili narkotika, uz konzumiranje cigareta, u pospanom stanju, nekorišćenje sigurnosnog pojasa, nepažnja i slično. Ovo važi za sve učesnike u saobraćaju, bez obzira na uzrast. Za neke mlade vozače su karakteristični: vožnja noću, vikendom, uz slušanje glasne muzike, upotreba mobilnih telefona tokom vožnje, vožnja pod uticajem alkohola ili narkotika, u društvu vršnjaka, u neispravnom ili loše održavanom vozilu.

5. LITERATURA

- [1] Cooper, P.J., M. Pinili and W. Chen (1995), "An Examination of the Crash Involvement Rates of Novice Drivers Aged 16 to 55", in *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 27, Issue 1, pp. 89-104.
- [2] Gregersen, N.P., H.-Y. Berg, I. Engström, S. Nolén, A. Nyberg, and P.-A. Rimmö (2000). "Sixteen Years Age Limit for Learner Drivers in Sweden – An Evaluation of Safety Effects", in *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 32, Issue 1, pp. 25-35.
- [3] Maycock, G. (2002). *Novice Driver Accidents and the Driving Test*, TRL Research Report 527, Transport Research Laboratory, Crowthorne, UK.
- [4] OECD (2006). *YOUNG DRIVERS The Road to Safety*. Paris.
- [5] Williams, A.F. (2000). *Teenage Passengers in Motor Vehicle Crashes: A Summary of Current Research*, Insurance Institute for Highway Safety, Arlington.

Kratka biografija:

Nataša Rodić rođena je u Kuli 1985. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Saobraćaj – Drumski saobraćaj odbranila je 2012. god.



Dragan Jovanović rođen je u Zrenjaninu 1974. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 2005. god., a od 2011. je u zvanju venredni profesor. Oblast interesovanja je bezbednost saobraćaja.

FOTOGRAMETRIJSKA ANALIZA SAOBRAĆAJNIH NEZGODA PHOTORAMMETRIC ANALYSIS OF TRAFFIC ACCIDENTS

Goran Štetin, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast - SAOBRAĆAJ

Kratak sadržaj – *Ovaj rad opisuje fotogrametriju kao nauku, bavi se osnovnim principima na kojima se fotogrametrija zasniva i prikazuje mogućnosti primene fotogrametrijskih metoda pri analizama koje se odnose na saobraćajne nezgode. Dat je praktičan primer upotrebe blisko-dometne fotogrametrije upotrebom softvera iWitness i PC-Rect, njene prednosti u odnosu na klasične metode prikupljanja podataka, kao i komparativna analiza ove dve metode u cilju udvrđivanja tačnosti fotogrametrije na terenu.*

Abstract – *This paper deals with photogrammetry as a science and its basic principles as well as the possibilities of implementation photogrammetric methods in analyses that refer to traffic accidents. A practical example of implementation of close distance photogrammetry by using iWitness and PC-Rect was given as well as its advantages in relation to classical methods of data collecting along with a comparative analysis of these two methods in order to establish the accuracy of field photogrammetry.*

Ključne reči: *Fotogrametrija, saobraćajna nezgoda, fotografija mesta nezgode, forenzičko inženjstvo u saobraćaju.*

1. UVOD

Analiza sudara vozila je veoma složen i kompleksan proces, naročito kada se uzme u obzir da ne postoje dve iste saobraćajne nezgode. Kvalitet analize koja se sprovodi zavisi od podataka prikupljenih tokom uviđaja. Drugim rečima, bez adekvatno sprovedenog uviđaja i adekvatno prikupljenih podataka ne možemo sa velikom verovatnoćom tvrditi koji su faktori bili ključni za nasatnak nezgode. Ovo, u sudskom postupku, kada je jedan od faktora koji se razmatra-čovjek, može imati veoma negativne posledice u smislu da možemo umanjiti ili prebaciti krivicu na jednog od učesnika. Kada se ovome doda i potreba za brzim raščišćavanjem mesta nezgode, jasno je zbog čega su moderne tehnologije u forenzičkim ispitivanjima postale nezaobilazne. One nam pored brzine samog postupka na terenu obezbeđuju i trajan prikaz mesta nezgode, preko slika ili 3D animacija. Tehnologija koja je nedavno našla svoju primenu u rekonstrukciji saobraćajnih nezgoda je blizu-dometna fotogrametrija. Fotogrametrija je nauka koja se bazira na matematičkim zakonima koji jasno određuju položaj tačke.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je dr Zoran Papić, docent.

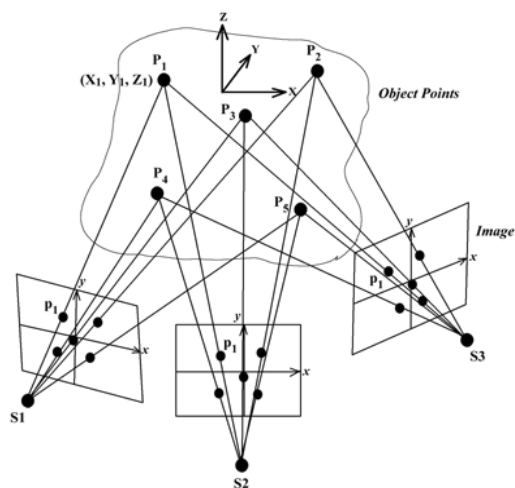
Uvođenjem fotogrametrije u uviđajni postupak se bitno smanjuje vreme samog postupka i zaobilaze greške koje mogu nastati zbog subjektivne sposobnosti ili nemogućnosti da se otkriju svi tragovi koji mogu poslužiti u daljim analizama. Fotogrametrijskim snimanjem mesta nezgode se obezbeđuje trajan, arhivski snimak na osnovu kojeg se mogu vršiti sva buduća merenja u cilju utvrđivanja dinamičkih parametara nezgode (npr. brzina kretanja učesnika nezgode), otkrivanje novih dokaza itd.

2. FOTOGRAMETRIJSKA ANALIZA PODATAKA PRIKUPLJENIH NA TERENU

Prikupljanje podataka na terenu je podeljeno u dve faze i dve lokacije. Prva faza prikupljanja fotografija i informacija se odnosila na dalju obradu u programu iWitness, dok je druga faza bila podređena potrebama programa PC-Rect. U obe faze predmet istraživanja je bila nameštena-fingirana saobraćajna nezgoda. Podaci su prikupljeni na klasičan i fotogrametrijski način, a snimci su kasnije obrađeni u programima iWitness i PC-Rect.

2.1 Primena softverskog paketa iWitness

Program iWitness omogućava korisniku da konvertuje obične fotografije u fotogrametrijske snimke kao i da dvodimenzijalne (2D) informacije, dobijene iz dve ili više fotografija nekog objekta, prebaci u trodimenzionalni (3D) koordinatni sistem (X, Y, Z). Proces dobijanja 3D informacija je, u osnovnoj formi, prikazan na slici 1.



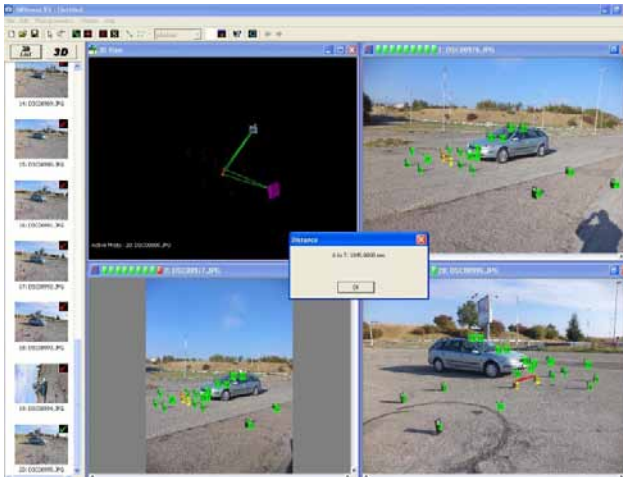
Slika 1. Način utvrđivanja pozicije tačke u prostoru [1]

Urađena su dva projekta, snimanje šireg i užeg mesta nezgode-lokacija „Mišeluk“.

Prvi projekat je analizirao tačnost fotogrametrijske obrade fotografija u programu iWitness. Snimljena je zaustavna

pozicija vozila, određene reperne tačke koje su poslužile za dalju fotogrametrijsku obradu, a rastojanja između tih tačaka su izmerena na licu mesta radi kasnijeg upoređivanja sa rezultatima dobijenim u programu iWitness.

Na slici 2. prikazan je rezultat fotogrametrijske obrade fotografija i rastojanje između tačaka utvrđeno ovom metodom.



Slika 2. Kreiranje 3D pozicije tačkaka i utvrđivanje rastojanja između njih

U tabeli 1. prikazana je analiza tačnosti fotogrametrijske metode primenom softvera iWitness.

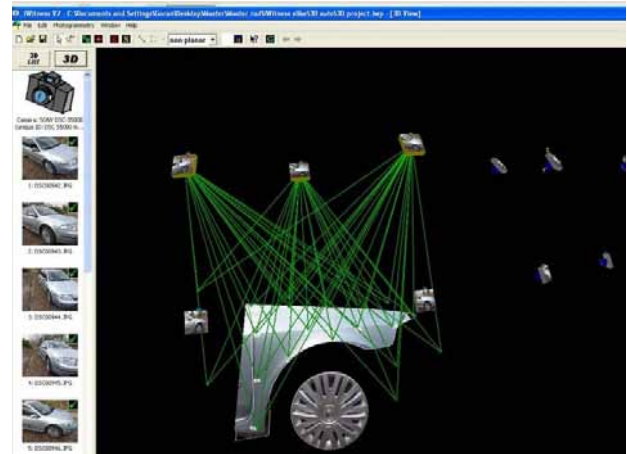
Iz tabele 1 se može videti da tačnost fotogrametrijske metode odstupa od stvarnih vrednosti oko 1% što je za oblast kojom se ovaj rad bavi i više nego zadovoljavajuće. Drugi projekat je bio utvrđivanje mogućnosti, generisanja 3D modela delova vozila na osnovu fotografija. Dobijeni rezultati su prikazani na slici 3.

Ovako generisani 3D modeli mogu biti značajni za određivanje stepena oštećenja vozila direktnim

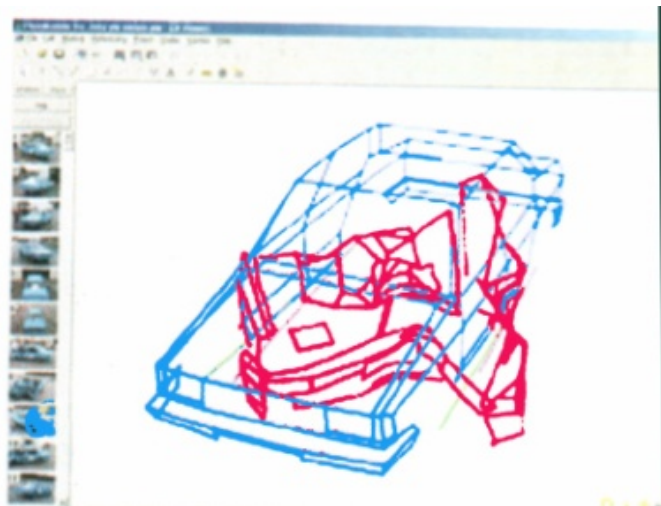
upoređivanjem tj. preklapanjem oštećenog i neoštećenog vozila što je prikazano na slici 4.

Tabela 1. Upoređivanje stvarnih mera sa merama dobijenim fotogrametrijskom obradom u programu iWitness

Par referentnih tačaka	Vrednost izmerena na terenu	Vrednosti dobijene u iWitness-u	Odstupanje (%)
6-7		1045	
4-5	1100	1109,25	0,83
7-8	661	664,56	0,53
8-10	718	717,75	1,11
1-2	1150	1163	1,11
2-3	1085	1085,92	0,084
2-13	1010	1016,66	0,65
13-15	955	960,3	0,55
15-17	1125	1139,7	1,30
1-12	860	864,88	0,46
12-14	965	975,42	1,068



Slika 3. 3D model prednjeg desnog dela vozila dobijen na osnovu fotografija



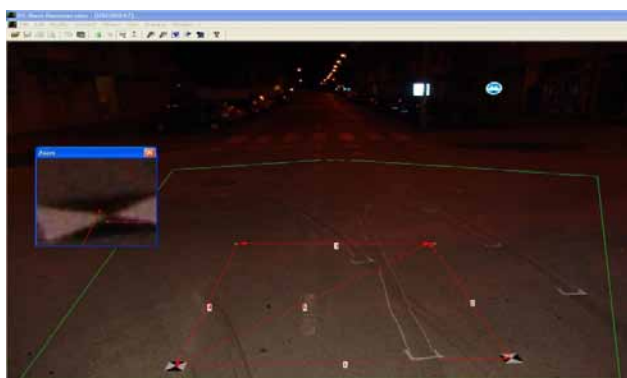
Slika 4. Uporedni prikaz deformacija na vozilu [2]

2.2 Fotogrametrijska transformacija fotografije primenom programa PC-Rect

PC-Rect je jedan od programa koji omogućava fotogrametrijsku transformaciju ugaono projektovane ravni u paralelnu, a da pri tome čuva sve poprečne i

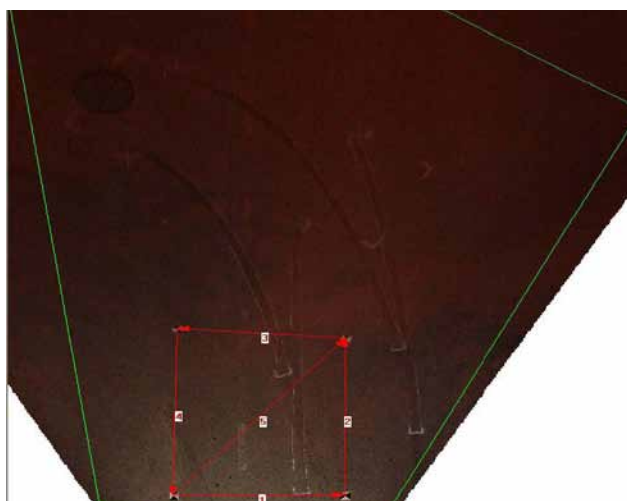
podužne dimenzije. Ovo je bitno jer iz jedne fotografije možemo da dobijemo skicu mesta nezgode sa svim, na njoj vidljivim, tragovima, međusobnim dimenzijama i rastojanjima. Na taj način se vreme prikupljanja dokaza i merenja može svesti na minimum, a mesto nezgode biti

brzo raščišćeno. Takođe, ovakve fotografije su od velike važnosti ukoliko se uoče novi tragovi ili ukoliko neki od tragova nisu dobro izmereni na samom mestu nezgode. Za potrebe ovog rada obrađeno je nekoliko fotografija snimljenih na raskrsnici ulica Dr Svetislava Kasapinovića i Janka Veselinovića u Novom Sad-u. Na ovoj lokaciji su, namernim, forsiranim kočenjem ostavljeni tragovi na kolovozu, koji su zatim zajedno sa zaustavnom pozicijom vozila obeleženi kredom. Dimenzije svih tragova su izmerene na licu mesta radi kasnijeg upoređivanja sa rezultatima dobijenim u programu Pc-Rect. Prvo je izvršeno snimanje i merenje tragova kočenja na raskrsnici. Kasnije je na istoj lokaciji izvršena fotogrametrijska rektifikacija raskrsnice, odnosno pravca na kojem se vozilo kretalo. Na slici 5. se vidi obeležena zaustavna pozicija vozila na raskrsnici i priprema fotografije za fotogrametrijsku rektifikaciju u programu PC-Rect.



Slika 5. Zaustavna pozicija vozila na raskrsnici i unošenje poznatih mera

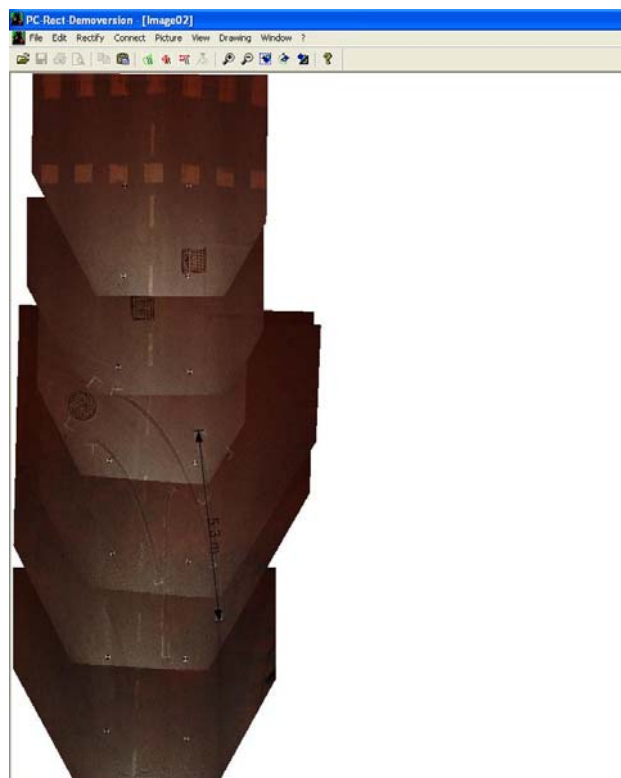
Da bi fotografija bila uspešno rektifikovana potrebno je, pored poštovanja određene procedure fotografisanja, znati i dimenzije četiri uzastopne pozicije, u ovom slučaju to su rastojanja između metalnih pločica postavljenih na kolovozu. Konačnom obradom dobijena je rektifikovana fotografija prikazana na slici 6.



Slika 6. Rektifikovana fotografija mesta nezgode

Ovako dobijena fotografija može biti korištena kao skica mesta nezgode. Ukoliko se mesto nezgode ne može obuhvatiti jednom fotografijom, rektifikovane fotografije

se mogu spajati tako da se dobije širi prikaz mesta nezgode. Na slici 7. je prikazano ovakvo spajanje rektifikovanih fotografija čime je dobijen rektifikovani pravac kretanja vozila kroz raskrsnicu.



Slika 7. Spajanje rektifikovanih fotografija

Analiza podataka prikupljenih na terenu i podataka dobijenih u programu PC-Rect, kao i tačnost ove metode, dati su u tabeli 2.

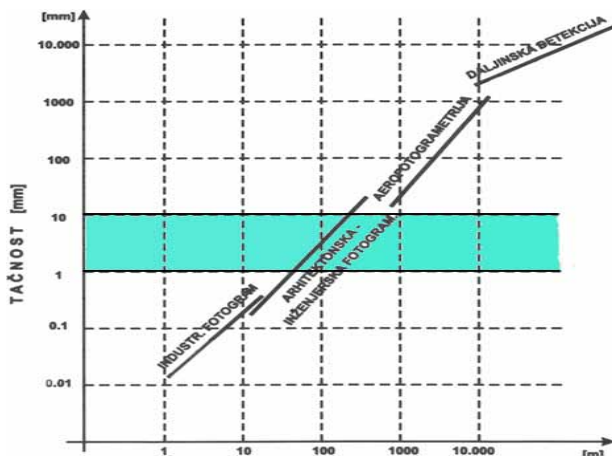
Tabela 2. Upoređivanja stvarnih mera sa merama dobijenim fotogrametrijskom metodom u programu PC-Rect

Trag kočenja	Vrednost izmerena na terenu (m)	Vrednost dobijena u programu PC-Rect (m)	Odstupanje (%)
Zadnji desni točak	5,25	5,2	0,952
Zadnji levi točak	4,55	4,5	1,09

3. ZAKLJUČAK

Obradom fotografija u dva najpoznatija fotogrametrijska softvera i upoređivanjem rezultata sa stvarnim merama, došlo se do zaključka da tačnost koja se ovom metodom postiže varira između stotog i hiljaditog dela metra, odnosno odstupa od stvarne vrednosti oko 1%. Na skali potrebne geometrijske tačnosti za određene oblasti, vidi se da rezultati istraživanja u ovom radu pokazuju da se

dostignuta preciznost nalazi u zoni prihvatljivoj za inženjersku fotogrametriju, Slika 8.



Slika 8. Skala potrebne fotogrametrijske tačnosti za određene oblasti [2]

Treba još spomenuti i vreme koje je bilo potrebno za pravljenje mernih snimaka obrađenih u ovom radu, a koje je bilo manje za oko tri četvrtine od vremena potrebnog za uzimanje tih istih mera na licu mesta. Što se tiče softvera u kojima su slike obrađivane, stiče se utisak da je program PC-Rect, zbog svoje jednostavnosti, kreiran više kao pomoćno sredstvo-alat koji služi za izradu podloge koja se kasnije koristi u programu PC-Crash i drugim sličnim softverima (npr. Virtual Carsh). Ovo ne treba posmatrati kao manu ovog programa, šta više zbog jednostavnosti i velike preciznosti može se očekivati da će pre naći primenu na našim prostorima nego iWitness.

Za razliku od programa PC-Recta, iWitness pruža mnogo širi spektar mogućnosti i nije ograničen samo na potrebe korisnika koji se bave forenzikom. U radu su prikazane samo neke od mogućnosti ovog programa, kao što su: sačinjavanje mernih snimaka, 3D pozicioniranje, izrada 3D modela, dok je PC-Rect poslužio samo za rektifikaciju fotografija.

Rad u iWitness-u zahteva dobro poznavanje ovog i pratećeg softvera (CAD-programa) i to može predstavljati osnovni problem za njegovu širu primenu ali kada se jednom savlada može postati nezamenjiv alat pri analiziranju i prikupljanju podataka sa mesta nezgode.

4. LITERATURA

[1] iWitness, manual user

[2] Miroslav Marčeta, Fotogrametrija i daljinska detekcija, Beograd, 2007.

Kratka biografija:



Goran Štetin rođen je u Novom Sadu 1987. godine. Osnovne akademske studije je završio 2011. godine odbranom završnog rada i oblasti forenzičkog inženjerstva u saobraćaju. Master rad iz oblasti Fotogrametrijske analize saobraćajnih nezgoda je odbranio 2012. godine

**KONTRAST SLIKE NA OPLEMENJENIM DIGITALNIM OTISCIMA
IMAGE CONTRAST OF COATED AND DIGITALLY PRINTED SAMPLES**Nataša Mladenović, Igor Karlović, Ivana Tomić; *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN**

Kratak sadržaj – Predmet rada jeste procena kvaliteta slike oplemenjenih digitalnih otisaka na osnovu vrednosti kontrasta. Cilj je utvrđivanje uticaja oplemenjivanja otisaka UV lakom, odnosno promene nastale različitim debljinama nanosa laka na kvalitet digitalno odštampanih uzoraka.

Abstract – The case study was to evaluate the image quality of digital prints processed by the value of the contrast. The aim is to determine the influence of different thickness of gloss UV coating on quality of digitally printed paper.

Ključne reči: Kvalitet slike, kontrast, kvalitet otiska

1. UVOD

Tržište štampanih medija zasićeno je proizvodima. Nadmetanje za dobijanje što atraktivnijeg proizvoda uvek je aktuelno. U širokom spektru proizvoda koji se nude, da bi se neki istakao mora imati dobar kvalitet, prihvatljivu cenu i kratko vreme izrade. Pored svega toga mora zadovoljavati i određene standarde. Tehnologija napreduje, industrija se razvija, samim tim dešavaju se promene i u grafičkoj industriji, naročito u području digitalne štampe. Digitalna štampa je posebno zanimljiva zbog svoje dostupnosti, lakog rukovanja i prihvatljivih cena. Sa povedanim rastom proizvodnje potrebno je unaprediti i kvalitet proizvoda. Potreba za ocenom kvaliteta sve više raste kako bi proizvod ostao konkurentan na dinamičnom tržištu.

Svojstva nekog materijala mogu se podeliti na hromatska i geometrijska. U hromatska svojstva ubraja se boja, dok u geometrijska svojstva možemo svrstati sjaj, reflektansu, zamućenje, teksturu. Kvalitet proizvoda karakteriše mnoštvo atributa od kojih su neki direktno vezani za boju. Neki od njih su ton boje, reprodukcija tona, zasićenost, pomeraj boje, opseg boja, itd. Lakiranje i ostali postupci oplemenjivanja površine u štampi služe za promenu površinske strukture smog otiska čime najčešće se dobija veći sjaj odnosno povećani udeo geometrijske komponente. Dodavanjem većeg udela geometrijske komponente postiže se i promena tona, obojenja kao i drugih efekata refleksije usled promene površine refleksije.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je dr Igor Karlović, docent.

Kontrast jedan je od atributa kvaliteta koji ima jako veliku ulogu u čovekovom opažanju posmatrane slike i može se dobiti denzitometrijskim merenjem na osnovu optičke gustine ili merenjem razlika u svetlini ivica odnosno refleksije svetlosti nekom od digitalnih metoda obrade slike.

2. ODREĐIVANJE KVALITETA SLIKE

Ocena kvaliteta slike je osnovni alat za istraživanje, razvoj, kontrolu kvaliteta proizvodnje, procesnu kontrolu i uočavanje problema.

Ocena kvaliteta može biti subjektivna i objektivna. Subjektivne metode se zasnivaju na perceptualnoj proceni slike gde su ljudski posmatrači ti koji daju ocenu kvaliteta, dok se kod objektivnih metoda rezultati dobijaju pomoću mernih instrumenata ili algoritama. Upotreba algoritama ili različitih metoda za ocenu kvaliteta slike (engl. Image Quality metrics – IQ) postaju sve popularniji zbog brzine, niske cene i zbog toga što ne zahtevaju visoku stručnost korisnika. Mnoge metode su predložene, uglavnom sa ciljem da se predvidi doživljeni kvalitet slike. Međutim, niko do sada nije uspeo da za ukupan kvalitet slike uspostavi korelaciju između merenja kvaliteta slike i percepcije. Za to postoji više razloga, a jedan je taj što je kvalitet slike višedimenzionalan i složen. Jedan od pristupa za premošćavanje jaza između doživljenog i izračunatog kvaliteta slike jeste upotreba atributa kvaliteta (engl. Quality Attributes - QA), kao što su svetlina, zasićenost, detalji, itd [1]. Atributi kvaliteta pomažu da se smanji složenost kvaliteta slike, a sa dobro grupisanim atributima smanjuje se i dimenzionalnost kvaliteta slike.

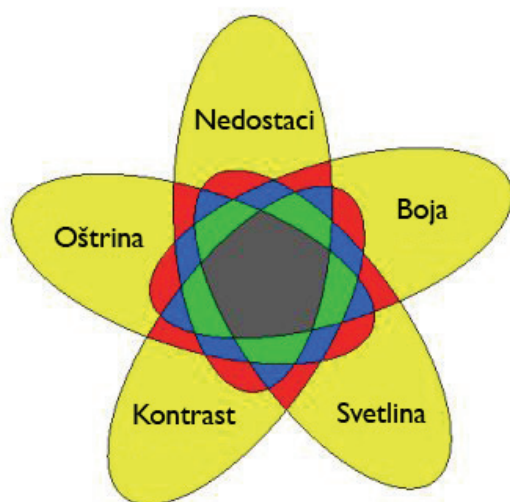
U cilju određivanja najbitnijih atributa kvaliteta, Pedersen u svom radu [2] iz postojećih literatura uzima attribute koji su bazirani i na percepciji i na tehnologiji, kao i attribute korišćene za različite namene. Na osnovu toga on u attribute kvaliteta ubraja: svetlinu, oštrinu, zamućenost, kontrast, šum, detalje, prirodnost, boju, ton, hromu, zasićenost, prikaz boje, opseg boje, nepravilnosti, površinsku šaru, sjaj, reprodukciju tona, pomeraj boje, kvalitet linije, kvalitet teksta, efektivnu rezoluciju, uniformnost sjaja, boju kože, hrapavost papira, ravnost papira, belinu papira, percipiran nivo sive, nepravilnosti u strukturi, mikrouniformnost, strukturna svojstva itd [2].

U praksi se ne kontrolišu svi ovi parametri kako bi se ocenio kvalitet štampe. Mnogi od navedenih atributa se preklapaju i imaju istu namenu. Imajući to u vidu, sa ciljem da se smanji dimenzionalnost kvaliteta slike i povežu subjektivni i objektivni atributi kvaliteta slike,

Pedersen [2] je spomenute parametre grupisao u 6 osnovnih:

- Boju, koja daje informacije vezane za boju kao što su ton, zasićenost i prikaz boje, osim svetline,
- Svetlinu, za koju se smatra da je perceptualno veoma značajna, pa čini zasebnu grupu. Svetlina ima vrednosti od svetlog do tamnog,
- Kontrast koji se može definisati kao percipirana veličina vizuelno značajne razlike, lokalne i globalne, u svetlini i hromatičnosti, unutar jedne slike,
- Oštrinu, koja se odnosi na jasnodu detalja i definiciju ivica,
- Nepravilnosti, koje se mogu nadi prilikom štampe u rezultujućoj slici. Nepravilnosti poput šuma i prekida tonskog prelaza dovode do smanjenja kvaliteta slike ukoliko ih je moguće detektovati i
- Fizičke atribute u koje spadaju svi fizički parametri koji utiču na kvalitet, poput svojstva papira i sjaj.

U cilju da se ilustrativno prikaže uticaj atributa kvaliteta na kvalitet slike, Pedersen je u svom radu [2] predstavio navedenih šest parametara u vidu Venovog dijagrama. Upotreba Venovog dijagrama omogućava uvid u logičke veze između grupe atributa. S obzirom na to da Venov dijagram nije moguće jednostavno predstaviti sa šest grana, na ilustraciji je korišćeno samo pet atributa, izostavljajući fizičke atribute, što ne govori o tome da su oni manje značajni.



Slika 1. Venov dijagram – grafički prikaz povezanosti glavnih atributa kvaliteta

Venov dijagram na slici 1 prikazuje kako na celokupan kvalitet slike utiču jedan, dva, tri, četiri ili pet atributa kvaliteta. Mnogu od atributa su nezavisni čineći kvalitet slike višedimenzionalnim (u ovom slučaju petodimenzionalni). Ovi atributi mogu imati različit uticaj pa su zbog toga elipse koje ih predstavljaju različitih veličina i položaja. Svaki od atributa može biti podeljen na podatribute. Nedostaci se, na primer, mogu podeliti na šum, ocrtavanje i pojava neželjenih pruga. Takođe neki od

podatributa mogu biti smešteni pod nekoliko glavnih atributa, kao što je uniformnost koju možemo svrstati pod boju i nedostatke. Raspored podatributa mora biti takav da je adekvatan. U svakom slučaju, prilikom ocenjivanja kvaliteta slike ne moraju se koristiti svi atributi kvaliteta [3].

3. KONTRAST

Kontrast predstavlja jedan od atributa kvaliteta slike. U okviru digitalne obrade slike obrađivane su mnoge metode za upravljanje i promenu kontrasta. Uopšteno se može reci da je kontrast razlika reflektanci sa crnih i belih linija, međutim merenje i procena kontrasta, kao ni razlike u kontrastu nisu jednako definisane u svim literaturama.

Najčešće su korišćene dve definicije za merenje kontrasta na testnim uzorcima.

Michelson-ov kontrast [4] uglavnom se koristi kod periodičnih šablona kao što su sinusoidne linije i definiše se prema sledećoj formuli:

$$C = \frac{R_{max} - R_{min}}{R_{max} + R_{min}} \quad (1)$$

gde su:

R_{max} – prosečna vrednost reflektanse sa belih polja i
 R_{min} – prosečna vrednost reflektanse sa crnih.

Za ne periodične šeme, kao što su crna slova na beloj površini, odnosno za merenje lokalnog kontrasta, koristi se Weber-ova formulacija:

$$C = \frac{\Delta R}{R} \quad (2)$$

gde su:

$\Delta R = R_{max} - R_{min}$ – razlika između prosečnih vrednosti reflektanse pozadine i reflektanse slova i
 R – prosečna vrednost reflektanse pozadine ($R = R_{max}$)

Ovaj način merenja kontrasta poznat je pod nazivom štamparski kontrast ili samo kontrast prema ISO 13660 [5].

Još jedan način merenja kontrasta je kontrast ivice (engl. Edge Contrast), prema ANSI X3.182, i računa se na sledeći način [5]:

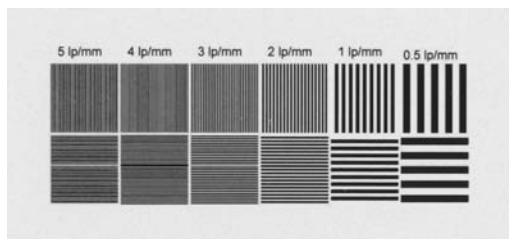
$$R = R_{max} - R_{min}$$

Bez obzira na način koji se meri, vrednost kontrasta se izražava u procentima, od 0 do 100 [6]. Kada je vrednost kontrasta 0% ne postoji granica između susednih površina, odnosno ne postoji šablon. Za svaku vrednost iznad 0% granica postoji, svejedno da li je vidljiva ili ne, što zavisi od detektora, odnosno posmatrača.

Kako bi se izmerila vrednost kontrasta potrebno je napraviti testni uzorak sa određenim opsegom frekvencija. Na slici 2 prikazan je izgled jednog testnog uzorka sa frekvencijama od 0.5 do 5 lp/mm. Generalno, kontrast je manji na većim frekvencijama [5].

4. ANALIZA KONTRASTA SLIKE

Za eksperiment je škorišćen sjajni premazni papir, gramature 300 g/m². Izmerena vrednost sjaja samog papira je 33.2 GU Na uzorcima koji su odštampani na digitalnoj štamparskoj mašini Xerox DocuColor 252



Slika 2. Testni uzorak za merenje kontrasta

i potom oplemenjeni sjajnim UV lakom merena je vrednost kontrasta na različitim frekvencijama. Uzorci su skenirani pomoću ravnog skenera Canon CanoScan5600F i potom analizirani u programu ImageJ metodom kontrasta ivice.

U okviru programa korišćena je pravougaona selekcija sa određenim dimenzijama kako bi odredili polje od interesa. Iz menija *Analize* izabrana je opcija *Histogram* na osnovu čega su dobijene informacije o srednjoj vrednosti reflektanse.

Postupak je rađen prvo za crno pa za belo polje (za liniju i međuprostor) za frekvencije od 0.5 do 3 lp/mm. Vrednost kontrasta dobijena je prema formuli:

$$R = R_{max} - R_{min}$$

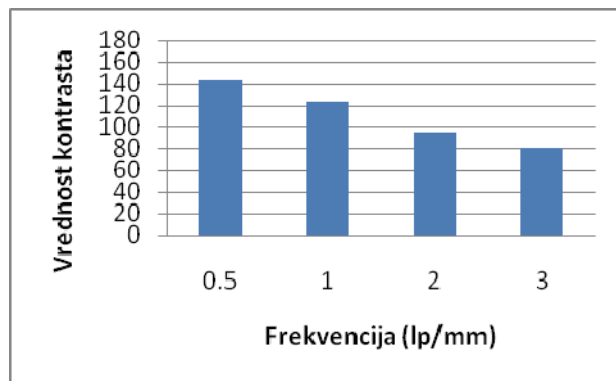
Uzorci su oplemenjeni lakom pomoću dva različita sita, pri čemu je jedno sito finoće 140 vlakana/cm i drugo 165 vlakana/cm.

Lak je nanet i u različitim nanosima, odnosno u jednom i tri sloja. Radi preciznijih podataka merena je težina uzorka dimenzije 5x5 cm, a različite debljine laka predstavljene su u gramima po metru kvadratnom. Vrednosti su date u Tabeli 1.

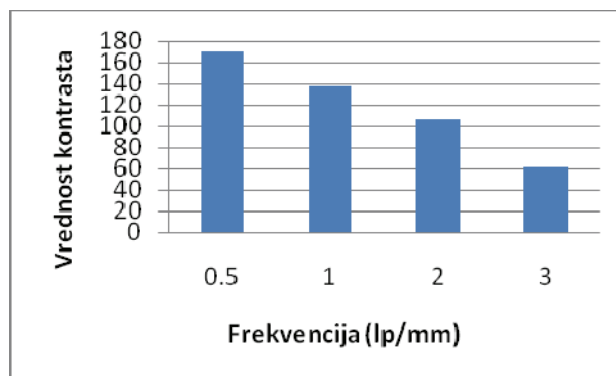
Tabela 1. Izmerene vrednosti za različite debljine nanosa laka

Uzorak	Ukupna težina (g/m ²)	Težina nanosa laka (g/m ²)
Neoslojeni sjajni premazni papir	295.608	
Sjajni premazni papir oplemenjen sjajnim UV lakom u jednom nanosu, sitom finoće 140 vlakana/cm	303.628	8.02
Sjajni premazni papir oplemenjen sjajnim UV lakom u tri nanosa, sitom finoće 140 vlakana/cm	305.724	10.116
Sjajni premazni papir oplemenjen sjajnim UV lakom u jednom nanosu, sitom finoće 165 vlakana/cm	305.28	9.672
Sjajni premazni papir oplemenjen sjajnim UV lakom u tri nanosa, sitom finoće 165 vlakana/cm	307	11.3916

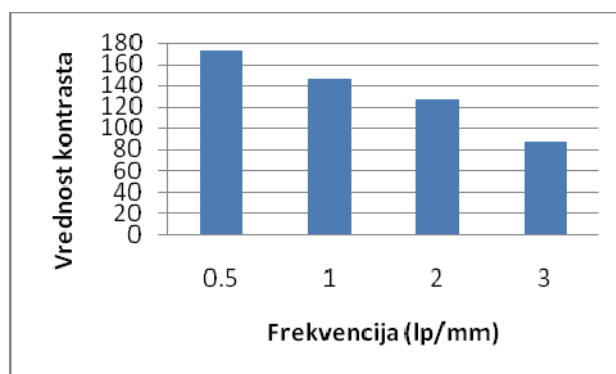
U razmatranje su uzete frekvencije vrednosti 0.5, 1, 2 i 3 lp/mm. Način dobijanja vrednosti kontrasta objašnjen je u teorijskom delu, a dobijene vrednosti prikazane su na dijagramima 1, 2, 3 i 4.



Dijagram 1. Vrednost kontrasta za uzorak oplemenjen sjajnim UV lakom, sitom finoće 140 vlakana/cm u jednom nanosu

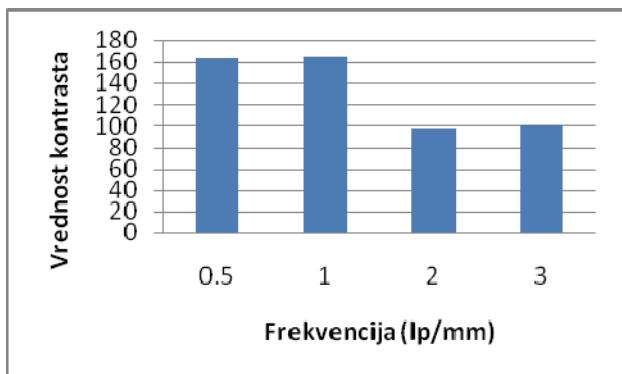


Dijagram 2. Vrednost kontrasta za uzorak oplemenjen sjajnim UV lakom, sitom finoće 140 vlakana/cm u tri nanosa



Dijagram 3. Vrednost kontrasta za uzorak oplemenjen sjajnim UV lakom, sitom finoće 165 vlakana/cm u jednom nanosu

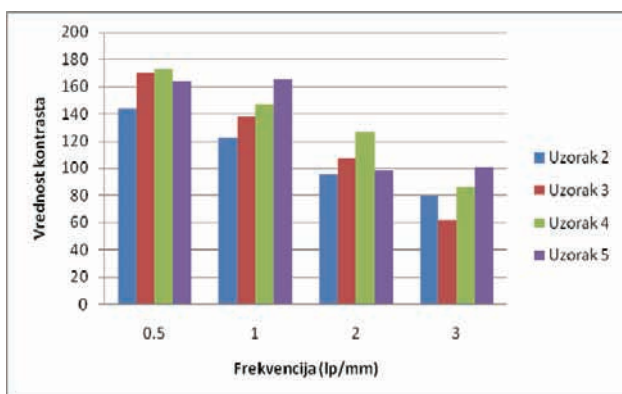
Sa dijagrama 1, 2, 3 i 4 može se videti da za svaki od uzoraka vrednost kontrasta opada sa porastom frekvencije. Najveća vrednost izmerena je za frekvenciju od 0.5 lp/mm na sjajnom oplemenjenom uzorku koji je oplemenjen u jednom nanosu sjajnim UV lakom sitom finoće 165 vlakana/cm.



Dijagram 4. Vrednost kontrasta za uzorak oplemenjen sjajnim UV lakom, sitom finoće 165 vlakana/cm u tri nanosa

Najmanja vrednost kontrasta izmerena je na frekvenciji od 3 lp/mm na sjajnom premaznom papiru koji je oplemenjen u tri nanosa sjajnim UV lakom sitom finoće 140 vlakana/cm.

Usporedni prikaz dobijenih vrednosti kontrasta za sve uzorke prikazan je na dijagramu 5.



Dijagram 5. Usporedni prikaz vrednosti kontrasta za sjajni premazni papir oplemenjen sjajnim UV lakom

Na dijagramu 5, gde je prikazan uporedni pregled vrednosti kontrasta za sve merene uzorke, može se videti da vrednost kontrasta nije u uskoj vezi sa debljinom nanosa laka, kao ni sa različitom vrstom sita kojim je nanošen lak. Iako kod nekih frekvencija uzorci sa najvišim vrednostima nanosa laka imaju blago veći kontrast ovaj trend nije ujednačen prema nekom sistemu promene pošto kod nekih frekvencija uzorci koji lakirani ali sa manjom količinom nanetog sredstva za lakiranje ima blago veće vrednosti kontrasta.

Vrednosti nijanse sive idu od 0 do 255, a vrednosti dobijene za kontrast su manje od 170, na osnovu čega se može reći da su ispod definisanog nivoa kvaliteta.

5. ZAKLJUČAK

Razvojem nauke i tehnologije sve je više atributa na osnovu kojih je moguće odrediti kvalitet odštampanog uzorka. Na opazaj jednog otiska ne može uticati samo jedan parametar, kao što je boja, već niz drugih, među kojima je i kontrast slike.

Na osnovu dobijenih rezultata jasno se vidi da vrednost kontrasta opada sa porastom frekvencije, a da različita debljina nanosa laka i različita vrsta sita nemaju veliku ulogu na izmerene vrednosti.

Sama razlika u zacrnjenju pojedinačnih elemenata čiji među razmak definiše kontrast se ne menjaju u meri koja je pretpostavljena. Pošto je samo snimanje uzoraka rađeno pod uglom gde se izbegava odsjaj usled lakirane površine je manje uticao na očitavanje senzora.

Imajući u vidu da raspon vrednosti za sive tonove ide od 0 do 255, može se reći da je kvalitet analiziranih uzoraka manji od definisanog nivoa.

Razlozi mogu biti višestruki i niske vrednosti kontrasta mogu se objasniti načinom nanošenja laka, načinom sušenja laka i metodom pomoću koje je izvršeno merenje.

6. LITERATURA

1. Wyszecki, G., Styles, W. (2000) Color Science, Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae, 2nd ed. UK, Wiley Interscience, Derby
2. Pedersen, M., Bonnier, N., Hardeberg, Y. J., Albrechtsen, F. (2011) Image quality metrics for the evaluation of print quality
3. Pedersen, M., Bonnier, N., Hardeberg, Y. J., Albrechtsen, F. (2009) Attributes of a new image quality model for color prints. Albuquerque, New Mexico, USA, 17th Color Imaging Conference
4. Michelson, A. A. (1927) Studies in Optics. Chicago, U. Chicago Press
5. Briggs, C. J. (2002) MTF, CTF, and Contrast Measurements. Burlington MA/USA, Quality Engineering Associates (QEA), Inc
6. Owsley, C. (2003) Contrast sensitivity. Birmingham, USA, Ophthalmology Clinics of Northern America, 16, pp. 171–177

Kratka biografija:



Nataša Mladenović rođena je u Zrenjaninu 1988. godine. Osnovne akademske studije završila je 2011. godine na Fakultetu tehničkih nauka na departmanu za grafičko inženjerstvo i dizajn. Master studije završila je 2012., takođe iz oblasti grafičkog inženjerstva i dizajna.

WEB APLIKACIJA ZA ZAKAZIVANJE LEKARSKOG PREGLEDA WEB APPLICATION FOR SCHEDULING MEDICAL EXAMINATION

David Čikoš, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN

Kratak sadržaj – U radu su predstavljene tehnologije koje se koriste za izradu veb aplikacija. Osnovna tehnologija na kojoj se bazira ovaj rad jeste PHP. Navedene tehnologije će biti demonstrirane prilikom izradu veb aplikacije za zakazivanje lekarskog pregleda. U praktičnom delu rada će takođe biti opisan kompletan proces kreiranja veb aplikacije.

Ključne reči: Veb aplikacija, Veb tehnologije, PHP

Abstract – This paper presents various technologies used for Web applications development. The key technology described in this paper is the PHP. All the technologies will be demonstrated on the representative web site – the web application for scheduling medical examination. Practical work will also describe the process of web application development.

Keywords: Web application, Web technologies, PHP

1. UVOD

Zakazivanje lekarskog pregleda danas se uglavnom vrši posredstvom telefona ili u samoj zdravstvenoj ustanovi. Imajući u vidu da se komunikacija u današnje vreme teško može zamisliti bez interneta, internet se nameće kao logično sredstvo za zakazivanje lekarskog pregleda. Internet omogućava obostranu komunikaciju između zdravstvene ustanove i pacijenata. Najvažnije sredstvo prezentacije na internetu je veb sajt.

U ovom radu su prikazane vrste tehnologija koje se koriste u izradi veb sajtova, sa posebnim akcentom na jedan od najpopularnijih veb tehnologija – PHP.

U praktičnom delu rada je opisana funkcija veb aplikacije za zakazivanje lekarskog pregleda zajedno sa analizom programskog koda koji generiše njene veb stranice.

2. VEB TEHNOLOGIJE KOJE SE KORISTE ZA IZRADU VEB SAJTOVA

2.1. Socijalni mediji

Socijalni mediji su veb aplikacije koje olakšavaju razmenu sadržaja između korisnika. Danas predstavljaju jedan od glavnih izvora informacija.

2.2. HTML [1]

HTML (HyperText Markup Language) je glavni jezik za označavanje elemenata veb stranice u veb pretraživaču (jezik simbola – tagova), koji omogućava kretanje kroz veb stranice putem linkova.

NAPOMENA:

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

2.3. CSS [1]

CSS (Cascading Style Sheet) je stilski jezik koji se koristi za opisivanje jednog dokumenta (misli se na izgled i formatiranje) napisanog u jeziku za označavanje simbola – HTML-om.

2.4. HTML5 i CSS3 [1]

HTML5 predstavlja jezik za označavanje simbola, kao i HTML. Međutim, on nije softver koji treba instalirati, već novija verzija HTML jezika. Razlika između HTML i HTML5 je u tome što HTML5 dodaje mnoge nove elemente i time prebacuje semantiku jedne veb stranice na viši nivo. Isti princip važi i za CSS3, čiji novi stilovi umnogome olakšavaju i unapređuju stilizaciju HTML, odnosno HTML5 elemenata.

2.5. SCSS [2]

SCSS (*Sassy CSS*) predstavlja meta jezik za CSS koji se interpretira u klasičan CSS. Scss ubrzava rad sa CSS-om, kroz korišćenje promenljivih, funkcija, if, while, for petlji, odnosno, ponaša se kao *script* jezik.

2.6. Compass Sass [2]

Compass Sass predstavlja framework za Sass, čijom upotrebom se dodatno ubrzava rad sa CSS-om, kroz korišćenje generičkih funkcija.

2.7. jQuery [3]

jQuery predstavlja biblioteku, napravljenu sa namerom da se pojednostavi programiranje na strani klijenta (*client-side scripting*), odnosno, za lakše pisanje aplikacija baziranih na javascript-u. jQuery omogućava lakšu navigaciju kroz dokument u potrazi za DOM elementima, jednostavnije kreiranje animacija i događaja.

2.8. Bootstrap [4]

Bootstrap je kolekcija besplatnih alata za kreiranje veb aplikacija. Sastoji se iz HTML5 i CSS3 baziranih šablona (elemenata forme, dugmadi, navigacije itd), kao i opcionih javascript ekstenzija. Korišćenje bootstrap-a znatno ubrzava kreiranje izgleda jedne veb stranice.

3. PHP [5]

PHP je najkorišćeniji serverski programski jezik za kreiranje dinamičnih veb stranica.

3.1. Upravljanje

Odluke:

- proširivost
- integritet sa bazama za upravljanje podataka
- ugrađene biblioteke
- besplatan je
- podrška za objektno orijentisano programiranje
- prenosivost

- fleksibilnost pristupa u razvoju aplikacije
- dostupnost podrške i dokumentacije

4. SPECIFIKACIJA ZADATKA PRAKTIČNOG DELA RADA

Cilj praktičnog rada je izrada veb aplikacije za zakazivanje lekarskog pregleda, koristeći PHP programski jezik i MySql sistem za upravljanje bazama podataka.

4.1. Funkcije aplikacije

Klijenti se prijavljuju na sajt i zakazuju, odnosno, otkazuju preglede, dok lekari mogu da izlistaju dnevne obaveze.

4.2. Zahtevane stranice na sajtu

4.2.1 Prijavljivanje korisnika

Na ovoj stranici je potrebno prikazati formu za unos korisničkog imena za lekare, odnosno, LBO za pacijente i lozinke za pristup.

4.2.2 Registracija korisnika

Ukoliko korisnik nema kreiran nalog, sa stranice za prijavljivanje korisnika, klikom na odgovarajući link na stranici, odlazi na stranicu za registraciju, koja je prikazana na slici 1. U prikazanim poljima na stranici za registraciju je potrebno uneti korisničke podatke. Nakon popunjavanja forme i potvrde, korisnik pristupa glavnoj stranici naloga.

Slika 1. Stranica za registraciju pacijenata

4.2.3. Glavna stranica korisničkog naloga

Potrebno je prikazati listu zakazanih pregleda za današnji dan za pacijente, odnosno, listu današnjih obaveza za lekare.

4.2.4. Prošle / buduće obaveze

Za lekare je potrebno prikazati listu prošlih i budućih obaveza, kroz dve odvojene stranice.

Za pacijente je potrebno prikazati listu prošlih i budućih obaveza, kroz dve odvojene stranice.

4.2.5. Zakazivanje pregleda

Potrebno je pacijentima omogućiti, preko linka u navigacionom meniju, pristup stranici za zakazivanje pregleda. Sam proces zakazivanja se sastoji iz tri koraka.

4.2.5.1. Spisak lekara

Prikazuje se spisak lekara dotične zdravstvene ustanove i dugme "Zakaži" pored svakog od lekara koji predstavlja

link, na čiji klik se prelazi u sledeći korak procesa zakazivanja pregleda.

4.2.5.2. Izbor datuma pregleda

Potrebno je, klikom na link "Zakaži" sa prethodne stranice, prikazati stranicu za izbor datuma. Klikom na polje za izbor datuma, prikazuje se mini kalendar i omogućava se izbor željenog datuma pregleda klikom na željeni datum, kao što je prikazano na slici 2. Potvrdom izabranog datuma klikom na link "Ok", prelazi se u treći korak procesa zakazivanja.

Slika 2. Stranica za odabir datuma pregleda

4.2.5.3. Izbor termina pregleda

Potvrdom izabranog datuma pregleda, potrebno je prikazati stranicu sa listom raspoloživih termina za izabrani datum, kao što je prikazano na slici 3. Klikom na link "Izaberi", završava se proces zakazivanja. Pacijentu se prikazuje poruka o uspehom, odnosno neuspehom procesu zakazivanja pregleda.

Slika 3. Izbor termina pregleda

4.2.5.4. Mogućnost otkazivanja pregleda

Potvrdom izabranog termina pregleda, potrebno je prikazati stranicu za buduće preglede i omogućiti otkazivanje pregleda klikom na dugme »otkaži«, i to ukoliko je do pregleda ostalo više od 24 časova. Ukoliko je do pregleda ostalo manje od 24 časova, onemogućava se otkazivanje pregleda.

4.2.6. Promena lozinke

Potrebno je korisnicima omogućiti promenu lozinke. Na toj stranici je potrebno predstaviti formu za unos stare i nove lozinke. Potvrdom unesenih podataka, menja se lozinka, korisnik se redirektuje na glavnu stranicu naloga.

4.3 Deo sajta za lekare

Lekari se prijavljuju na sajt preko stranice za prijavu zaposlenih. Po uspešnom prijavljivanju na sajt, dobija se spisak zakazanih termina, kao što je prikazano na slici 4.



The screenshot shows a web interface for 'Online medical appointment scheduling'. At the top, there is a navigation bar with 'Home' and 'Lista zakazanih pregleda'. Below the navigation bar, there is a table with the following data:

Datum	Vreme	Pacijent
23.10.2012.	11:40	dragan jankovic
25.10.2012.	09:40	dragan jankovic
31.10.2012.	11:00	mladen plavic
22.11.2012.	11:40	dragan jankovic
13.12.2012.	14:20	mladen plavic

Slika 4. Naslovna strana za lekare

5. IMPLEMENTACIJA ZADATKA PRAKTIČNOG DELA RADA

5.1. Prikupljanje materijala

Potrebno je prikupiti kompletan materijal koji će se nalaziti na veb sajtu, i to pre izrade samog veb sajta. Prikupljen sadržaj treba sortirati po direktorijumima, tako da bude pregledan i lako dostupan.

5.2. Izrada nacрта izgleda veb sajta

Cilj ovakve skice je da omogući dalju izradu šablona za opis izgleda stranica.

Zaključeno je da, za veb sajt ovakve prirode, izgled treba da bude jednostavan, sa akcentom na funkcionalnost i dobru preglednost.

5.3. Lokalno kreiranje internet prezentacije

Prilikom kreiranja internet prezentacije na lokalnom računaru koristi se baza podataka sa računara, umesto sa internet servera.

Lokalnim kreiranjem sadržaja izbegava se mogućnost da budući posetioци vide sadržaj koji je i dalje u izradi. Kada se u potpunosti završi određena, funkcionalno kompletna sekcija veb sajta, postavlja se na internet.

5.4. Server na lokalnom računaru

Lamp server [6] je besplatna aplikacija za razvijanje web sadržaja u *Linux* okruženju, dok je to u *Windows* okruženju *Xampp server* [6]. Omogućava korišćenje internet aplikacija uz upotrebu Apache, PHP i MySQL baza podataka. Za lakše upravljanje bazama podataka koristi se phpMyAdmin aplikacija za upravljanje MySQL bazama podataka.

5.5. Kreiranje veb aplikacije za zakazivanje lekarskog pregleda

5.5.1. Kreiranje fajlova neophodnih za funkcionisanje veb aplikacije

U korenom direktorijumu, potrebno je kreirati:

- *index.php* fajl, koji sadrži elemente veb aplikacije koji se nalaze na svakoj veb stranici (header, footer, navigacija)
- *.htaccess* fajl za prepravljavanje URL – ova
- *apps* direktorijum, koji sadrži poddirektorijum *frontoffice*. Potrebno je dalje u njemu, kreirati poddirektorijume kao kontejnere za *.php* fajlove koji su slični po funkcionalnosti i koji predstavljaju sadržaj specifičan za svaku stranicu.
- *css* direktorijum za smeštanje *.css* fajlova i slika.
- *js* direktorijum za smeštanje javascript fajlova
- *lib* direktorijum za smeštanje plugin-a i biblioteka poput *bootstrap*-a i *reCAPTCHA*.
- *config* direktorijum za smeštanje fajlova koji u sebi sadrže najčešće korišćeni kod u obliku funkcija
- *sass* direktorijum za smeštanje *.scss* fajlova
- *config.rb* fajl koje predstavlja konfiguracioni fajl za *Compass Sass* framework.

6. ZAKLJUČAK

Internet je postao najefikasniji vid promocije za mnoge ljudske delatnosti, pa tako i za zakazivanje lekarskog pregleda. Teži se sve većoj interaktivnosti i što neposrednijoj komunikaciji između pacijenata i članova medicinske ustanove.

Veb aplikacija za zakazivanje lekarskog pregleda bi umnogome pojednostavila interakciju između lekara, odnosno zdravstvene ustanove i pacijenata, ne samo u smislu lakoće interakcije, nego i u smislu uštede u vremenu i resursima.

PHP veb tehnologija se pokazala vrlo pogodnom za izradu dinamičnih veb sajtova, koji nudi obilje mogućnosti za manipulaciju podacima.

6.1. Šta je urađeno

U ovom radu su predstavljene osnovne veb tehnologije koje se koriste u izradi veb aplikacija, dok je u praktičnom delu rada opisan proces kreiranja veb aplikacije za zakazivanje lekarskog pregleda.

Veb aplikacija omogućava najosnovniju interakciju između dva različita tipa korisnika, u smislu da se jednom tipu korisnika ispišu podaci o drugom tipu korisnika, i to samo onih koji su u direktnoj vezi sa prvim tipom korisnika. Omogućava i preduzimanje određenih akcija, kao što su zakazivanje pregleda i promenu lozinke.

6.2. Pravci daljeg razvoja

Dalji razvoj bi trebalo usredsrediti na unapređenje ove veb aplikacije. Postoji mogućnost dodavanja naprednijih opcija kao što su:

- promena ličnih podataka
- mogućnost izvršavanja plaćanja
- povezivanje korisničkih naloga sa socijalnim mrežama (facebook, twitter, linkedin..)
- prikaz biografije lekara
- unos razloga lekarskog pregleda (zdravstveni karton)
- mogućnost prijave u sistem elektronskom ličnom kartom, odnosno, elektronskim zdravstvenim knjižicama
- prikazivanje najnovijih vesti vezane za zdravstvenu ustanovu
- filtriranje lekara po specijalizaciji

7. LITERATURA

- [1] SitePoint (2011), "Html5 and CSS3 for the real world"
- [2] <http://coding.smashingmagazine.com/>
- [3] <http://en.wikipedia.org/wiki/JQuery>
- [4] <http://twitter.github.com/bootstrap/>
- [5] <http://www.php.net/>
- [6] http://en.wikipedia.org/wiki/LAMP_%28software_bundle%29

Kratka biografija:

David Čikoš rođen je u Senti 1986. god. Završio je osnovnu školu „11. Novembar“ i gimnaziju u Senti. 2009. završava osnovne studije - bachelor diploma na „Fakultetu tehničkih nauka“, Novi Sad, smer Grafičko inženjerstvo i dizajn, odbranivši rad na temu "Projektovanje sistema za izradu kartona na bazi recikliranog papira".

**REVITALIZACIJA PROIZVODNOG SISTEMA ŠTAMPARIJE
„GRAFO BOGDANOV“****REVITALISATION OF PRODUCTION SYSTEM OF PRINTING COMPANY
„GRAFO BOGDANOV“**

Nemanja Kabić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN

Kratak sadržaj – Osnovni cilj rada jeste projektovanje proizvodnog sistema za ofset štampu, počevši od analize programa proizvodnje, izbora proizvoda predstavnika, do redukcije programa proizvodnje i definisanja tehnološkog postupka izrade proizvoda, kao i određivanja toka materijala sa revitalizacijom i predloženim poboljšanjima sistema.

Abstract – The aim of this work is projecting of production system for offset printing, starting with program production analysis, choice of product representatives, to the reduction of production, and the process of defining the technological development of the label and defining the flow of material in the production, revitalisation and improvement system

Ključne reči: Program proizvodnje, analiza proizvoda, proizvod predstavnik, tehnološki postupak, redukcija programa proizvodnje, tip i varijanta toka, revitalizacija

1. TEORIJSKE OSNOVE**1.1. Osnovni pojmovi u proizvodnim sistemima**

Proizvodnja – svrsishodna delatnost usmerena na dobijanje upotrebnih vrednosti i prisvajanje prirodnih resursa za ljudske potrebe, što znači da predstavlja opšti uslov za razmenu materije između čoveka i prirode. **Proizvodni sistemi** – predstavljaju sisteme za ostvarenje ciljeva proizvodnje, odnosno dobijanje proizvoda neophodnih za zadovoljenje potreba u društvu .

Program proizvodnje – predstavlja skup proizvoda u proizvodnom sistemu. Struktura programa(pj) može biti uža i šira. Kod uže je povišen kvalitet projektovanja, organizovanja i upravljanja, a kod šire je povećan stepen fleksibilnosti i niži su troškovi poslovanja. U svakom proizvodnom sistemu postoje tri vrste tokova: tok materijala, tok informacija i tok energije [1].

1.2. Normativi proizvodnih sistema

Normativi proizvodnih sistema predstavljaju skupove tehnoloških koeficijenata koji pokazuju koliko je potrebno utrošiti jedinica resursa za izradu jedinice predmeta rada. Razlikujemo: normativ vremena, normativ materijala, normativ alata, normativ površina [1].

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Ilija Čosić, red. prof.

1.3. Prilazi u projektovanju proizvodnih sistema

Pojedinačni prilaz – Kod ovog prilaza se posmatra svaki proizvod ponaosob, za svaki se određuje potreban broj elemenata sistema, postupci rada i projektuju se proizvodni tokovi, odnosno utvrđuje se tehnološki postupak za sve predmete rada.

Grupni prilaz – savremeniji je. Razvijen je na osnovama sličnosti delova u programima proizvodnje, ograničenog broja oblika i objedinjavanju predmeta rada sličnih karakteristika u operacijsku grupu.

Procesni prilaz – zasnovan je na grupisanju svih operacija, odnosno tehnoloških sistema iste vrste u istu radnu jedinicu – radionicu. Samim tim, različiti predmeti rada se kreću na različite načine.

Predmetni prilaz – savremeniji je. Zasnovan je na postavljanju struktura proizvodnih sistema na principu organizovanja celina radnih jedinica, koje objedinjavaju tehnološke strukture i učesnike u procesu rada potrebne za izradu grupe sličnih predmeta rada utvđenih tehnološkim postupkom [2].

1.4. Osnovni elementi proizvodnih sistema

Proizvod je rezultat transformacije resursa u procesu rada. Zbog proizvoda postoji preduzeće, a proizvod postoji zbog tržišta – namenjen je zadovoljenju potreba potrošača. Postoji tendencija da danas opstaje društvo koje ne proizvodi, što je greška [1]. Karakteristike proizvoda:

- struktura
- kvalitet (složenost)
- količine

1.5. Oblikovanje tokova materijala

U procesima rada proizvodnih sistema najveći intezitet imaju kretanja predmeta rada. Iz ovog razloga je proučavanje tokova materijala proizvodnih sistema od posebnog značaja za ostvarenje potrebnog nivoa efektivnosti. Određen broj karakterističnih veličina je od posebnog značaja za razvoj postupaka oblikovanja tokova materijala i određivanje osnovnih parametara proizvodnih sistema[1]. Ove veličine su:

- Količine proizvoda
- Stepen tehnološke složenosti
- Efektivni kapacitet elemenata sistema

1.6. Tip i varijanta toka

Varijanta 1.1. – Osnovni pojedinačni tok. Proizvodni program je strukturiran od različitih proizvoda u jediničnim ili približno jediničnim količinama. Karakteristike: veliki broj predmeta rada, rezerva kapaciteta, prekidni tok, visok kvalitet učesnika, lako održavanje.

Varijanta 1.2. – Pojedinačni tok procesnog tipa. Proizvodni program je sastavljen od različitih proizvoda u različitim količinama, proces izrade se izvodi obradom istih delova u datim količinama. Karakteristike: šira struktura i manje količine proizvoda, prekidni tok, visok nivo nedovršene proizvodnje.

Varijanta 2.1. – Pojedinačni višepredmetni tok. U ovom slučaju proizvodni program je uže strukture i nešto većih količina u odnosu na prethodnu varijantu. Karakteristike: uža struktura i veće količine, srednji stepen stručnosti radnika, povišena efektivnost.

Varijanta 2.2. – Jednopedmetni tok. Program proizvodnje je sastavljen od jednog ili malog broja predmeta rada u velikim (masovnim) količinama. Karakteristike: mali broj predmeta rada u masovnoj proizvodnji, niža stručnost radnika, pojednostavljeno upravljanje, niska fleksibilnost, visok stepen efektivnosti [1].

1.7. ABC analiza

Bitan detalj u procesu analiziranja proizvodnog sistema prvenstveno zbog stvaranja prioriteta u programu proizvodnje sa ciljem donošenja odluka o usmeravanju tehnološkog rada na kritična područja, na one koji daju veće učešće u ostvarivanju efekata [1]. Upoređuju se:

- količina proizvoda
- masa proizvoda
- vrednost proizvoda (cena koštanja)

1.8. Analiza karakteristika delova proizvodnje

Analiza po načinu štampanja – U aktuelnoj situaciji neizbežno je izvršiti podelu predmeta rada proizvodnog programa na proizvode rotacione i tabačne štampe.

Analiza po formatu gotovog proizvoda – Posle štampe, sakupljanja i povezivanja sledi završno obrezivanje, ako je to potrebno izvesti. Od tog momenta možemo govoriti o krajnjem formatu proizvoda, u tom obliku će se pakovati, vršiće se ekspedicija i na kraju će stići do kupca koji ga vizuelno posmatra u krajnjem obliku.

Analiza po broju boja – Izvršavamo analizu zbog pretpostavke da i proizvod predstavnik treba da ima više boja, što znači da će biti obostrana štampa. Boje su računane ne po broju prolaza, ili po osnovnim oznakama (1/0, 2/0, 4/0), nego po stvarnim brojevima odštampanih boja po jednom proizvodu.

Analiza prema materijalu – Karakteristično je za rotacionu štampu da su materijali manje gramature, zbog manjeg zahteva kvaliteta krajnjeg proizvoda kao što su dnevne ili nedeljne novine, revije, lifleti, itd. U slučaju tabačne štampe najčešće se koristi ofsetni papir mat ili premazni (oplemenjen), zavisnosti od namene i od cene.

Analiza proizvoda prema složenosti proizvoda po broju operacija – Kod izbora proizvoda predstavnik je veoma bitno koliko operacija treba za izradu određenog proizvoda. Po jednostavnijem proizvodu ne bi mogli da se ne bi mogli da se ne bi mogli da se ne bi mogli da se nebi redukuju ostali vrednosti drugih proizvoda, bilo bi previše razlika u procesu izrade [1].

1.9. Program proizvodnje – Opšti pojmovi

Karta proizvoda – Karta koja pruži informacije o određenom proizvodu na relaciji sistem-okolina, odnosno po karti možemo zaključiti osnovne tehničke podatke, vizuelne podatke, odnos sa okolinom i naravno marketinške planove sa proizvodom i njegovo finansijsko pokrivanje.

Izbor proizvoda predstavnika i redukcija programa

proizvodnje – Redukcioni koeficijenti povezuju glavnog predstavnika i ostalih predmeta rada preko raznih faktora: rM – maseni koeficijent, rS – koeficijent složenosti, rF – koeficijent formata, rB – koeficijent broja boja, rU – ukupan vrednost redukovanih količina

Dijagram toka procesa – Grafički prikaz operacija izrade proizvoda predstavnika u procesnom redosledu po kom lako možemo videti skladištenja, povratne sprege u proizvodnji i procesne kontrole.

Karta tehnoloških postupaka – Sadrži sve potrebne informacije o zahvatima koji treba da se izvršavaju da bi se cela operacija odvijala u adekvatnom redosledu [1].

2. PRAKTIČNA RAZRADA ZADATKA – UVOD

2.1. Istorija štamparije “GRAFO BOGDANOV”

Štamparija “GRAFO BOGDANOV” je nastala 1989 godine, kao zanatska radnja. Danas je koncipirana kao brzi grafički servis za manje i srednje poslove širokog spektra, po principu “sve na jednom mestu” sa zaokruženim ciklusima proizvodnje [3].

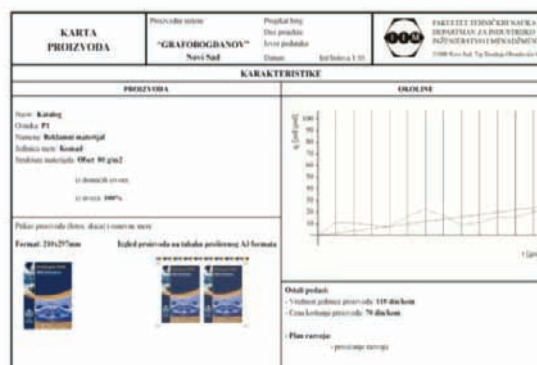
3. PROGRAM PROIZVODNJE

3.1. Opis proizvodnog programa

Proizvodi [4]:

1. Katalog
2. Brošura
3. Etiketa
4. Memorandum
5. Kalendar
6. Vizit karta
7. Fascikla
8. Plakat
9. Flajer
10. Nalepnica

Na slici 1. dat je prikaz karte proizvoda.



Slika 1. Prikaz karte proizvoda

4. ANALIZA PROGRAMA PROIZVODNJE

Analiza programa proizvodnje je prvi korak pri projektovanju proizvodnog sistema, kako bi mogli da uradimo naredne korake. Postoje tri vrste analiza programa proizvodnje:

1. Analiza položaja pj-qj u opštoj zavisnosti

2. ABC analiza

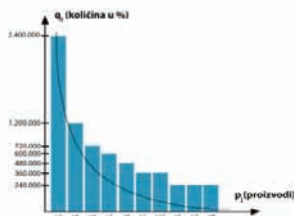
3. Analiza karakteristika programa i delova proizvodnje

4.1. Analiza položaja p_j - q_j u opštoj zavisnosti

Struktura programa proizvodnje p_j ($j= 1,2,3,\dots,n$) može biti uža i šira. 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 [1].

4.2. Osnovna zavisnost struktura/količine u programu

Na slici 2. predstavljen je redosled proizvoda u programu proizvodnje prema količinama - od proizvoda sa najvećom do proizvoda sa najmanjom količinom.

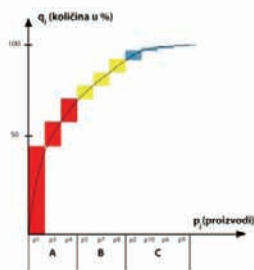


Slika 2. Analiza položaja p_j - q_j u opštoj zavisnosti

4.3. ABC analiza

4.3.1. Količinska ABC analiza

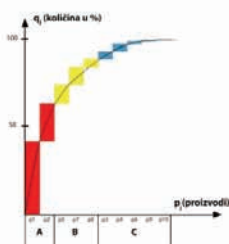
Na slici 3. predstavljen je dijagram količinske analize.



Slika 3. Dijagram količinske ABC analize

4.3.2. Masena ABC analiza

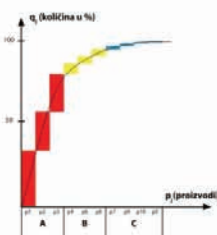
Na slici 4. predstavljen je dijagram masene analize.



Slika 4. Dijagram masene ABC analize

4.3.3. Vrednosna ABC analiza

Na slici 5. predstavljen je dijagram vrednosne analize.

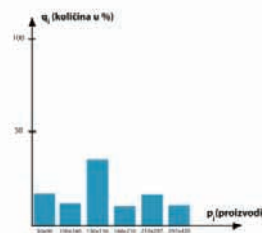


Slika 5. Dijagram količinske ABC analize

4.4. Analiza karakteristika elemenata proizvoda

4.4.1. Analiza karakteristika formata proizvoda

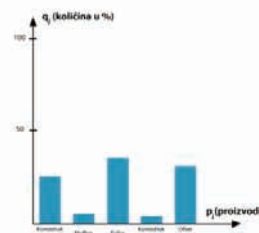
Na slici 6. predstavljen je dijagram karakteristika formata.



Slika 6. Dijagram analize prema formatu proizvoda

4.4.2. Analiza karakteristika materijala

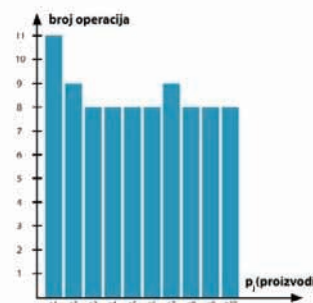
Na slici 7. predstavljen je dijagram karakteristika materijala.



Slika 7. Dijagram analize prema podlozi za štampu

4.4.3. Analiza složenosti proizvoda prema broju operacija

Na slici 8. predstavljen je dijagram analize prema složenosti proizvoda.



Slika 8. Dijagram analize prema složenosti proizvoda

5. IZBOR PROIZVODA PREDSTAVNIKA

Pomoću ABC analize bira se proizvod predstavnik. Predstavlja stvaran deo programa proizvodnje koji sadrži najveći broj elemenata ostalih delova programa proizvodnje koje predstavlja i po pravilu se bira iz područja A. U tabeli 1. predstavljena je redukcija količina programa proizvodnje.

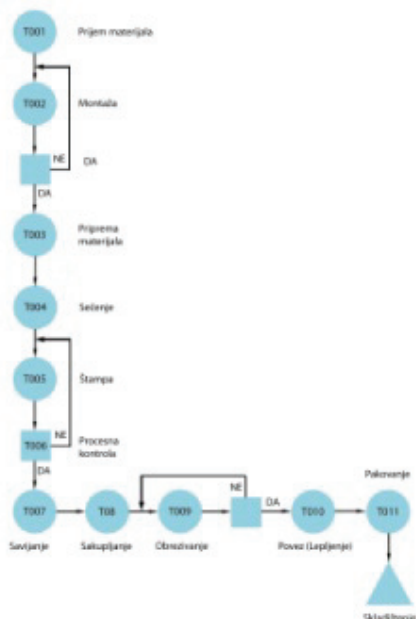
Tabela 1. Redukcija količina programa proizvodnje

PROIZVOD		q_j	m_j	r_m	r_s	r_f	r_o	$q_{j\text{red}}$
Oznaka	Naziv proizvoda	(kom/god)	(kg/kom)	(masa)	(složenost)	(format)	(ukupno)	(redukcija)
p1	Katalog	360.000	0.1	1	1	1	1	360.000
p2	Brošura	600.000	0.03	0.3	0.818	0.75	0.18	10.800
p3	Etiketa	2.400.000	0.0015	0.015	0.727	0.5	0.0054	12.960
p4	Memorandum	720.000	0.005	0.05	0.727	1	0.036	25.920
p5	Kalendar	240.000	0.04	0.4	0.727	1.25	0.36	86.400
p6	Vizit karta	1.200.000	0.0015	0.015	0.727	0.25	0.0027	3.240
p7	Fascikla	240.000	0.04	0.4	0.818	1.25	0.41	98.400
p8	Plakat	240.000	0.02	0.2	0.727	1.25	0.18	43.200
p9	Flajer	480.000	0.001	0.01	0.727	0.5	0.0036	1.728
p10	Nalepnica	360.000	0.0009	0.009	0.727	0.5	0.0016	576

Redukovana količina: $q_{j\text{red}} = 644.234$ kom/god

6. PROJEKTOVANJE POSTUPKA IZRADA PROIZVODA PREDSTAVNIKA

Na slici 9. predstavljen je dijagram toka procesa izrade proizvoda predstavnika.



Slika 9. Dijagram toka izrade proizvoda predstavnika

7. IZBOR TIPA I VARIJANTE TOKA

U tabeli 2. predstavljene su operacije i njihova vremenska opterećenja.

Tabela 2. Operacije i njihova vremenska opterećenja

i	T001	T002	T003	T004	T005	T006	T007	T008	T009	T010	T011
t _{ii} (min/kom)	-	-	-	0.0026	0.0025	0.015	0.02	0.05	0.06	0.02	0.4

$$K_e = 210.600 \text{ min/god; } \Sigma T = 696.058 \text{ min/god;}$$

$$V.T. - 1.2.$$

8. PROJEKTOVANJE STRUKTURE SISTEMA

Vrše se proračuni normativa vremena, opterećenja sistema, broja jedinica sistema, pregled tehnološke opreme i proračun broja učesnika.

9. TOK MATERIJALA I OBLIKOVANJE PROSTORNE STRUKTURA

Sistem štamparije "GRAFO BOGDANOV" pripada prekidnim tokovima, srednjeserijski tip proizvodnje, dok je razmeštaj opreme procesni.

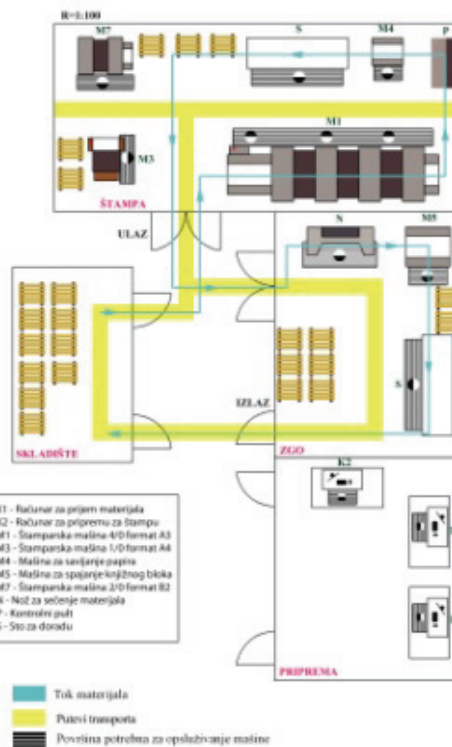
10. REVITALIZACIJA I PREDLOŽENA POBOLJŠANJA SISTEMA

Na slici 10. predstavljen je dijagram toka materijala za proizvod predstavnika nakon revitalizacije i poboljšanja toka materijala.

11. ZAKLJUČAK

Na osnovu gorepomenutih proračuna, određen je proizvod predstavnika – katalog, a varijanta toka našeg proizvodnog sistema je 1.2.

Iz prethodno obrađenih poglavlja i utvrđenog stanja, revitalizacija štamparije "GRAFO BOGDANOV" bi se ogledala u sledećim poboljšanjima: 1) Izgradnja skladišta; 2) Bolja ventilacija; 3) Reorganizacija raspodele; 4) Nabavka nove štamparske mašine



Slika 10. Tok materijala za proizvod predstavnika -predlog

12. LITERATURA

- [1] Projektovanje proizvodnih sistema, Dragutin Zelenović, FTN, Novi Sad 2003.
- [2] Dragutin Zelenović, Ilija Čosić, Rado Maksimović, Aleksandar Maksimović "PRIRUČNIK ZA PROJEKTOVANJE PROIZVODNIH SISTEMA - pojedinačni prilaz", Fakultet tehničkih nauka Novi Sad, 2003.
- [3] Izvorni podaci iz štamparije "GRAFO BOGDANOV"
- [4] www.grafobogdanov.com

Kratka biografija:



Nemanja Kabić rođen je 1987. godine u Novom Sadu. Osnovne studije završio u Novom Sadu, na Fakultetu tehničkih nauka, smer Grafičko inženjerstvo i dizajn. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Projektovanje proizvodnih sistema, odbranio je 2012. godine



Prof. dr Ilija Čosić 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.

PREČIŠĆAVANJE OTPADNOG RAZVIJAČA BENTONITOM THE PURIFICATION OF SPENT DEVELOPER USING BENTONITE

Tijana Kapičić, Ivana Oros, Jelena Kiurski, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN

Kratak sadržaj – U radu je prikazana mogućnost uklanjanja Zn(II) jona iz otpadnog razvijača za razvijanje CtP termalnih ploča adsorpcionom metodom. Kao adsorbent korišćen je bentonit. Utvrđena je adsorpciona efikasnost od 89,9%.

Abstract – The paper showed the possibility of Zn(II) ion removal from spent developer for CtP thermal printing plates using the absorption method. Bentonite is used as an adsorbent. The adsorption efficiency was 89.9%.

Ključne reči: otpadni razvijač, bentonit, adsorpcija, Zn(II) jon, ofset štampa

1. UVOD

Zagađenom vodom se smatra voda kod koje su fizičko-hemijske i mikrobiološke osobine narušene i nalaze se van propisanih standarda.

Ne postoji opšte prihvaćena definicija otpadne vode. Jedna od mogućih je, da je to voda onečišćena na bilo koji način tokom upotrebe. U opštem slučaju otpadna voda je onečišćena rastvornim i nerastvornim, organskim i neorganskim materijama i mikroorganizmima [1]. Otpadne vode se prema sadržaju zagađujućih materija i dejstvu na recipijent dele u četiri grupe.

Prva grupa otpadnih voda obuhvata vode koje sadrže neorganske primese sa specifičnim toksičnim svojstvima (cijanidi i hidroksilna ciklična jedinjenja) [1].

Drugu grupu otpadnih voda čine vode koje sadrže mineralne materije, bez nekog ozbiljnijeg toksikološkog delovanja.

Treću grupu otpadnih voda čine vode koje sadrže organske primese bez nekog specifičnog toksičnog delovanja.

Četvrtu grupu otpadnih voda čine vode koje sadrže i organske i neorganske materije kao što su fenoli, smole, boje, derivati nafte, brojna jedinjenja sumpora (organska i neorganska), jedinjenja teških metala, arsena, olova i drugo [2].

S obzirom na navedeno, otpadne vode grafičke industrije pripadaju četvrtoj grupi otpadnih voda jer se u njihovom sastavu nalaze boje, otpadni razvijači, otpadni fiksiri, sredstva za pranje, rastvarači i teški metali, koji su toksični.

Cilj rada je bio uklanjanje Zn(II) jona iz otpadnog razvijača primenom adsorpcione metode uz bentonit kao adsorbent.

NAPOMENA.

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji je mentor bila dr Jelena Kiurski, red. prof.

2. MATERIJALI I METODE

2.1. Bentonit

Komercijalni bentonit u prahu, tipa montmorilonit (Sigma-Aldrich, Francuska) sa veličinom čestice manjom od 10 μm , specifične površine od 30,98 m^2/g i prosečnim prečnikom pora od 4 nm, je korišćen kao adsorbent za prečišćavanje otpadnog razvijača. Hemijski sastav bentonita je dat u tabeli 1 [3].

Tabela 1. Hemijski sastav bentonita

Komponente	Maseni %
SiO ₂	68,40
Al ₂ O ₃	18,86
Fe ₂ O ₃	5,35
MgO	2,51
Na ₂ O	1,14
CaO	2,59
K ₂ O	0,15
Σ	99,0

2.1.1. Reagensi

Sve korišćene hemikalije bile su p. a. čistoće (Merk, Nemačka).

Za eksperiment određivanja ravnotežnog vremena radna smeša vodenog rastvora je pripremljena razblaživanjem smeše metala (1000 mg/l) dejonizovanom vodom do realne koncentracije Zn(II) jona (17,302 mg/l) u otpadnom razvijaču.

Za adsorpcioni eksperiment je korišćen uzorak otpadnog razvijača za razvijanje CtP termalnih ploča P-71 PLUS (Cinkarna Celje, Slovenija).

2.1.2. Metode

Adsorpcija Zn(II) jona na bentonitu je ispitivana u laboratorijskim uslovima.

Eksperiment određivanja ravnotežnog vremena sastojao se u mućkanju 0,2 g bentonita sa 25 ml radne smeše vodenog rastvora pri brzini mućkanja od 160 o/min, za vreme mućkanja u intervalu od 15 do 120 minuta. Rastvori su zatim centrifugirani 10 minuta pri brzini od 3000 o/min (Tehtnica Železniki, Slovenija) i filtrirani kroz kvantitativni filter papir (Advantec, stepen 5C). Koncentracije Zn(II) jona su određene u filtratu, zakišljenom sa HNO₃, masenim spektrometrom PerkinElmer Elan 5000.

Adsorpcioni eksperimenti su izvedeni na sobnoj temperaturi mućkanjem različitih masa bentonita (0,04 - 0,24 g) sa 25 ml otpadnog razvijača (pH 10,9) pri brzini mućkanja od 26 o/min. Koncentracije Zn(II) jona su određivane na isti način kao i kod eksperimenta za određivanje ravnotežnog vremena.

Svaki ICP-MS rezultat prikazan u tabeli 2. predstavlja prosečnu koncentraciju tri merenja sa relativnom devijacijom manjom od 5%.

Vrednosti pH i temperature su dobijene primenom Multi pH/Cond/Temp 340i instrumenta.

Tabela 2. Koncentracija Zn(II) jona u razvijaju pre i posle adsorpcije bentonitom

Pre adsorpcije		Posle adsorpcije sa bentonitom
Svež razvijajč	Otpadni razvijajč	
1,278 ± 0,064	17,302 ± 0,865	2,017 ± 0,101

Količina Zn(II) jona iz adsorbovanog vodenog rastvora je izračunata na osnovu jednačine (1):

$$Q_e = \frac{V(C_0 - C_e)}{M} \quad (1)$$

gde su: Q_e količina Zn(II) jona koja se adsorbovala (mg/kg), C_0 početna koncentracija Zn(II) jona (mg/l), C_e ravnotežna koncentracija Zn(II) jona (mg/l), M masa bentonita (kg), V zapremina vodenog rastvora (radna smeša i otpadni razvijajč) (l).

Efikasnost adsorpcije (E) pri uklanjanju Zn(II) jona i koeficijent distribucije (K_d) su izračunati na osnovu jednačina (2) i (3):

$$E = \frac{100(C_0 - C_e)}{C_0} \quad (2)$$

$$K_d = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \frac{V}{M} \quad (3)$$

gde su: E efikasnost adsorpcije (%), C_0 početna koncentracija Zn(II) jona (mg/l), C_e ravnotežna koncentracija Zn(II) jona (mg/l), K_d koeficijent distribucije (l/kg), M masa bentonita (kg), V zapremina vodenog rastvora (otpadni razvijajč) (l) [4-6].

3. REZULTATI I DISKUSIJA

U praksi su poznata brojne primene adsorpcije, ali su ipak adsorpcione metode najznačajnije u tretmanu voda i otpadnih voda. Proces adsorpcije se pokazao superiornijim u odnosu na druge tehnike prečišćavanja i uklanjanja toksičnih materija iz otpadnog razvijajča. Adsorpcija na jeftinim i lako dostupnim adsorbentima, kao što je bentonit, čini da uklanjanje Zn(II) jona iz otpadnih voda grafičke industrije bude ekonomski isplativa metoda.

I pored mogućnosti korišćenja mnogih drugih tehnologija za uklanjanje metala, adsorpcija Zn(II) jona na bentonitu bi mogla biti od velike važnosti za prečišćavanje otpadnih voda grafičke industrije. Podaci adsorpcije Zn(II) jona na bentonitu su analizirani Frojndlihovim i Lengmirovim izotermnim modelima. Frojndlihova izoterma se izražava jednačinom (4):

$$\log Q_e = \log K_f + \frac{1}{n} \log C_e \quad (4)$$

gde je Q_e adsorbovana količina Zn(II) jona po jedinici mase bentonita (mg/kg), a C_e je ravnotežna koncentracija Zn(II) jona u otpadnom razvijaju (mg/l).

Konstante Frojndlihove izoterme K_f i n se odnose na kapacitet, odnosno intenzitet adsorpcije. Konvencionalna

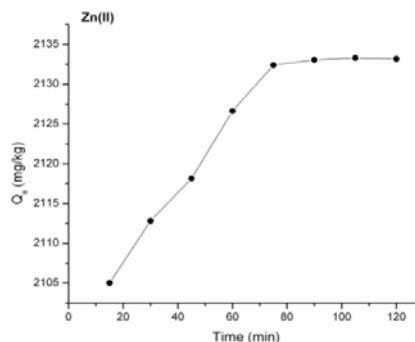
Lengmurova izoterma u linearizovanoj formi je izražena preko jednačina (5) i (6):

$$\frac{C_e}{Q_e} = \frac{1}{Q_m k_L} + \frac{C_e}{Q_m} \quad (5)$$

$$\frac{1}{Q_e} = \frac{1}{Q_m k_L} \frac{1}{C_e} + \frac{1}{Q_m} \quad (6)$$

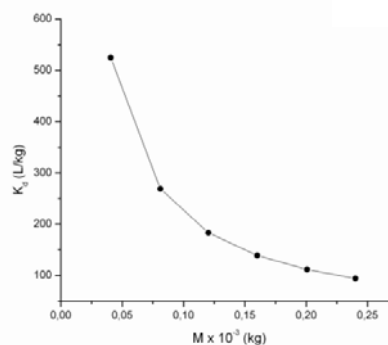
gde se konstante Q_m i k_L odnose na kapacitet, odnosno energiju adsorpcije, a njihove vrednosti se uzimaju sa nagiba i preseka linearne prave $1/Q_e$ naspram $1/C_e$ [7].

Eksperiment određivanja ravnotežnog vremena (grafik 1.) je ukazao da se adsorpcija Zn(II) jona najpre povećavala, a zatim je postala konstantna na 75 minuta kad je ravnoteža uspostavljena. Iz trenda krive na grafiku 1. se može zaključiti da je optimalno vreme kontakta za adsorpciju Zn(II) jona na bentonitu 75 minuta.



Grafik 1. Zavisnost adsorpcije Zn(II) jona na bentonitu od vremena

Vrednosti koeficijenta distribucije (K_d) su se povećavale sa smanjenjem količine bentonita (Grafik 2).



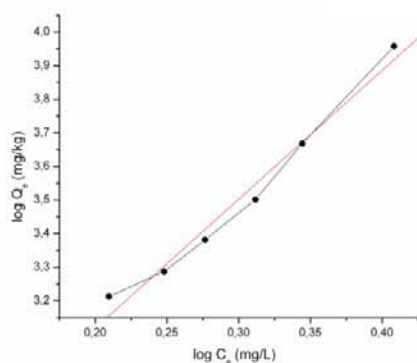
Grafik 2. Zavisnost koeficijenta distribucije od mase bentonita za Zn(II) jon

Adsorpcija Zn(II) jona na bentonitu je određivana pri različitim masama bentonita, konstantnoj zapremini otpadnog razvijajča, pH vrednosti, brzini mućkanja i vremenu kontakta.

Dobijeni parametri adsorpcije Zn(II) jona na bentonitu su bili u saglasnosti sa Frojndlihovim modelom na šta ukazuje koeficijent korelacije (R^2).

Bentonit je pokazao maksimalni kapacitet adsorpcije Zn(II) jona od 5,14 mg/kg.

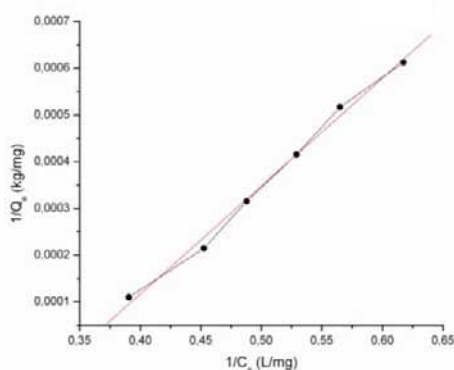
Frojndlihov model adsorpcije Zn(II) jona na bentonitu, $\log Q_e = f(\log C_e)$, prikazan je na grafiku 3.



Grafik 3. Frojndliхова izoterma adsorpcije Zn(II) jona na bentonitu

Lengmirov model adsorpcije Zn(II) jona na bentonitu, $1/Q_e = f(1/C_e)$, je prikazan na grafiku 4.

Eksperimentalni podaci iz tabele 3 nisu pratili Lengmirov model izoterme, jer su dobijeni negativni nagibi i presecci, što je dovelo do zaključka da adsorpcija posmatranog sistema nije sledila pretpostavke na kojima je baziran Lengmirov pristup.



Grafik 4. Lengmirova izoterma za adsorpciju Zn(II) jona na bentonitu

Tabela 3. Vrednosti Lengmirovih parametara za bentonit

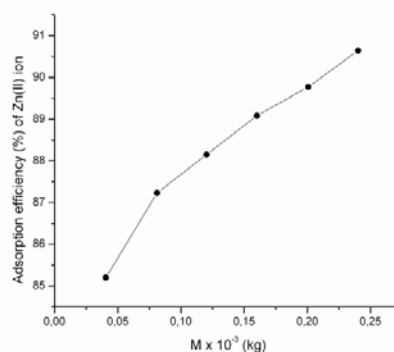
Adsorbent	Q_m (mg/kg)	k_L	R^2
B	-1238,33	-0,35	0,933

Stoga se može zaključiti da je Frojndliхов model adsorpcione izoterme bio najpogodniji za opis adsorpcije Zn(II) jona na bentonitu. Efikasnost bentonita da adsorbuje Zn(II) jone pri promeni njegove mase je predstavljena na grafiku 5.

Efikasnost adsorpcije Zn(II) jona se znatno povećavala sa povećanjem mase bentonita. Maksimalna efikasnost uklanjanja Zn(II) jona na bentonitu je bila 89,9%. Pored mase adsorbenta na efikasnost uklanjanja Zn(II) jona utiče veličina frakcije kao i fizičko-hemijske karakteristike Zn(II) jona.

Adsorpciona efikasnost korišćenja bentonita za uklanjanje Zn(II) jona ukazuje na odgovarajuće smanjenje koncentracije Zn(II) jona u otpadnom razvijaču nakon adsorpcije. Koncentracija Zn(II) jona u otpadnom razvijaču se posle adsorpcije na bentonitu smanjila 8,6 puta (Tabela 2).

Međutim, koncentracije Zn(II) jona posle adsorpcije prelaze maksimalnu dozvoljenu koncentraciju od 1 mg/l propisanu od strane Pravilnika o opasnim materijama u vodama [8], pa stoga nije dozvoljeno ispuštanje otpadnog razvijača u kanalizaciju.



Grafik 5. Efikasnost adsorpcije Zn(II) jona u zavisnosti od mase bentonita

4. ZAKLJUČAK

Analiza dobijenih rezultata je pokazala da je uklanjanje Zn(II) jona iz otpadnog razvijača primenom bentonita kao adsorbenta bila najefikasnija u prvih 75 minuta. Iako su dobijeni podaci interpretirani Frojndliховim i Lengmirovim modelima adsorpcionih izoterma, jedino je Frojndliхов model dao dobru podudarnost sa koeficientom korelacije $R^2 > 0,993$. Kapacitet adsorpcije (K_f) bentonita je bio 5,14 mg/kg. Efikasnost adsorpcije postignuta primenom bentonita je iznosila 89,9%, tako da bi bentonit mogao biti efikasna i ekonomična alternativa za uklanjanje Zn(II) jona iz otpadnog razvijača.

Adsorpciona efikasnost bentonita za uklanjanje jona cinka, Zn(II), ukazuje i na znatno smanjenje koncentracije cinka (9 puta) u otpadnom razvijaču nakon adsorpcije. Naime, s obzirom na to da zaostala koncentracija Zn(II) jona u prečišćenom razvijaču prelazi maksimalno dozvoljenu vrednost propisanu zakonom, ispuštanje u recipijent bi bilo opasno i nepoželjno. Međutim, zbog ekonomskih ograničenja razvoj jeftinih i čistih procesa je poželjan. Adsorpcioni proces se pokazao kao efikasan, naročito za efluente sa relativno niskom koncentracijom cinka, kao što je razvijač u grafičkoj industriji.

5. LITERATURA

- [1] Jovanović D., Biočanin R., Projekat ekološkog zbrinjavanja otpadnih voda na nivou urbane sredine, Fakultet zdravstvenih nauka, Banja Luka, 2009.
- [2] Dalmacija B., Osnovi upravljanja otpadnim vodama, Koncept najbolje dostupne tehnike prečišćavanja voda, Univerzitet u Novom Sadu, Prirodno-matematički fakultet, Departman za hemiju, biohemiju i zaštitu životne sredine, Novi Sad, 2010., str.159-162.
- [3] Kiurski J., Ranogajec J., Zorić D., Adamović S., Oros J., Krstić J., A modified clay mineral as cost-effective sorbent for waste printing developer decontamination, Abstract Book, 6th SETAC World Congress/SETAC Europe 22nd Annual Meeting, 2012., 295.

- [4] Sprynskyy M., Buszewski B., Terzyk A.P. and Nami-
esnik J. (2006) Study of the selection mechanism of heavy
metal (Pb^{2+} , Cu^{2+} , Ni^{2+} and Cd^{2+}) adsorption on clinop-
tilolite, *Journal of Colloid and Interface Science*, 304, 21-
28.
- [5] Kocaoba S., Orhan Y. and Akyüz T. (2007) Kinetics
and equilibrium studies of heavy metal ions removal by
use of natural zeolite, *Desalination*, 214, 1-10.
- [6] Erdem E., Karapinar N. and Donat R. (2004) The
removal of heavy metal cations by natural zeolites, *Jour-
nal of Colloid and Interface Science*, 280, 309-314.
- [7] Rao G.P.C., Satyaveni S., Ramesh A., Chowdary N.V.
and Murthy K.S.N. (2006) Sorption of cadmium and zinc
from aqueous solutions by zeolite 4A, zeolite 13X and
bentonite, *Journal of Environmental Management*, 81,
265-272.
- [8] Pravilnik o opasnim materijama u vodama, Službeni
glasnik SRS (1982) broj 31/82, Beograd, Srbija.

Kratka biografija:



Tijana Kapičić rođena je u Novom Sadu
1985. god. Master rad na Fakultetu tehničkih
nauka iz oblasti grafičkog inženjerstva i
dizajna odbranila je 2012. godine.



Prof. dr Jelena Kiurski je obrazovanje do
doktora tehničkih nauka stekla na
Tehnološkom fakultetu u Novom Sadu. Sada
je redovni profesor na Fakultetu tehničkih nauka,
Departman za grafičko inženjerstvo i dizajn.

**OSOBI NE POLIMERNIH MATERIJALA KOJI SE PRIMENJUJU U MESNOJ
INDUSTRIJI PRE I NAKON FLEKSO ŠTAMPE****PROPERTIES OF POLYMER MATERIALS APPLIED IN THE MEAT INDUSTRY
BEFORE AND AFTER THE FLEXO PRINTING**Bojan Veljković, Miljana Prica, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN**

Kratak sadržaj – U radu je ispitivana zatezna čvrstoća sledećih polimera koji se koriste kao ambalaža u mesnoj industriji: kolagen omotača, jednoslojnog poliamidnog omotača i troslojnog poliamidnog omotača pre i nakon flekso štampe. Ispitivana je i migracija metala iz neštampane i štampane ambalaže (kolagenog omotača, jednoslojnog i troslojnog poliamidnog omotača) u laboratorijskim uslovima u cilju simulacije migracije metala iz otpadne ambalaže u rastvore različitih pH-vrednosti. Na ovaj način je moguće proceniti uticaj ambalažnog otpada na životnu sredinu, a naročito na prirodne vodene recipijente.

Abstract – In this paper the tensile strength of the following polymers are used as packaging in the meat industry: the collagen layer, single-layer and three-layer polyamide before and after the flexographic printing. Examination of the migration of metals from printed and unprinted packaging (collagen layer, single-layer and three-layer polyamide) in a laboratory to simulate migration of metals from waste packaging in solutions with different pH values. In this way it is possible to estimate the impact of packaging waste on the environment, particularly in the natural aquatic recipient.

Cljučne reči: polimeri, štampa, zatezna čvrstoća

1. UVOD

Savremeni polimerni materijali se s pravom smatraju materijalima koji predstavljaju glavni pravac inovacije u bližoj i daljoj budućnosti.

Polimerni materijali se danas ubrajaju u najvažnije tehničke materijale. Oni ne služe više samo kao zamena za tradicionalne materijale, jer se koriste i za izradu predmeta koji se ranije nisu proizvodili od ovih tradicionalnih materijala. Nagli razvoj i primena polimernih materijala ubrzao je i razvoj i mnogih drugih područja ljudske delatnosti. Danas se polimerni materijali primenjuju za proizvodnju ambalaže, u grafičkoj industriji, u elektroindustriji i hemijskoj industriji, brodogradnji, transportu, građevinarstvu, poljoprivredi, i u oblasti proizvodnje predmeta opšte upotrebe. Praktično, polimerni materijali su postali nezamenjivi u svim područjima ljudske delatnosti.

Ambalaža izrađena od polimernih materijala počela se koristiti polovinom prošlog veka. Ona ima najveći trend porasta proizvodnje i potrošnje, a već danas se u nju pakuje najveća količina proizvedenih prehrambenih proizvoda.

Kod pakovanja prehrambenih proizvoda ambalaži, uslovima pakovanja i štampi se pridaje posebna važnost jer su prehrambeni proizvodi veoma podložni spoljašnjim uticajima i vrlo osetljivi.

Pod polimernom ambalažom se podrazumeva ambalaža izrađena samo od sintetskih polimernih materijala, najčešće plastomera. Pod kombinovanom ambalažom se podrazumeva ona ambalaža, koja je, osim od polimernih, izrađena i od drugih materijala (metal, papir, karton ili staklo).

Za izradu ambalaže se koriste skoro isključivo plastomeri, polimerni materijali linearne i razgranate strukture, topivi na povišenim temperaturama. Oni se sastoje od jednog homogenog polimera (homopolimera) ili od polimera koji u strukturi ima dve ili više vrsta ponavljajućih jedinica (kopolimera) i dodataka koji poboljšavaju fizičke i hemijske karakteristike polimernog materijala.

Kod pakovanja prehrambenih proizvoda ambalaži i uslovima pakovanja se pridaje posebna važnost. Prehrambeni proizvodi su veoma podložni spoljašnjim uticajima. Oni se sastoje od belančevina, ugljenih hidrata, masti, vode, raznih vitamina, mineralnih materija, pa su zbog toga vrlo osetljivi i podložni promenama pod delovanjem spoljašnjih faktora. Iz ovih razloga se mora veoma voditi računa pri izradi i štampi ambalaže za pakovanje prehrambenih proizvoda.

Polimerni materijali koji su zastupljeni kao ambalažni materijali u mesnoj industriji su: poliamidni i kolageni omotači. Poliamidi su plastomeri sa karakterističnom amidnom grupom [-CONH-] u makromolekulima, opšte formule [-R-CONH-]_n, ili [-HN-R'-NHCO-R''-CO-]_n, gde su R, R' i R'' različiti ugljovodonični segmenti makromolekula. Osnovna svojstva poliamida zavise od vrste i veličine ugljovodoničnih segmenata, odnosno gustine amidnih grupa. Svojstva im se mogu menjati supstitucijom vodonika u amidnim grupama. Proizvodnja različitih vrsta poliamida (najčešće u vidu najlona) odvija se kroz polikondenzaciju amino karboksilne kiseline (ili njenih funkcionalnih derivata, kao što su laktami), ili reakcijom diamina i dikarboksilnih kiselina. Osnovne osobine su im: velika čvrstoća, otpornost na visoke temperature i vrlo uređena kristalna struktura. Iako PA ima izražene barijerne karakteristike na gasove i arome, barijerne osobine prema vodi su prosečne. Tehnički važni poliamidi su uglavnom sa alifatičnim, nerazgranatim ugljovodo-

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Miljana Prica, docent.

ničnim lancima. U čvrstom stanju većina poliamida je delimično kristalisana, gde stepen kristalizacije iznosi od 30 do 50%. Ovi materijali imaju dobra fizička svojstva, kao što su čvrstoća, savitljivost, nizak koeficijent trenja, mala propustljivost na gasove i aromatična jedinjenja, otporni su na trošenje i habanje materijala, pri radnim temperaturama do 120 °C. Mehanička svojstva poliamida zavise u velikoj meri od udela vlage, koji je opet uslovljen koncentracijom amidnih grupa. Sa povećanjem udela vlage, poliamidi postaju mekši, smanjuje se žilavost i stabilnost materijala, pa se povećava propustljivost na gasove. Otporni su na delovanje slabih kiselina i baza, dok se u jakim kiselinama raspadaju. Poliamidi se najviše upotrebljavaju kao tekstilna vlakna, poznatija kao najlon (Nylon), ili perlon (Perlon). Od ekstrudiranih filmova, folija i creva jednostavnim postupcima dobijaju se ambalažne jedinice. Poliamidni i drugi plastomerni filmovi se mogu međusobno spajati (kaširanjem, koekstruzijom), čime se dobijaju ambalažni materijali poboljšanih svojstava (čvrstoće, smanjene propusnosti vodene pare). Injektovanjem, ekspanovanjem i rotacionim livenjem proizvode se različiti oblici ambalaže (posude, flaše, burad, cisterne). Laminat kombinacije PA/PE služi za pakovanje smrznutih ribljih preradevina, gde PA osigurava otpornost prema masnoćama i barijeru prema kiseoniku. Biaksijalno orijentisani PA filmovi imaju povećanu savitljivost, barijerna i mehanička svojstva. Dvoosno istezanje PA unapređuje njegovu krutost i uslovljava njegovu upotrebu kao filma nosača, zajedno sa termoskupljajućim slojevima u laminatima. Pakovanje kafe, mleka u prahu domaćih i industrijskih sireva, svežeg i termički obrađenog mesa, ribe, kao i smrznute hrane u vakuumu i inertnim gasovima samo su neki od primera primene ovih laminata, koji se takođe koriste kao unutrašnje vreće za pakovanje tečnosti u kutije. Samo dva prirodna biorazgrađiva polimera, kolagen i celuloza, se trenutno koriste pri produkciji omotača za kobasice (salame). Njihova najveća prednost u odnosu na sintetičke polimere jeste visoko organizovana struktura kako na molekularnom, tako i na makroskopskom nivou, koja daje ovim omotačima povoljne karakteristike kao što je pogodna kombinacija jačine, krutosti i propustljivosti. Kolagen različito funkcioniše u zavisnosti od upotrebe. U nekim proizvodima menja ukus, u nekim poboljšava teksturu, obezbeđuje nutrijente, a može i da bude dodatak hrani ili ovlaživač.

Raznovrsnost mehaničkih i fizičkih karakteristika koje se mogu postići upotrebom kolagena, razlog je njegovog obimnog korišćenja u velikom broju različitih omotača za kobasice, jestivih omotača i drugih. Upotrebom kolagena mogu se zameniti određeni životinjski omotači za koje postoji ograničeno prirodno snabdevanje ili kada postoji potreba za novim vrstama kobasica.

Upotreba omotača od kolagena je znatno porasla poslednjih godina zbog mnogobrojnih prednosti u odnosu na sintetičke omotače i omotače životinjskog porekla. Omotači od kolagena su rastegljiviji od sintetičkih omotača. Zid kolagenskih omotača može da apsorbuje značajnu količinu vode tako da je gotovo isto propustljiv za vodenu paru kao i omotači životinjskog porekla. Kada se suši, kolagen se bolje skuplja zajedno sa mesom od

drugih omotača. On je veoma elastičan, tako da dozvoljava jako punjenje i snažno istiskivanje bez oštećenja omotača. Takođe, omotači od kolagena mogu da se farbaju u različite boje, a bolji su i za mašinsku obradu nego omotači životinjskog porekla. Mogu da se čuvaju uskladišteni i spremni za momentalnu upotrebu. Kobasicama sa kolagenskim omotačem se lakše rukuje u maloprodaji, mogu duže da se čuvaju i ekonomičnije se transportuju. Upotrebom ovih omotača gubitak prilikom sečenja i guljenja je sveden na minimum.

Cilj rada je poređene osobina polimernih materijala (kolagenog omotača, jednoslojnog i troslojnog poliamidnog omotača) koji se koriste u mesnoj industriji pre i nakon štampe i izlaganja uslovima povišene temperature. Ispitivana je zatezna čvrstoća štampanih i neštampanih polimernih materijala pre i nakon izlaganja povišenoj temperaturi. Ispitivana je i migracija metala iz neštampane i štampane ambalaže (kolagenog omotača, jednoslojnog i troslojnog poliamidnog omotača) u laboratorijskim uslovima u cilju simulacije migracije metala iz otpadne ambalaže u rastvore različitih pH-vrednosti.

2. MATERIJAL I METODE

Pri ispitivanju korišćeni su uzorci kolagenih omotača, jednoslojnog poliamida i troslojnog poliamidnog omotača. Ispitivana je zatezna čvrstoća pre i nakon izlaganja povišenoj temperaturi (60°C tokom 72 h).

2.1. Zatezna čvrstoća

Zatezna čvrstoća materijala je maksimalan napon kojim se materijal može opteretiti zatezanjem, a da pri tom ne dođe do kidanja. Definicija kidanja može da varira u zavisnosti od materijala i metodologije izvođenja eksperimenta. Metodološki, merenje zatezne čvrstoće, prvi put je primenjeno za ispitivanje metala, dok je danas primenjiva za ispitivanje najrazličitijih, pa tako i polimernih materijala. Za ispitivanje zatezne čvrstoće korišćena je kidalica i epruvete dimenzija 28x150 mm.

2.2. Migracija metala

Od svake vrste ambalaže analizirani su neštampani (NŠ) i štampani (Š) delovi ambalaže. Neštampane i štampane trake dimenzija 1 cm x 13 cm su uronjene u tri vrste rastvora (različite pH vrednosti i iste zapremine od 20 cm³) u vremenskom intervalu od 72 sata.

Za podešavanje pH-vrednosti rastvora korišćeni su koncentrovana sumporna kiselina ili 10% natrijum-hidroksid, u zavisnosti od toga da li je potrebna kiselina ili bazna sredina. Kiseo rastvor je pripremljen razblaživanjem 0,5 cm³ koncentrovane hlorovodonične kiseline u 100 cm³ dejonizovane vode. Bazni rastvor je pripremljen razblaživanjem 0,5 cm³ 10% rastvora natrijum-hidroksida u 100 cm³ dejonizovane vode. Odgovarajućim rastvorima određene su temperatura, pH-vrednost i električna provodljivost.

pH-vrednost rastvora je merena pH-metrom (340i, WTW), uz pomoć SenTix®21 elektrode. Praćena je migracija šest metala (cinka, bakra, hroma, kadmijuma, olova i nikla) iz neštampanih i štampanih traka uzoraka kolagen creva, jednoslojnog i troslojnog poliamidnog

omotača. Koncentracije metala posle migracije od 72 sata u odgovarajuće rastvore određene su primenom atomskog apsorpcionom spektrometra (PerkinElmer, AAnalyst 700), plamenom tehnikom u skladu sa USEPA 7000b metodom. Prikazane su srednje vrednosti tri merenja a vrednosti relativnih standardnih devijacija su manje od 5%.

3. REZULTATI I DISKUSIJA

Vrednost zatezne čvrstoće najveća je kod štampanog troslojnog poliamidnog omotača jer je srednja vrednost zatezne čvrstoće tri merenja omotača iznosila 75,0 N/mm². Troslojni neštampani poliamidni omotač ima veću vrednost zatezne čvrstoće (66,1 N/mm²) od jednoslojnog poliamidnog omotača (52,9 N/mm²). Proces štampe nije značajnije uticao na zateznu čvrstoću kolagenog omotača i jednoslojnog poliamidnog omotača ali je kod troslojnog omotača uočljivo nešto veće odstupanje vrednosti zatezne čvrstoće pre i posle štampanja (66,1 i 75,0 N/mm² respektivno). Vrednosti zatezne čvrstoće se u skladu sa literaturnim podacima [17-19]. Kod svih ispitivanih uzoraka je nakon štampe došlo do neznatnog povećanja zatezne čvrstoće.

Vrednost zatezne čvrstoće pre štampe najveća kod troslojnog poliamidnog omotača i nakon izlaganja uslovima povišene temperature jer je srednja vrednost zatezne čvrstoće tri merenja iznosila 64,3 N/mm². Troslojni neštampani poliamidni omotač ima veću vrednost zatezne čvrstoće (64,3 N/mm²) od jednoslojnog poliamidnog omotača (50,0 N/mm²). Proces štampe nije značajno uticao na zateznu čvrstoću kolagenog omotača i jednoslojnog poliamidnog omotača ali je kod troslojnog omotača i ovde uočljivo nešto veće odstupanje vrednosti zatezne čvrstoće pre i posle štampanja (64,3 i 72,6 N/mm² respektivno) i nakon izlaganja povišenoj temperature.

Primećuje se mala razlika (2 do 5%) u srednjim vrednostima zatezne čvrstoće pre i nakon izlaganja uslovima povišene temperature. Upoređivanjem srednjih vrednosti zatezne čvrstoće, dolazi se do sledećeg zaključka: došlo je do neznatnog smanjenja zatezne čvrstoće nakon izlaganja uzoraka uslovima povišene temperature.

U poslednjih nekoliko decenija u celom svetu posvećuje se velika pažnja problemu zagađenja životne sredine različitim polutantima među kojima su i teški metali. Zbog biološke nerazgradljivosti i kompleksnog ponašanja, teški metali spadaju u grupu opasnih polutanata. Za razliku od organskih zagađujućih materija, metali ne podležu termičkoj dekompoziciji i mikrobiološkoj razgradnji. U teške metale čija je emisija iz prirodnih i/ili antropogenih izvora značajna spadaju pre svega kadmijum, kobalt, hrom, olovo, nikl, mangan, bakar i cink. Teški metali se u biosferu emituju iz različitih antropogenih izvora kao što su: sagorevanje uglja i nafte, industrija gvožđa i čelika, proizvodnja obojenih metala (rudnici i topionice), motori sa unutrašnjim sagorevanjem, korišćenje organskih i mineralnih đubriva i pesticida, hemijska, prehrambena i grafička industrija. Toksični efekti metala na organizme su odavno poznati, a poseban problem predstavlja njihova kumulacija u zemljištu i vodenim ekosistemima [20-22].

Analizom dobijenih rezultata uočava se da u neutralni, kiseo i bazni rastvor dolazi do migracije četiri metala: cinka, bakra, olova i nikla. Uočeno je da kadmijum migrira iz uzoraka omotača samo u bazni rastvor, dok migracija hroma nije uočena. Može se zaključiti da sem u slučaju kadmijuma pH-vrednost sredine ne utiče na povećanje migracije cinka, bakra, olova i nikla iz omotača, jer su im vrednosti koncentracija u sličnim intervalima.

Posmatrajući vrednosti koncentracija metala u neštampanim i štampanim uzorcima iste vrste ambalaže ne uočava se veće odstupanje što ukazuje da štampa ne utiče na povećanje koncentracije metala u određenom rastvoru. Posmatrano sa stanovišta zaštite sredine može se zaključiti da ispitivana štampana ambalaža mesnih proizvoda ne utiče na povećanje koncentracije metala u životnoj sredini u poređenju sa neštampanom ambalažom. Posmatrajući vrednosti koncentracija metala posle 72 časovne migracije iz uzoraka kolagen creva, jednoslojnog i troslojnog poliamidnog omotača može se zaključiti da vrsta ambalaže mesnih proizvoda ne utiče na migraciju, jer su intervali koncentracija metala prilično ujednačeni.

Da bi se moglo govoriti o bezbednom funkcionisanju grafičke proizvodnje potrebno je faktore zagađenja držati u granicama propisanim zakonom. Maksimalno dozvoljena koncentracija (MDK) je maksimalna koncentracija pojedinačne prioritete supstance ili grupe prioritete supstanci koja ne može da se prekorači za vode u celini radi izbegavanja ozbiljnih nepovratnih kratkoročnih posledica za ekosisteme [23].

Na osnovu vrednosti MDK cinka u otpadnim vodama iz štamparija (tabela 4) zaključuje se da su izmerene vrednosti koncentracije cinka u intervalu od 0,043 do 0,409 mg/l i ne prelaze 2,0 mg/l. Vrednosti koncentracija bakra posle migracije u neutralni, kiseo i bazni rastvor nalaze se intervalu od 0,137 do 0,172 mg/l i ne prelaze MDK bakra u otpadnim vodama iz štamparija (1,0 mg/l) već su 5,8 do 7,3 puta manje. Koncentracije kadmijuma posle migracije u bazni rastvor nalaze se u intervalu od 0,004 do 0,013 mg/l, što je 7,7 do 25 puta manje od MDK kadmijuma u otpadnim vodama iz štamparija (0,1 mg/l). Posle migracije u sva tri rastvora različite pH-vrednosti koncentracije olova nalaze se u intervalu od 0,026 do 0,468 mg/l i 2,3 do 38,5 puta su manje od vrednosti MDK olova u otpadnim vodama iz štamparija (1,0 mg/l). U sva tri rastvora koncentracije nikla su prilično ujednačene u nalaze se u intervalu od 0,353 do 0,571 mg/l, što je u poređenju sa MDK nikla u otpadnim vodama iz štamparija (2,0 mg/l) od 3,7 do 5,7 puta manje, respektivno.

Migracije metala iz neštampane i štampane ambalaže mesnih proizvoda treba sprovesti u realnim uslovima, jer bi kvantitativne informacije o trendu migracije bile korisne za procenu rizika i razvoj strategije za zdravije okruženje.

4. ZAKLJUČAK

Rezultati ispitivanja polimera koji su našli primenu u mesnoj industriji (kolageni omotači, jednoslojni poliamidni omotač, troslojni poliamidni omotač) u eksperimentalnom delu rada ukazuju da troslojni poliamidni omotači imaju najveću vrednost zatezne

čvrstoće i najmanje izduženje. Proces štampe nije značajnije uticao na vrednosti zatezne čvrstoće. Na osnovu rezultata primećuje se mala razlika u srednjim vrednostima zatezne čvrstoće pre i nakon izlaganja uslovima povišene temperature. Upoređivanjem srednjih vrednosti zatezne čvrstoće, došlo se do sledećeg zaključka: da je došlo do neznatnog smanjenja zatezne čvrstoće nakon izlaganja uzoraka uslovima povišene temperature. Može se zaključiti da su ispitivani materijali pokazali stabilnost u ispitivanom periodu i dobru rezistenciju na uslove povišene temperature.

Ispitivanjem migracije metala iz neštampane i štampane ambalaže (kolagenog omotača, jednoslojnog i troslojnog poliamidnog omotača) u laboratorijskim uslovima u cilju simulacije migracije metala iz otpadne ambalaže u rastvore različitih pH-vrednosti utvrđeno je da je da u neutralni, kiseo i bazni rastvor došlo do migracije četiri metala: cinka, bakra, olova i nikla ali u koncentracijama koje su značajno ispod MDK koju propisuje aktuelni pravilnik. Posmatrajući vrednosti koncentracija metala migracije iz neštampanih i štampanih uzoraka iste vrste ambalaže ne uočava se veće odstupanje što ukazuje da štampa ne utiče na povećanje koncentracije metala u određenom rastvoru. Posmatrano sa stanovišta zaštite sredine može se zaključiti da ispitivana štampana ambalaža mesnih proizvoda ne utiče na povećanje koncentracije metala u životnoj sredini u poređenju sa neštampanom ambalažom.

Pored svih pozitivnih efekata kojim su polimerni materijali doprineli poboljšanju kvaliteta života, posebno u oblasti ambalaže, ne sme se zaboraviti njihov uticaj na životnu sredinu i ekologiju, ukoliko se polimerna ambalaža adekvatno ne tretira. Pravilnom manipulacijom i reciklažom polimerne ambalaže omogućice se sklad industrije, razvoja i očuvanje životne sredine.

Stoga se paralelno sa produkcijom i primenom novih materijala moraju razvijati i sistemi za njihovo bezbedno zbrinjavanje, koji će osigurati da negativni uticaji na životnu sredinu i zdravlje čovečanstva budu svedeni na minimum.

5. LITERATURA

- [1] H. Meijer, L. Govaert, "Mechanical performance of polymer systems: The relation between structure and properties" *Progress in polymer sciences*, 30, pp. 915–938, 2005.
- [2] M. Plavšić, "Polimerni materijali, nauka i inženjerstvo", Beograd, Naučna knjiga, 1996.
- [3] D. Novaković, "Grafička ambalaža", Novi Sad, Fakultet tehničkih nauka, materijal sa predavanja, 2009.
- [4] R. Ahvenainen, "Novel food packaging techniques", Cambridge, England, Woodhead Publishing Limited, 2000.
- [5] A. Olsson, M. Petterson, G. Jönson, "Packaging demands in the food service industry", *Food Service Technology*, 2004.
- [6] S. Kuan-Hua, L. Jia-Horng, L. Chih-Ching, "Influence of reprocessing on the mechanical properties and structure of polyamide 6", *Journal of Materials Processing Technology*, 192–193, pp. 532–538, 2007.
- [7] S. Asiaban, S. Moradian, "Investigation of tensile properties and dyeing behavior of various polypropylene/polyamide 6 blends using a mixture experimental design", *Dyes and Pigments* 92, pp. 642–653, 2011.
- [8] A. Kabata-Pendias, H. Pendias, "Trace Elements in Soils and Plants". Third edition. CRC Press, USA, 2001.
- [9] Uredba o graničnim vrednostima emisije zagađujućih materija u vode i rokovima za njihovo dostizanje, "Sl. glasnik RS", br. 67/2011.

Kratka biografija:

Bojan Veljković, rođen je u Novom Sadu 1985. godine, odbranio master rad na Departmanu za Grafičko inženjerstvo i dizajn, FTN. E-mail: bojanveljkovic@hotmail.com

ANALIZA ODNOSA PROPORCIJA LJUDSKOG TELA I TELA ELEKTRIČNIH GITARA ANALYSIS OF THE CORRELATION OF SIZES BETWEEN THE HUMAN BODY AND THE ELECTRIC GUITAR BODIES

Milana Krklec, Gojko Vladić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Kratak sadržaj - Svrha rada jeste analiza odnosa veličina ljudskog tela i tela električnih gitara, u cilju određivanja smernica koje su potrebne pri redizajnu određenih modela električnih gitara, kao što su veličina i oblik tela gitare. Redizajn je rađen u vidu predloga smanjenja gabarita tela gitare, pa samim tim i njene težine sa ciljem ergonomskog prilagođavanja proporcija, što bi olakšalo rukovanje instrumentom onima kojima su gabariti određenih modela gitara predstavljali problem. Dobijeni rezultati ukazuju da su gabariti sadašnjeg, odnosno postojećeg, odabranog modela gitare neproporcionalni u odnosu na telo čoveka visine od 1.60-1.80m, i da bi adekvatne dimenzije redizajnirane varijante gitare (odnosno ukupna dužina) trebalo da se nađu u opsegu od 1.30 do 1.35m.

Abstract - The purpose of this paper is the analysis of the correlation of sizes between the human body and the electric guitar bodies, which serves as a tool for determining the guidelines needed for redesigning certain electric guitar models, such as the shape and the size of the electric guitar body. The redesign was done for the purpose of propositioning a way of reducing the size of the electric guitar body, therefore also reducing its weight, with the goal of ergonomical adjustment of the proportions, which in turn would result in easier handling of the instrument, for those who have found the current sizes of certain electric guitar models tough to handle. The results show that the current sizes of the chosen guitar model are disproportionate in relation to the height of the human body ranging from 1.60m to 1.80m, and that the appropriate dimensions of the redesigned version of the guitar (total length of the guitar) should range from 1.30 to 1.35m.

Ključne reči: industrijski dizajn, električne gitare, proporcije, ergonomija, veličine.

1. UVOD

Većina proizvođača električnih gitara izrađuje svoje proizvode u njihovim standardnim oblicima, koji podrazumevaju standardne veličine. To znači da jedan model električne gitare određenog proizvođača postoji samo u jednoj veličini, odnosno fiksnih je dimenzija. Kod većine takvih proizvoda, to i nije veliki problem za korisnike, jer

je većina električnih gitara poznatih proizvođača izrađena u skladnim veličinama, odnosno u veličinama koje ispunjavaju ergonomske zahteve najvećeg dela populacije. Iz tog razloga, kod ovakvih instrumenata nema puno potrebe za nekim promenama u dizajnu.

Određeni proizvođači električnih gitara više su skoncentrisani na proizvodnju instrumenata koji bi svojim dizajnom i zvukom adekvatno prpratili određeni stil ili žanr muzike, kao što su, na primer, razne vrste metala i slična muzika, koju uglavnom prati brže i agresivnije sviranje, ali i određene preferencije u pogledu dizajna proizvoda. Kako bi uskladili sve te zahteve, proizvođači su razvili opet svoje karakteristične oblike, koji umnogome odudaraju od standardnih. Uglavnom su ovakvi instrumenti stilizovani oštrim ivicama tela, asimetričnim oblicima, i slično. To u čestim slučajevima podrazumeva neobične proporcije i gabarite instrumenata.

Problem koji ovde često nastupa, za razliku od proizvođača gitara jednostavnijih i skladnijih oblika su gabariti instrumenta. Ne mora se govoriti konkretno o polovima korisnika, jer su oni u obe varijante prisutni u svim žanrovima muzike. Jednostavno rečeno - ne postoji univerzalna veličina čoveka. Dakle, ovakvi proizvođači su se pozabavili atipičnim dizajnom električnih gitara kako bi uskladili oblike instrumenata određenim vrstama muzike.

Iako su ovakve, malo ekstremnije oblikovane gitare, uglavnom većih dimenzija u odnosu na klasične, standardnije modele, određenom delu populacije naravno i takve veličine odgovaraju, mada su to uglavnom višlje i krupnije osobe. Ovakav instrument mogu svirati i osobe ženskog pola i niže i sitnije osobe, ali je svakako teže.

Ekstremnije gitare samim tim što su većih gabarita - su i teže, jer u njihovu izradu, tačnije u izradu tela gitare, ulazi veća količina materijala, u ovom slučaju drveta. To naravno dodatno predstavlja problem za gitaristu ili gitaristkinju sitnije građe, kojima se dopada izgled i zvuk ovakvih instrumenata.

Redizajn se zasniva na predlogu da bi usled navedenih problema, proizvođačima ekstremnijih električnih gitara bilo korisno da uvedu dodatne serije električnih gitara, koje bi mogle biti zasnovane na nekim već postojećim modelima koje proizvode, ali manjih gabarita. Time bi proširili svoj asortiman, pa samim tim i broj potencijalnih kupaca, odnosno korisnika njihovih proizvoda, kojima sadašnje dimenzije instrumenata ne odgovaraju u pogledu veličine i težine, ali im se dopadaju u pogledu dizajna oblika tela i ostalih karakteristika. Da bi se odredile smernice koje su potrebne pri redizajnu, kao što su veličina i oblik tela gitare, izveden je eksperiment u vidu ankete, koji ima za cilj ispitivanje odnosa proporcija tela čoveka određene visine i različitih veličina tela električnih gitara.

NAPOMENA:

ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Siniša Kuzmanović, red.prof.

2. METODA I TOK ISTRAŽIVANJA

Za ispitivanje odnosa proporcija odabrana je električna gitara kompanije Jackson, model Warrior, koja se smatra za jednu od najpopularnijih ekstremnih električnih gitara, prepoznatljivog oblika. Ova električna gitara dobija najbolje ocene od korisnika širom sveta, kako su ocenjivanja obavljana na raznim sajtovima [1] [2] [3], gde su gitaristi u mogućnosti da napišu svoja mišljenja i iskustva sa instrumentima, i iste ocene prema ličnim preferencijama. Razmatrano je više varijanti tela Jackson Warrior modela električne gitare pri čemu je varirana dimenzija krakova gitare, kao i proširenje ili sužavanje dimenzija tela gitare, kako bi se dobilo sedam varijanti modela, koje su ispitanici bili u prilici da ocenjuju prema sopstvenim preferencijama. Ispitivanje je obavljeno u cilju dobijanja smernica potrebnih za adekvatan redizajn ovog modela električne gitare (s time da bi se rezultati mogli primeniti i na sličnim modelima električnih gitara) u pogledu smanjenja dimenzija, odnosno veličine tela gitare, pa samim tim i težine, kako bi ovaj model mogao odgovarati i nižim i sitnijim osobama, kojima dimenzije i težina sadašnjeg, postojećeg modela predstavljaju problem. Istraživanje je sprovedeno u vidu ankete, koja je ispitanicima dostavljena putem interneta (društvene mreže, e-mail i sl.).

2.1 Instrument i način ispitivanja

Instrument, odnosno anketa, predstavljena je ispitanicima na četiri strane.

Prva strana sadrži opšta pitanja o ispitaniku, kao što su pol, visina, godine i omiljeni žanr muzike. Ova pitanja služila su za bolje i tačnije tumačenje rezultata, jer se mora uzeti u obzir da različiti ljudi imaju različite potrebe. Smatra se da će, na primer, osoba ženskog pola visine 1.60m odabrati različit instrument u odnosu na osobu muškog pola visine 1.80m, a sve to u zavisnosti od njihovih godina, kao i omiljenog stila, tj. žanra muzike.

The image shows the first page of a survey titled "Električne gitare". It contains a section for "Osnovna pitanja" (Basic questions) with four numbered items: 1. Pol (Gender) with radio buttons for "muški" (male) and "ženski" (female); 2. Visina (cm) (Height) with a text input field; 3. Godine (Age) with a text input field; 4. Omiljeni žanr muzike (npr. punk, metal, rock..) (Favorite music genre) with a text input field.

Slika 1. Prva strana ankete

Druga strana sadrži prikaz sedam varijanti električne gitare koja je podvrgnuta redizajnu, gde su promeni podlagale dužine krakova gitare, njen obim, tj. generalna veličina, pa samim time i oblik, dok je vrat gitare identičan na svim primerima. Ovo je potrebno da bi se moglo zaključiti do koje mere bi se moglo ići u redizajnu

u pogledu smanjenja krakova tela gitare, a da se pritom ne izgubi njen karakterističan oblik i prepoznatljivost. Ispitanici su imali izbor da svakoj gitari dodele ocenu u pogledu spostvene preferencije i dopadljivosti, u opsegu od -3 do 3, gde su sa 3 mogli oceniti ono što im se najviše dopada, a sa -3 ono što im se uopšte ne dopada, dok bi 0 bila ocena za oblik prema kome su indiferentni, sa savetom da uzimaju u obzir i odnos veličine tela gitare i vrata gitare.

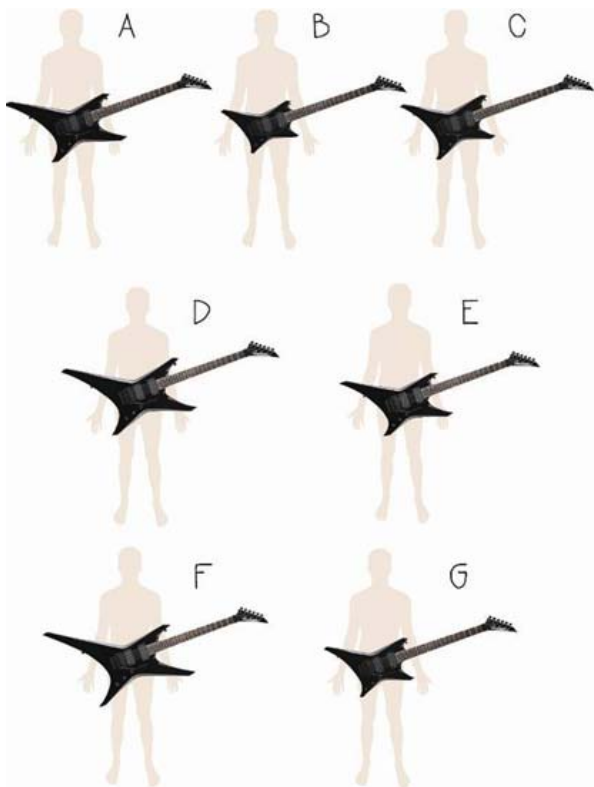
The image shows the second page of the survey. It features seven pairs of guitar body silhouettes, labeled A through G, arranged in two columns. Below the silhouettes is a rating scale for each option, ranging from -3 to 3. The scale is represented by a horizontal line with circles at each integer point. The labels A, B, C, D, E, F, and G are aligned with their respective pairs of silhouettes.

Slika 2. Druga strana ankete

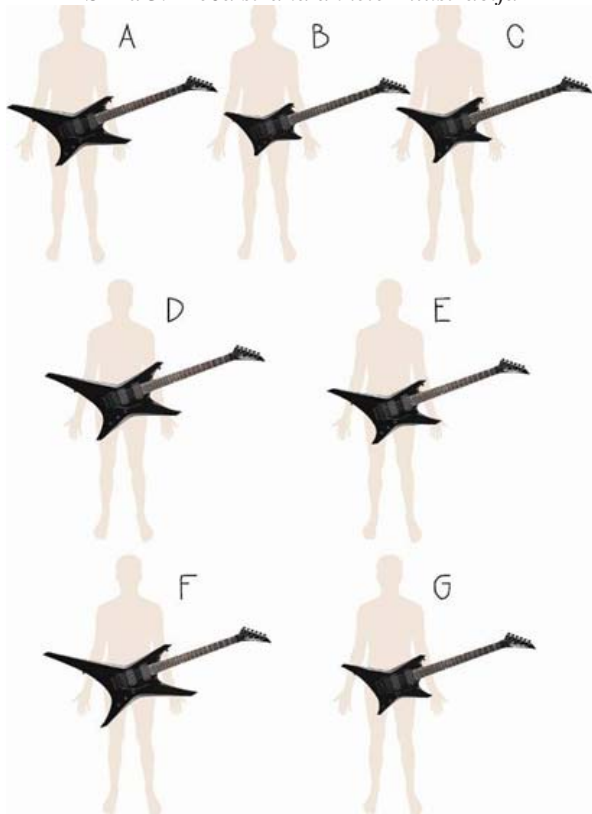
Na trećoj i četvrtoj strani nalazi se po jedna ilustracija sa siluetom tela čoveka određene visine sa svih sedam varijanti gitare postavljenih u položaj za sviranje. Na trećoj strani (Odnos proporcija 1) je postavljeno sedam silueta čoveka, sve odgovaraju visini čoveka od 1.60m i uz svaku po jedna od sedam varijanti gitare. Na četvrtoj strani (Odnos proporcija 2) je ista situacija, s time da silueta odgovara čoveku visine 1.80m. Na ovim stranama ispitanici su imali zadatak da procene koja varijanta odnosa tela čoveka i veličine gitare su u najboljem skladu. Iz ovog razloga su svi ispitanici bili gitaristi, jer oni pri posmatranju ovakvih primera uzimaju u obzir i niz faktora, kao što su: da li će moći iz jednog položaja da dohvate sve pragove vrata bez pomeranja gitare, da li će bez problema moći da dohvate ručicu za tremolo i potenciometre, da li je gitara generalno glomazna i da li će im biti teško da manevrišu sa istom, na primer, na bini, u prostoriji za probe, u kućnim uslovima, i slično. Sedam kombinacija tela i različitih veličina gitara obeležene su oznakama A, B, C, D, E, F i G, a ispod slike postavljen je izbor obeležavanja jednog od sedam odgovora, odnosno da se odabere jedna kombinacija koja deluje najskladnije.

2.2 Ispitanici

Istraživanje je sprovedeno isključivo nad gitaristima (odnosno, ispitanici su isključivo gitaristi), pošto su oni krajnji korisnici električnih gitara, pa time i oni koji će najbolje moći da procene izgled gitare i odnos proporcija tela čoveka i tela gitare, jer prilikom posmatranja uzimaju u obzir niz faktora, koji su spomenuti u prethodnoj tački teksta.



Slika 3. Treća strana ankete - ilustracija



Slika 4. Četvrta strana ankete - ilustracija

3. REZULTATI

3.1 Rezultati osnovnih podataka

Ukupan broj ispitanika iznosi 39, od kojih su 27 osoba muškog pola (69,2%), a 12 osoba ženskog pola (30,8%). Visina ispitanika je u rasponu od 1.60m do 2.06m, od kojih osobe u rasponu visine 1.60-1.70m (niže osobe) čine

20,51%, osobe u rasponu visine 1.71-1.80m (osobe srednje visine) čine 28,21% i osobe u rasponu 1.81-2.06m (visoke osobe) čine 51,28%. ukupnog broja ispitanika.

Raspon godina ispitanika (koji se vezuje za ukus u muzičkim stilovima) je od 20-34 godine, gde procenat osoba do 25 godina iznosi 28,21%, a starijih 26-34 godine iznosi 71,79%. Može se primetiti da je većina ispitanika starija od 25 godina, što doprinosi iskustvu u pogledu procene skladnosti.

Žanr muzike koji ispitanici preferiraju je dosta opširan. Zbog činjenice da je u pitanju anketa koja je potrebna za redizajn ekstremnije električne gitare, idealni uslovi bi podrazumevali da svi ispitanici preferiraju "tvrđe" tipove muzike, kao što su razne vrste metala. S obzirom da je najveći deo istraživanja orjentisan na procenu skladnosti veličine tela instrumenta i tela čoveka, što može bilo koji gitarista da proceni, žanr ipak ne igra toliko bitnu ulogu. Pregledom rezultata zaključeno je da je od ukupnog broja ispitanika, 53,85% ispitanih gitarista odabralo razne vrste metala kao omiljeni žanr muzike, dok se ostatak, tačnije 46,15% izjasnio kao ljubitelji lakših žanrova muzike, kao što su džez, bluz, rege, rok i slično.

3.2 Rezultati ocene oblika tela gitare

Ponuđene oblike Jackson Warrior modela električne gitare u rasponu od prevelikog do premalog, preko standardnog, postojećeg modela i nekoliko varijanti između, ispitanici su ocenili na sledeći način:

Kao najnedopadljivija varijanta ove gitare, koji je najveći broj ispitanika ocenio sa -3, smatra se ekstremno velika (najveća) varijanta gitare sa produženim krakima (slika 5 - E). Sledeća varijanta po najnižim ocenama je ekstremno mala varijanta skoro bez krakova (slika 5 - D). Indiferentna ocena 0, dodeljena je od najvećeg broja ispitanika standardnoj, postojećoj varijanti gitare (slika 5 - A). Najbolje ocene (2,3) dobijale su dve smanjene varijante Jackson Warrior modela (slika 5 - F i G).



Slika 5. Druga strana ankete - ilustracija

3.3 Rezultati odnosa proporcija 1

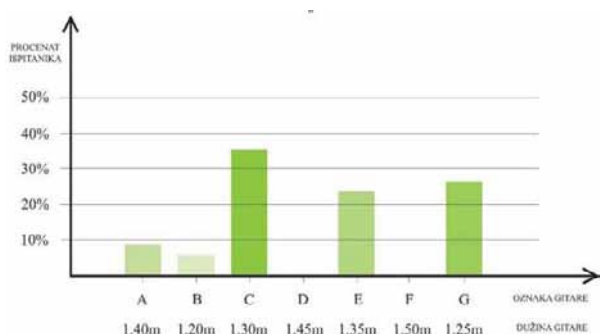
Ispitanici su ovde imali zadatak da procene skladnost sedam ponuđenih varijanti Jackson Warrior modela električne gitare u odnosu na siluetu čoveka visine 1.60m. Ponuđene varijante modela gitare su u rasponu ukupne dužine gitare od 1.20m (najmanja) do 1.50m (najveća), odnosno svaka sledeća je za po 5cm veća, tj. duža od prethodne, i na ilustracijama su nasumično poredane. Ispitanici su se u najvećem delu (35,3%) opredelili za umanjenu varijantu gitare (slika 3 - C), koja je treća po

veličini od najmanje ka najvećoj, odnosno ukupne dužine 1.30m.

Sledeći najskladniji odnos po procenama ispitanika je isto umanjena varijanta standardnog modela, ali nešto manja od prvoodabrane, dakle, gitara dužine 1.25m (slika 3 - G). Ovaj odnos je kao naskladniji odabralo 26,5% ispitanika. Treći najskladniji odnos je po procenama ispitanika odnos tela sa gitarom veličine 1.35m (slika 3 - E), koji je odabralo 23,5% ispitanih gitarista. To je nešto veća varijanta od gitare iz prvoodabranog odnosa.

Standardni, postojeći model dužine 1.40m (slika 3 - A) je u odnosu na siluetu čoveka visine 1.60m ocenilo kao skladno 8,8% ispitanika, dok je najmanja varijanta gitare po veličini, tačnije 1.20m (slika 3 - B) ocenjena kao skladna u odnosu na siluetu u samo 5,9% slučajeva.

Dve najveće varijante gitara, dužina 1.50m i 1.45m (slika 3 - F i D) ni jedan ispitanik nije odabrao kao skladne u odnosu na siluetu koja predstavlja čoveka visine 1.60m.



Slika 6. Grafik rezultata odnosa proporcija 1

3.4 Rezultati odnosa proporcija 2

Ovde je ispitanicima bilo ponuđeno da, slično kao i na trećoj strani, procene skladnost sedam varijanti Jackson Warrior modela gitare, ali u odnosu na siluetu koja predstavlja čoveka visine 1.80m.

Kao naskladniju veličinu gitare za čoveka visine 1.80m ispitanici su odabrali opet umanjenu varijantu gitare, dužine 1.35m, što je prva sledeća manja po veličini u odnosu na standardni, postojeći model. Ovaj odnos (slika 4 - E) je odabralo 41,2% ispitanika kao najskladniji.

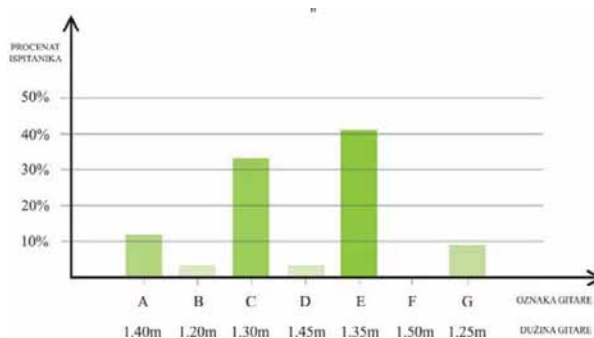
Sledeći odnos po skladnosti je po procenama 32,4% ispitanika kod gitare od 1.30m, što je opet umanjena varijanta postojećeg modela, koja je za 5cm kraća od prvoodabrane (slika 4 - C).

Treći odnos po skladnosti je kod gitare dužine 1.40m (slika 4 - A), odnosno varijanta sa standardnim, postojećim modelom, koji je odabralo 11,8% ispitanika.

Sledeći odnos po skladnosti je opet umanjena varijanta, 1.25m (slika 4 - G), koji je odabralo 8,8% ispitanika. Odnos tela čoveka od 1.80m i najveće gitare od ponuđenih, dužine 1.50m nije ni jedan ispitanik ocenio kao skladan

(slika 4 - F).

Najmanju gitaru dužine 1.20m je 2,9% ispitanika ocenilo kao skladnu u odnosu na siluetu (slika 4 - B), i u istom procentu (2,9%) su se opredelili za drugu najveću gitaru od 1.45m (slika 4 - D).



Slika 7. Grafik rezultata odnosa proporcija 2

4. ZAKLJUČAK

Na osnovu rezultata koji su dobijeni pomoću ankete, može se zaključiti da je postojeća veličina Jackson Warrior modela električne gitare dosta glomazna i neproporcionalna čoveku visine 1.60-1.80m. Za visinu čoveka od 1.60m ispitanici su kao najskladniju odabrali varijantu gitare ukupne dužine 1.30m, koja je za 10cm kraća od standardnog, postojećeg modela, dok je standardni model tek četvrti po redu skladnosti. Kod čoveka visine 1.80m ispitanici su odabrali gitaru ukupne dužine 1.35m kao najskladniju, koja je 5cm kraća od standardnog, postojećeg modela, dok je sledeća po skladnosti odabrana još manja gitara, dužine 1.30m, a tek na trećem mestu se nalazi standardni model. Prema ovom proračunu, može se pretpostaviti da standardna, sadašnja veličina Jackson Warrior modela odgovara tek ljudima visine od 1.85-2.0m pa na više.

Od ukupnog broja ispitanih gitarista, koji su nasumično odabrani, 48,72% je visine 1.60-1.80m, dok je 51,28% višlje od 1.80m. Prema ovome može se smatrati da postoji oko 50% ljudi visine 1.60-1.80m kojima bi smanjene varijante ove električne gitare više odgovarale. Što se tiče veličina i dimenzija potrebnih za redizajn, može se zaključiti da bi za ovaj model električne gitare idealna dužina redizajnirane gitare bila između 1.30 i 1.35m.

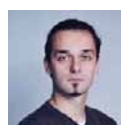
5. LITERATURA

- [1] <http://www.musiciansfriend.com/guitars/jackson>
- [2] <http://www.zzounds.com/item--JAC2900015>
- [3] http://www.ultimate-guitar.com/reviews/electric_guitars/jackson/wrmg_warrior/index.html

kratka biografija:



Milana Krklec rođena je u Novom Sadu 1986. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Grafičko inženjerstvo i dizajn - Industrijski dizajn odbranila je 2012.god.
email: milanna86@yahoo.com



MSc Gojko Vladić
email: vladicg@uns.ac.rs

U realizaciji Zbornika radova Fakulteta tehničkih nauka u toku 2011. godine učestvovali su sledeći recenzenti:

Aleksandar Erdeljan	Đorđe Obradović	Milan Narandžić	Radoš Radivojević
Aleksandar Kovačević	Đorđe Vukelić	Milan Simeunović	Radovan Štulić
Bato Kamberović	Đura Oros	Milan Trifković	Rastislav Šostakov
Biljana Njegovan	Đurđica Stojanović	Milan Trivunić	Sebastian Baloš
Bogdan Kuzmanović	Emil Šećerov	Milan Vidaković	Slavka Nikolić
Bogdan Sovilj	Erika Malešević	Milan Zeljković	Slavko Đurić
Bojan Lalić	Filip Kulić	Milenko Kljajić	Slobodan Krnjetin
Bojan Tepavčević	Goran Anđelić	Milenko Sekulić	Slobodan Milovančev
Boris Antić	Goran Sladić	Milica Miličić	Slobodan Morača
Boris Dumnić	Goran Stojanović	Milinko Vasić	Slobodan Navalusić
Boris Jakovljević	Goran Švenda	Milomir Veselinović	Slobodan Tabaković
Boško Ševo	Goran Vujić	Miloš Slankamenac	Sonja Ristić
Branislav Atlagić	Gordana Stojić	Miloš Živanov	Srboljub Simić
Branislav Borovac	Gordana Milosavljević	Milovan Lazarević	Srđan Kolaković
Branislav Marić	Gordana Ostojić	Miljana Prica	Stevan Stankovski
Branislav Nerandžić	Igor Budak	Miljko Satarić	Tanja Kočetov
Branislava Novaković	Igor Karlović	Miodrag Hadžistević	Tatjana Lončar
Branka Nakomčić	Ilija Bašičević	Mirjana Malešev	Todor Bačkalić
Branko Milosavljević	Ilija Kovačević	Mirjana Miloradov	Toša Ninkov
Branko Perišić	Ivan Beker	Mirjana Mišić	Uroš Nedeljković
Cvijan Krsmanović	Ivan Luković	Mirjana Radeka	Valentin Glavardanov
Čedomir Stefanović	Ivan Stanivuković	Mirjana Subotin	Valentina Basarić
Danijela Lalić	Ivan Župunski	Miro Govedarica	Velimir Čongradec
Darko Marčetić	Janko Hodolić	Miroslav Hajduković	Veljko Malbaša
Darko Reba	Jasmina Dražić	Miroslav Kljajić	Vera Lazić
Dejan Vukobratović	Jelena Atanacković	Miroslav Nimrihter	Veran Vasić
Dragan Jovanović	Jeličić	Miroslav Popović	Veselin Avdalović
Dragan Kukolj	Jelena Radonić	Mitar Jocanović	Veselin Perović
Dragan Mrkšić	Jelena Tričković	Mladen Kovačević	Vladan Radlovački
Dragan Popović	Jovan Petrović	Momčilo Kujačić	Vladeta Gajić
Dragan Šešlija	Jovan Tepić	Nađa Kurtović	Vladimir Katić
Dragana Bajić	Jovan Vladić	Nebojša Pjevalica	Vladimir Radenković
Dragana Konstantinović	Kalman Babković	Neda Pekarić Nađ	Vladimir Srdić
Dragana Šarac	Katarina Gerić	Nemanja Stanisavljević	Vladimir Todić
Dragoljub Novaković	Ksenija Hiel	Nikola Čelanović	Vladimir Vujičić
Dragutin Stanivuković	Laslo Nađ	Nikola Jorgovanović	Vlastimir Radonjanin
Dušan Kovačević	Leposava Grubić Nešić	Nikola Radaković	Vuk Bogdanović
Dušan Dobromirov	Livija Cvetičanin	Nikola Teslić	Zdravko Tešić
Dušan Gvozdenac	Ljiljana Vukajlov	Ognjen Lužanin	Zoran Anišić
Dušan Malbaški	Ljiljana Živanov	Pavel Kovač	Zoran Brujić
Dušan Sakulski	Ljubica Duđak	Pavle Gladović	Zoran Milojević
Dušan Uzelac	Maja Turk Sekulić	Petar Malešev	Zoran Mitrović
Duško Bekut	Marin Gostimirović	Predrag Šiđanin	Zoran Papić
Duško Đurić	Maša Bukurov	Radivoje Dinulović	Željken Trpovski
Đorđe Čosić	Matija Stipić	Rado Maksimović	Željko Jakšić
Đorđe Lađinović	Milan Martinov	Radoš Radenković	Željko Kanović

