



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА



ЗБОРНИК РАДОВА ФАКУЛТЕТА ТЕХНИЧКИХ НАУКА

Едиција: Техничке науке - зборници

Година: XXIX

Број: 8/2014

Нови Сад

Едиција: „Техничке науке – Зборници“
Година: XXIX Свеска: 8

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

Уређивачки одбор:

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

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

Редакција:

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

Проф. др Драгољуб Новаковић
Мр Мирослав Зарић
Бисерка Милетић

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

Техничка обрада: Графички центар ГРИД

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

Председник Савета: проф. др Радош Радивојевић

CIP-Каталогизација у публикацији
Библиотека Матице српске, Нови Сад

378.9(497.113)(082)
62

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

Двомесечно

ISSN 0350-428X

COBISS.SR-ID 58627591

ПРЕДГОВОР

Поштовани читаоци,

Пред вама је осма 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 25.08.2014. до 30.09.2014. год., а који се промовишу 12.10.2014. 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 8, објављени су радови из области:

- машинства,
- електротехнике и рачунарства,
- грађевинарства,
- саобраћаја,
- графичког инжењерства и дизајна,
- инжењерства заштите животне средине и
- мехатронике.

У свесци са редним бројем 9. објављени су радови из области:

- архитектуре,
- инжењерског менаџмента,
- 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. Dragan Kovačević, Milan Kostić,
OPTIMALNA SINTEZA MEHANIZMA ZA OBRTANJE ALATA MAŠINE ZA
TERMOFORMIRANJE 1563
2. Srđan Matušić, Maja Čavić,
PROJEKTOVANJE MEHANIZMA ZA OBRTANJE ALATA MAŠINE ZA TERMOFORMIRANJE ... 1567
3. Zdravko Stakić,
REVERZIBILNO INŽENJERSKO MODELOVANJE DENTALNE PROTEZE NA BAZI 3D
DIGITALIZACIJE ZGLOBNIM MERNIM RUKAMA 1571
4. Dejan Trbić,
ANALIZA UTICAJA PARAMETARA SVEŽE PARE PARNOG POSTROJENJA NA EFEKTE
NJEGOVOG KOMBINOVANJA SA SOLARNIM KOLEKTORIMA 1575
5. Danijel Đurica, Milenko Sekulić,
PRIMENA NAPREDNIH CAM SISTEMA U SAVREMENIM OBRADAMA REZANJEM 1579

Radovi iz oblasti: Elektrotehnika i računarstvo

1. Dijana Čalića,
PREDIKCIJA POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE U PRIMARNOJ PRERADI NAFTE
PRIMENOM TEORIJE VEKTORA PODRŠKE I RASPLINUTE LOGIKE 1584
2. Milivoje Bulajić,
PRIMENA CONTIKI OPERATIVNOG SISTEMA NA IRIS BEŽIČNIM SENZORSKIM
ČVOROVIMA 1588
3. Žolt Baka,
MERENJE KRATKOG SPOJA U KOLIMA SA H-MOSTOM 1592
4. Radenko Lulić,
ANALIZA GREŠAKA NOVE METODE ZA MERENJE VELIKIH OTPORNOSTI 1595
5. Nebojša Milanović,
IMPLANTABILNI KARDIOVERTER - DEFIBRILATOR 1599
6. Ana Lebanov,
INK-JET ŠTAMPANI TERMISTOR NA BAZI BATIO₃ 1603
7. Luka V. Strezoski,
TRETMAN POTROŠAČA U PRORAČUNIMA KRATKIH SPOJEVA DISTRIBUTIVNIH MREŽA ... 1607

8.	Miroslav Drobac, UVM-ML VERIFIKACIJA PRIJEMNOG DELA Wi-Fi™ 802.11n MAC JEZGRA SLEDEĆE GENERACIJE KORIŠĆENJEM SYSTEMC BAZIRANOG DIZAJN TOKA	1611
9.	Ivan Mokanj, UVM-ML VERIFIKACIJA PRIJEMNOG DELA Wi-Fi™ 802.11n MAC JEZGRA SLEDEĆE GENERACIJE KORIŠĆENJEM SYSTEMC BAZIRANOG DIZAJN TOKA.....	1615
10.	Vladimir Popović, Darko Marčetić, Đura Oros, EVALUACIJA OSNOVNE VERZIJE LUENBERGER OPSERVERA ZA VEKTORSKI UPRAVLJAN POGON ASINHRONE MAŠINE BEZ DAVAČA NA VRATILU	1619
11.	Ненад Петровић, Јосиф Томић, УДАЉЕНО МЕРЕЊЕ ТЕМПЕРАТУРЕ ПРЕКО ИНТЕРНЕТА	1623
12.	Marko Luković, POREĐENJE I TESTIRANJE PRILAGODLJIVIH UPRAVLJAČKIH ALGORITAMA U PROGRAMSKOM OKRUŽENJU LABVIEW	1627
13.	Nemanja Isakov, REALIZACIJA KOMUNIKACIONOG PROTOKOLA IEC 60870-5-104 ZA AKVIZICIONO UPRAVLJAČKI SISTEM DSCADA	1631
14.	Stefan Stanivuk, Nenad Četić, Jelena Kovačević, TWITTER CONTROLLED REAL TIME AUDIO SYNTHESIZER BASED ON XMOS PLATFORM; konferencija TELFOR, Beograd, novembar 2013.	1635
15.	Biljana Stefanović, MOBILNE MREŽE I ŠIROKOPOJASNI PRISTUP	1639
16.	Peđa Carević, JEDNO REŠENJE PROBLEMA DINAMIČKE IP ADRESE KOD SERVERSKIH APLIKACIJA SMARTHOME SISTEMA	1643
17.	Bojan Kesić, PRIMENA GUGL KML TEHNOLOGIJE ZA TRODIMENZIONALNU VIZUALIZACIJU MREŽA	1647
18.	Petar Pajović, REALIZACIJA SCADA SIMULATORA ELEKTROENERGETSKOG SISTEMA SA MODBUS KOMUNIKACIONIM PROTOKOLOM	1651
19.	Dragan Vuković, PRISTUPI PROŠIRIVOSTI APLIKACIJA NA .NET PLATFORMI	1655
20.	Alen Suljkanović, IMPLEMENTACIJA CODE BLOCK KOMPONENTE KORIŠĆENJEM ARPEGGIO PARSERA	1659
21.	Danijel Fat, IMPLEMENTACIJA DOMMLITE JEZIKA I VIZUELIZATORA UPOTREBOM ARPEGGIO PARSER INTERPRETETA	1663
22.	Dušan Marić, DSL ZA SPECIFIKACIJU I IMPLEMENTACIJU WEB APLIKACIJA NA BAZI ARPEGGIO PARSERA	1667
23.	Boris Popratnjak, Željko Trpovski, KOMUNIKACIJA U REALNOM VREMENU NA INTERNETU	1671
24.	Синиша Ђурић, ПРЕГЛЕД ПРИМЕНЕ СИНХРОНИХ МАШИНА СА СТАЛНИМ МАГНЕТИМА У ЕЛЕКТРИЧНИМ И ХИБРИДНИМ АУТОМОБИЛИМА	1675
25.	Oskar Marko, PREPOZNAVANJE GESTOVA U REALNOM VREMENU NA BAZI SEGMENTACIJE PO BOJI I POKRETU	1679
26.	Mile Kovačević, IMPLEMENTACIJA I POREĐENJE LINEARNIH REGULATORA I REGULATORA SA KLIZNIM REŽIMIMA	1683
27.	Veljko Mihailović, Saša Mirković, Milan Z. Bjelica, Dejan Stefanović, Danijel Spasojević CLOUD-BASED PERSONALIZATION FRAMEWORK FOR END-USER SET-TOP BOX APPLICATIONS; konferencija TELFOR, Beograd, novembar 2013.	1687

Radovi iz oblasti: Građevinarstvo

1. Goran Džever,
PROJEKAT VIŠESPRATNE ARMIRANOBETONSKE ZGRADE PREMA DOMAĆIM
PROPISIMA I EVROKODU 1690
2. Branka Popović,
ANALIZA UTICAJA PROMENE RASPOREDA AB ZIDOVA NA SEIZMIČKU OTPORNOST
ZGRADE 1694
3. Igor Kolaković, Matija Stipić,
HIDROTEHNIČKI ASPEKT IZBORA OPTIMALNOG REŠENJA AUTOPUTA BEOGRAD-JUŽNI
JADRAN NA DEONICI KOD BEOGRADA 1698

Radovi iz oblasti: Saobraćaj

1. Dragana Spasojević,
ODRŽIVOST POŠTANSKOG SAOBRAĆAJA NA PODRUČJU OPŠTINE TITEL 1702
2. Dejan Srećković,
WI-MAX TEHNOLOGIJA 1706
3. Nemanja Garunović, Vuk Bogdanović, Nenad Ruškić, Biljana Ivnović,
ANALIZA RASTOJANJA SLEĐENJA VOZILA PRILIKOM PRETICANJA U REALNOM
SAOBRAĆAJNOM TOKU; V međunarodno savetovanje: Travnik-Vlašić, maj 2014. god. 1710
4. Ivan Radulović,
UNAPREĐENJE BEZBEDNOSTI SAOBRAĆAJNOG OKRUŽENJA DECE NA RASKRSNICAMA
SA POSEBNIM OSVRTOM NA ISKUSTVA ŠVEDSKE 1717
5. Ђорђе Грлић,
СТАВОВИ ЈАВНОСТИ О ПРИМЕНИ АУТОМАТСКИХ СИСТЕМА ЗА ПРАЋЕЊЕ
ПОНАШАЊА УЧЕСНИКА У САОБРАЋАЈУ 1721
6. Vladimir Knežević,
LOGISTIČKI PROVAJDERI U UPRAVLJANJU OTPADOM 1725

Radovi iz oblasti: Grafičko inženjerstvo i dizajn

1. Igor Bačkalić, Jelena Kiurski,
EFIKASNOST ADSORBENASA ZA UKLANJANJE JONA METALA IZ RAZVIJAČA ZA OFSET
ŠTAMPARSKJE FORME 1729
2. Ненад Јованов, Живко Павловић,
АНАЛИЗА ЛИНИЈСКИХ ЕЛЕМЕНАТА И ТОНСКИХ ВРЕДНОСТИ НА ДИГИТАЛНИМ
ФЛЕКСО ШТАМПАРСКИМ ФОРМАМА 1733
3. Bojan Jurišić, Dragoljub Novaković, Nemanja Kašiković ,
ISPITIVANJE ČITLJIVOSTI QR KODOVA ODŠTAMPANIH NA TEKSTILNIM MATERIJALIMA
INK JET TEHNIKOM ŠTAMPE 1737
4. Dragan Obradović, Nemanja Kašiković, Rastko Milošević,
UTICAJ PROCESA PRANJA NA KVALITET OTISAKA NA TEKSTILNIM MATERIJALIMA
ŠTAMPANIM TEHNIKOM SITO ŠTAMPE 1741

Radovi iz oblasti: Inženjerstvo životne sredine

1. Zoran Miljanović, Slobodan Krnjetin,
ZAŠTITA ŽIVOTNE SREDINE U PROSTORNOM PLANIRANJU NEKIH EVROPSKIH
GRADOVA 1745
2. Jelena Miladinović,
MOGUĆNOSTI MODELOVANJA EVAKUACIJE LJUDI U POŽARU – PRIMER OBJEKTA GAS
U RUMI 1749
3. Snežana Nikitović,
UPOTREBA GIS-a U ANALIZI RIZIKA I ODREĐIVANJU NAJPOVOLJNIJE RUTE
TRANSPORTA TNG-a KROZ NASELJENO MESTO 1753
4. Jelena Rajčetić, Đorđe Đatkov,
ISTRAŽIVANJE UTICAJA NA ŽIVOTNU SREDINU PROIZVODNJE KUKURUZOVINE KAO
SUPSTRATA ZA DOBIJANJE BIOGASA 1757
5. Aleksandra Vlasisavljević, Dragana Štrbac,
RADIOAKTIVNI EFLUENTI IZ NUKLEARNIH POSTROJENJA 1761
6. Emeše Barna,
MOGUĆNOSTI KOMPOSTIRANJA ORGANSKOG KOMUNALNOG OTPADA 1765
7. Srđana Kolaković, Goran Vujić,
STRATEGIJA SAKUPLJANJA I TRETMANA UPOTREBLJENIH VODA NA PRIMERU PET
OPŠTINA U SRBIJI 1769

Radovi iz oblasti: Mehatronika

1. Goran Knežević,
PRIMJENA RFID TEHNOLOGIJE U BEZBJEDNOSTI I ZAŠTITI NA RADU 1773
2. Jovan Simeunović,
RAZVOJ PLK I SCADA APLIKACIJE ZA UPRAVLJANJE POSTROJENJEM ZA BLENDING ULJA... 1777
3. Vule Reljić, Dragan Šešlija, Jovan Šulc,
RAZVOJ DALJINSKI UPRAVLJANE PNEUMATSKE OPRUGE 1781
4. Goran Rađenović,
PROJEKTOVANJE PROTIVPOŽARNOG ALARMNOG SISTEMA 1785

OPTIMALNA SINTEZA MEHANIZMA ZA OBRTANJE ALATA MAŠINE ZA TERMOFORMIRANJE

OPTIMAL SYNTHESIS OF THERMOFORMING MACHINE TOOL ROTARY MECHANISM

Dragan Kovačević, Milan Kostić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – MAŠINSTVO

Kratak sadržaj – Analiza i dinamička optimizacija mehanizma sa dva stepena slobode kretanja u okviru mašine za termoformiranje sa obrtnim alatnim stolom.

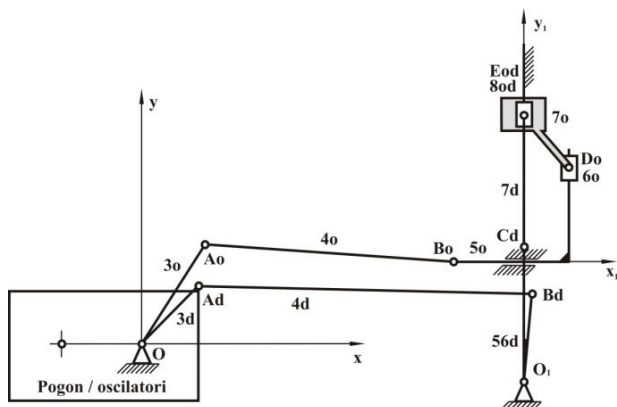
Abstract – Analysis and dynamical optimization of two degrees of freedom mechanism as a part of thermoforming machine with rotary tool table.

Ključne reči: Mašina za termoformiranje, mehanizam za obrtanje alata, optimizacija.

Keywords: Thermorforming machine, tool rotation mechanism, optimization.

1. UVOD

Mašina za termoformiranje [1] služi za izradu proizvoda široke potrošnje od termoplastične folije. Proces termoformiranja obuhvata zagrevanje folije, od koje se primenom alata oblikuje proizvod, zatim se iseca iz ostatka folije i vadi iz alata. Predviđeno je obavljanje 30 radnih ciklusa u jednoj minuti. Za primenu je odabrana mašina sa kombinovanim kretanjem alata: pravolinijskim i obrtnim [Slika 1].



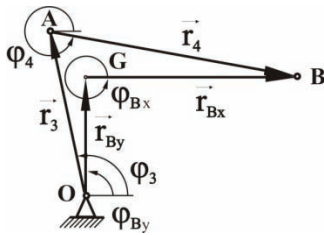
- 1) horizontalno linijsko u tački B (translatorno član 5) od pogonskog oscilatora
- 2) vertikalno linijsko u tački E (translatorno član 8) od mehanizma za dizanje.

Izloženost mehanizma za obrtanje velikom inercijalnom momentu nameće potrebu velikog pogonskog momenta koji je poželjno smanjiti optimizacijom. Postupak optimizacije, uz poštovanje ograničenja i analiza dobijenih rezultata tema su ovog rada.

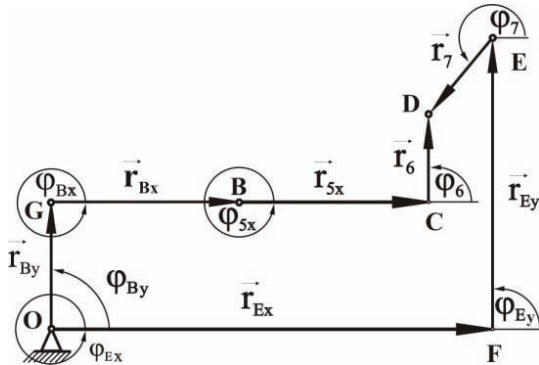
2. ANALIZA MEHANIZMA ZA OBRRTANJE

Na osnovu teorije kinematičke i dinamičke analize [5] formiran je matematički model mehanizma za obrtanje alata, radi određivanja ciljne funkcije i ograničenja. Mehanizam je kinematički analiziran metodom kompleksnog broja koristeći prikazane vektorske konture. Na osnovu poznatog ugaonog položaja izlaznog člana i dimenzija optimizacionih parametara prvo se određuje početni položaj ulaznog člana φ_{3OG} .

Zatim su kinematički parametri ulaznog kretanja $s, \dot{\varphi}_3, \ddot{\varphi}_3$ određeni sVaj analizom iz [6], pri $\varphi_3 = \varphi_{3OG} + s$, čime je ulazno kretanje u potpunosti određeno.



Slika 3: Vektorska kontura OABGO



Slika 4: Vektorska kontura OGBCDEFO

Dalje se pristupa određivanju kinematičkih parametara odgovarajućim redosledom, [Slika 3] i [Slika 4]:

$$r_{Bx}, \dot{r}_{Bx}, \ddot{r}_{Bx}, \varphi_4, \dot{\varphi}_4, \ddot{\varphi}_4, r_6, \varphi_7, \dot{\varphi}_7, \ddot{\varphi}_7$$

Dinamička analiza povezuje inercijalna i gravitaciona opterećenja članova mehanizma sa potrebnim ulaznim obrtnim momentom, preko kinetostatičkih pritisaka među članovima. Mase svih članova, osim mase alata, su zanemarene.

Konkretno, analizom delovanja kinetostatičkih pritisaka mehanizma za obrtanje dobijen je izraz za potreban ulazni moment na članu 3. Jedino radno opterećenje mehanizma za obrtanje je $M_7^{IN} = -J_7 \cdot \varepsilon_7$.

Sile koje deluju u E_{od} (osi obrtanja): F_7^{IN}, G_7, F_p (pogonska sila) su radno opterećenje mehanizma za dizanje alata. Tada je:

$$M_{3ul} = M_7^{IN} \cdot \frac{(r_{3y} - r_{3x}) \cdot \tan \varphi_4}{r_7 \cdot \sin \varphi_D} \quad (2.1)$$

Pogonski obrtni moment na bregastoj ploči 2 oscilatora mehanizma za obrtanje je izražen preko jednakosti ulazne i izlazne snage $P_2 = P_3$ u oscilatoru kao:

$$M_{2pog} = M_{3ul} \cdot \frac{\omega_{3ul}}{\omega_{2pog}} \quad (2.2)$$

3. OPTIMIZACIONI MODEL MEHANIZMA

Cilj optimizacije [7] jeste postizanje najboljih dinamičkih karakteristika mehanizma pri ostvarivanju potrebnog izlaznog kretanja. Iz tog razloga mehanizam za obrtanje alata se optimizuje po kriterijumu minimizacije maksimalnog intenziteta potrebnog pogonskog obrtnog momenta. Standardizovani oscilator je kompletno usvojen [8]: sa definisanim dimenzijama i zakonom izlaznog kretanja. To znači da se optimalnim rešenjem ostvaruje dimenziona sinteza složenog polužnog mehanizma za obrtanje. Analizirani su njegovi konstrukcioni parametri, i usvojeno je:

- 1) optimizacioni parametri su karakteristične dimenzije članova $3_o, 4_o, 7_o: r_3, r_4, r_7$, ekscentricitet klipnog mehanizma: r_{By} i horizontalna dimenzija člana 5: r_{5x} .
- 2) neoptimizacioni parametri su intervali kretanja ulaznog člana $\Delta\varphi_3$ i izlaznog člana $\Delta\varphi_7$, horizontalno rastojanje izlazne ose oscilatora i vertikalne klizne vođice r_{Ex} i početni ugao vertikalno postavljenog člana 7: $\varphi_{7OG} = 310^\circ$

Procedura optimizacije izvršena je za 3. fazu radnog ciklusa [slika 2] kada se alat spušta i obrće iz vertikalne u zakošenu poziciju. Korišćen je optimizacioni program Optimization Toolbox iz paketa Matlab.

Vrednost ciljne funkcije zavisi od: vrednosti optimizacionih parametara i položaja mehanizma, promenljivog tokom vremena, što znači da je rešenje optimizacionog problema zavisno od vremena. Pošto nije poznat tačan trenutak delovanja maksimalnog opterećenja, ciljnoj funkciji se za jedan set optimizacionih parametara x_0 moraju odrediti vrednosti za svaki položaj, tokom kompletnog pokreta. Tako se određivanje ciljne funkcije odvija u dve faze:

- Izračunavanje pogonskog obrtnog momenta M_{2pog} za 57 položaja i pronalaženje karakteristične vrednosti $\max |M_{2pog}|$;
- Minimizovanje dobijene vrednosti $\max |M_{2pog}|$

Ciljna funkcija je

$$f = \max |M_{2pog}| \quad (3.1)$$

Pri izračunavanju optimalne vrednosti ciljne funkcije, primenom donjih lb i gornjih ub graničnih vrednosti optimizacionih parametara:

Tabela 1: Početne granične vrednosti lb i ub

r_3 [mm]	100	400
r_4 [mm]	500	800
r_7 [mm]	150	200
r_{5x} [mm]	100	300
r_{By} [mm]	100	300

kao i nejednačina u okviru podprograma ograničenja, omogućuje se da mehanizam postiže:

- funkcionalnost (da ostvari potrebno kretanje): izlazno $\Delta\varphi_7=80^\circ$ za ulazno $\Delta\varphi_3=45^\circ$ pri $\varphi_{4(1)} \leq \varphi_{3(1)}$ i $\varphi_{3(1)} \leq (180^\circ - \Delta\varphi_3)$;

- sklopivost (sastavljivost u svim položajima, tj. u krajnjim položajima zglobova O, E, B i A):

$$r_{Ex} + r_{7x(1)} - r_{5x} \leq r_{Bx}$$

$$r_{3x(57)} + r_{4x(57)} + r_{5x} - r_{Ex} \leq r_{7x(57)}$$

$$r_{By} \leq r_3 + r_4$$

$$r_3 \leq r_4 + r_{By} \quad (3.2)$$

- efikasnost (da kretanje obavi lako):

$$\mu_{\max} \leq 45^\circ, \text{ odnosno } \varphi_4 \geq 315^\circ \text{ i } \varphi_4 \leq 45^\circ.$$

4. REZULTATI OPTIMIZACIJE I POSTOPTIMIZACIJE

Procedura optimizacije je izvršena za više setova početnih vrednosti optimizacionih parametara, i dobijeno je optimalno rešenje (Slika 5) za 1. varijantu, koje je komparativna osnova za rezultate postoptimizacije.

Postoptimizacija, po uzoru [9], obuhvata promene radi sticanja uvida u stepen promene dinamike mehanizma:

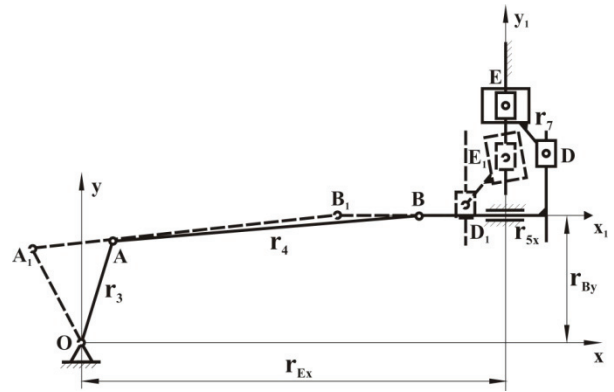
1) neoptimizacionih parametara:

- intervala $\Delta\varphi_3$ (2. i 3. varijanta);
- intervala $\Delta\varphi_7$ (4. i 5. varijanta);
- rastojanja r_{Ex} (6. i 7. varijanta).

2) gornje granične vrednosti $r_{By} = 400$ mm (8.var.);

Tabela 2: Rešenja optimizacije za $\Delta\varphi_3=45^\circ, \Delta\varphi_7=80^\circ$, $r_{Ex}=1000$ mm i početne lb i ub

r_3 [mm]	250,8
r_4 [mm]	725,4
r_7 [mm]	150
r_{5x} [mm]	299,9
r_{By} [mm]	300
$\varphi_{3(1)}$ [°]	72,9
$\mu_{B\max}$ [°]	6,3
$f = \max M_{2\text{pog}} $ [Nm]	2233,8

Slika 5: Optimizovani mehanizam prikazan u razmeri $\Delta\varphi_3=45^\circ, \Delta\varphi_7=80^\circ$, $r_{Ex}=1000$ mm i početne lb i ub,Tabela 3: Varijante i rezultati $f = |M_{2\text{maksimalni}}|$ dobijeni optimizacijom i postoptimizacijom.

Varijante ($\Delta\varphi_3/\Delta\varphi_7/r_{Ex}/lb,ub$)	Parametar $f \equiv M_{2\text{maksimalni}} $ [Nm]
1. ($45^\circ/80^\circ/1000/\text{poč.}$)	2233,8
2. ($40^\circ/80^\circ/1000/\text{poč.}$)	2195,3
3. ($50^\circ/80^\circ/1000/\text{poč.}$)	2282,8
4. ($45^\circ/75^\circ/1000/\text{poč.}$)	2060,3
5. ($45^\circ/85^\circ/1000/\text{poč.}$)	2391,1
6. ($45^\circ/80^\circ/900/\text{poč.}$)	2225,4
7. ($45^\circ/80^\circ/1100/\text{poč.}$)	2257,8
8. ($45^\circ/80^\circ/1000/\text{prom.}$)	2202,0

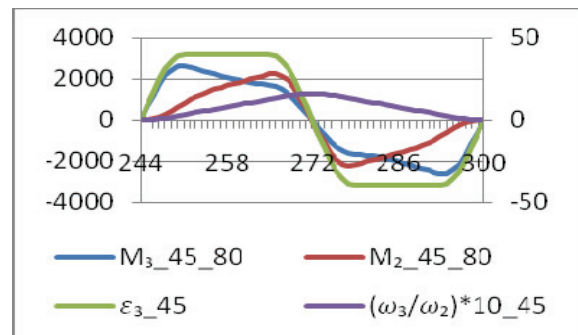
Optimizacijom i postoptimizacijom dobijena su optimalna rešenja, gde su vrednosti optimizacionih parametara: r_3

od 250,4 mm do 317,5 mm; r_4 od 713,4 mm do ub; r_7 od lb do 189 mm; r_{5x} od 292,3 mm do ub; r_{By} od 296,7 mm do ub.

Analizom glavnih parametara mehanizma tokom celog intervala (slika 6) zaključuje se da:

1) ubrzanje ulaznog člana (ε_3) ima simetričan trapezoidni oblik;

2) prenosna funkcija poluznog mehanizma utiče na ulazni M_{3ul} tako da mu daje najveće intenzitete u položajima $\varphi_2=251^\circ$ i $\varphi_2=293^\circ$;



Slika 6: Najvažniji parametri mehanizma za ceo pokret

3) odnos ugaonih brzina poluge oscilatora i bregaste ploče ω_3/ω_2 najintenzivnije transformiše odnos M_{2pog} (2.2) i M_{3ul} (2.1) oko polovine faze obrtanja povećavajući tada najviše intenzitet pogonskog M_{2pog} u odnosu na ulazni M_{3ul} .

Maksimalne vrednosti ugla pritiska μ_{Bmax} nisu prelazile 14° .

Promene $\Delta\varphi_3$ ne menjaju značajno intenzitete M_{2pog} , pa je opravdana primena standardizovanog oscilatora.

Promene $\Delta\varphi_7$ najviše menjaju M_{2pog} , uzevši u obzir sve ispitane varijante promena vrednosti parametara.

5. ZAKLJUČAK

Formiran je matematički model i izvršena je optimizacija mehanizma za obrtanje alata mašine za termoformiranje, u cilju smanjenja maksimalne vrednosti pogonskog obrtnog momenta.

Postupkom optimizacije došlo se do rezultata koji su postoptimizaciono dodatno poboljšani: smanjenjem $\Delta\varphi_7$ poboljšavaju se dinamičke performanse, ukoliko je i tada moguće vađenje gotovih proizvoda.

Detaljnim opisom i prikazom postupka modeliranja i optimizovanja postavljena je adekvatna osnova za razumevanje pristupa ovom problemu i omogućen je kompletan uvid u način njegovog rešavanja.

Detaljan prikaz programiranja u Matlabu i dobijeni rezultati omogućuju praćenje načina dobijanja optimalnog rešenja.

Prikazani postupci mogu poslužiti kao osnova za optimizaciju

6. LITERATURA

[1] Nosilac projekta: Prof.dr Miodrag Zlokolica, učesnici: Fakultet tehničkih nauka - Novi Sad, VECOM – Bezdan, „Inovacioni projekat tehnološkog razvoja broj 2029 a MAŠINA ZA TERMOFORMIRANJE SA OBRTNIM STOLOM “

[2] Milan Kostić (2013) „Optimalni dizajn mehaničkog sistema nastalog kombinovanjem mehanizama“ (Doktorska disertacija), Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu

[3] M. Kostić, M. Čavić, M. Zlokolica, Č. Veselinović: „Characteristics of mechanism synthesis procedures in design”, *PSU-UNS International Conference on Engineering and Environment - ICEE-2007*, Phuket, Thailand, 10-11 May, 2007, ICEE 2007204, Proc. pp 627-630, (CD Rom)

[4] Milan D. Kostić, Miodrag Ž. Zlokolica, Maja V. Čavić, „Certain applications of 2 DOF lever mechanisms”, *9th International Research/Expert Conference” Trends in the Development of Machinery and Associated Technology” TMT 2005*, Antalya, Turkey, 26-30 September, 2005 Proc. pp 965-968, ISBN 9958-617-28-5

[5] Miodrag Zlokolica, Maja Čavić, Milan Kostić, „Mehanika mašina ”/drugo izdanje/ Novi Sad, 2005.

[6] Norton L.R., „Cam design and manufacturing handbook“, *Industrial Press*, New York, 2002, ISBN 0-8311-3122-5

[7] Milan Kostić, Maja Čavić, Miodrag Zlokolica, Dragan Kovačević, Srđan Matušić University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Novi Sad, Serbia „OPTIMIZATION OF TWO DEGREES OF FREEDOM COMPLEX MECHANISM” The PSU-UNS International Conference on Engineering and Technology (ICET-2013), Novi Sad, Serbia, May 15-17, 2013 University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences

[8] Colombo Filippetti Spa, „Technical informations”, Casirate d adda, Italy

[9] Milan Kostić, Maja Čavić, Miodrag Zlokolica, “About optimal synthesis of complex planar mechanism”, *12th IFToMM World Congress*, Besancon (France), June18-21,2007

Kratka biografija:



Dragan Kovačević rođen je u Bačkoj Topoli 1979. god. Diplomski – master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mašinstvo – Prenos snage i kretanja odbranio je 2014. god.

PROJEKTOVANJE MEHANIZMA ZA OBRTANJE ALATA MAŠINE ZA TERMOFORMIRANJE

DESIGN OF THE TOOL ROTATING MECHANISM FOR THE THERMOFORMING MACHINE

Srđan Matušić, Maja Čavić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – MAŠINSTVO

Kratak sadržaj – U radu je prikazano projektovanje mehanizma za obrtanje alata mašine za termoformiranje. Prvo je izvršena sinteza a potom i kinematička i dinamička analiza mehanizma. Analizirane su 4 varijante delovanja inercijalnih opterećenja. Određeni su pogonski obrtni moment i obrtni momenti na ulaznom i izlaznom članu mehanizma kako bi se objasnilo dinamičko ponašanje mehanizma.

Abstract – A design of the tool rotating mechanism for the thermoforming machine is presented in this paper. Mechanism synthesis and kinematic and dynamic analysis of mechanisms were performed. Four cases of inertial loads were analyzed. Drive torque and torques at the input and output section of mechanism were evaluated, in order to explain the dynamic behavior of the mechanism.

Ključne reči: Mašina za termoformiranje, mehanizam za obrtanje alata, sinteza, analiza.

Keywords: Thermforming machine, tool rotation mechanism, synthesis, analysis.

1. UVOD

Mašina za termoformiranje služi za izradu ambalaže od sintetičkih termoplastičnih folija, npr. polietilenske - PE ili polipropilenske - PP, koja se koristi za pakovanje proizvoda prehrambene i farmaceutske industrije.

Karakteristika termoplastičnih folija jeste da se lako oblikuju u zagrejanom stanju i da hlađenjem zadržavaju oblik. Oblikovanje ambalaže vrši se delovanjem podpritiska i / ili nadpritiska.

1.1 Sinteza mehanizama za pokretanje alata

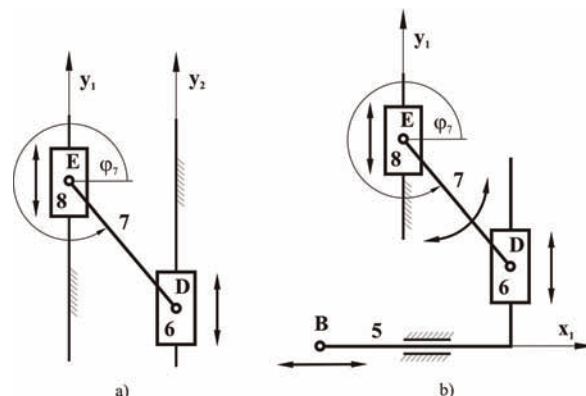
Analizom izvedenih rešenja mehanizama u radu [1] utvrđeno je da nijedno od rešenja ne deluje adekvatno i pogodno za direktnu primenu.

Principijelno je usvojeno rešenje u kojem će radni modul mašine za termoformiranje imati zaseban polužni mehanizam koji će vršiti dizanje alata, zaseban polužni mehanizam će obrtati alat.

Pogon će i jednom i drugom mehanizmu davati bregasti mehanizam, pri čemu su bregaste ploče postavljene na isto vratilo čime se obezbeđuje sinhronizacija kretanja. Problem kompenzacije kretanja će biti rešen primenom mehanizma sa dva stepena slobode kretanja.

Sintezom zasnovanom na modifikovanju mehanizma sa jednim stepenom slobode kretanja, koja je prikazana u radu [2], dobijeno je adekvatno rešenje.

Da bi član 7 (slika 1a), pored translatorsnog (vertikalnog), imao i obrtno kretanje (ostvarivanje drugog stepena slobode) potrebno je omogućiti promenu horizontalnog rastojanja između vođica y_1 i y_2 dodavanjem člana 5 (slika 1b) koji ima mogućnost horizontalnog translatorsnog kretanja. S obzirom da je ulazno obrtno oscilatorno kretanje potrebno transformisati u translatorsno, članu 5 se pridružuje eks-centrični klipni mehanizam (slika 2).

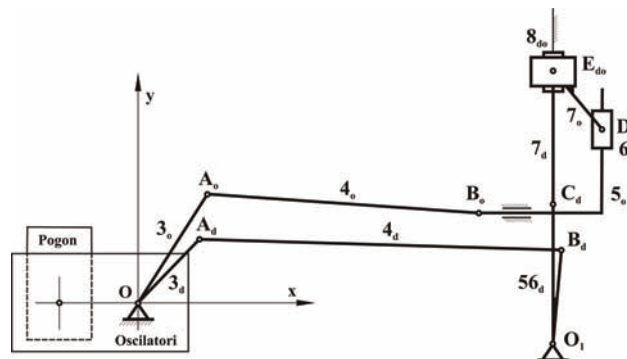


Slika 1. Sinteza mehanizma sa dva stepena slobode

1.2 Radni modul

Radni modul mašine za termoformiranje je prikazan na slici 2 i sastoji se od:

- 1) zajedničkog pogonskog dela
- 2) kompletnog mehaničkog sistema



Slika 2. Radni modul mašine za termoformiranje

Kompletni mehanički sistem čine:

- 1) složeni mehanizam za dizanje / spuštanje alata:
 - bregasti mehanizam
 - polužni mehanizam (zglobni četvorougao i klipni mehanizam)

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je dr Maja Čavić, docent.

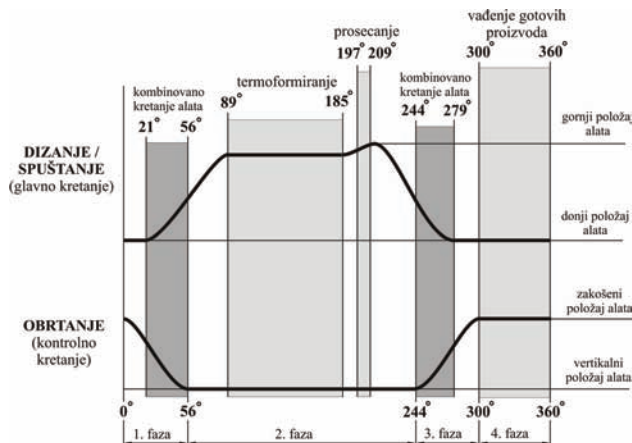
- 2) složeni mehanizam za obrtanje alata:
 - bregasti mehanizam
 - polužni mehanizam (ekscentrični klipni mehanizam i mehanizam sa dva stepena slobode)

Dimenzije polužnog mehanizma su usvojene iz [3].
 Primenjen je (po jedan za svaki polužni mehanizam) standardizovani bregasti mehanizam - oscilator sa konjugovanim bregom specijalizovanog proizvođača [4]. Bregasti mehanizam kontroliše kretanje ulaznog člana polužnog mehanizma po unapred zadatom zakonu i obezbeđuje željeno (potrebno) kretanje. Oblik radnog ciklusa oscilatora mehanizma za obrtanje alata je RDRD (dizanje - mirovanje - spuštanje - mirovanje).

1.3 Radni ciklus alata

Klizni nosač alata 8 (glavni ulaz) diže ili spušta alat. Preko člana 3 (kontrolni ulaz) se vrši obrtanje alata. Alat ostvaruje kretanje koje mu daje trenutno aktivan ulaz. Pri istovremenom angažovanju glavnog i kontrolnog ulaza, alat se kreće kombinovano (slika 3). Na taj način se postiže ušteda ukupnog vremena trajanja radnog ciklusa. U gornjem položaju alat se nalazi u vertikalnoj poziciji kako bi se izvršilo termoformiranje i isecanje gotovih proizvoda od ostatka termoplastične folije. Nakon toga se alat spušta u donji položaj gde zauzima zakošenu poziciju kako bi se iz alata izvadili gotovi proizvodi.

Zahtevana produktivnost mašine za termoformiranje je trideset radnih ciklusa u minuti. Trajanje perioda jednog celog radnog ciklusa mašine je dve sekunde. Protok vremena tokom radnog ciklusa alata, umesto u delovima sekunde, prati se preko stepena radnog ciklusa.



Slika 3. Radni ciklus alata

Na slici 3 je prikazano:

- glavno kretanje: dizanje / spuštanje alata
- kontrolno kretanje: obrtanje alata

Analiza mehanizma za obrtanje alata je izvršena za 1. i 3. fazu radnog ciklusa (alat se obrće). U 2. i 4. fazi radnog ciklusa mehanizam za obrtanje miruje.

2. ANALIZA MEHANIZMA ZA OBRTRANJE ALATA

2.1 Kinematička analiza

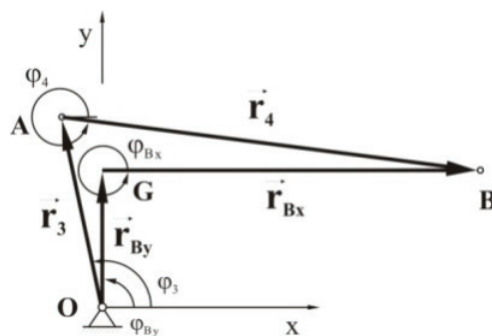
Kinematička analiza mehanizma za obrtanje alata obavlja se analizom zatvorenih vektorskih kontura metodom kompleksnog broja. Da bi se odredili svi potrebni kinematički parametri, neophodno je formirati dve vektorske konture:

- 1) kontura OABGO (slika 4)
- 2) kontura OGBCDEFO (slika 5)

Kinematički parametri članova polužnog mehanizma za obrtanje alata zavise od parametara oba ulaza:

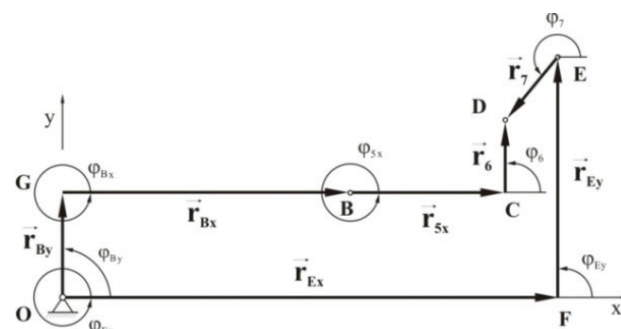
- $\varphi_3, \dot{\varphi}_3$ i $\ddot{\varphi}_3$ (određeni su SVAJ analizom)
- $r_{Ey}, \dot{r}_{Ey}$ i $\ddot{r}_{Ey}$ (usvojeni su iz [3]).

Iz vektorske konture OABGO se određuju kinematički parametri: $r_{Bx}, \dot{r}_{Bx}, \ddot{r}_{Bx}, \varphi_4, \dot{\varphi}_4$ i $\ddot{\varphi}_4$.



Slika 4. Vektorska kontura OABGO

Iz vektorske konture OGBCDEFO se određuju kinematički parametri: $r_6, \dot{r}_6, \ddot{r}_6, \varphi_7, \dot{\varphi}_7$ i $\ddot{\varphi}_7$.



Slika 5. Vektorska kontura OGBCDEFO

Na osnovu poznatih kinematičkih parametara određuju se položaji, brzine i ubrzanja karakterističnih tačaka mehanizma.

2.2 Dinamička analiza

Dinamička analiza mehanizma za obrtanje alata obuhvata određivanje svih inercijalnih sila, inercijalnih momenata i kinetostatičkih pritisaka. Analizom kinetostatičkih pritisaka je određen ulazni obrtni moment M_3 .

Pogonski obrtni moment M_2 na ulazu složenog mehanizma za obrtanje alata je određen na osnovu bilansa snage $P_2 = P_3$:

$$M_2 = \frac{M_3 \cdot \omega_3}{\omega_2} \quad (1)$$

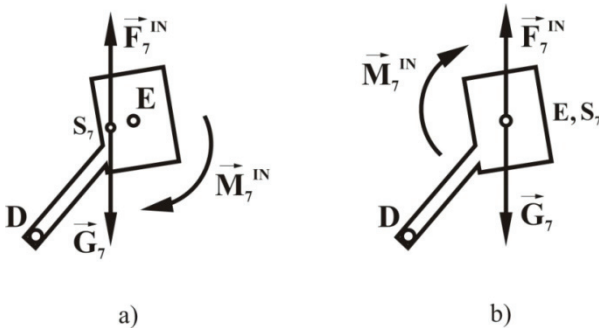
Inercijalna opterećenja mehanizma za obrtanje alata potiču od mase alata m_7 i momenta inercije alata J_7 . Član 5 ima relativno velike dimenzije i masu u odnosu na ostale članove mehanizma, pa se u okviru dinamičke analize proverava uticaj mase m_5 . Momenti inercije i mase ostalih članova mehanizma su zanemarene. U tabeli 1 je dat pregled ulaznih podataka za sve četiri varijante dinamičke analize.

Tabela1. Ulazni parametri za varijante dinamičke analize

	$\overline{ES}_7$	m_5	m_7	J_7
I	0	0	550	17
II	30	0	550	17
III	0	50	550	17
IV	30	50	550	17
	[mm]	[kg]		[kgm ²]

Razlikuju se, na osnovu položaja centra mase alata S_7 u odnosu na tačku E, dva slučaja:

- 1) $\overline{ES}_7 \neq 0$, sile deluju na kraku $\overline{ES}_{7x}$ - varijante II i IV (slika 6a)
- 2) $\overline{ES}_7 = 0$, tačka S_7 se poklapa sa tačkom E - varijante I i III (slika 6b)



Slika 6. Položaj centra mase S_7 u odnosu na tačku E

U tabeli 2 su detaljno prikazana opterećenja članova mehanizma za obrtanje alata po varijantama I, II, III i IV.

Tabela 2. Opterećenja na mehanizmu po varijantama

I	II	III	IV
-	-	F_5^{IN}	F_5^{IN}
F_7^{IN}	F_7^{IN}	F_7^{IN}	F_7^{IN}
-	-	G_5	G_5
G_7	G_7	G_7	G_7
M_7^{IN}	M_7^{IN}	M_7^{IN}	M_7^{IN}

Ukupno opterećenje alata M_{7opt} je:

- za varijante I i III

$$M_{7opt} = M_7^{IN} \quad (2)$$

- za varijante II i IV

$$M_{7opt} = M_7^{IN} + \overline{ES}_{7x} \cdot (F_7^{IN} + G_7) \quad (3)$$

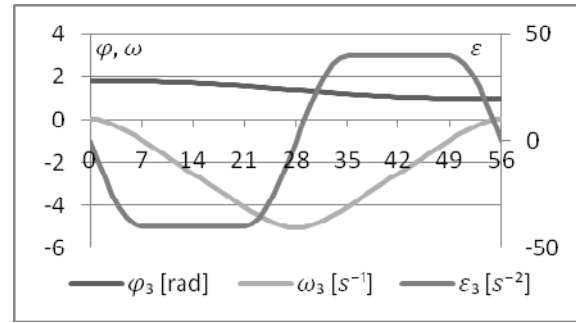
Potreban obrtni moment M_7 na alatu je:

$$M_7 = -M_{7opt} \quad (4)$$

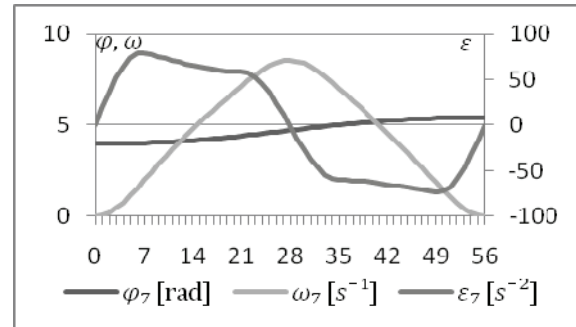
3. REZULTATI

3.1 Kinematički parametri

Slike 7 i 8 prikazuju promene kinematičkih parametara ulaznog i izlaznog člana mehanizma za obrtanje alata. Dijagrami se odnose na 1. fazu radnog ciklusa.



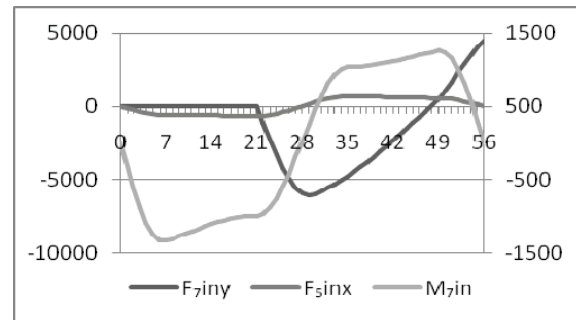
Slika 7. Dijagram kinematičkih parametara člana 3



Slika 8. Dijagram kinematičkih parametara člana 7

3.2 Inercijalne sile i inercijalni moment

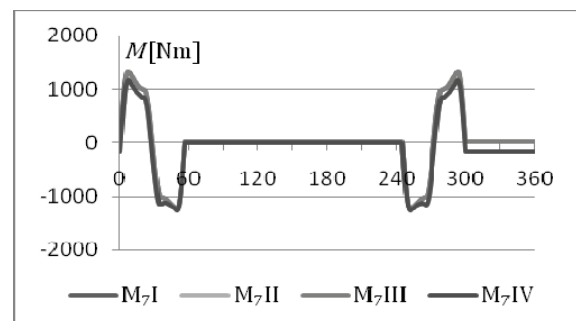
Na slici 9 je prikazan dijagram promene intenziteta inercijalnih opterećenja za 1. fazu radnog ciklusa.



Slika 9. Dijagram inercijalnih sila i inercijalnog momenta. Inercijalna sila F_7^{IN} i inercijalni moment M_7^{IN} imaju iste intenzitete u svim varijantama dinamičke analize pošto ne zavise od parametara koji su menjani u varijantama. Inercijalna sila F_5^{IN} postoji samo u III i IV varijanti i ima isti intenzitet u obe varijante.

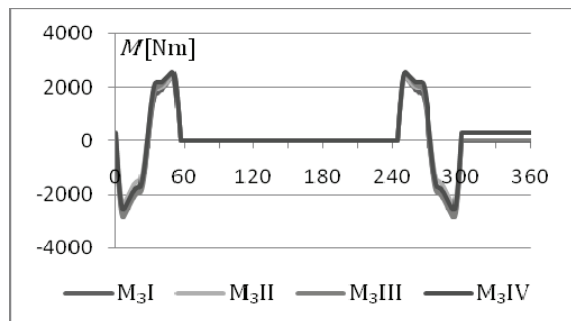
3.3 Obrtni momenti

Dijagram potrebnog obrtnog momenta M_7 na alatu je prikazan na slici 10.



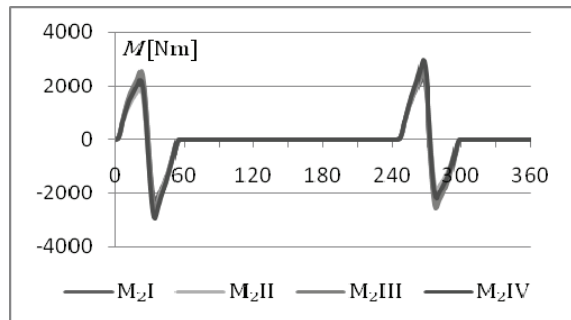
Slika 10. Dijagram potrebnog obrtnog momenta M_7

Intenziteti potrebnog obrtnog momenta M_7 na alatu se očekivano razlikuju po grupama varijanti (intenziteti su jednaki u I i III odnosno II i IV) jer na intenzitet M_7 ima uticaj samo osnovna razlika između varijanti - da li se centar mase S_7 poklapa sa tačkom E ili ne. Dijagram ulaznog obrtnog momenta M_3 je prikazan na slici 11.



Slika 11. Dijagram ulaznog obrtnog momenta M_3

Na intenzitet ulaznog obrtnog momenta M_3 utiče to da li se centar mase S_7 poklapa sa tačkom E ili ne. Osim toga, bitan uticaj ima i uzimanje u obzir mase člana 5. Zbog toga se intenziteti ulaznog obrtnog momenta M_3 međusobno razlikuju u svakoj varijanti. Dijagram pogonskog obrtnog momenta M_2 je prikazan na slici 12.



Slika 12. Dijagram pogonskog obrtnog momenta M_2

Maksimalni intenzitet pogonskog obrtnog momenta M_2 se postiže u stepenima radnog ciklusa različitim od onih u kojima se ostvaruje maksimalni obrtni moment M_3 ili maksimalna ugaona brzina ω_3 . Budući da je $M_2 = (M_3 \cdot \omega_3) / \omega_2$, pri $\omega_2 = \text{const}$ maksimalni intenzitet M_2 zavisi od maksimalnog proizvoda $M_3 \cdot \omega_3$ tj. maksimalne snage P_3 . Drugim rečima, maksimalni pogonski obrtni moment M_2 će se ostvariti u onom stepenu radnog ciklusa u kojem je ostvarena maksimalna snaga P_3 . Tabela 3 prikazuje ove vrednosti.

Tabela 3. Maksimalni intenziteti pogonskog obrtnog momenta

faza	M_{2max} [Nm]			
	I	II	III	IV
1.	2274,8	1931,4	2544,9	2193,3
	-2361,7	-2659,4	-2638,5	-2936,3
3.	2361,7	2662,8	2638,5	2939,7
	-2274,8	-1931,4	-2544,9	-2193,3

Ako se uporede II i IV varijanta, uticaj uzimanja u obzir mase m_5 u okviru IV varijante je doveo do toga da se intenzitet M_2 poveća za ≈ 277 Nm u odnosu na varijantu II koja ne uzima u obzir masu člana 5.

Upoređivanjem varijanti I i II se može uvideti do kakvih promena dovodi uticaj premeštanja centra mase S_7 u tačku E. Razlika je očigledna, intenzitet pogonskog obrtnog momenta M_2 je za ≈ 300 Nm manji u varijanti I kada se centar mase S_7 poklapa sa tačkom E.

4. ZAKLJUČAK

Termoformiranje ima široku primenu u prehrambenoj, kozmetičkoj i farmaceutskoj industriji, kao i u drugim srodnim industrijskim granama, koje imaju veoma dinamičan razvoj. Tržište je sve više zahtevnije i postavljaju se visoki standardi pri pakovanju proizvoda široke namene. Tehnologima u razvoju ambalaže je nametnut visok cilj - stalno poboljšavanje svojstava i primene novih materijala (sintetičkih termoplastičnih folija), učestala promena dizajna ambalaže i dr. Zbog toga postoji stalna potreba za pronalaženjem inovacija kako bi se postojeće mašine za termoformiranje neprestano unapređivale.

Dinamička analiza četiri varijante opterećenja mehanizma za obrtanje alata je pokazala da su neke varijante analize dale bolje rezultate u odnosu na postojeću izvedbu mehanizma za obrtanje alata. U izvesnoj meri se postiglo smanjenje pogonskog obrtnog momenta, što govori o postignutim poboljšanjima. Ipak, da bi neko unapređeno rešenje doživelo realizaciju i praktičnu primenu, potrebno je da zadovolji i niz drugih faktora.

5. LITERATURA

- [1] Kostić M., Čavić M., Zlokolica M., Veselinović Č. "ABOUT DRIVING-TRANSMISSION SYSTEMS IN THERMOFORMING MACHINES", 2nd Inter. Conf. 'Power Transmissions 2006', Novi Sad, SCG, 25-26 April 2006, Proc. Pp.509-514, ISBN 86-85211-78-6
- [2] Milan D. Kostić, Miodrag Ž. Zlokolica, Maja V. Čavić, "CERTAIN APPLICATION OF TWO-D.O.F. LEVER MECHANISM", 9th International Research / Expert Conference "Trends in the Development of Machinery and Associated Technology" TMT 2005, Antalya, Turkey, 26 - 30 September, 2005.
- [3] Prof. Dr Miodrag Zlokolica, Fakultet tehničkih nauka – Novi Sad, VECOM – Bezdán, "MAŠINA ZA TERMOFORMIRANJE SA OBRRTNIM STOLOM", Inovacioni projekat tehnološkog razvoja broj 2029a
- [4] Colombo Filippetti Spa, TECHNICAL INFORMATION, Casirate d'Adda, Italy

Kratka biografija:



Srđan Matušić rođen je 1979. godine u Subotici. Diplomski - master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mašinstva - Prenos snage i kretanja odbranio je 2014. godine.

**REVERZIBILNO INŽENJERSKO MODELOVANJE DENTALNE PROTEZE
NA BAZI 3D DIGITALIZACIJE ZGLOBNIM MERNIM RUKAMA****REVERSE ENGINEERING MODELING OF DENTAL PROTESYS BASED ON
3D DIGITISATION WITH ARTICULATED MEASURING ARMS**

Zdravko Stakić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – MAŠINSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu je predstavljen vid reverzibilnog inženjerskog modeliranja, pogodan za primenu kod delova koje karakteriše prisustvo složenih površina, kao i odsustvo konvencionalnih obeležja.

Posebna pažnja je posvećena realizaciji digitalnih 3D modela zubne proteze i kalupa za izradu iste. Za akviziciju podataka tj. prikupljanje tačaka sa površine proteze i kalupa korišćena je zglobna merna ruka „MicroScribe G2X“ proizvođača Immersion. Za obradu i prevođenje oblaka tačaka u poligonalni oblik korišćen je ProENGINEER. Na kraju je dobijen 3D model zubne proteze i kalupa.

Abstract – This paper presents a type of reverse engineering modeling, suitable for use on parts which are characterized by the presence of complex surfaces, as well as the absence of conventional features. Special attention was paid to the implementation of digital 3D models of denture and molds. For data acquisition, ie. collection of points from the surface of the denture and molds articulated measuring arm "MicroScribe G2X" producers Immersion was used. For processing and translating point clouds into polygonal model ProENGINEER was used. At the end a 3D model of denture and molds was obtained.

Ključne reči: zglobna merna ruka, 3D digitalizacija, preprocesiranje, PTS datoteka

1. UVOD

Početak RE je predstavljao kopiranje već postojećih proizvoda ili modela. Sledeći korak je omogućio digitalizaciju modela i dobijanje modela u elektronskom obliku, ali nije postojala mogućnost ispravke ili izmene istog. Kasnije, razvojem kompjuterski podržanog dizajna (CAD) reverzibilno inženjerstvo postaje prihvatljiv način za izradu 3D virtuelnih modela fizičkih objekata koji bi se dalje koristili u ostalim 3D CAD, CAM, CAE i drugim programskim paketima (ProENGINEER, Catia, Inventor...) Proces RE, se zasniva na 3D digitalizaciji fizičkih objekata i rekonstrukciji 3D virtuelnog modela. Danas estetika, ergonomija i funkcionalnost zahtevaju da proizvodi (npr. kompjuterski miš, proteze) imaju veoma složeni oblik, u tom slučaju RE dobija veliki značaj i prednost primene.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Igor Budak, docent.

Osim navedenog, primena RE u procesu redizajna postojećih, bilo sopstvenih, bilo proizvoda konkurenata, može značajno da ubrza i poboljša taj proces [1, 2].

**2.EKSPERIMENTALNA REALIZACIJA 3D
MODELA DENTALNE PROTEZE**

3D digitalizacija je rađena uz pomoć zglobne merne ruke „MicroScribe G2X“ (slika 4) proizvođača Immersion, koja poseduje optičke enkodere za davanje pozicije i procesora za izračunavanje istih.

„MicroScribe“ tehnologija obezbeđuje brz, pouzdan i jednostavan metod za kreiranje tačnih i preciznih 3D modela na računaru. Dovoljno je samo prelaziti pipkom preko kontura objekta koji se skenira da bi se kreirali podaci o 3D objektu u samo nekoliko minuta [3].

Način skeniranja je sledeći: Operater ručno dovodi vrh mernog pipka u kontakt sa površinom fizičkog objekta (slika 1) zatim se pritisne pedala koju ova merna ruka poseduje kako bi računar mogao da registruje koordinatu, odnosno tačku u kojoj se vrh mernog pipka nalazi. Podaci se dobijaju u numeričkom obliku u vidu Dekartovih koordinata i snimaju u Microsoft Excell programu u vidu tabela.



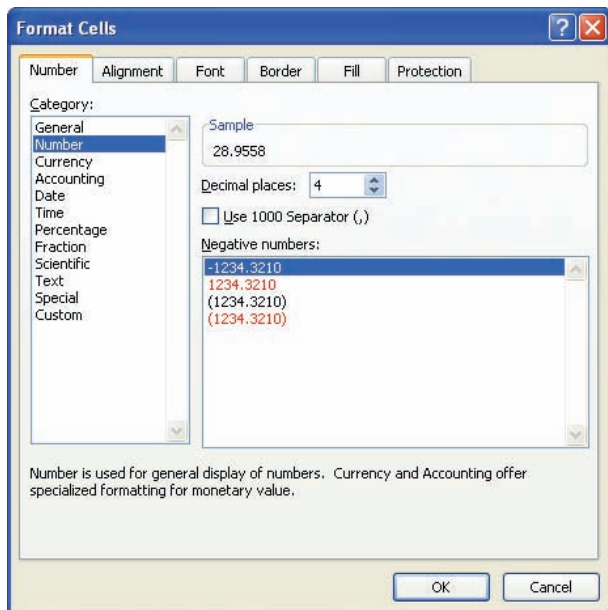
Slika 1: Način skeniranja kalupa (levo) i proteze (desno)

Prvo je skeniran kalup metodom tačka po tačka (*eng. Dot-by-dot*). Najveći broj tačaka je uzet sa površine nepca na kalupu kako bi se postigla što veća tačnost. Ukupno je snimljeno 14945 tačaka.

Nakon skeniranja kalupa vršeno je skeniranje same proteze istom metodom kojom je skeniran kalup. Ovde je veća pažnja posvećena samoj žici proteze. Nakon što je skenirana cela proteza iz dobijenih rezultata je ustanovljena potreba za dodatnim skeniranjem same žice kako bi se dobio gušći oblak tačaka.

Priprema podataka za prevođenje u 3D model je neophodna kako bi program ProENGINEER mogao prepoznati isti. To se izvodi na sledeći način:

1. Podesiti broj decimala na 4: obeležiti kolone i desnim klikom ući u meni iz kojeg se izabere naredba „**format cells**“. Nakon toga podesiti broj decimala na 4.
2. Snimiti fajl kao text tako što se na kraju naziva dodaje ekstenzija .txt. Otvoriti isti programom „notepad“ (slika 2) i iz tog programa sačuvati ga dodavanjem ekstenzije .pts (*akronim od eng. Points*) i umesto razmaka staviti donju crtu (_) kako bi Pro ENGINEER prihvatio isti.

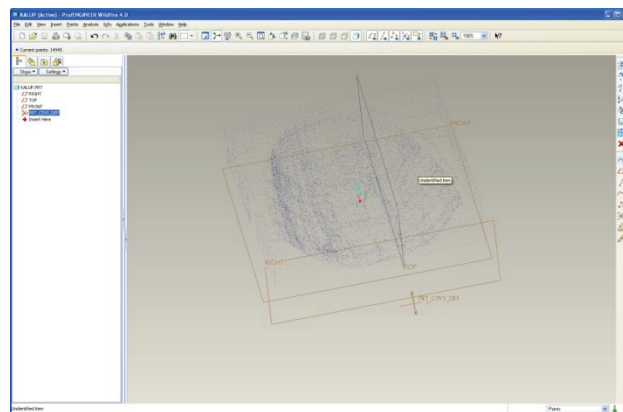


Slika 2: PTS datoteka

3D modeliranje: Način uvoženja fajla koji sadrži oblak tačaka je sledeći: otvoriti novi fajl u ProENGINEER-u kao .prt (*Part*). Iz padajućeg menija **insert** otvoriti **Shared data-from file**. Iz prozora za otvaranje otvoriti odgovarajući fajl. Nakon toga obeležiti koordinatni sistem **PRT_CSYS_DEF** koji se nalazi u centru svih ravni. Pošto se pritisne OK pojavljuje se oblak tačaka.

Obrada oblaka tačaka kalupa i modeliranje površina: Na slici 3 je prikazan uveženi model oblaka tačaka kalupa. Alati koji se koriste pri obradi oblaka tačaka su sledeći:

- **Reduce noise** - uklanja višak tačaka i spušta one tačke koje se nalaze izvan površine,
- **Crop selected** - izdvaja obeležene tačke iz oblaka tačaka,
- **Delete outliers** - briše višak tačaka na osnovu zadate osetljivosti,
- **Sample** - uzorkovanje tačaka – smanjuje broj tačaka na osnovu zadatog rastojanja između njih,
- **Fill hole** - popunjava rupe na obeleženim mestima,
- **Wrap** - menja oblak tačaka u poligonalni površinski model,
- **Facet** - formira trouglove na osnovu tačaka,
- **Push shallow** - brisanje obeleženih trouglastih površina.



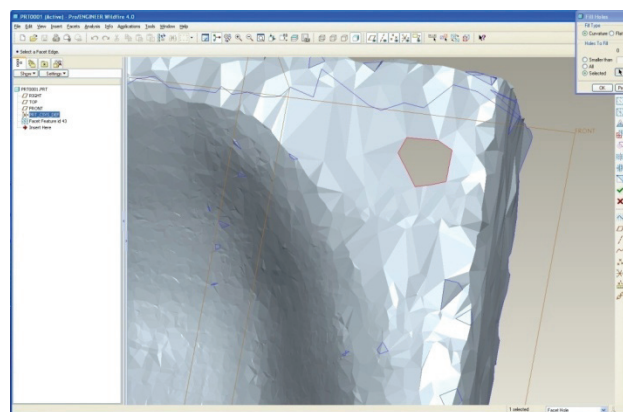
Slika 3: Uveženi oblak tačaka

Pošto je uveženi oblak tačaka „sirov“ tj. sadrži puno nepotrebnih tačaka koje su nastale u samom postupku 3D digitalizacije ili nalaze se izvan površine potrebno je izvršiti redukciju šuma tako što se izabere alat „reduce noise“ i podesi (Mode: Mechanical; Level: High).

Posle redukcije šuma prelazi se iz oblaka tačaka u poligonalni oblik pomoću alata „Wrap“. Pošto dobijeni poligonalni model poseduje nepravilnosti u vidu viška površina i izbočina, pomoću alata „Push shallow“ se vrši uklanjanje istih tako što se obeleže iste i izabere ovaj alat. Pošto se uklone ove nepravilnosti, izabere se alat „Facets“ kako bi se detaljnije obradio poligonalni model. Najvažniji alati su:

- **Delete** - brisanje trouglastih površina (fejseta),
- **Fill** - popunjavanje rupa
- **Refine** - povećanje rezolucije (količine fejseta), dobija se poligonalni model finijeg oblika.

Da bi se dobila kvalitetnija površina i ovde je vršeno uklanjanje sitnijih nepravilnosti alatom „Delete“ što za sobom ostavlja praznine (otvore). Na slici 4 je prikazan način popunjavanja otvora alatom „Fill“.



Slika 4: Popunjavanje otvora

Ovaj alat ima dva moda: *Curvature* i *Flat*. Bolji kvalitet popunjenosti dobija kada se koristi *Curvature* mod. Pošto su popunjene svi otvori i uklonjene sve nepravilnosti, sledi doterivanje modela naredbom „Refine“

Sledi izrada površinskog modela kalupa. Potrebno je prethodno formirati „Manifold“ pomoću alata „Make manifold“ što omogućava automatsko formiranje površina na modelu.

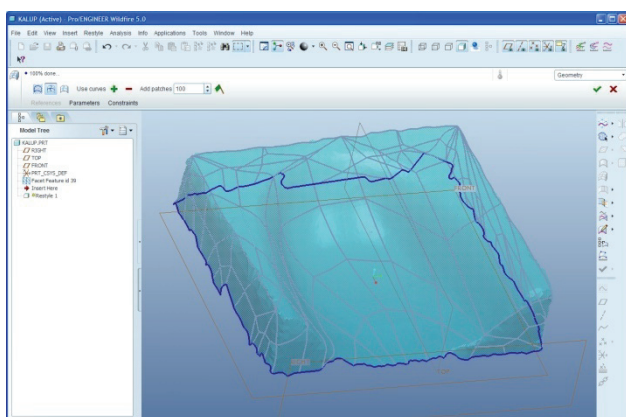
Posle izvršavanja gore navedenog sledi formiranje površina. Potrebno je iz padajućeg menija „Insert“

izabrati alat „Restyle“. Nakon toga se izabere opcija za automatsko formiranje površina „Auto surface“. Sledeća opcija je „Define the patch structure“ za automatsko generisanje površine klikom na zelenu zastavicu (slika 5) dobije se mreža pomoću koje će se formirati površina (slika 6).

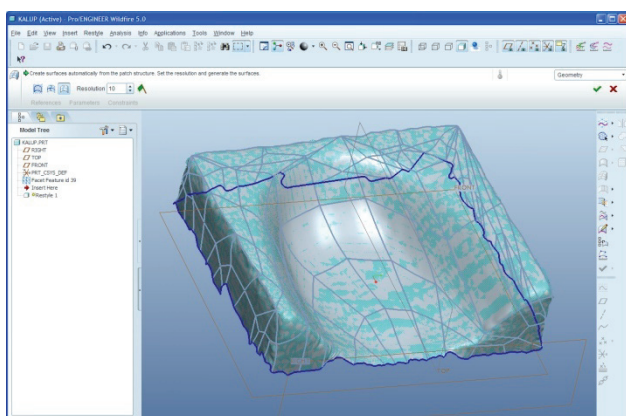


Slika 5: Zelena zastavica za formiranje mreže

Pošto su se posle formiranja površina javile nepravilnosti poput oštih ili deformisanih površina bilo je potrebno popraviti iste tako što je vršena modifikacija poligona. Najbolji kvalitet površine se postiže formiranjem iste pomoću 4 linije. Na slici 7 je prikazan konačni površinski model kalupa.



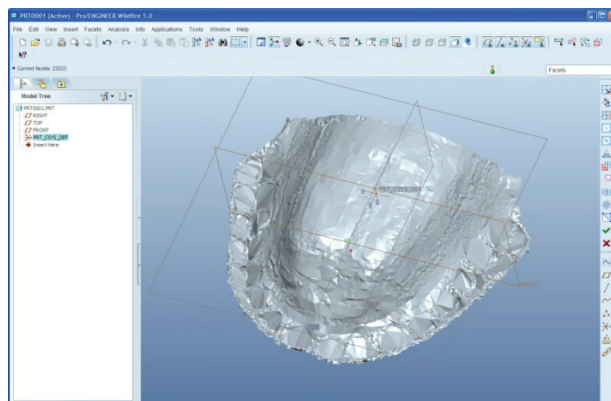
Slika 6: Mreža za formiranje površina



Slika 7: Model sa površinama

Obrada oblaka tačaka modela proteze i modeliranje površina.

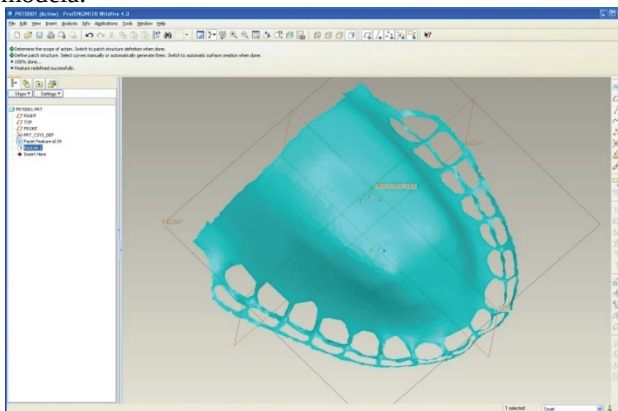
Kao i kod obrade modela kalupa i kod proteze prvo je uvežen oblak tačaka.. Postupak obrade i modeliranje proteze je sličan obradi modela kalupa, a korišćeni su oni alati koji su navedeni u odeljku obrade modela kalupa. Kako bi se postigla veća tačnost oblika i bolji kvalitet površine, potrebno je povećati gustinu oblaka tačaka pomoću alata *Fill hole*. Bez korišćenja ovog alata dobija se površina veoma lošeg kvaliteta i male tačnosti oblika što se vidi na slici 8, a najvažnije je što ovaj postupak smanjuje potrebu za naknadnim „peglanjem“ površina. Takođe vršena je i redukcija šuma.



Slika 8: Poligonalni model proteze sa manjom gustinom tačaka

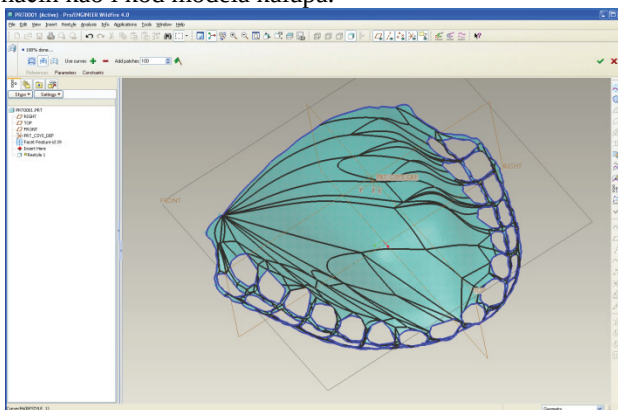
Posle povećavanja gustine tačaka sledio je prelazak na poligonalni model i uklanjanje nepotrebnih poligona (fejseta). Njihovo uklanjanje je neophodno zbog toga što se na tim mestima nalaze otvori za zube.

Napomena: zbog složenosti ovog poligonalnog modela i dobijanja boljeg oblika površina (bez deformiteta) ovde je upotrebljen alat „Make manifold“ i pre uklanjanja nepotrebnih poligona (fejseta), a, takođe zbog prethodno povećane gustine oblaka tačaka nije bilo neophodno vršiti završnu obradu tj. povećanje broja poligona („Refine“). Posle uklanjanja viška fejseta dobijen je model kao na slici 9. Da bi se generisao površinski model iz poligonalnog potrebno je, kao i kod modela kalupa upotrebiti alatku „Make manifold“ bez obzira na to što je bila dodata pre uklanjanja fejseta jer je time promenjena konfiguracija modela.



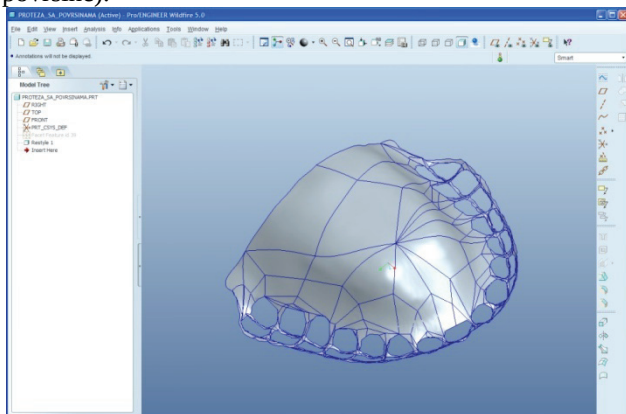
Slika 9: Poligonalni model nakon obrade

Generisanje površinskog modela se vrši na potpuno isti način kao i kod modela kalupa.



Slika 10: Mreža za formiranje površina

Sa mrežom koja je prikazana na slici 10 na mestu gde se susreću crne linije dobijena je deformisana površina zbog čega je bilo neophodno popraviti male nepravilnosti na polygonalnom modelu (obrisati višak poligona na mestu žice). Takođe je bilo neophodno ponovo koristiti alat „Make manifold“. Dobijen je površinski model proteze kao na slici 11 na kojoj se vidi i drugačija mreža površina (tačka sučeljavanja linija se sada nalazi na ravnom delu modela, a ne na ivici zbog čega je i došlo do deformisanja površine).



Slika 11: Konačni površinski model proteze.

5. ZAKLJUČAK

Na osnovu rezultata ostvarenih u okviru prethodno opisanog praktičnog dela rada, mogu se identifikovati sledeće prednosti primene zglobnih mernih ruku kod zubnih proteza u odnosu na KMM:

- veća fleksibilnost u odnosu na KMM sisteme;
- mobilnost;
- niža cena opreme u odnosu na KMM;
- jednostavnost instalacije opreme;
- veća pristupačnost površinama objekta;
- brzina skeniranja u odnosu na KMM.

Što se tiče modeliranja ova dva objekta razlika je u obradi polygonalnog modela: kod modela proteze, zbog nedostatka u samom sistemu prevođenja oblaka tačaka u polygonalni model, bilo je potrebno najviše poraditi na žici za zube, pošto je softver zatvorio otvore, i ukloniti sve fejsete koji su bili na pogrešnom mestu. Naročit problem je bio tokom uklanjanja fejseta sa pomenutih mesta. Bilo je potrebno pažljivo raditi na ovome kako se ne bi uklonilo više površina nego što je potrebno i tako narušila preciznost izrade proteze.

Ostvareni rezultati pokazuju da se iako postoje problemi pri skeniranju fizičkog objekta i generisanju oblaka tačaka, uz kvalitetan softver i hardver i stručno znanje mogu dobiti modeli visoke tačnosti i u slučaju oblika od vrlo složenih površina (primer modela proteze na slici 11).

Na osnovu ukupnih rezultata, može se zaključiti da bi stomatolozima i zubnim tehničarima ova tehnika omogućila efikasnije modelovanje i izradu kvalitetnijih proteza. Kao mogući nastavak istraživanja, primenjena metoda 3D digitalizacije bi se mogla primeniti i za analizu tačnosti površine proteze u odnosu na površinu kalupa za izradu iste spajanjem površina proteze i kalupa i analizom odstupanja.

7. LITERATURA

- [1] Budak, I.; Hodolić, J.; Soković, M.: Development of a programme system for data-point pre-processing in Reverse Engineering, Journal of Materials Processing Technology, 2005, Vol. 162-1, str. 730-735.
- [2] Budak I.; Soković M.; Kopač J.; Hodolić J.: Point Data Pre-Processing Based on Fuzzy Logic for Reverse Engineering Modelling; Strojniški vestnik - Journal of Mechanical Engineering, 2009, Vol. 55-12, str. 755-765.
- [3] http://www.3d-microscribe.com/MSG2_0704_V1.pdf

Kratka biografija:

Zdravko Stakić, rođen je u Novom Sadu 13.5.1990. godine. Fakultet tehničkih nauka je upisao 2009. godine. Osnovne akademske studije je završio 12.9.2013. godine na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu - studijski program Proizvodno mašinstvo. Master akademske studije je upisao 2013. godine na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu na istom studijskom programu, rad odbranio 2014.god.

ANALIZA UTICAJA PARAMETARA SVEŽE PARE PARNOG POSTROJENJA NA EFEKTE NJEGOVOG KOMBINOVANJA SA SOLARNIM KOLEKTORIMA

INFLUENCE OF FRESH STEAM CONDITIONS ON COMBINING OF STEAM PLANT AND SOLAR COLLECTORS

Dejan Trbić, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

Oblast – MAŠINSTVO

Kratak sadržaj – Cilj ovog rada jeste da se ispita osetljivost efekta transformacije energije, u kombinovanom postrojenju parne turbine i solarnih kolektora, na promenu vrednosti proračunskog pritiska sveže pare za parnu turbinu. Analiza osetljivosti se vrši analitičkim – proračunom pri čemu je pritisak sveže pare uzet kao poznati parametar. Posmatrana je efikasnost iskorišćenja fosilnog goriva koje troši parno postrojenje. Dobijeni rezultati su logični i odgovaraju sličnim, za postrojenje za fosilna goriva bez solarnih kolektora.

Abstract – The aim of this paper is to examine the sensitivity of efficiency of the combined plant of a steam turbine and solar collectors on the change of the designed inlet pressure of steam turbine. Sensitivity analysis is performed analytically. The efficiency is considered on the basis of fossil fuel consumption of the entire combined plant. The results are logical and correspond to those for similar fossil fueled power plant without solar collectors.

Ključne reči: parne turbine, solarna elektrana, termodinamički ciklusi.

1. UVOD

Kombinovanje parnog bloka i solarnih kolektora kao obnovljivih izvora energije jeste relativno nov pristup u oblasti energetske tehnologije.

Kombinovanjem solarnih kolektora i parnog bloka u jedinstveno postrojenje može se ostvariti manja potrošnja fosilnih goriva, uz približno isti nivo proizvodnje električne energije. Na taj način može se produžiti vek trajanja fosilnih goriva uz odgovarajuće smanjenje emisije CO₂.

Referentna turbina, koja je izabrana za analizu odgovara turbini T-110/120-130, ali se od nje razlikuje u tome što je pretpostavljen ciklus sa dogrevanjem pare. Dogrevanje je uvedeno da bi uticaj pritiska sveže pare mogao da se oceni u širem kontekstu, u ciklusu sa dogrevanjem, koji se u tehničkoj praksi najviše i koristi.

2. TRANSFORMACIJA ENERGIJE U TERMODINAMIČKIM CIKLUSIMA TOPLOTNE TURBOMAŠINE

Osnovne karakteristike svakog termodinamičkog ciklusa su stepen korisnost η , jedinični rad L , količina toplote koja se dovodi radnom kolu Q_{do} i količina toplote koja se

odvodi Q_{od} . Opšti izraz za stepen korisnosti ciklusa određen je jednačinom :

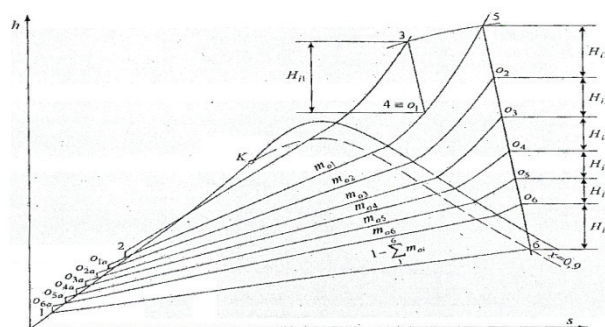
$$\eta = \frac{Q_{do} - Q_{od}}{Q_{do}} \quad (1)$$

Korisni mehanički rad određen je jednačinom:

$$L = Q_{do} - Q_{od} \quad (2)$$

2.1 Tehnički Clausius-Rankine-ov (C-R) ciklus

Na slici 1. prikazan je stvarni C-R ciklus u $h-s$ koordinatnom sistemu, koji često nazivamo i tehnički parni ciklus. Upisane vrednosti veličina stanja radnog tela u pojedinim tačkama postrojenja u potpunosti definišu proces transformacije energije i glavne termodinamičke parametre postrojenja. Pomoću tih veličina stanja možemo dalje da odredimo sve zapreminske protoke. Potom, usvojenim brzinama pare možemo i da odredimo dimenzije cevi cevovoda itd.



Slika 1. Stvarni C-R ciklus sa dogrevanjem pare

2.2 Mere za smanjenje gubitaka u C-R ciklusu

U tehničkoj praksi mogu se prepoznati određene "mere" za smanjenje gubitaka, odnosno za povećanje stepena korisnosti stvarnog C-R ciklusa. To su, pre svega, povećanje temperature i pritiska sveže pare. Pri tome, ove dve vrednosti moraju biti međusobno usklađene. Najviša temperatura u ciklusu je praktično ograničena kvalitetom i cenom raspoloživog materijala za odgovarajuće delove.

Dogrevanje pare omogućava povećanje stepena korisnosti C-R ciklusa, kao i dovodenje vlažnosti pare u poslednjem stupanju turbine u tehnički prihvatljive granice.

Najniža temperatura u ciklusu utiče na stepen korisnosti. Tu temperaturu možemo smanjiti ugradnjom kondenzatora veće površine i pumpe koja omogućava veći protok rashladne vode.

NAPOMENA :

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Vojin Grković, red.prof.

Uvođenje regenerativnog zagrevanja napojne vode doprinosi povećanju stepena korisnosti *C-R* ciklusa. Na taj način smanjuje se količina toplote, koja treba da bude dovedena radnom telu u kotlu, a smanjuje se i količina toplote koja se preko kondenzatora predaje okolini. Što je broj stupnjeva regenerativnog zagrevanja veći, to će biti viša vrednost optimalne temperature napojne vode [1].

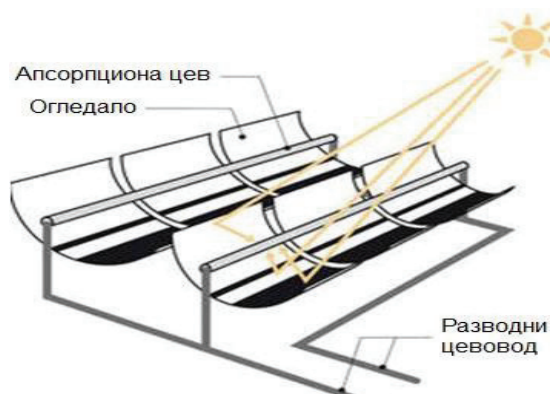
3. KORIŠĆENJE SOLARNE ENERGIJE ZA PROIZVODNJU ELEKTRIČNE ENERGIJE

Sistem paraboličnih lukova, šematski prikazan na slici 2, sastoji se od dugih nizova paraboličnih ogledala (zakrivljeni su oko samo jedne ose), absorbera, koji ima ulogu kolektora i sistema za praćenje, koji obuhvata: pogon, upravljače i senzore.

Sistem za praćenje omogućava pomicanje ogledala samo kada je promena položaja Sunca u ortogonalnom smeru, dok prilikom paralelnog pomaka to nije potrebno jer svetlost i dalje pada na kolektor.

Parabolični kolektori se sastoje od uzdužnog paraboličnog reflektora, koji fokusira direktnu komponentu Sunčevog zračenja, na žižinu liniju, u kojoj je postavljen cilindrični apsorber. Apsorber se sastoji od metalne cevi, smeštene u staklenu cilindričnu cev, između kojih se nalazi bezvazdušni (vakuumski) međuprostor, radi smanjenja toplotnih gubitaka na višim radnim temperaturama.

Stakleni cilindar sprečava prodiranje prašine i stranih tela u apsorber. Kroz metalnu cev apsorbera struji radni fluid (termičko ulje, rastopljena so ili para pod pritiskom). Površina apsorbera je zaštićena selektivnim premazom – antirefleksnom prevlakom koja filtrira infracrveno zračenje a propušta svetlost iz vidljivog spektra.

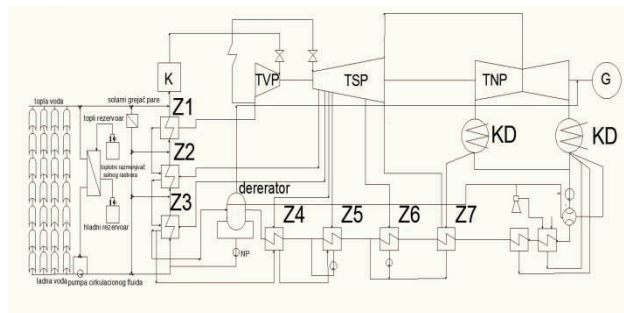


Slika 2. Šematski prikaz paraboličnog kolektora

4. POSTROJENJE SA SOLARNIM KOLEKTORIMA

Postoji više tehničkih rešenja uključenja solarne energije u *Clausius-Rankine*-ov ciklus za proizvodnju električne energije. Za ovaj rad odabrano je rešenje gde se toplota potrebna za regenerativno zagrevanje napojne vode u zagrejačima visokog pritiska dovodi, umesto iz ciklusa, iz sunčevih kolektora. Tako se ukupna količina toplote, koju prima radno telo sastoji iz dva dela.

Prvi deo potiče od sunčeve energije a drugi od sagorevanja fosilnog goriva. Prvi deo jednak je količini toplote potrebnoj za zagrevanje napojne vode, počev od temperature na izlazu iz napojne pumpe do konačne vrednosti temperature napojne vode na ulazu u kotao.



Slika 3. Šematski prikaz pojednostavljene toplotne šeme sa solarnim kolektorima

Drugi deo jednak je količini toplote koja je potrebna za zagrevanje napojne vode u kotlu, njeno isparavanje, pregrevanje i ponovno dogrevanje u kotlu. Šema ovako zamišljenog kombinovanog postrojenja prikazana je na slici 3. Parabolični kolektori su postavljeni u paralelnim redovima, u pravcu ose sever-jug.

Radni fluid zagrejan u sistemu kolektora vraća se u posebne izmenjivače toplote gde zagreva napojnu vodu pre njenog ulaska u kotao. Pregrejana para iz kotla ide u turbinu visokog pritiska, a iz nje ponovo u kotao na dogrevanje (linija 4-5 na slici 1). Dogrejana para ekspandira u turbini srednjeg, pa u turbini niskog pritiska i potom se kondenzuje u kondenzatoru. Para, koja se u slučaju postrojenja bez kolektora odvodi iz turbine radi regenerativnog zagrevanja napojne vode u zagrejačima visokog pritiska, u varijanti sa kolektorom nastavlja ekspanziju u turbini i tako omogućava dobijanje veće količine električne energije na stezaljkama generatora.

5. ALGORITAM PRORAČUNA

5.1 Određivanje linije ekspanzije pare u turbine

Postupak proračuna se sprovodi na način prikazan u literaturi [1]. Vrednosti parametara pare se određuju na osnovu dve poznate vrednosti (pritisak i temperatura), a iz *h,s* dijagrama uzimamo preostale potrebne podatke.

5.2 Određivanje količine pare odvedene iz turbine za regenerativno zagrevanje napojne vode

Količine pare na mestima oduzimanja su izračunate postavljanjem toplotnog bilansa za svaki od regenerativnih zagrejača. Za prvi zagrejač, koji se zagreva parom sa prvog oduzimanja dobijamo :

$$m_{01} = \frac{h_{z1i} - h_{z1u}}{(h_{01} - h_{k01}) \cdot \eta_{z1}} \quad (3)$$

Analogno prvom, za drugi zagrejač, koji se zagreva parom sa drugog oduzimanja dobijamo:

$$m_{02} = \frac{(h_{z2i} - h_{z2u}) - m_{01} \cdot (h_{p01} - h_{p02})}{(h_{02} - h_{p02}) \cdot \eta_{z2}} \quad (4)$$

Za ostale zagrejače, analogno predhodnom, dobijamo:

$$m_{03} = \frac{(h_{z3i} - h_{z3u}) - (m_{01} + m_{02}) \cdot (h_{p03} - h_{p02})}{(h_{03} - h_{p02})} \quad (5)$$

$$m_{oder} = \frac{h_{deri} - h_{deru} - (m_{01} + m_{02} + m_{03}) \cdot (h_{der} - h_{deru})}{(h_{oder} - h_{deru})} \quad (6)$$

$$m_{o4} = \frac{(1 - \sum_7^5 m_{oi}) \cdot (h_{z4i} - h_{z4u}) - m_{oder}(h_{po5} - h_{po4})}{(h_{o4} - h_{po4})} \quad (7)$$

$$m_{o5} = \frac{(1 - \sum_n^1 m_{oi}) \cdot (h_{z5i} - h_{z5u}) - m_{o4}(h_{po4} - h_{po5})}{(h_{o5} - h_{po5})} \quad (8)$$

$$m_{o6} = \frac{(1 - \sum_n^1 m_{oi}) \cdot (h_{z6i} - h_{z6u}) - m_{o5}(h_{po5} - h_{po6})}{(h_{o6} - h_{po6})} \quad (9)$$

$$L_{iReg} = (h_3 - h_{o1}) + (h_5 - h_{o2}) \cdot (1 - m_{o1}) + (h_{o2} - h_{o3}) \cdot (1 - m_{o1} - m_{o2}) + (h_{o3} - h_{o4}) \cdot (1 - m_{o1} - m_{o2} - m_{o3}) + (h_{o4} - h_{oder}) \cdot (1 - m_{o1} - m_{o2} - m_{o3} - m_{oder}) + (h_{oder} - h_{o5}) \cdot (1 - m_{o1} - m_{o2} - m_{o3} - m_{oder} - m_{o4}) + (h_{o5} - h_{o6}) \cdot (1 - m_{o1} - m_{o2} - m_{o3} - m_{oder} - m_{o4} - m_{o5}) + (h_{o6} - h_{o7}) \cdot (1 - m_{o1} - m_{o2} - m_{o3} - m_{oder} - m_{o4} - m_{o5} - m_{o6}) + (h_{o7} - h_k) \cdot (1 - m_{o1} - m_{o2} - m_{o3} - m_{oder} - m_{o4} - m_{o5} - m_{o6} - m_{o7}) \left[\frac{kJ}{kg} \right] \quad (11)$$

Stepen iskorišćenja energije fosilnog goriva, koje sago-
reva u kotlu definisan je jednačinom:

$$\eta_{ePPT}^b = \frac{L_{ePPT}^b}{q_{do}} \quad (12)$$

Dovedena količina toplote iz fosilnih goriva iznosi:

$$q_{do} = h_3 - h_{nvz1i} + (1 - m_{o1}) \cdot (h_5 - h_4) \left[\frac{kJ}{kg} \right] \quad (13)$$

Dovedena količina toplote iz solarnih kolektora iznosi:

$$Q_{do,kol.} = h_{NVZ1i} - h_{NVi} \quad (14)$$

5.4 Neto stepen korisnosti i neto specifične potrošnje toplote termoelektrane bez solarnih kolektora

Neto stepen iskorišćenja energije iz fosilnog goriva ter-
moelektrane iznosi:

$$\eta_{eTEP} = \eta_{ePPT}^b \cdot \eta_K \cdot \eta_C \cdot \eta_{speTEP} \cdot \eta_{BT} \quad (15)$$

Ovde su sa $\eta_K, \eta_C, \eta_{speTEP}$ i η_{BT} obeleženi stepeni korisnosti
kotla, cevovoda, sopstvene potrošnje električne energije
termoenergetskog postrojenja i blok-trafoa, respektivno.
Za račun su usvojene njihove uobičajene vrednosti.

Neto specifična potrošnja toplote iz fosilnog goriva je:

Kada turbopostrojenje radi sa solarnim kolektorima
maseni protoci m_{o1}, m_{o2}, m_{o3} su jednaki nuli a jedinični
rad, dovedena količina toplote i stepeni korisnosti
izračunavaju se iz jednačina 11 do 15.

Jedinični rad i stepen korisnosti postrojenja se povećavaju
u odnosu na slučaj kada turbopostrojenje ne radi sa
solarnim kolektorima.

Za preostale tri vrednosti pritiska sveže pare opisani
proračun se ponavlja.

Dobijeni rezultati proračuna su sređeni i prikazani u
obliku dijagrama.

Na njima su prikazane najvažnije veličine koje su
potrebne za ocenjivanje rada kombinovanog postrojenja
parne turbine i sunčanih kolektora.

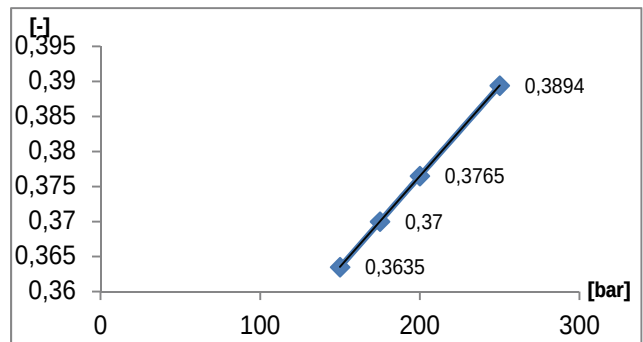
6. REZULTATI NUMERIČKE ANALIZE

Rezultati numeričke analize, sprovedene prema opisanom
algoritmu, prikazani su na slikama 4 do 9.

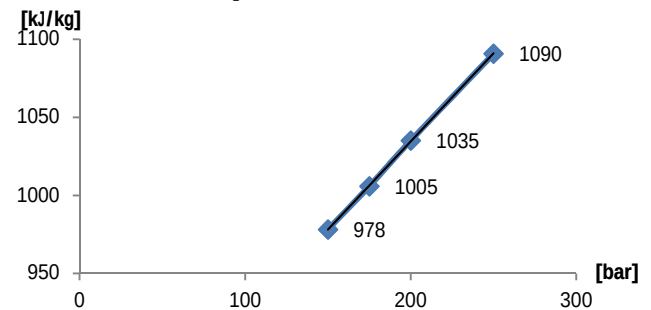
$$m_{o7} = \frac{(1 - \sum_n^1 m_{oi}) \cdot (h_{z7i} - h_{z7u})}{(h_{o7} - h_{po7})} \quad (10)$$

5.3 Glavni termodinamički parametri turbopostrojenja

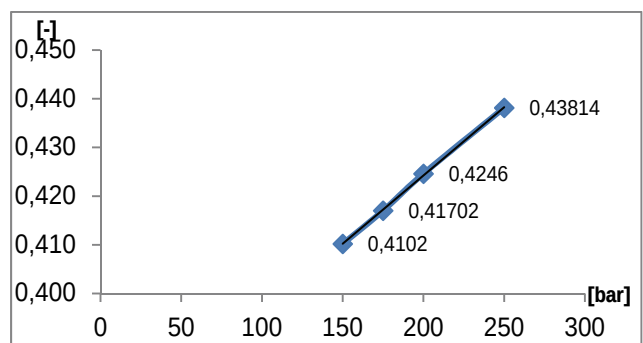
Jedinični rad turbine (u kJ mehaničke energije po kg
sveže pare):



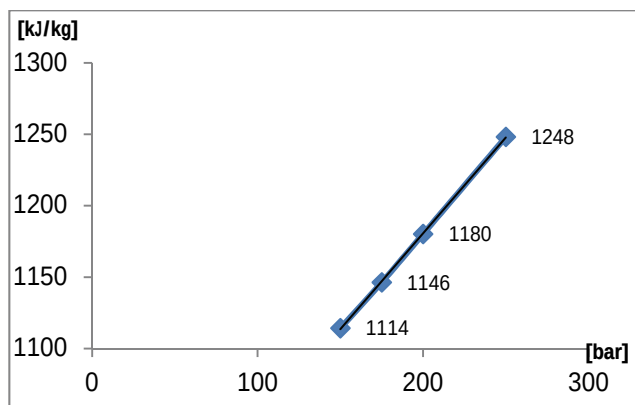
Slika 4. Zavisnost stepena iskorišćenja energije fosilnog
goriva za postrojenje bez kolektora od vrednosti pritiska
sveže pare na ulazu u turbinu



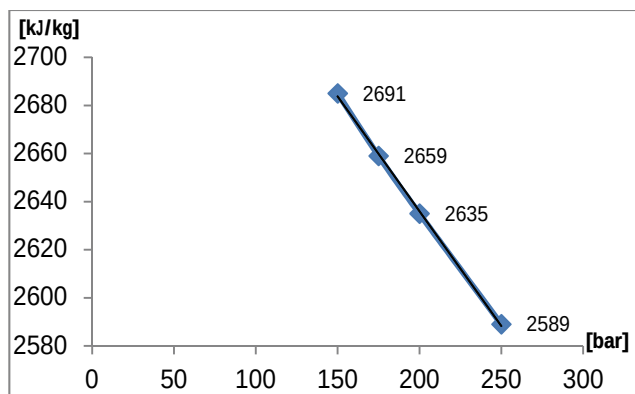
Slika 5. Zavisnost jediničnog rada turbine za postrojenje
bez kolektora od vrednosti pritiska sveže pare na ulazu u
turbinu



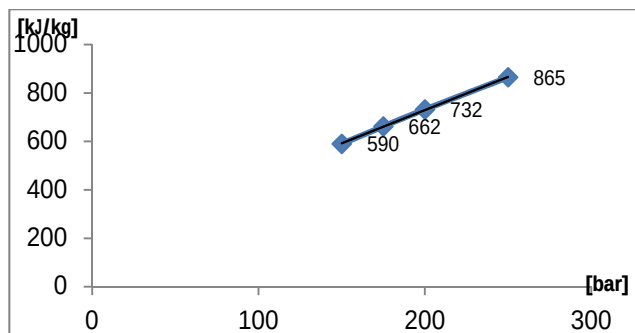
Slika 6. Zavisnost stepena iskorišćenja energije fosilnog
goriva za kombinovanog postrojenje sa solarnim
kolektorima od vrednosti pritiska sveže pare na ulazu u
turbinu



Slika 7. Zavisnost jediničnog rada turbine za kombinovano postrojenje sa solarnim kolektorima od vrednosti pritiska sveže pare na ulazu u turbinu



Slika 8. Zavisnost količine toplote dovedene iz fosilnog goriva od vrednosti pritiska sveže pare na ulazu u turbinu



Slika 9. Zavisnost količine toplote dovedene iz solarnih kolektora od vrednosti pritiska sveže pare

7. ANALIZA REZULTATA I ZAKLJUČAK

U radu je prikazan algoritam izračunavanja energetskih parametara *Clausius-Rankine*-ovog tehničkog ciklusa za postrojenje sa parnom turbinom i kada je ono kombinovano sa solarnim kolektorima. Posmatrana je efikasnost iskorišćenja energije iz fosilnog goriva i specifični rad turbine u zasebnom i u kombinovanom postrojenju.

Za analizu je izabrano tehničko rešenje po kome se toplota za regenerativno zagrevanje napojne vode u zagrevačima visokog pritiska dovodi iz sunčanih kolektora, dok para, prvobitno namenjena regenerativnom zagrevanju, nastavlja ekspanziju u turbini do konačnog pritiska i tako omogućava ostvarivanje većeg specifičnog rada turbine.

Analizom rezultata, dobijenih za ovakvo tehničko rešenje, možemo izvesti sledeće zaključke.

1. Kombinovanje parnog postrojenja na fosilno gorivo i sunčanih kolektora, ostvareno prema ovom konceptu, omogućava viši stepen iskorišćenja energije fosilnog goriva i veći jedinični rad turbine u razmatranom intervalu vrednosti pritiska sveže pare.
2. Povećanje pritiska sveže pare omogućava veće povećanje stepena iskorišćenja energije fosilnog goriva kod osnovnog parnog postrojenja (za oko 7,4%) nego kod kombinovanog postrojenja (za oko 6,8%).
3. Povećanje pritiska sveže pare omogućava veće povećanje specifičnog rada parne turbine kod kombinovanog postrojenja (za oko 12,0%) nego kod osnovnog parnog postrojenja (za oko 11,6%).
4. Odnos količine toplote dovedene turbopostrojenju iz fosilnog goriva i iz sunčanih kolektora iznosi 4,56 za 150bar i 3 za 250bar.

8. LITERATURA

- [1] Vojin Grković (2008) TOPLOTNE TURBOMASINE 1, FTN NOVI SAD
- [2] Dušan Gvozdenac i dr., (2011) OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE, FTN NOVI SAD
- [3] High – Capacity Automatic-Extraction STEAM TURBINES
- [4] VGB CONGRESS POWER PLANTS 2001- Solar Power – Photovoltaics or Solar Thermal Power Plants

Kratka biografija:



Dejan Trbić rođen je u Novom Sadu 1988 godine. Diplomski – master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mašinstvo – Energetika i procesna tehnika / Termoenergetika odbranio je 2014.godine.

**PRIMENA NAPREDNIH CAM SISTEMA U SAVREMENIM OBRADAMA REZANJEM
USING ADVANCE CAM SYSTEMS IN MODERN MACHINING**

Danijel Đurica, Milenko Sekulić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – MAŠINSTVO

Kratak sadržaj – Cilj rada jeste da se ukaže na karakteristike i spektar obrada rezanjem koje podržava programski sistem SolidCAM. Praktični cilj rada je razvoj postprocesora i mašinske simulacije troosne mašine alatke kao alat za verifikaciju i generisanje upravljačkog programa iskorišćenu na konkretnom radnom predmetu.

Abstract – Goal of this paper highlight characteristics and spectrum of machining cutting sequences that programming system SolidCAM support. The practical goal of this paper is defining post-processor and machine simulation for three-axis CNC machine like a tool for verification and generation G-code that will be used for cutting part.

Ključne reči: SolidCAM, Postprocesor, Verifikacija

1. UVOD

Tehnologija obrade rezanjem je glavni proizvodni proces u mašinskoj industriji i jedan od najvažnijih proizvodnih procesa. U poslednje dve decenije postoji jasan trend u industriji: „uradi više sa manje“. Da bi ovo postigla, industrija se fokusirala na redukciju vremena potrebnog za projektovanje i proizvodnju proizvoda. Intezivan razvoj novih tehnologija zahteva dizajniranje i integrisanje ključnih procesa u proizvodnim preduzećima uz primenu savremenih koncepcija, metoda, tehnika, alata i informacionih tehnologija.

Osnovna uloga informacionih tehnologija je podrška poslovnim operacijama, menadžmentu u odlučivanju i podrška u ostvarivanju strateške prednosti preduzeća kroz primenu koncepcije CIM preduzeća. Jedno od glavnih obeležja savremene proizvodnje je računarom podržana proizvodnja (CIM), odnosno računarom podržano upravljanje proizvodnom opremom. Najvažnija aktivnost za uspešnu eksploataciju NC/CNC obradnih sistema je programiranje tehnoloških procesa primenom CAD/CAM sistema. Danas na tržištu postoji veliki broj programskih rešenja koja omogućuju primenu i razvoj visokobrzinskih i visokoproduktivnih obrada rezanjem.

Jedno od programskih rešenja koje prati trendove savremene obrade rezanjem je SolidCAM koji predstavlja zasebno rešenje u području CAM tehnologije. Njegov pravac i razvoj teži ka integraciji sa drugim CAD (eng. „Computer Aided Design“) programskim rešenjima kako bi bilo omogućeno nesmetano učitavanje geometrijskih informacija 3D modela iz CAD programa u SolidCAM. Takva CAD programska rešenja su SolidWorks i AutoDesk Inventor sa rešenjima SolidCAM i InventorCAM (slika 1).

NAPOMENA:

Ovaj rad proisteako je iz master rada čiji mentor je bio prof. dr Milenko Sekulić.

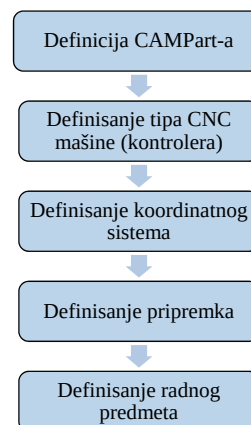


Slika 1. SolidCAM logo

2. KARAKTERISTIKE PROGRAMSKOG SISTEMA SOLIDCAM KAO INTEGRISANOG REŠENJA SOLIDWORKS-A**2.1 Uvod u SolidCAM**

Jedan od praktičnih ciljeva rada u SolidCAM-u je formiranje upravljačkih datoteka za upravljanje CNC mašinama. SolidCAM predstavlja integrisano rešenje SolidWorks-a u području CAM sistema koji omogućuje interaktivno projektovanje tehnoloških procesa obrade uz pomoć računara. U cilju uspešnog projektovanja tehnoloških procesa, odnosno operacija obrade, neophodno je proći kroz logičan redosled koraka koji počinju od definisanja modela obrade do postprocesiranja upravljačkih informacija za definisanu CNC mašinu alatku. SolidCAM sačinjava familija podmodula koji su napravljeni u cilju zadovoljenja potreba kako malih tako i velikih proizvodnih sistema. SolidCAM sačinjavaju 4 modula, a to su:

- Milling (glodanje)
- Turning (struganje)
- Mill-Turn (kombinacija glodanja i struganja)
- Wire Cut (obrada žicom)

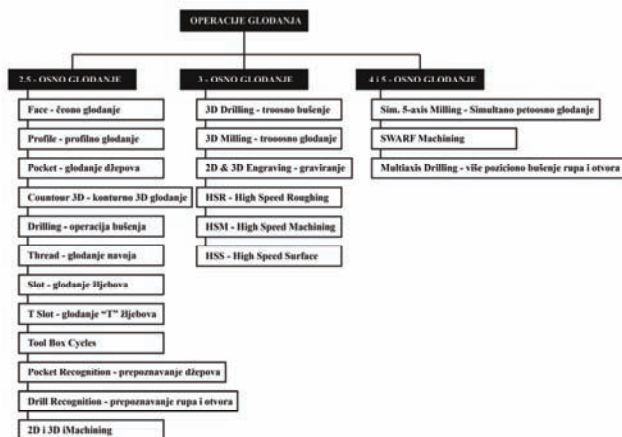


Slika 2. Struktura definisanja modela obrade

Formiranje modela obrade odnosno CAMPart-a, sa ekstenzijom datoteke <.prz> se u nekoliko faza vrši definisanjem tipa CNC mašine alatke, koordinatnog sistema obrade, 3D modela priprema i 3D modela radnog predmeta (slika 2.)

3. TIPSKI ZAHVATI GLODANJEM I STRUGANJEM

S obzirom na trenutno stanje u kome se nalaze tehnologije obrade, glodanje i struganje predstavljaju najrazvijenije i najšire proučene tehnologije rezanja. Na slici 3. prikazani su tipski zahvati glodanja u SolidCAM-u u šta spada 2.5D obrada, troosno i petoosno glodanje.



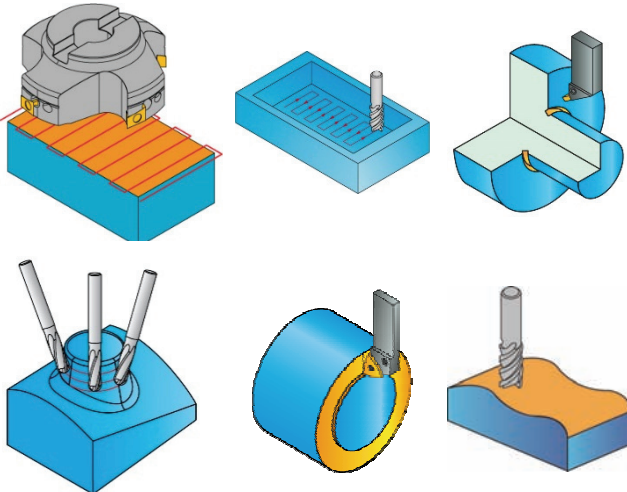
Slika 3. Tipski zahvati glodanja u SolidCAM-u

Na slici 4. su prikazani sve tehnološke operacije obrade struganja koje su podržane programskim sistemom SolidCAM.



Slika 4. Tipski zahvati struganja u SolidCAM-u

Svi tipski zahvati struganja i glodanja kao i postupci za definisanje i generisanje željene putanje su detaljno objašnjeni u ovom radu. Na slici 5. su prikazani neki nasumično izabrani tipski zahvati obrade.



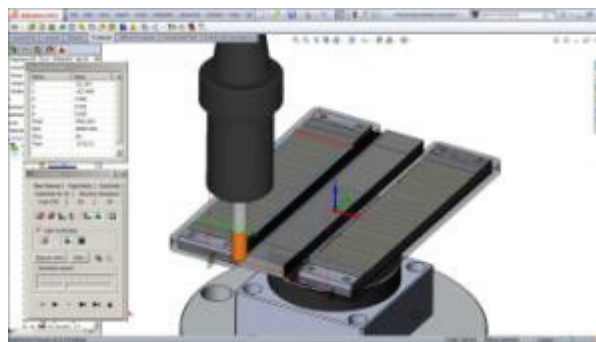
Slika 5. Ilustracija tipskih zahvata glodanja i struganja

4. SIMULACIJA OBRADE REZANJEM U SOLIDCAM-U

Kompjutersko upravljanje predstavlja osnovu automatizacije obradnog procesa. Sve potrebne informacije za upravljanje i realizaciju obradnog procesa koje se programiraju, sistematizuju se i kodiraju u formi programa i unose se u memoriju upravljačkog sistema. Pri tome, osnovu pri projektovanju u industrijskoj praksi čine grafičke simulacije procesa obrade koje se najčešće ostvaruju programskim sistemima. SolidCAM u svom asortimanu, u zavisnosti od objekta simulacije, nudi više vrsta simulacija i to:

- HOST CAD
- 2D
- 3D
- SOLIDVERIFY
- SOLIDVERIFY 3D
- RAPIDVERIFY
- REST MATERIAL
- TURNING
- „MACHINE SIMULATION“ SIMULACIJA

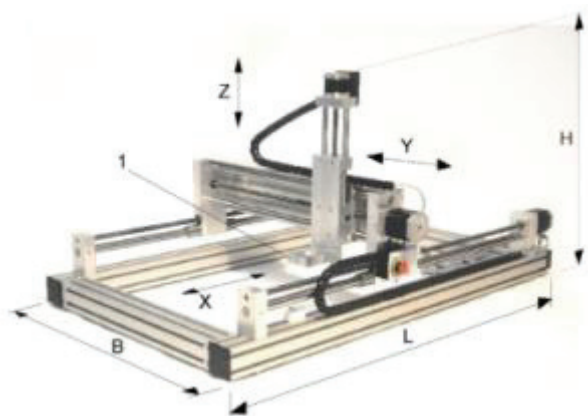
SolidCAM simulacije omogućavaju proveru i prikaz generisane i izračunate putanje alata. Simulacijom se mogu izbeći problemi kao što su nepravilno definisanje operacija, kolizija alata sa radnim predmetom, elementima mašine, steznim priborom i drugi vidovi kolizije. Na slici 6. je prikazana „HOST CAD“ simulacija koja omogućava prikaz skidanja materijala (eng. „Solid Verification“), prikaz 3D alata, nosača alata, steznog pribora, 3D modela priprema kao i najvažnije, simulacija i verifikacija putanje alata se izvršava u okruženju programskog sistema SolidWorks. U radu je dato objašnjenje, prednosti i mane svih simulacija koje podržava programsko rešenje SolidCAM.



Slika 6. Simulacija HOST CAD u SolidWorks okruženju

5. RAZVOJ SIMULACIJE OBRADE (MACHINE SIMULATION) NA NUMA

„Machine simulation“ simulacija predstavlja možda i najvažniju simulaciju i verifikaciju putanje alata pre nego što se upravljački program pusti na mašini alatki i počne sa obradom, jer omogućuje verifikaciju putanje alata u realnom okruženju definisane mašine alatke. Zbog praktičnog značaja mašinske simulacije u radu su prikazani koraci za definisanje mašinske simulacije na realnoj troosnoj mašini alatki HEIZ HIGH-Z S-1000/T u SolidCAM-u (slika 7.).



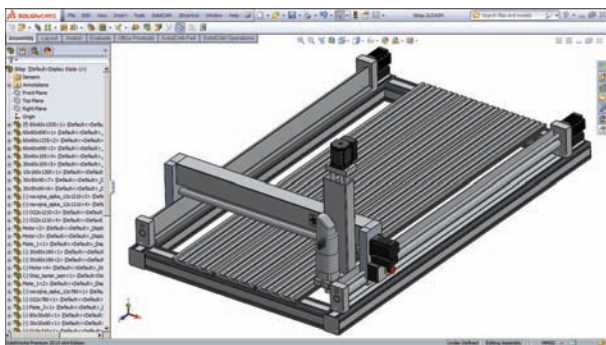
Slika 7. HEIZ HIGH-Z S-1000/T mašina alatka

U tabeli 1. su prikazane dimenzije HEIZ HIGH-Z S-1000/T mašine alatke.

Tabela 1. Dimenzije HIGH-Z S-1000/T mašine alatke

MODEL HIGH - Z			S-1000
Dužina	L	mm	1350
Širina	B	mm	840
Visina	H	mm	550
Radna ploča		mm	1330x690
Radni prostor	X	mm	1000
	Y	mm	600
	Z	mm	110
Težina		kg	41

Za definisanje mašinske simulacije neophodno je posedovati sklop mašine alatke u STL formatu. SolidWorks omogućava definisanje elemenata sklopa, kao i čuvanje istog u STL formatu. Definisanje elemenata sklopa treba biti optimalno, odnosno, ne treba definisati sve elemente mašine alatke, već samo elemente koji utiču na detekciju kolizije. Na slici 8. prikazan je kinematski sklop HEIZ HIGH-Z S-1000/T mašine alatke u SolidWorks okruženju.



Slika 8. Mašina alatka definisana u SolidWorks-u

MachSim je interno programsko rešenje SolidCAM-a za definisanje mašinske simulacije u kojem je neophodno proći kroz nekoliko faza koje su detaljnije objašnjene u radu:

- definisanje imena mašine alatke
- definisanje nepokretnih elemenata mašine alatke
- definisanje vektora translacionih osa mašine alatke
- definisanje pozicije i geometrije alata

- definisanje pozicije priprema, steznog pribora i koordinatnog sistema
- definisanje dinamičkih steznih pribora
- definisanje dinamičke geometrije radnog predmeta, priprema i prikaz putanje alata u simulaciji

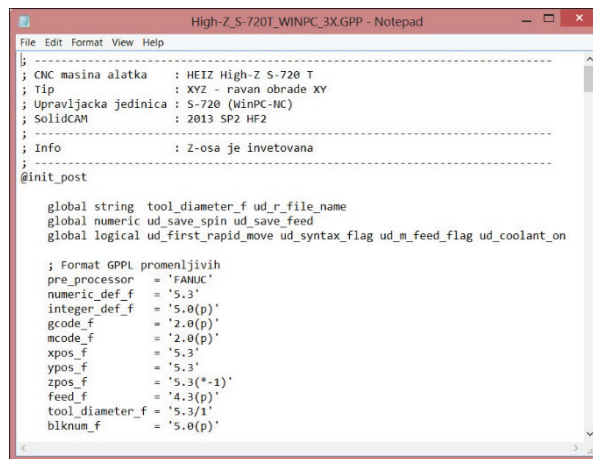
6. POSTPROCESIRANJE I RAZVOJ POSTPROCESORA U SOLIDCAM-U

Prvi korak definisanja CAMPart-a je izbor mašine alatke (upravljačke jedinice), odnosno izbor postprocesora. Naziv „postprocesor“ se može definisati kao prevodilac programskog jezika SolidCAM-a u prepoznatljiv oblik koji upravljačka jedinica CNC mašine alatke razume. U SolidCAM-u postprocessor čine tri datoteke sa ekstenzijom:

- GPP
- PRP
- VMID

6.1 GPP datoteka, osnovni pojmovi i definicije

GPP datoteka (eng. „General Post-Processor“) definiše proceduralno kako će se parametri i definisana putanja alata razviti u G-kod. GPP datoteku čine nizovi procedura i parametara ispisanih po pravilima GPPL-a (eng. „General Post Processor Language“), internog programskog jezika SolidCAM-a. Ovu datoteku je moguće generisati pomoću običnog tekstualnog editora (slika 9.).



Slika 9. Izgled GPP datoteke

6.2 PRP datoteka, osnovni pojmovi i definicije

PRP datoteka (eng. „Pre-Processor Parameters“) se sastoji od grupe parametara koji utiču na samu generaciju putanje alata u SolidCAM-u. Vrednosti parametara u PRP datoteci mogu biti:

- celi brojevi (-999999999, +999999999)
- numerički (-1.E300, +1.E300)
- logički - TRUE (1) ili FALSE (0)
- slovni (sadrži bilo koji karakter ASCII-ja)

```
High-Z_S-720T_WINPC_3X_PRP - Notepad
File Edit Format View Help


```
pre_processor
;Internal parms
gpp_file_ext = HC
start_comment = ;
tool_table_name =
max_g_name_length = 0
split_gcode = Y
dir_gcode =
split_gcode_folders = N
gcode_part_subfolder = N

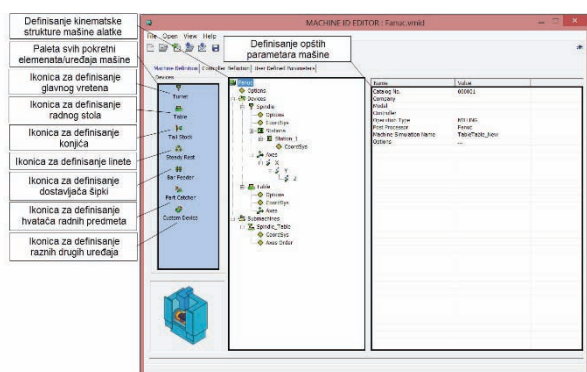
;Machine Initialize
machine_plane = XY
abs_coord = N
_5x_rotary_axes = ZYX
direction_4x = CCW
tilt_axis_dir = CW
tilt_axis_dir_CW_CCW = N
iMachine_DB_name =

;Program numbers
prog_num_min = 1000
prog_num_max = 9999
prog_num_dfl = 1
proc_num_min = 1
proc_num_max = 200
```


```

6.3 VMID datoteka, osnovni pojmovi i definicije

Unutar VMID datoteke se definišu svi kinematski parametri i elementi mašine. Na slici 11. se može videti izgled dijalog prozora za definisanje VMID datoteke. VMID datoteka praktično ima dva cilja, a to je da poveže kinematske karakteristike mašine sa definisanom mašinskom simulacijom i da se kod složenijih mašina (četvoroosne i petoosne glodalice, obradni centri, itd) dobiju tačne vrednosti pozicija translatorskih i rotacionih osa u G-kodu.



6.4 Primer definisanja postprocesora

Za primer definisanja postprocesora izabrana je CNC troosna glodalica HEIZ HIGH-Z S-1000/T za koju je bila definisana mašinska obrada u prethodnim poglavljima. Definisane su tri datoteke:

- Zbog složenosti ove oblasti u narednom tekstu biće izložena samo **GPP** datoteka:

; CNC masina alatka : HEIZ High-Z S-720 T	
; Tip : XYZ - ravan obrade XY	
; Upravljacka jedinica : S-720 (WinPC-NC)	
; SolidCAM : 2013 SP2 HF2	
; Info : Z-osa je invetovana	

```
blknum_f      = '5.0(p)'
blknum_gen    = true
blknum_exist  = true
blknum        = 10
blknum_delta  = 10
blknum_max    = 32000000
blknum_letter = 'N'
```

```
endp
@end_program
{nb, 'M30'}
```

```

endp
@machine_plane
    if ud_syntax_flag eq true
        if machine_plane eq XY
            gcode = 17
        else
            abort
        endif
    endif
    {nb, 'G'gcode' G94'}
endif

```

```

endp
@rapid_move
{nb}
gcode = 0
{'G'gcode, ['X'xpos], ['Y'ypos], ['Z'zpos:zpos_f]}
ud save feed=0

```

```

endp
@start_of_job
{nb, '(' , upper(job_name))'}
if msg ne " then
    {nb, '(' , upper(msg))'}
endif
ud_first_rapid_move = true

```

1582


```
ud_save_spin = spin  
endp
```

7. IZRADA KONKRETNOG RADNOG REDMETA NA HEIZ HIGH-Z S-1000/T MAŠINI ALATKI

Praktični cilj ovog master rada je da se sažeta teorija iz prethodnih poglavlja iskoristi za izradu konkretnog radnog predmeta primenom programskog sistema SolidCAM. Verifikacija putanje alata biće urađena u već definisanoj mašinskoj simulaciji SolidCAM-a, a G-kod je generisan sa već definisanim postprocesorom za HEIZ HIGH-Z S-1000/T mašinu alatku. Za radni predmet je izabran modifikovan logo Fakulteta tehničkih nauka, čija projekcija na zakrivljenu površinu daje radni predmet sa složenim površinama (slika 11.).

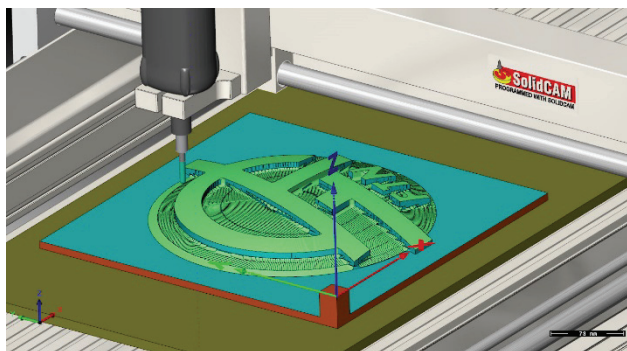


Slika 11. 3D model gotovog proizvoda

Za konkretni radni predmet, gabaritnih dimenzija 300x300x31mm, izabran je pločasti pripremak od drveta dimenzija 350x350x35mm. Izbor pripremk je vršen u odnosu na raspoložive resurse magacina pripremak. Tehnološki postupak obrade konkretnog dela definisan je u jednoj (1) operaciji, odnosno petnaest (15) zahvata od kojih je jedan (1) zahvat grubog, jedan (1) zahvat polu-završnog, jedanaest (11) zahvata završnog glodanja i dva (2) zahvata odsecanja. Zbog složenih površina radnog predmeta nemoguće ih je obraditi 2.5D zahvatima, s toga su se u ovom radu definisale operacije HSR, HSM i HSS-a kao alati visokoproduktivne obrade programskog sistema SolidCAM koje su detaljno objašnjene u ovom radu.

7.1 Mašinska simulacija i verifikacija putanje alata

Projektovani tehnološki postupci obrade radnog predmeta i generisana putanja alata se mogu verifikovati (proveriti), primenom mašinske simulacije (slika 12.).



Slika 12. Verifikacija putanje alata u mašinskoj simulaciji

7.1 Generisanje upravljačkog programa i izrada radnog predmeta

Da bi verifikovana putanja alata za obradu radnog predmeta mogla da bude i definitivno obrađena na mašini alatki – HEIZ HIGH-Z S-1000/T, potrebno je generisati upravljački program pomoću prethodno definisanog postprocesora. Izgled G-koda kao i postupci za puštanje u rad mašinu alatku su detaljno opisani u ovom radu.

Na slici 13. je prikazana mašina alatka u radu.



Slika 13. Mašina alatka u radu

8. ZAKLJUČAK

Primarni cilj ovog master rada jeste da ukaže na najnoviju generaciju integrisanih programskih rešenja, koji pružaju efikasno, brzo i pouzdano projektovanje tehnoloških operacija obrade uz naglasak na generisanje savremenih putanja alata kao i sekundarni, da se ukaže deo mogućnosti ovog programskog rešenja i da se uz pomoć istog izradi konkretni radni predmet.

9. LITERATURA

- [1] GPPTool Help, User Guide; SolidCAM2013
- [2] Sekulić, M. : Inovacione tehnologije, Skripta, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2012.
- [3] Todić, V. : Projektovanje tehnoloških procesa, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2008.
- [4] Gostimirović, M. : Baza podataka obradnih procesa, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2013
- [5] Zeljković, M., Borojev, Lj., Tabaković, S., Antić, A., Živković, A. : Savremeni obradni i tehnološki sistemi; Programiranje numerički upravljanih mašina alatki za obradu rezanjem - Priručnik - FTN, Novi Sad, 2010.

Kratka biografija:



Danijel Đurica rođen je u Beogradu 1988. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mašinstva odbranio je 2014.god.



Milenko Sekulić rođen je u Prijepolju 1966. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 2007. god. Uža naučna oblast su mu procesi obrade skidanjem materijala i simulacije

**PREDIKCIJA POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE U PRIMARNOJ PRERADI
NAFTE PRIMENOM TEORIJE VEKTORA PODRŠKE I RASPLINUTE LOGIKE****PREDICTION OF ELECTRIC POWER CONSUMPTION IN PRIMARY REFINING THE
APPLICATION OF SUPPORT VECTOR MACHINES AND FUZZY LOGIC**Dijana Čalijsa, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U ovom radu je prikazana primena teorije vektora podrške (Support Vector Machines, SVM) za predikciju potrošnje električne energije u primarnoj preradi nafte. Podaci lošeg kvaliteta su fazifikovani i vršeno je upoređivanje modela dobijenih sa i bez fazifikacije podataka.

Ključne reči: teorija vektora podrške, rasplinuta logika, predikcija

Abstract – In this study we showed the application of Support Vector Machines (SVMs) in the process of predicting the consumption of fuels in the first faze of oil refining. The data of poor quality were fuzzified and we compared the models obtained with and without fuzzified data.

Key words: support vector machines, fuzzy logic, prediction

1. UVOD

Jedan od ciljeva ovog rada bila je primena Teorije vektora podrške (Support Vector Machines, SVM) metode za prognozu potrošnje energenata u atmosferskoj destilaciji (preradi) sirove nafte kao i njeno dalje usavršavanje u smislu bolje pripreme podataka koji se koriste za obuku SVM modela. Razmatran je uticaj koji na kvalitet prognoze imaju :tip sirove nafte koja se prerađuje, klimatski faktori (temperatura), godišnje doba, kvalitet i broj podataka koji čine skup za obuku.

Napredak u ovoj oblasti doneo je razvoj metoda veštačke inteligencije: neuralnih mreža, rasplinite logike, kombinacije regresionih metoda i metoda neuronskih mreža.

SVM predstavljaju prirodan pristup za rešavanje problema estimacije i predikcije potrošnje različitih vrsta energenata kod industrijskih sistema [1].

Pokazano je da rasplinuta logika predstavlja metod koji pruža velike mogućnosti za rešavanje problema u automatskom upravljanju i obradi informacija.

2. TEORIJA VEKTORA PODRŠKE

SVM su relativno nov metod koji daje obećavajuće rezultate u učenju razdvajajućih funkcija (*separating functions*) u problemima prepoznavanja oblika (klasifikacije) ili estimacije funkcija u problemima regresije. Rezultat procesa obuke algoritma za mašinsko učenje je aproksimaciona funkcija $f_a(\mathbf{x}, \mathbf{w})$ koja je u

teoriji statistike poznata kao hipoteza.

Pod pojmom aproksimaciona funkcija podrazumevamo bilo koju matematičku strukturu koja preslikava prostor ulaznih podataka (*input space*) X u prostor izlaznih podataka (*output space*) Y . Ovaj pojam može označavati: višeslojni perceptron, neuronsku mrežu, RBF mrežu, SVM, fazi model, aproksimirajući polinom ili hipotezu. Ova funkcija aproksimira stvarnu zavisnost između ulaznih i izlaznih podataka u slučaju regresije ili razdvajajuću funkciju (*decision boundary*) u slučaju klasifikacije.

Problem regresije se može definisati na sledeći način: algoritmu mašinskog učenja je dato l podataka za obuku na osnovu kojih on pokušava da “nauči” ulazno-izlazne relacije (zavisnost, preslikavanje ili funkciju) $f(\mathbf{x})$.

Set podataka za obuku

$D = \{[\mathbf{x}(i), \mathbf{y}(i)] \in \mathcal{R}^n \times \mathcal{R}, i = 1, \dots, l\}$ se sastoji od l parova $(\mathbf{x}_1, y_1), (\mathbf{x}_2, y_2), \dots, (\mathbf{x}_l, y_l)$, gde su ulazi $\mathbf{x}_i$ n -dimenzionalni vektori $\mathbf{x} \in \mathcal{R}^n$, a izlazi sistema $y \in \mathcal{R}$ su kontinualne vrednosti.

Posmatramo regresionu hiper-ravan (SVM model kojim se vrši aproksimiranje funkcije):

$$f(\mathbf{x}, \mathbf{w}) = \mathbf{w}^T \Phi(\mathbf{x}) + b. \quad (1)$$

gde je $\Phi(\mathbf{x})$ nelinearno preslikavanje kojim se problem nelinearne regresije iz niskodimenzionalnog prostora ulaznih podataka pretvara u problem linearne regresije u visoko dimenzionalnom prostoru, $\mathbf{w}$ je vektor normale regresione hiper-ravni koja definiše kapacitet modela, dok je b slobodni član.

Parametri za konstruisanje SVM su: ϵ širina zone neosetljivosti (u slučaju regresije), kazneni parametar C (određuje stepen kompromisa između obuke i VC dimenzije modela) i parametar koji određuje oblik izabrane kernel funkcije [2, 3].

Sva tri parametra bira korisnik, najčešće na osnovu vrednosti parametara dobijenih krosvalidacijom (cross-validation).

Obuka i dizajn SVM su iterativni postupci koji uključuju sledeće korake [4]:

1. Preprocesiranje ulaznih podataka (selekcija onih osobina podataka čiji je uticaj definisanje problema kao problema regresionog ili klasifikacionog tipa).
2. Skaliranje između $[-1, 1]$ ili $[0, 1]$, proveru i odstranjivanje podataka čija vrednost nema smisla (*outliers*).
3. Izbor kernel funkcije koja određuje prostor hipoteza, razdvajajuću funkciju (*decision function*) u slučaju klasifikacije ili regresionu funkciju u slučaju regresije.

NAPOMENA:

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

4. Izbor parametra koji određuje oblik kernel funkcije (varijansa kod Gausijanovog RBF kernela ili red polinoma kada je kernelova funkcija polinom).

5. Izbor parametra C i u slučaju regresije izbor očekivane tačnosti aproksimacije izborom vrednosti parametra ε .

6. Rešavanje QP problema.

7. Validacija modela korišćenjem test podataka koji do tada nisu korišćeni u obuci SVM i u slučaju potrebe ponavljanje koraka 3, 4 i 7.

Za rešavanje ovog problema izabran je RBF (radial basis function) kernel. Ovakav izbor kernela, pored parametara C i ε , zahteva određivanje još jednog parametra, δ koji određuje oblik izabrane kernel funkcije.

Sva tri parametra bira korisnik izborom najbolje kombinacije parametara (C, ε , δ) koja se dobija krosvalidacijom (cross-validation) [5, 6]. Cilj je odabrati one parametre za koje SVM model daje što manju vrednost greške predikcije kada su na ulaz u SVM dovedeni novi podaci (tj. test podaci).

3. RASPLINUTA LOGIKA

Za razliku od konvencionalne logike (crisp) koja se zasniva na jasnim i precizno utvrđenim pravilima u rasplinutoj logici nije precizno definisana pripadnost jednog elementa određenom skupu, već se pripadnost meri u procentima. Ove mere pripadnosti, skalirane, mogu da uzimaju vrednosti od 0 do 1. Rasplinuta logika je matematički formalizam pomoću koga se modeluje neodređenost u procesu odlučivanja [7].

Za jednostavnije sisteme fuzzy pristup se pokazao kao veoma efikasan dok se za komplikovanije sisteme pokazao kao veoma zahtevan. Za realizaciju kontrolera u tom slučaju je potrebno mnogo resursa, i vremenskih i intelektualnih.

Postoje tri osnovna pojma pomoću kojih rasplinuta logika (fazi logika) modeluje neodređenost u odlučivanju, i to su:

1. Funkcije pripadnosti
2. Operacije fazi logike
3. Fazi pravila za zaključivanje

U okviru ovog rada vršena je fazifikacija podataka o potrošnji ulja za loženje na osnovu količine prerađene nafte, odnosno na osnovu iskorišćenja postrojenja. Fazifikacija je vršena sa tri fuzzy skupa za ulaznu i tri fuzzy skupa za izlaznu promenljivu.

Korišćen je Takagi-Sugeno-Kang model koji je dosta sličan Mamdani metodi. Glavna razlika je u tome što izlazne funkcije pripadnosti izračunate za Sugeno model nultog reda uvek su ili linearne ili konstantne. Tipična forma pravila ovog modela je:

If Ulaz1 = x and Ulaz2 = y, then Izlaz is z = ax+by+c
izlazni nivo je konstantan (a = b = 0).

Za izlaznu promenljivu (ulje za loženje) birane su „singlton“ funkcije pripadnosti u cilju efikasnosti implementacije.

U procesu fazifikacije ulazni prostor podeljen na 3 oblasti tako da je u procesu odlučivanja bilo neophodno definisati 3 pravila na osnovu kojih se određuje vrednost upravljačke promenljive.

U procesu defazifikacije korišćen je COG (Center Of Gravity) metod, pa je vrednost izlazne promenljive u računata na osnovu izraza

$$u = \frac{\sum_{i=1}^3 w_i u_i}{\sum_{i=1}^3 w_i} \quad (2)$$

Fuzzy Logic Toolbox je skup funkcija izgrađenih u *Matlab* numeričkom računarskom okruženju. On obezbeđuje korisnicima ovog programskog paketa, da kreiraju i prikažu fazi sistem u *Matlab* okruženju, ili da ga integrišu u simulacioni model napravljen u *Matlab Simulink* -u, čak i da naprave nezavisne C programe koji proističu iz fazi sistema izgrađenih u *Matlab* -u. U okviru ovog rada oslanjali smo se na mogućnosti koje pruža grafički korisnički interfejs (Graphical User Interface - GUI) u sintezi fazi sistema. Fuzzy Logic Toolbox obezbeđuje:

1. Unošenje funkcija sa komandne linije - funkcije koje korisnik poziva sa komandne linije ili iz svoje sopstvene aplikacije
2. Grafički interaktivni alat - omogućava pristup mnogobrojnim funkcijama pomoću grafičkog korisničkog interfejsa
3. *Simulink* blokove - omogućava brzo uključivanje fazi sistema u *Simulink* okruženje.

4. SVM MODEL

Formirano je 30 različitih regresionih SVM modela u kojima je urađena procena potrošnje električne energije [8]. Za generisanje i simulaciju rada SVM korišćen je softver LIBSVM [9], koji predstavlja biblioteku funkcija za modelovanje SVM. U okviru softvera implementirana je i biblioteka funkcija za rešavanje problema regresionog tipa.

Izbor podataka prema kojima je formiran SVM model vršen je uglavnom na osnovu iskustvenih zapažanja i analiziranjem dostupnih podataka. U našem slučaju SVM model formiran je na osnovu sledećih parametara: dnevna prerada sirove nafte, dnevna potrošnja električne energije, dnevna potrošnja ulja za loženje, dnevna potrošnja prirodnog gasa, dnevna potrošnja rafinerijskog gasa, dnevna potrošnja pare, dnevna potrošnja rashladne vode, instrumentalnog i tehničkog vazduha, dnevno iskorišćenje postrojenja koje vrši preradu sirove nafte (%), događaj uključivanja postrojenja, tip nafte, uticaj sezonskih i klimatskih faktora.

Potrebno je odabrati tipove podataka (attribute) koji će formirati skup za obuku, pošto različiti tipovi podataka uvršteni u skup za obuku daju različite SVM modele. Zatim se ti isti atributi moraju pripremiti tako da budu pogodni za obuku SVM modela, a zatim se prebacuju u format koji je zahtevan softverom LIBSVM.

Izbor atributa vršen je na osnovu analize prirode procesa atmosferske destilacije nafte, karakteristika postrojenja i analize podataka sa kojima se raspolaže [10].

Pošto su izabrani atributi koji ulaze u obučavajući skup, podaci su skalirani u intervalu [0, 1] ili u opsegu [-1, 1]. Isti princip skaliranja se pre testiranja SVM modela primenjuje na test podatke. Skaliranjem podataka izbegnuta je mogućnost dominacije atributa koji imaju veće numeričke vrednosti i izbegnute numeričke teškoće u toku obuke SVM. Velike vrednosti atributa mogu uzrokovati numeričke probleme, pošto vrednosti kernela

uglavnom zavise od skalarnog proizvoda vektora atributa, kao u slučaju linearnih i polinomijalnih kernela.

Obuka regresionog SVM modela zahteva da se unapred odabere kernel funkcija i parametri koji je definišu, parametar C i parametar ϵ . U okviru ovog rada kao kernel funkcija korišćen je RBF kernel.

U verziji softvera LIBSVM 2.71., RBF kernel je definisan kao $K(x_i, x_j) = \exp(-\gamma \|x - x_k\|_2^2)$, tako da je parametar koji određuje oblik RBF funkcije γ (gama) [10]. Pošto je u radu izabran RBF kernel potrebno je odrediti "najbolje" parametre: C, ϵ , γ . U softveru LIBSVM 2.71. parametri kernela C, ϵ , γ su obeleženi sa C, p, g respektivno. Kako ovi parametri nisu unapred poznati potrebno je izvršiti neku vrstu pretrage. Takođe, cilj je bio izbeći pojavu problema preobuke modela, tako da se pretraga vrši primenom *cross-validation* metoda [11]. Cilj je odabrati one parametre za koje SVM model daje što manju vrednost greške predikcije kada su na ulaz u SVM dovedeni novi podaci (tj. test podaci).

5. VERIFIKACIJA MATEMATIČKOG MODELA

Provera je izvršena na primeru postrojenja za atmosfersku destilaciju U100 i U2100 rafinerije u Novom Sadu. Izvršene su analize dobijenih rezultata, između ostalog analiza greške procene potrošnje energenata.

Urađene su tri grupe eksperimenata. Prvo su vrednosti potrošnje ulja za loženje posmatrane kao originalne vrednosti dobijene iz rafinerije, potom preračunate u SRF vrednosti a zatim kao fazifikovane vrednosti.

Po svakom eksperimentu imamo 5 primera i za svaki primer izlaz je potrošnja električne energije a ulazi su količina prerađene nafte, tip nafte koja se prerađuje, događaji uključenja postrojenja, iskorišćenje postrojenja (u %), potrošnje različitih energenata (sa originalnim, odnosno fazifikovanim vrednostima) i godišnje doba.

Na Slici 5.1. možemo da vidimo potrošnju električne energije za dane kada je vršeno testiranje u postrojenju atmosferske destilacije U100. Procenjena potrošnja dobro prati originalne vrednosti mada između ostvarenih i procenjenih vrednosti postoji konstantna razlika (offset). Kada dolazi do isključenja odnosno uključenja postrojenja na grafikonu primećujemo pojavu "pikova" u potrošnji električne energije. U našim analizama procenjene vrednosti dobro prate ove pikove što se tiče postrojenja U100. Moramo da naglasimo da su u postrojenju U100 podaci okarakterisani kao „dobri”, tj. sadrže malo netačnih merenja.

Takođe je razmatran uticaj koji na kvalitet procene potrošnje električne energije imaju kvalitet podataka i broj podataka za obuku.

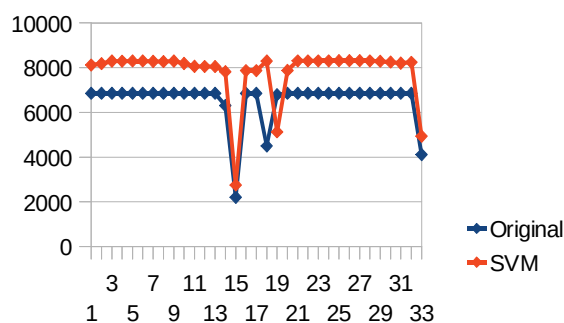
Na Slici 5.2. možemo da vidimo kretanja apsolutne relativne greške procene potrošnje električne energije u odnosu na iskorišćenje postrojenja koje je od važnosti za sam kvalitet procene potrošnje. Vrednost apsolutne relativne greške je veća pri malim iskorišćenjima postrojenja pa je s tim u vezi bilo znatno teže vršiti procenu potrošnje električne energije. S obzirom da postrojenje uglavnom radi sa iskorišćenjima preko 60%, SVM model daje prihvatljive rezultate procene potrošnje električne energije. Iskorišćenja manja od 50% javljaju se

veoma retko. Skok greške se javlja kao posledica malog broja dana u kojima je postrojenje radilo sa ovim iskorišćenjem pa je s tim u vezi broj podataka za obuku od značaja za sam kvalitet SVM modela.

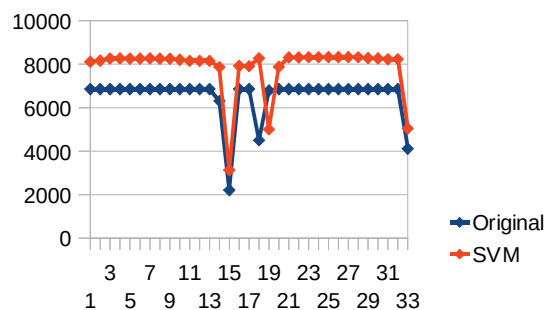
Problem pri izradi ovog rada predstavljali su podaci o potrošnji energenata koji nisu direktno mereni već su se izračunavali po pogonima na osnovu ukupne potrošnje energenata rafinerije (potrošnja gasa).

Dobijeni podaci su u matematički proračun uvršteni sa umanjenom pouzdanošću iz tog razloga što je proračun sam po sebi vrlo komplikovan i uzima u obzir složene funkcionalne zavisnosti između pojedinih postrojenja. Urađena je analiza SVM modela na kvalitet podataka i došlo se do rezultata da se čak i ovakvi podaci mogu koristiti u tom estimiranom obliku.

Kampanjska prerada nafte i veliki broj uključenja i isključenja sistema na godišnjem nivou takođe predstavljaju veliki problem pri proceni potrošnje električne energije.

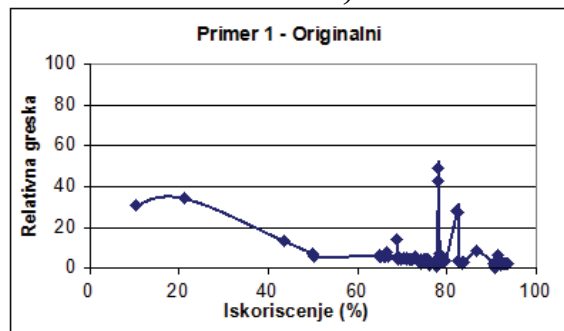


a) Lož ulje posmatrano kao originalna vrednost

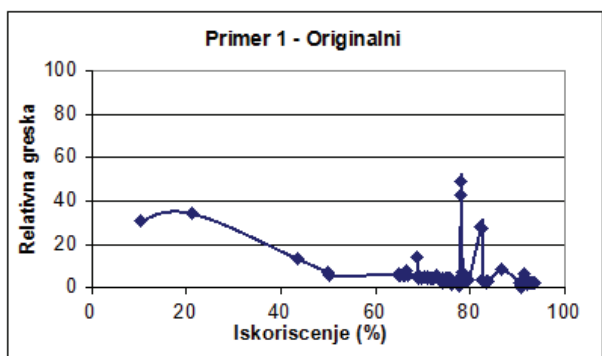


b) Lož ulje posmatrano kao fazifikovana vrednost

Slika 5.1. Ostvarena i procenjena potrošnja električne energije u danima kada je vršeno testiranje (postrojenje U100)



Slika 5.2. Vrednosti relativne greške procene potrošnje električne energije u odnosu na iskorišćenje postrojenja (%) - postrojenje U100 rađeno sa originalnim vrednostima



Slika 5.3. Vrednosti relativne greške procene potrošnje električne energije u odnosu na iskorišćenje postrojenja (%) - postrojenje U100 rađeno sa fazifikovanim vrednostima

6. ZAKLJUČAK

Kvalitetna prognoza potrošnje energenata u primarnoj preradi sirove nafte predstavlja jednu od vitalnih komponenti za upravljanje i optimizaciju procesa prerade sirove nafte. Koristili smo SVM metodu kao novu metodu za rešavanje problema ovakvog tipa.

Kod SVM modela se vidi da je apsolutna relativna greška višestruko veća pri malim iskorišćenjima postrojenja, te da je pri takvim iskorišćenjima znatno teže vršiti procenu potrošnje električne energije. Iskorišćenja manja od 50% javljaju se veoma retko pa SVM model daje zadovoljavajuće rezultate procene potrošnje električne energije (postrojenja najčešće rade sa iskorišćenjima preko 60%).

Cilj ovog rada je bilo dalje usavršavanje primene SVM metode u smislu bolje pripreme podataka koji se koriste za obuku SVM modela.

To je podrazumevalo uklanjanje besmislenih vrednosti (tzv. *outliers*) iz skupa podataka za obuku i testiranje, dalju analizu tipova podatka u cilju dobijanja što kvalitetnijeg skupa za obuku podataka (eksperimenti na skupovima za obuku sastavljenih od različitih tipova atributa), u cilju smanjenja dimenzionalnosti obučavajućeg skupa i dobijanje tačnije procene potrošnje.

U okviru ovog rada korišćena je rasplinuta logika za obradu nekonzistentnih i netačnih podataka koji nisu direktno mereni u Rafineriji Novi Sad. Pokazano je da rasplinuta logika predstavlja metod koji pruža velike mogućnosti za rešavanje problema u automatskom upravljanju i obradi informacija.

Jasno se vidi da od kvaliteta podataka zavisi uspešna obuka SVM modela.

7. LITERATURA

- [1] Milena Petrujkić, "Predikcija potrošnje električne energije u proizvodnji nafte primenom Support Vector Machines", Diplomski-master rad, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad 2006
- [2] B. Schölkopf, A. Smola, *Learning with Kernels, Support Vector Machines, Regularization, Optimization and Beyond*, MIT Press, Cambridge, MA, 2002.
- [3] Kecman V., High Dimensional Function Approximation (Regression, Hypersurface Fitting) by an Active Set Least Squares Learning Algorithm, School of Engineering Report 643, The University of Auckland, Auckland, NZ, (53 p.), 2006.
- [4] Te- Ming Huang, Vojislav Kecman, Ivica Kopriva, *Kernel Based Algorithms for Mining Huge Data Sets*, Springer, 2006.
- [5] B. Schölkopf, C. Burges and Vapnik V., "Extracting support data for a given task". In U. M. Fayyad and R. Uthurusamy, editors, *Proceesings, First International Conference on Knowledge Discovery & Data Mining*. AAAI Press, Menlo Park, CA, (1995)
- [6] Kecman V., Hadzic I., *Support Vectors Selection by Linear Programming*, Proceedings of the International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN 2000), Vol. 5, pp. 193-198, Como, Italy, 2000.
- [7] Sivanandam, S., N., Sumathi, S., Deepa, S., N., *Introduction to Fuzzy Logic Using Matlab*, Springer, 2007
- [8] V. Kecman, *Learning and Soft Computing, Support Vector Machines, Neural Networks and Fuzzy Logic*, The MIT Press, Cambridge, MA, (2001)
- [9] A. Smola and B. Schölkopf, "A Tutorial on Support Vector Regression", *Statistics and Computing* 14: 199-222, (2004), Kluwer Academic Publishers. Manufactured in The Netherlands, (2004)
- [10] C. C. Chang and C. J. Lin (2001) LIBSVM: A Library for Support Vector Machines [Online]. Available: <http://www.csie.ntu.edu.tw/~cjlin/libsvm>
- [11] Chih-Wei Hsu, Chih-Chung and Chih-Jen Lin (2004), „A Practical Guide to Support Vector Clasifikation“, Available: <http://www.csie.ntu.edu.tw/~cjlin/libsvm>

Kratka biografija:



Dijana Čalija rođena je u Bačkoj Palanci 1982 god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnika i računarstvo – Automatika i upravljanje sistemima odbranila je 2014 god.

PRIMENA CONTIKI OPERATIVNOG SISTEMA NA IRIS BEŽIČNIM SENZORSKIM ČVOROVIMA**CONTIKI OPERATING SYSTEM APPLICATION FOR IRIS WIRELESS NETWORK NODES**

Milivoje Bulajić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu su prikazane osnovne metode projektovanja bežične senzorske mreže zasnovane na Contiki OS i Crossbow Iris hardverskoj platformi.. Prikazani su praktični primeri i predlog realizacije senzorske mreže sa web korisničkim interfejsom.

Abstract – In this paper, basic methods of designing wireless sensor networks based on Contiki OS and the Crossbow Iris hardware platform are presented. Practical examples and draft implementation of sensor network with web user interface were demonstrated.

Ključne reči: WSN, ContikiOS, Iris, embedded OS.

1. UVOD

Internet komunikacija između uređaja nije do kraja iskorišćena i tu se nalazi "praznina" koja čeka da bude popunjena u skoroj budućnosti. Za takvo umrežavanje uređaja danas postoji široko interesovanje te se očekuje veliki napredak u narednom periodu. Izraz koji se često koristi kada se priča o uređajima koji međusobno komuniciraju Internet Protokolom je Internet of Things (IoT) [1]. Sistemi kod tzv. pametnih kuća takođe mogu biti zasnovani na uređajima sa ugrađenim IoT mogućnostima.

Masovnim i globalnim umrežavanjem "stvari", uređaja, autonomnih sistema, robota itd. mogli bi se stvoriti uslovi za neko novo doba. Kakav i koliki će uticaj IoT imati na čovečanstvo, teško je predvideti.

Danas je IoT u začetku, rađaju se i nastaju mnogi pionirski projekti. Jedan od aktuelnih softverskih projekata otvorenog koda je Contiki OS [2]. Contiki OS je embedded operativni sistem koji omogućava korišćenja nekih od protokola aplikacionog i mrežnog sloja.

Ovaj rad će se baviti osnovnim principima u projektovanju IP bežičnih senzorskih mreža korišćenjem Contiki OS-a na Crossbow Iris hardverskoj platformi [3].

2. HARDVERSKA PLATFORMA

Iris je hardverska razvojna platforma namenjena izgradnji bežičnih senzorskih mreža.

Ona se sastoji od: čvorova – XM2110CA (slika 1.), interfejs pločica – MIB520CA i senzorske pločice – MDA100CB ili MTS300

NAPOMENA:

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



Slika 1. Izgled mrežnog čvora

Mrežni čvor je štampana pločica na koju je osim konektora, antene i napajanja, montiran i modul XM2110CA koji u svom sastavu ima mikrokontroler, radio transiver i fleš memoriju.

Povezivanje senzorskih elemenata ili aktuatora se vrši uz pomoć senzorskih pločica koristeći AD konvertor ili digitalno (I2C, SPI i UART).

Prva uloga interfejs pločice (MIB520CA) je programiranje mrežnog čvora putem serijske komunikacije sa ISP (In-System Programmer) mikrokontrolera. Druga uloga je serijska komunikacija sa prikačenim čvorom pomoću koje se komunicira sa senzorskom mrežom.

3. CONTIKI OPERATIVNI SISTEM

Contiki OS je operativni sistem čija je prevashodna namena pravljenje bežičnih senzorskih mreža i IoT sistema, iako se može koristiti i kao embedded OS opšte namene. Contiki podržava mnoge platforme (bežične senzorske sisteme) među kojima je i Crossbow Iris. Podržanim platformama je pokriven dobar deo mikrokontrolerskih arhitektura kao i solidan broj radio čipova. Zahvaljujući tome, portovanje Contiki OS-a na neku platformu koja koristi postojeću arhitekturu i radio drajvere je relativno jednostavno.

Prva verzija Contiki OS-a izašla je 2002. godine. Inicijalni autor projekta je Adam Dankels. Prve verzije operativnog sistema su bile namenjene omogućavanju internet servisa na zastarelim računarskim platformama kao što su: C64, Apple, Atari, itd. Vremenom je projekat dobio sasvim drugi cilj – bežično umrežavanje modernih mikroracunarskih platformi korišćenjem internet protokola.

3.1. Ključne osobine Contiki OS-a

Protothreads - Threading mehanizam koji omogućavaju pisanje aplikacija koje su istovremeno multi-thread i event-driven. Obzirom da se cilja na male embedded sisteme i imajući u vidu ograničene hardverske mogućnosti takvih sistema, Protothreads ne vode računa o steku. Zato se takav multithreading naziva sackless multithreading.

Mrežni slojevi - Contiki OS dolazi sa dva mrežna modula:

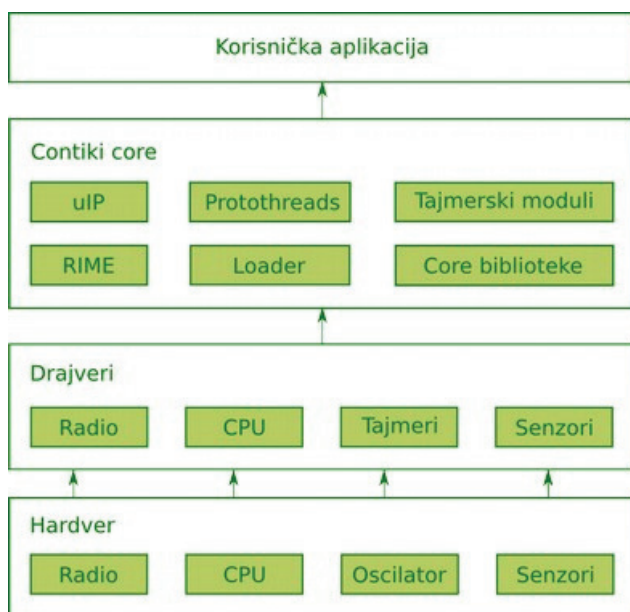
- RIME - koji se sastoji od mrežnih primitiva (unicast, broadcast, mesh, network flood...) i pogodan je za korišćenje kada je unapred poznata arhitektura mreže.
- uIP - podržava TCP/IP sa standardnim TCP i UDP protokolima i RPL (čita se ripl) sistemom rutiranja koji je namenjen za low-power uređaje.

Mala potrošnja energije - Contiki OS je dizajniran tako da omogućava maksimalnu uštedu energije, što je važno jer bežični senzorski čvor treba da izdrži (idealno) više godina bez zamene baterija.

Cooja simulator - aplikacija koja omogućava simulaciju senzorskih mreža i lakše pronalaženje mogućih grešaka pre pokretanja aplikacije na realnom hardveru gde je svakako teže otkriti probleme.

3.2 Arhitektura Contiki OS-a

Contiki operativni sistem poseduje drajverski sloj koji apstrahuje hardver. Iznad njega se nalazi srž ili core sloj operativnog sistema. Korisnička aplikacija se nalazi na vrhu i obično je nezavisna od platforme na kojoj se izvršava. Na slici 2. su prikazani nivoi apstrakcije kod Contiki OS kroz uprošćeni dijagram.



Slika 2. Nivoi apstrakcije Coniki OS-a

4. PODEŠAVANJE RADNOG OKRUŽENJA

Build sistem Contiki OS-a je tako osmišljen da je Linux najpogodniji kao operativni sistem 'domaćin' za razvoj Contiki OS aplikacija. Obzirom da je Windows daleko

rasprostranjeniji OS opšte namene, virtualizacija računara se nameće kao rešenje. Virtualna mašina (računar) se pravi u nekom od specijalizovanih softvera kao što je VirtualBox.

Nakon instalacije Linux-a potrebno je podesiti radno okruženje, dobiti izvorni kod Contiki OS-a i instalirati AVR razvojne alate (Iris je AVR bazirana platforma).

U samom izvornom kodu je potrebno modifikovati Makefile i dodati zaglavlja kako bi se omogućila upotreba prisutnih senzorskih pločica.

5. STANDARDI I TEHNOLOGIJE IP BAZIRANIH SENZORSKIH MREŽA

Razvojem IoT tehnologija došlo je do standardizacije određenih protokola i tehnologija. U ovom poglavlju će biti ukratko opisane neki od standarda i tehnologija koji su implementirani kroz Iris hardversku platformu ili Contiki OS.

5.1 IEEE 802.15.4

IEEE 802.15.4 je standard u radio komunikacijama specificiran od strane IEEE za Personal Area Network (PAN) mreže. PAN mreže zasnovane na ovom standardu karakteriše niska potrošnja energije i nizak propusni opseg (svega 250 kbps).

Standard obuhvata fizički i MAC sloj. Fizički sloj koristi 2.4GHz opseg koji je globalno slobodan i dostupan. Opseg je širok 83.5 Mhz i podeljen je na 16 kanala (od 11. do 26.). Problem predstavlja preklapanje sa WiFi opsegom te signal može biti ometen jačim WiFi izvorima. Kao rešenje ovog problema, uvodi se tzv. channel hopping algoritmi koji su zaduženi za pronalaženje slobodnog komunikacionog kanala. Channel hopping je implementiran u Contiki-u.

5.2 IPv6

Contiki OS podržava IPv4 i IPv6 verziju protokola. Međutim naglasak je stavljen na IPv6 protokolu prevashodno zbog većeg adresnog prostora.

Verzija 6 protokola se pojavila 1990. godine kao nadogradnja IPv4. Verzija 4 omogućava postojanje 4.3 milijarde jedinstvenih adresa (manje od jedne adrese po čoveku) dok je uvođenjem IPv6 adresni prostor proširen na $3.4 \cdot 10^{38}$. Razumljivo, sa popularizacijom IoT gde će biti potreban ogroman broj jedinstvenih IP adresa IPv6 se nameće kao logičan izbor.

5.3 6LowPAN

Korišćenje IPv6 na 802.15.4 fizičkom nivou ima dve značajne mane. Naime, minimalni MTU (Maximum Transmission Unit) kod 802.15.4 iznosi 127 bajta dok je on kod IPv6 1280 bajta. Takva razlika dovodi do neminovne fragmentacije paketa.

Druga mana proizilazi iz malog MTU fizičkog sloja (u odnosu na IPv6 MTU) jer svaki paket po IPv6 (zajedno sa TCP) ima zaglavlje veličine 60 bajta. Dodatno na fizičkom nivou se dodaje zaglavlje veličine 39 bajta što ostavlja samo 28 bajta za korisne podatke.

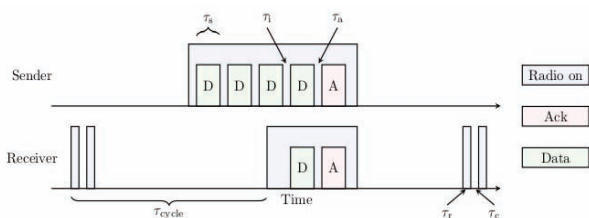
Da bi se rešio ovaj problem, uvodi se međusloj koji omogućava efikasniju komunikaciju između IPv6 i

802.15.4 sloja. Mreže koje imaju implementiran ovaj međusloj se nazivaju 6LoWPAN (IPv6 over Low power wireless Personal Area Networks)[4].

5.4 Radio duty cycling

Kako su senzorske mreže često baterijski napajane, hardver i softver moraju biti pažljivo dizajnirani kako bi se smanjila potrošnja. Kako je neefikasno da radio bude uključen sve vreme on se gasi po slanju paketa i uređaj ulazi u stanje niske potrošnje. Međutim, kada bi se radio potpuno gasio po slanju paketa, prijem paketa bi bio nemoguć. Iz tog razloga se uvodi RDC (Radio duty cycling) tehnika kojom se radio u neaktivnim trenucima povremeno "budi" i osluškuje etar.

Na slici 3. je prikazan RDC implementacija u Contiki OS-u koja se zove ContikiMAC.



Slika 3. RDC

Iz primera se vidi da pošiljalac pokušava sa slanjem podataka sve dok primalac ne potvrdi prijem sa ACK porukom. Na prijemnoj strani se periodično osluškuje etar i u slučaju detektovanja nadolazeće poruke radio se drži uključen sve dok se poruka u celosti ne primi i nakon toga se odlazi u stanje niske potrošnje sve do isteka sledećeg RDC perioda.

5.5 RPL

Contiki koristi RPL protokol za rutiranje (skraćeno za Routing Protocol for Low Power and Lossy Network). Ovaj protokol za rutiranje je dizajniran tako da je optimizovana komunikacija: više tačaka prema jednoj tački. Takva konfiguracija se obično i viđa kod senzorskih mreža gde grupa čvorova šalje podatke ka jednom centralnom supernode-u (superčvoru).

RPL je distance vector protokol za rutiranje koji u svrhu rutiranja pravi strukturu tipa stablo koja se naziva usmereni aciklični graf ili Destination Orientated Directed Acyclic Graph (DODAG).

Jedan od čvorova je proglašen za koreni čvor (root node - supernode) DODAG-a, a ostali mrežni čvorovi grade mrežu tipa "više tačaka-jedna tačka" (multipoint-to-point). Međusobnim uvezivanjem čvorova dobija se struktura obrnutog stabla. Svaki čvor ima DODAG rang koji govori o udaljenosti čvora od korena. Takođe, svaki čvor održava listu roditeljskih čvorova od kojih je jedan selektovan kao prioritetan roditelj.

5.6 SLIP

Senzorska mreža sama za sebe nema mnogo smisla ako nema vezu sa spoljnim svetom. U tu svrhu se obično koristi takozvani border-router čija je osnovna uloga povezivanje dva mrežna interfejsa. To se može postići korišćenjem PC računara, koji bi dalje saobraćaj

prosleđivao na internet, po potrebi ili u hardverskoj izvedbi gde je border-router specijalno dizajniran uređaj koji podržava više mrežnih interfejsa (Ethernet, WiFi...). Contiki OS dolazi sa aplikacijom pod nazivom border-router koja za vezu sa spoljnim svetom koristi SLIP. SLIP (Serial Line Internet Protocol) služi za prenos IP paketa preko serijske veze sa računarom. Iako se protokol smatra zastarelim on i dalje nalazi svoje mesto u IP komunikaciji sa mikrokontrolerima i ostalim uređajima koji imaju ograničene resurse.

SLIP je konfigurisan kao fallback interfejs. To znači da pri dolasku paketa u border-router on će prvo pokušati da nađe adresu uručjenja među uređajima koji se nalaze u RPL stablu. Svi paketi čija adresa nije nađena bivaju prosleđeni kroz SLIP ka računar.

6. REALIZACIJA SENZORSKE MREŽE SA WEB KORISNIČKIM INTERFEJSOM

U svrhu prezentacije u ovom odeljku će biti dokumentovan razvoj sistema za daljinsko očitavanje temperature i osvetljenja. Osim očitavanja podataka sa senzora, sistem omogućava protok informacija u suprotnom smeru - slanje komandi iz internet pregledača ka senzorskim čvorovima.

Sistem se sastoji od četiri podsistema:

- Senzorski podsistem - senzorska mreža zasnovana na ContikiOS i IRIS čvorovima.
- Klijentska aplikacija na računaru - zasnovana na Tornado (asinhroni Python framework)
- Centralna aplikacija na serveru - Tornado server
- Prezentacioni podsistem – JavaScript aplikacija.

6.1 Senzorski podsistem

Senzorski sistem ima mrežnu strukturu stabla i koristiti RPL za rutiranje paketa po IPv6 mreži.

Osim prevođenja paketa sa SLIP-a i obrnuto, aplikacija na korenom čvoru stabla treba da služi još i kao odašiljač UDP paketa ka granama stabla. Naime, pri pristizanju UDP paketa sa SLIP-a, sa korena treba da bude upućen "multikast" ka čitavom stablu. Multikast je pod navodnicima jer se ne radi o suštinskom multikasting-u na mrežnom nivou (ContikiOS v2.7 nema implementiran IPv6 multikasting) već će on biti rešen na aplikativnom nivou.

Čvorovi ispod nivoa korenog čvora su iste konstrukcije i njihova prevashodna uloga je sakupljanje senzorskih podataka i slanje ka odredištu.

Glavne osobine senzorskog čvora:

- sakupljanje podataka sa senzora temperature i osvetljenja
- slanje podataka ka računaru
- mogućnost promene periode uzorkovanja (merjenja)

- prosleđivanje UDP paketa neposrednim potomcima

6.2 Lokalni Tornado server

Čvorovi senzorske mreže komuniciraju sa spoljašnjim svetom preko računara.

Na strani računara je prema predlogu rešenja potrebno napisati serversku aplikaciju. Serverska aplikacija treba da izvršava sledeće zadatke:

- slušanje UDP porta i prijem paketa iz smera senzorske mreže
- obrada podataka sa senzotra - akumuliranu vrednost treba podeliti sa brojem uzoraka; podatke za temperaturu i napon napajanja koji su vrednosti ADC-a treba pretvoriti u fizičke veličine. Ova izračunavanja su obično procesorski "skupa", pa je njihovo izračunavanje zgodno obaviti na PC.
- slanje i prijem HTTP POST zahteva centralnog servera
- slanje komandi ka senzorskoj mreži UDP i TCP protokolima

Za ovaj zadatak je izabran je skript jezik Python, zato što je interpreterski jezik pa se programi pisani u njemu mogu vrlo lako izmenjivati u letu bez potrebe za kompajliranjem. Osim toga, on pruža veliki broj biblioteka koje omogućuju udoban rad na višem nivou apstrakcije.

Obzirom da svaki zahtev i svaka mrežna komunikacija traje neko određeno vreme, aplikacija mora da bude asinhrona. To znači da čekanje na odgovor ili neki drugi mrežni događaj ne sme da blokira rad aplikacije. U suprotnom bi mnogi podaci bili ispušteni ili neblagovremeno obrađeni.

Zbog potrebe za asinhronim radom izabrana je Tornado biblioteka.

6.3 Centralni Tornado server

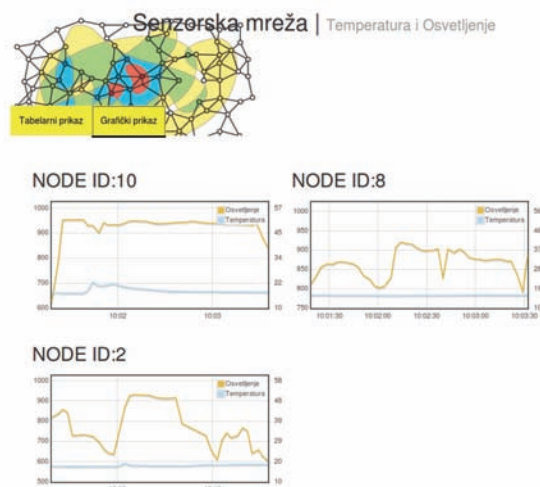
Slično lokanom serveru i centralni server je napisan uz pomoć Tornado biblioteke.

Zadaci:

- Uspostavljanje Websocket komunikacije sa klijentima
- Prijem HTTP POST zahteva od strane lokalnih servera. S ovim zahtevima se dopremaju senzorski podaci koji će odmah biti prosleđeni Websocket protokolom ka svim klijentima.
- Prijem komandi zadatih od strane korisnika i njihovo slanje ka senzorskim mrežama
- Serviranje HTML stranice – "Kontrolna tabla"

6.4 Rezultati

Da bi se pristupilo web servisu senzorske mreže potrebno je u internet pregledač ukucati IP adresu centralnog servera. Izgled web stranice je prikazan na slici 4.



Slika 4. Web korisnički interfejs

7. ZAKLJUČAK

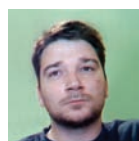
Realizovana senzorska mreža je testirana i rezultati su bili delimično zadovoljavajući. Problem predstavlja spor oporavak RPL stabla i sporo otkivanje novih čvorova. Ovaj nedostatak se može rešiti forsiranim periodičnom popravkom RPL stabla ali taj pristup takođe povećava i potrošnju.

Takođe, prema najava Contiki razvojnog tima, u sledećim verzijama će biti omogućen multikasting na mrežnom nivou što će značajno olakšati projektovanje senzorskih mreža kod kojih poruka treba da propagira kroz čitavo stablo.

8. LITERATURA

- [1] J.P. Vasseur, Adam Dunkels, "Interconnecting Smart Objects with IP - The Next Internet", Cisco Systems, SICS, 2010
- [2] Contiki OS projekat, <http://www.contiki-os.org/>, posećeno avgusta 2014. godine.
- [3] Iris platforma, <http://www.memsic.com/wireless-sensor-networks/>, posećeno avgusta 2014. godine.
- [4] Johan Westö, Dag Björklund, "An Overview of Enabling Technologies for THE INTERNET OF THINGS", Novia University of Applied Sciences, Vasa, Finland, 2014, 14.-26. str.

Kratka biografija:



Milivoje Bulajić rođen je u Vrbasu 1985. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Mikroročunarska elektronika odbranio je 2014. godine.

MERENJE KRATKOG SPOJA U KOLIMA SA H-MOSTOM SHORT CIRCUIT DETECTION IN H-BRIDGE CIRCUITRY

Žolt Baka, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – H-most kolo je sve popularnija topologija za upravljanje motora i drugih opterećenja bipolarne struje iz DC napona napajanja. Jedan od osnovnih zahteva za H-most kola je bezbedan rad. To znači, da u slučaju kratkog spoja izazvanog prethodnim oštećenjem FET-a ili pogrešnim funkcionisanjem upravljačkog kola, ili u slučaju kratkog spoja opterećenja, H-most mora da se deaktivira da bi se sprečilo trajno uništavanje drugih delova uređaja i pregrevanje baterije. Ovaj rad je pretežno pregledni, pošto praktični deo rešenja kola predstavlja poslovnu tajnu firme u kojoj je autor zaposlen.

Abstract – The H-bridge power-transistor is an increasingly popular topology for driving motors and other loads bidirectional from a DC supply potential. A fundamental requirement of H-bridge circuitry is the safe operation. This means in case of short circuit, caused by a (pre) damaged power FET, driving circuitry or shorted load terminals, indication must be provided about fault condition and action has to be taken to prevent permanent destroy of other parts in the device and overheating of the battery. This paper is an overview about the different solutions, details are confidential in the firm in which author works.

Key words: H-bridge, short circuit, EMC, low- and high side free-wheeling, reaction time, common-mode voltage,

1. INTRODUCTION

Current measurement within H-bridge circuitry is a common requirement spanning many types of applications [1]. Generally, current information is often used for controlling of the load by the driving algorithm, but also can be used for short circuit detection. The current based short circuit detection is a so called on-line detection method, because it detects a single failure in powered state only of the H-bridge circuitry. Beside the on-line diagnostics there is a solution for detecting semiconductor failures even before the bridge is activated, this is the so called off-line detection method.

2. FACTORS THAT DETERMINE THE TYPE OF THE METHODS USED

Deciding which of the methods is most appropriate for any given application would involve weighting these factors: reaction time, current measurement range, accuracy, cost, EMC. Regardless of which choice is made, all will require some signal pre- or post processing.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je prof. dr Laslo Nad.

3. OFF-LINE DIAGNOSTICS

The short circuit (damage) of the power MOSFETs can be detected also offline (in unpowered state of the bridge). In this state the load in the middle of the bridge is floating. It allows pulling the terminals of the load to a certain potential (between ground and power supply) by a high impedance path. By measuring the potential of the load terminals it can be detected if one of the power FETs is shorted.

For example, if the high-side FET is shorted the terminal voltage will be pulled to power supply voltage level. Disadvantage of the method is that it cannot detect short of the load terminals (motor coil windings). Advantage is that in case of detected FET failure the driver will not activate the bridge so stressing the other FET in the same branch (low- or high side) of the bridge.

4. ON-LINE DIAGNOSTICS

Online detection methods of the fault conditions can be but must not be combined with current measurement. There are basically three methods of monitoring current [2]. These three basic methods are: resistive, optical and magnetic.

Optical measurement method has the disadvantage that the response time is slower compared to the other methods; on the other hand magnetic method is too expensive, so this paper focuses on resistive method only because this is by far the most frequently used one. This is the simplest, cheapest and the most basic method of current sensing.

It is also by definition the most accurate and linear method (followed by Ohm's law of $U=I \cdot R$). Main disadvantage is that it introduces additional resistance into the electrical circuit. This increases the power dissipation with square function of current ($P=I^2 \cdot R$) and decreases the efficiency.

From power dissipation point of view the lowest possible shunt resistance would be required. On the other hand, the resistance value is proportional with the measurement accuracy, lower the resistance lower the voltage drop across the resistance at given current. Low voltage drop generated by measurable current becomes comparable to the circuit measurement accuracy and resolution. Therefore it is needed to find a balance between measurement accuracy and power dissipation.

Another disadvantage of the method is that increases the source output resistance. This parameter alone would also require low shunt resistance value.

Nowadays, beside of current measurement based methods the short circuit detection based on drain-source voltage monitoring is also widely used.

4.1. Low-side resistive measurement

Low-side (negative or ground potential) measuring circuits generally offer the simplest solutions because the resulting signal is already ground referenced [3].

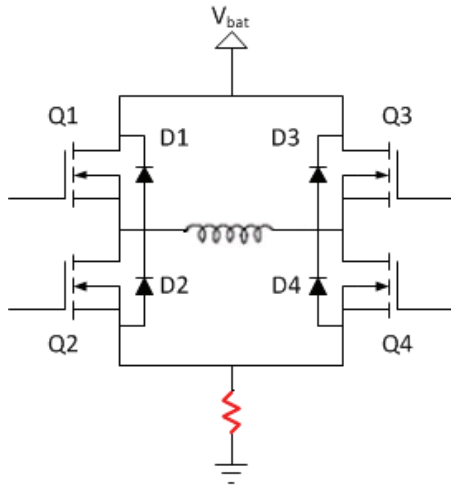


Fig. 1. Low-side resistive measurement

This is the easiest option to find a sense-amplifier for because no differential voltage measurement is needed. On the other hand, the H-bridge (power) circuit is interrupted from the ground plane so causing noisy design in high frequency applications which can fail to meet EMC requirements, especially in automotive applications. Therefore, it is recommended to use a low resistance value. Low resistance will produce the lowest power dissipation. However, with an extremely low resistance, the voltage developed across it is also very low and becomes comparable to circuit offset voltages, compromising accuracy. Therefore a balance between required accuracy and power dissipated for a given current must be found. The main disadvantages are that the load is shifted from direct ground connection and the circuit cannot detect shorts to ground (or grounded chassis) on the load because the short circuit current bridges the sense element. Due to this property, it could be required (especially in safety critical applications) to implement a second detection path into the design when the low-side resistive measurement is chosen to be used.

4.2. High-side resistive measurement

In some applications, the loss of true ground cannot be tolerated (for EMC reasons) or it is not possible to adopt this method for physical reasons, e.g. the system uses a common ground in form of a metal chassis (as in an automotive environment) and components are connected mechanically to ground. Other advantage is that any current that leaves the battery through the bridge is measured, independently if it goes through the motor, through the chassis towards ground due to a loose wire or through the FETs due to internal damage of the semiconductor. The common-mode voltage is always around battery voltage level (V_{bat}), so finding current-sense amplifier with good-enough common-mode rejection ratio and high enough input voltage range can be a challenge. However, the high input voltage is often shifted down to the comparator operating voltage level by a voltage divider but it can easily lead to accuracy problems. The final slight problem is that short-circuits towards V_{bat} on the motor terminals is not detected by

this circuitry. Often it is decided if short circuit of the motor terminals toward ground or V_{bat} is more realistic and important in the given design and so choosing a low- or high side measurement method.

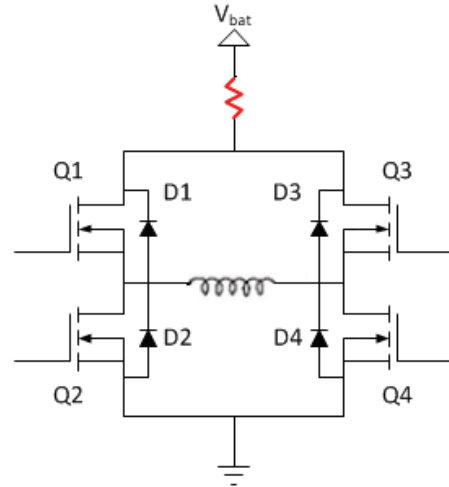


Fig. 2. High-side resistive measurement

4.3. Load current measurement

Bi-directional (load) current measurement is used if it is required to know in which direction the load current is flowing both during on and off-time, this gives significant advantage to this type of measurement method. This topology introduces a little bit asymmetry into the circuit. (How big it is, depends on the resistance value compared to the resistance of the load). Other disadvantage of the method is the common-mode voltage, it is even worse than in previous case. It is jumping in higher voltage range than the voltage level of the system. The maximum voltage is higher than V_{bat} during passive high-side free-wheeling through the diode D1 with voltage drop across this body diode, while the minimum voltage is negative due to the voltage drop across body diode D2 during passive low-side free-wheeling. Finding a current sense amplifier that can properly handle this condition is not easy, especially one with a single, positive power supply. The main disadvantage is that this measurement technique completely fails to detect switching element failures, so cannot be applied for detection of all short circuit failure cases.

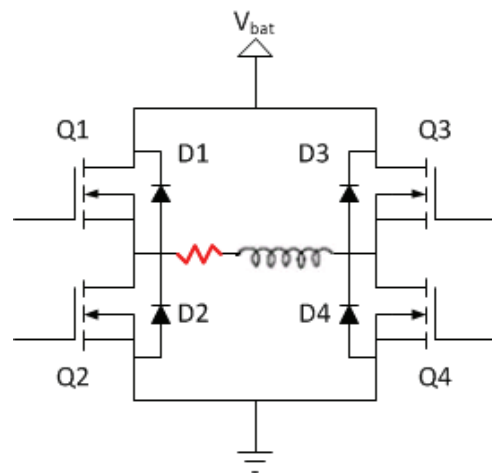


Fig. 3. Load current measurement

4.4. Drain-source voltages monitoring

This short circuit detection method is monitoring the drain-source differential voltages of each individual FET in the H-bridge. For one H-bridge at least 4 sense points are needed like it is showed in the picture:

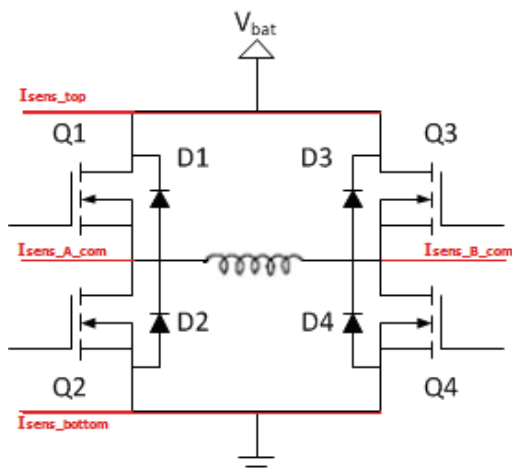


Fig. 4. Drain-source voltage measurement

Connected to these sense points differential amplifiers are monitoring continuously voltage drop on FET's Q1-Q4. In this kind of configuration (with 4 sense points) it has to be ensured by PCB design that the sources of Q2 and Q4 FETs and drains of Q1 and Q3 FET's are connected to each other with the shortest possible copper trace on the layout in order to minimize the parasitic inductance and resistance caused by not ideal design. Of course, in most of the applications it is not possible due to other (eg. mechanical) restrictions. In these cases a 6 sense point monitoring is needed to avoid the parasitic effects of the layout which very easily can be in comparable range with the useful signal.

The drain-source voltage of a turned on FET is proportional with the current flowing through the channel resistance of the FET ($U_{DS} = I_{DS} \cdot R_{DS_ON}$). When the drain-source voltage drop of a turned on FET exceeds a certain voltage level, then a short fault will be detected and the H-bridge will be disabled. This method is detecting all the failure cases (short-to-ground, short-to-supply, short across the motor phase winding).

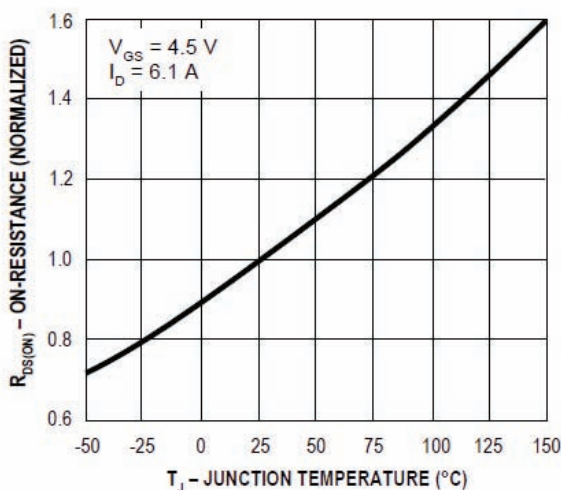


Fig. 5. R_{DS_ON} vs. junction temperature [4]

Disadvantage is that precise differential amplifiers are required like in high-side measurement method, and the channel resistance dependency on the temperature should be compensated. The channel resistance (R_{DS_ON}) dependency on temperature is huge and cannot be eliminated.

Even after compensating the effect of the temperature on the resistance the accuracy will be low due to wide initial spread of the channel resistance over production.

Still, it can be a good solution in the applications where accurate current measurement is not required, just the safe operation has to be ensured. In case, it is targeted to monitor the current with lower accuracy, a calibration of the on state resistance of each FET must be carried out in the production line of the application. Nowadays, there are intelligent (or so called smart) FETs as well on the market which have the measurement circuitry implemented.

5. CONCLUSION

In order to protect the H-bridge circuitry in case of one single failure from further damage, robust short circuit detection must be provided. When current measurement is required by the application it is possible to combine it with short circuit detection circuitry and there are solutions available for short circuit detection methods without combining it with current measurement as well. Independently which short circuit detection method is implemented an off-line diagnostics method could drastically increase the robustness of the design, because of early time diagnostics.

6. REFERENCES

- [1] Tim Regan, Jon Munson, Greg Zimmer, Michael Stokowski, „Current Sense Circuit Collection“, Linear Technology, an105fa, December 2005.
- [2] Peter Abiodun Bode, „Current measurement applications handbook“, Zetex Semiconductors, AN39, January 2008.
- [3] Andras Tantos, „Safety features“, modularcircuits, Septembar 2014.
- [4] -, „Current Protection and Measurement“, Zilker Labs Inc., AN2015.0, May 2009.

Kratka biografija:



Žolt Baka rođen je u Subotici 1983. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Mikroračunarska elektronika odbranio je 2014. godine.

ANALIZA GREŠAKA NOVE METODE ZA MERENJE VELIKIH OTPORNOSTI

ERROR ANALYSIS OF THE NEW METHOD FOR LARGE RESISTANCE MEASUREMENT

Radenko Lulić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu prikazana je analiza greške nove metode za merenje velikih otpornosti. Analiza se bavi ispitivanjem grešaka koje se mogu javiti usled neidealnosti korišćenih elemenata - usled struje curenja i naponskog ofseta operacionog pojačavača, konačne otpornosti kondenzatora i naponskog ofseta komparatora.

Abstract – This paper describes an analysis of the errors of the new method for measuring large resistances. The analysis examines the errors that may occur under real conditions due to - leakage current and voltage offset of operational amplifier, the resistance of the capacitor and voltage offset of comparator.

Ključne reči: električna merenja, merenje otpornosti analiza greške, metoda merenja velikih otpornosti.

1. UVOD

Metoda je nastala kao unija dva načina razmišljanja, odnosno dva gradivna elementa. Prvi element je poznata metoda merenja velikih otpornosti merenjem vremena pražnjenja kondenzatora kroz nepoznati otpornik [1], [2], [3].

Drugi element je metoda analogno digitalne konverzije postupkom dvojnog nagiba (*dual slope*) [4], [5], [6]. Kombinacijom ovih dveju metoda, rodila se ideja o novoj metodi za merenje velikih otpornosti. Zadatak ovog rada jeste prikazivanje ove metode i ispitivanje grešaka koje se mogu javiti usled neidealnosti korišćenih elemenata.

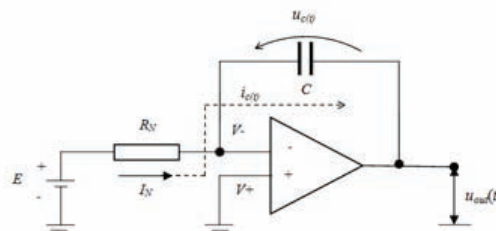
2. NOVA METODA ZA MERENJE VELIKIH OTPORNOSTI

Na slici 1 i 2, je dat prikaz nove metode za merenje velikih otpornosti. Na ulaz integratora se dovodi pozitivan napon E . Integrator se sastoji od idealnog operacionog pojačavača, otpornika R_N vezanog za '-' ulaz operacionog pojačavača i kondenzatora C . Posmatran je idealizovan slučaj.

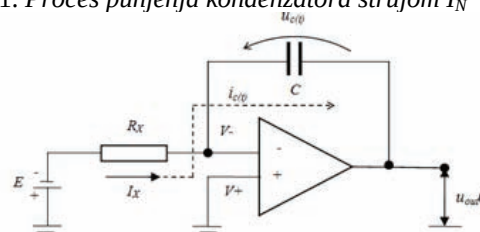
Kondenzator se prvo puni strujom I_N za dogovoreno vreme T_N , kroz etalonski otpornik R_N (slika 1). Kada se obrne polaritet napona E , i teče struja I_X (obrnuto znaka) kroz otpornik R_X , sve dok se napon na izlazu iz integratora ne smanji na 0. To se dešava u trenutku T_X (slika 2).

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Dragan Pejić, docent.



Slika 1. Proces punjenja kondenzatora strujom I_N



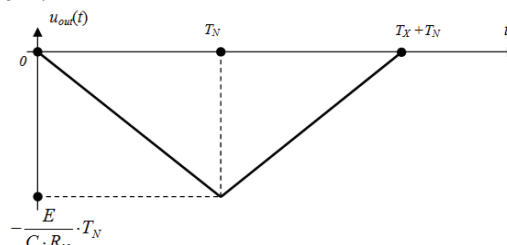
Slika 2. Proces pražnjenja kondenzatora strujom I_X

Da bi se kondenzator C jednom punio, a drugi put praznio, mora se napon E jednom dovesti kao pozitivan (kao u prvoj fazi), a potom obrnutog znaka, odnosno negativan, kao na slici 2.

Vrednost merene otpornosti je data izrazom za idealnu situaciju (1), koja zavisi od vrednosti etalonske otpornosti R_N i dva izmerena vremena T_N i T_X .

$$R_X = R_N \cdot \frac{T_X}{T_N} \quad (1)$$

Na slici 3 se vidi proces punjenja i pražnjenja kondenzatora u dve faze u idealnoj situaciji. Jednačina (1) pokazuje da je potrebno poznavati vrednost etalonskog otpornika R_N i izmeriti dva vremenska intervala T_N i T_X . Rezultat ne zavisi od vrednosti kapacitivnosti C i napona izvora E !



Slika 3. Proces punjenja i pražnjenja kondenzatora

3. UTICAJ REALNIH PARAMETARA

Ako se posmatra realna situacija, gde postoji struja curenja operacionog pojačavača I , dobija se jednačina (2).

$$R_X = \frac{E \cdot T_X \cdot R_N}{E \cdot T_N - R_N \cdot I_- \cdot (T_N + T_X)} \quad (2)$$

Iz jednačine 2 se vidi da vrednost otpornosti R_X zavisi od struje curenja I_- , ali i od vrednosti jednosmernog napona E .

U sledećem koraku je posmatran uticaj naponskog ofseta operacionog pojačavača. Dobijena je jednačina (3).

$$R_X = \frac{R_N \cdot T_X \cdot (E + V_-)}{T_N \cdot (E - V_-)} \quad (3)$$

Iz jednačine 3 se vidi da, u odnosu na idealnu situaciju, vrednost R_X zavisi od V_- i napona na ulazu E .

Pri analizi uticaja konačne otpornosti kondenzatora, dobijen je izraz (4).

$$R_X = R_N \cdot \left[e^{T_X / (C \cdot R_C)} - 1 \right] / \left[1 - e^{-T_N / (C \cdot R_C)} \right] \quad (4)$$

Što je R_C po vrednosti bliže etalonskoj i merenoj otpornosti dobijaće se veće odstupanje od linearnog odziva napona na kondenzatoru.

Slično kao kod metode sa dvojnim nagibom, na osnovu izlaznog napona operacionog pojačavača komparator vrši upravljanje fazama. On kontroliše prekidače kojima se vrši sklapanje šeme kao na slici 1, odnosno slici 2. Analiza je pokazala da naponski ofset komparatora V_K^+ ne utiče na rezultat merenja.

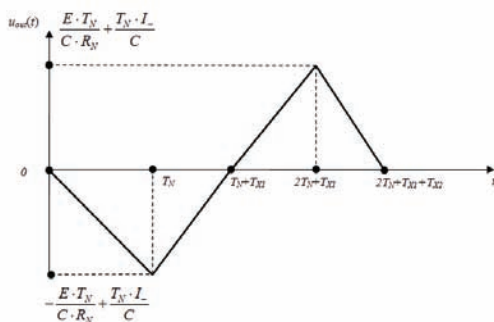
4. PRODUŽENA METODA ZA MERENJE VELIKIH OTPORNOSTI

Zbog primećenog uticaja I_- , V_- i R_C kod opisanog merenja u dve faze, nadalje se posmatra šta se dešava ako se merenje obavlja u četiri faze. Posle objašnjene dve faze, rade se treća i četvrta, samo se menja polaritet napona E . Treća faza je nalik prvoj, samo se obrne polaritet napona na ulazu (više nije E nego $-E$), a četvrta je nalik drugoj, uz istu promenu polariteta napona. Ideja je da se iz prve dve faze odredi vreme T_{X1} , a iz druge dve faze vreme T_{X2} i da se pokuša otkloniti uticaj parazitnih efekata.

U odnosu na izraz (2) koji predstavlja vrednost R_X pri postojanju struje curenja, sada se dobija izraz (5) u kojem više ne figurišu vrednosti I_- i E .

$$R_X = \frac{R_N \cdot (T_{X2} \cdot (T_N + T_{X1}) + T_{X1} \cdot (T_N + T_{X2}))}{T_N \cdot (2T_N + T_{X1} + T_{X2})} \quad (5)$$

Na slici 4, se vidi zavisnost izlaznog napona $u_{out}(t)$ za vreme punjenja i pražnjenja kondenzatora, pri čemu je nagib u I i III fazi isti (zavisi od struje I_N koja protiče kroz otpornik R_N). Takođe je nagib II i IV faze isti, jer zavisi od struje I_X koja protiče kroz otpornik R_X .



Slika 4. Promena izlaznog napona

U produženoj metodi je potpuno neutralisan uticaj V_- operacionog pojačavača kao i ulaznog napona E što se vidi po formuli (6).

$$R_X = \frac{R_N}{T_N} \cdot \sqrt{T_{X1} \cdot T_{X2}} \quad (6)$$

Predložena metoda sa četiri faze neće dati nikakvog poboljšanja u prisustvu parazitne otpornosti kondenzatora.

Naponski ofset komparatora ne utiče na rezultat merenja kod merenja sprovedenog u dve faze. Potpuno isti zaključak se dobija i kod merenja u četiri faze.

5. ANALIZA GREŠKE

Usled prisustva struje curenja i naponskog ofseta operacionog pojačavača, uočeno je da se jedno vreme dobije nešto manje, a drugo nešto veće od vremena u idealizovanom slučaju, pa se normalno nametnula ideja o računanju R_X preko srednje vrednosti vremena T_{X1} i T_{X2} , po formuli (7).

$$R_X = R_N \frac{(T_{X1} + T_{X2})/2}{T_N} \quad (7)$$

Ako bi nam bila poznata vrednost struje curenja I_- mogli bismo je uvrstiti u izraz (8) i odrediti "tačnu" vrednost R_X . Ako vrednost struje curenja I_- ne znamo ili je zanemarujemo, te vrednost R_X odredimo korišćenjem formule za idealizovan slučaj (1), napravićemo grešku opisanu izrazom (9).

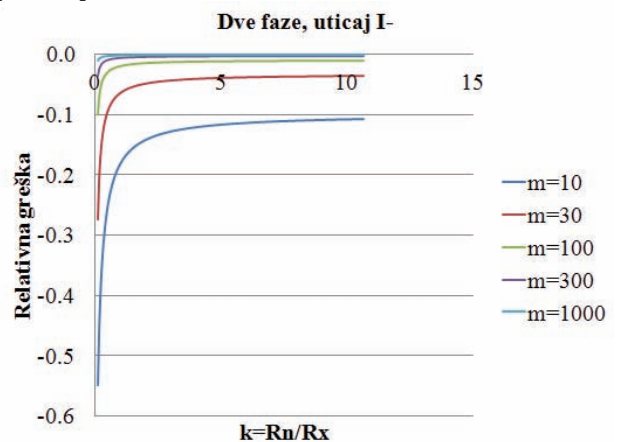
$$R_{tač} = R_N \cdot \frac{T_X}{T_N} \cdot \frac{E + R_X \cdot I_-}{E - R_N \cdot I_-} \quad (8)$$

Ako uvedemo parametre k i m , po sledećim formulama, dobijemo izraz (9).

$$\Gamma_{rel} = \frac{-(k+1)}{km+1}, \quad m = \frac{I_N}{I_-}, \quad k = \frac{I_X}{I_N} = \frac{R_N}{R_X} \quad (9)$$

Parametar m predstavlja odnos struje koja protiče kroz etalonski otpornik i struje curenja operacionog pojačavača. Parametar k predstavlja odnos struja kroz mereni otpornik i etalonski otpornik.

Na slici 5 je prikazana relativna greška u zavisnosti od opisanih parametara k i m .



Slika 5. Relativna greška

Vidimo da za male vrednosti parametara k i m dobijamo nagli porast relativne greške. Tada se struja curenja operacionog pojačavača sve više približava strujama kojima se puni i prazni kondenzator i sve više relativno

utiče na rezultat merenja. U poglavlju 4 je pokazano da je moguće u potpunosti otkloniti uticaj struje curenja operacionog pojačavača ukoliko se posmatra metoda merenja sa četiri faze. Ovo znači da u slučaju metode sa četiri faze struja curenja I ne izaziva grešku!

$$R_X = \frac{R_N \cdot (T_{X2} \cdot (T_N + T_{X1}) + T_{X1} \cdot (T_N + T_{X2}))}{T_N \cdot (2T_N + T_{X1} + T_{X2})} \quad (10)$$

Nažalost, ova formula je primenjiva samo u slučaju da drugi realni parametri mogu da se proglašavaju zanemarivim! Zato će u daljem tekstu biti razmatrana greška usled struje curenja pri merenju u četiri faze, ako se merena vrednost određuje na osnovu srednje vrednosti izmerenih vremena T_{X1} i T_{X2} .

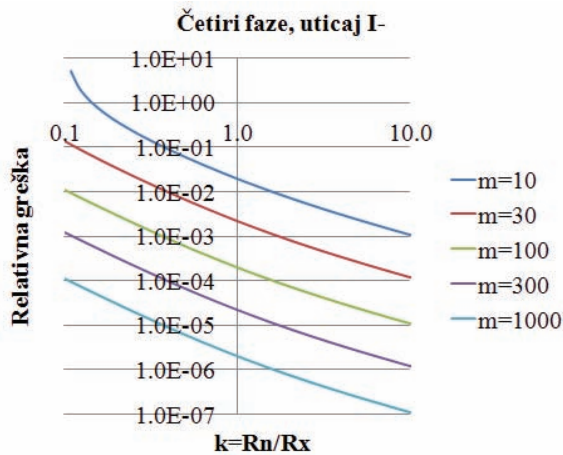
Za merenu vrednost ćemo uzeti vrednost dobijenu po formuli (11), a za tačnu vrednost izraz definisan formulom (10).

$$R_{mer} = R_N \frac{(T_{X1} + T_{X2})/2}{T_N} \quad (11)$$

Tada se za relativnu grešku, koja nastaje usled zanemarivanja struje curenja dobija izraz (12). U izraz su ubačeni od ranije definisani parametri k i m .

$$\Gamma_{rel} = \frac{R_{mer} - R_{tač}}{R_{tač}} = \frac{k+1}{k^2 \cdot m^2 - 1} \quad (12)$$

Na slici 6 je data zavisnost relativne greške od faktora k i m . Horizontalna osa je logaritamska, vertikalna osa je linearna.

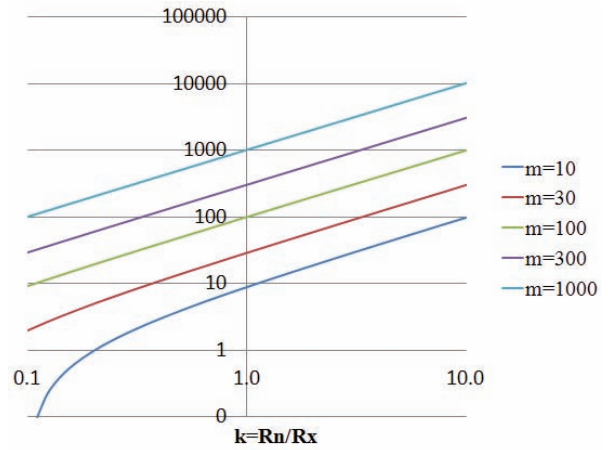


Slika 6. Relativna greška

U slučaju osnovne metode sa dve faze imali smo negativnu relativnu grešku, dok se ovde dobija pozitivna relativna greška. Znak greške pokazuje da li je izmerena vrednost manja (negativna greška) ili veća od tačne vrednosti (pozitivna greška).

U obe situacije se dobija povećanje relativne greške za male vrednosti parametara k i m . Ono što produženu metodu čini boljom, jeste da se greška koja potiče od iste struje curenja u svim situacijama smanjila, osim u slučaju kada struja curenja i punjenja i pražnjenja postaju bliske po vrednosti (ovaj slučaj se u praksi izbegava!).

Na slici 7 je dat grafik koji predstavlja odnos greške kod osnovne metode i greške kod produžene metode, tako da imamo jasnu sliku koliko poboljšanje dobijamo u drugom slučaju.



Slika 7. Odnos grešaka raznih metoda

Ukoliko zanemarimo prisustvo naponskog ofseta operacionog pojačavača i odredimo vrednost nepoznatog otpornika po formuli kao u idealizovanom slučaju, ako uvedemo parametar r kao količnik jednosmernog napajanja E i naponskog ofseta operacionog pojačavača $r=E/V$, izraz za relativnu grešku dobija oblik (13).

$$\Gamma_{rel} = -\frac{2}{r+1} \quad (13)$$

U poglavlju 4 je analiziran uticaj naponskog ofseta operacionog pojačavača kada se merenje vrši po metodi sa četiri faze. Dobijen je izraz za vrednost nepoznate otpornosti koji ne zavisi od naponskog ofseta. Za relativnu grešku koja nastaje usled zanemarivanja uticaja naponskog ofseta operacionog pojačavača, odnosno usled računanja merene vrednosti otpornosti na osnovu srednje vrednosti izmerenih vremena T_{X1} i T_{X2} , se dobija izraz (14).

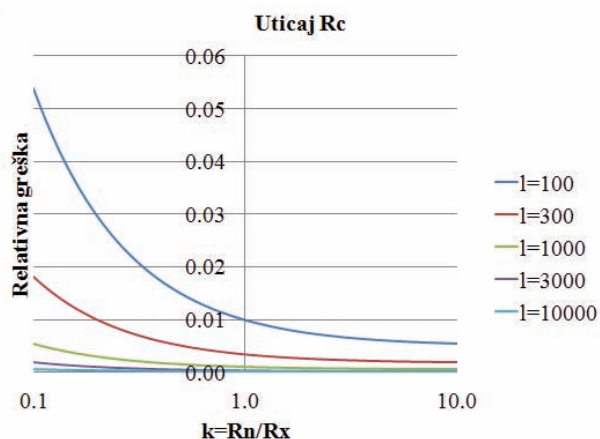
$$\Gamma_{rel} = \frac{R_{mer}}{R_{tač}} - 1 = \frac{R_X \frac{r^2 + 1}{r^2 - 1}}{R_X} - 1 = \frac{2}{r^2 - 1} \quad (14)$$

U poglavlju 3 je razmatran uticaj konačne otpornosti R_C kondenzatora u dve faze. U slučaju metode sa četiri faze (poglavlje 4) ne dobija se nikakvo poboljšanje, pošto se dobija isto ponašanje u prvoj i trećoj fazi, odnosno u drugoj i četvrtoj fazi. Kao posledica ovoga se ima da je T_{X1} jednako T_{X2} . Ako se uzme u obzir konačna otpornost R_C , relativno iskazana greška koja nastaje usled zanemarivanja parazitne kapacitivnosti kondenzatora se dobija po izrazu (15).

$$\Gamma_{rel} = \frac{R_{mer}}{R_{tač}} - 1 = \frac{1}{k} \cdot \frac{1 - e^{-\frac{1}{l}}}{e^{\frac{1}{l \cdot k}} - 1} - 1 \quad (15)$$

Uvedena je oznaka $\tau = C \cdot R_C$ koja predstavlja vremensku konstantu kondenzatora C , kao i parametar $l = \tau / T_N$, koji predstavlja odnos vremenske konstante kondenzatora i vremena T_N .

Na slici 8 je prikazan grafik relativne greške usled zanemarivanja konačne otpornosti kondenzatora. I ovde se dobija nagli porast relativne greške merenja kada parametri k i l imaju male vrednosti.



Slika 8. Relativna greška usled zanemarivanja konačne otpornosti kondenzatora

U poglavlje 4 je ispitivan uticaj naponskog ofseta operacionog pojačavača kod produženog merenja. Dobijena je formula (16) koja daje mogućnost određivanja nepoznate otpornosti na osnovu vrednosti etalonskog otpornika i dva izmerena vremenska intervala.

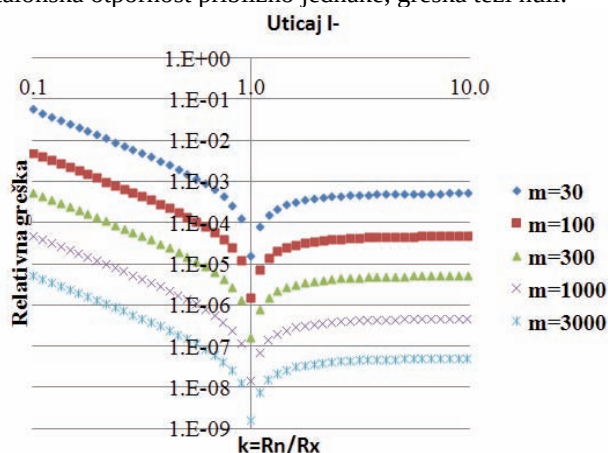
$$R_X = \frac{R_N}{T_N} \cdot \sqrt{T_{X1} \cdot T_{X2}} \quad (16)$$

Iz ovog zaključka se rodila ideja da bi bilo interesantno videti kolika se greška merenja dobija u slučaju delovanja struje curenja operacionog pojačavača, ukoliko bi se umesto formule koja koristi aritmetičku sredinu izmerenih vremena T_{X1} i T_{X2} , koristila formula (16) koja koristi koren iz proizvoda.

Izraz (17) predstavlja relativnu grešku merenja koja nastaje usled struje curenja operacionog pojačavača.

$$\Gamma_{rel} = \frac{R_{mer}}{R_{tač}} - 1 = k \cdot \sqrt{\frac{m^2 - 1}{m^2 \cdot k^2 - 1}} - 1 \quad (17)$$

Na slici 9 je prikazan grafik zavisnosti relativne greške od faktora k i m (obe ose su logaritamske). Kada su merena i etalonska otpornost približno jednake, greška teži nuli.



Slika 9. Promene relativnih grešaka

6. ZAKLJUČAK

Ovaj rad bavi se teorijskim ispitivanjem predloga nove metode za merenje velikih otpornosti. Na početku je dato objašnjenje kako se do ove ideje došlo. Ukratko su prikazane obe metode i ukazano je na njihove dobre i loše

strane. U drugom poglavlju je dat prikaz predložene metode, i izvedena je formula po kojoj se određuje vrednost nepoznate otpornosti u idealizovanom slučaju. U trećem poglavlju se ispituje metoda u realnoj situaciji. Teorijski je obrađen uticaj realnih parametara upotrebljenih elemenata: struje curenja i naponskog ofseta operacionog pojačavača, konačne otpornosti kondenzatora i naponskog ofseta komparatora.

U četvrtom poglavlju je dat prikaz produžene metode, koja se sastoji od četiri faze u kojima se kondenzator naizmenično puni i prazni strujom koja protiče kroz etalonski i nepoznati otpornik. Za slučaj struje curenja i naponskog ofseta operacionog pojačavača dobijene su formule kojima se vrednost nepoznatog otpornika može odrediti, a da posmatrani realni faktor ne utiče. U slučaju konačne otpornosti kondenzatora, predložena produžena metoda, na žalost, ne daje nikakav boljitak. U petom poglavlju je prikazana analiza grešaka koje se javljaju u slučaju osnovne i produžene metode. U ovom trenutku, kao najveći problem se javlja rešavanje uticaja konačne otpornosti kondenzatora. Predložena metoda ne daje rešenje ovog problema. Pod ovim okolnostima je moguće dalje istraživanje metode u dva smera. Prvi smer predstavlja realizaciju metode uz korišćenje kondenzatora sa vrlo velikom parazitnom otpornošću, tako da ona što manje dolazi do izražaja. Drugi smer istraživanja jeste traganje za načinom potiskivanja uticaja konačne otpornosti kondenzatora. Sledeći nivo istraživanja predložene metode bi bio simulacioni, gde bi se sagledalo istovremeno delovanje više realnih parametara, na osnovu čega bi se dobila realnija slika o potencijalu koji se eventualno "krije" u metodi.

7. LITERATURA

- [1] B.Ž. Kovačević, Elektronska merenja, I deo, Niš, 1971.
- [2] V. Jovanović, Električna merenja, Beograd, 1933.
- [3] V. Popović, Merenja u elektronici i telekomunikacijama, Beograd, 1979.
- [4] A. Šantić, Elektronička instrumentacija, Zagreb, 1982.
- [5] V. Bego, Mjerenja u elektrotehnici, Tehnička knjiga, Zagreb, 1975.
- [6] P. Duduković, M. Đekić, Električna merenja, Naučna knjiga, Beograd, 1991.
- [7] B. Dimitrijević, Električna merenja, Naučna knjiga, Beograd, 1990.

Kratka biografija:



Radenko Lulić rođen je u Banovićima 1981. god. Diplomski-master rad odbranio je 2014. godine na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektronike, energetike i telekomunikacija – Telekomunikacija.



Dragan Pejić rođen je u Trnovu 1968 godine. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu 2010. godine. Radi kao docent. Oblast istraživanja su mu električna merenja.

IMPLANTABILNI KARDIOVERTER - DEFIBRILATOR**IMPLANTABLE CARDIOVERTER - DEFIBRILLATOR**Nebojša Milanović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – Rad obrađuje ICD uređaj, kao jedan od bitnih vidova terapije stanja koja mogu dovesti do iznenadne smrti, pojave koja je veoma česta u savremenom društvu. Nakon osvrta na medicinski aspekt srca, impulse koji u njemu nastaju, mehanizam njihovog prenosa, obrađene su osnovne funkcije ICD uređaja: očitavanje i detekcija.

Abstract – This paper focuses on ICD device, used as an important treatment of the conditions which can lead to sudden cardiac death, a common occurrence in the modern society. After reviewing medical aspects of the heart, electrical impulses generated by the heart and the mechanism of cardiac conduction, the basic functions of the ICD device - sensing and detection - are discussed.

Ključne reči: Defibrilator, ICD, Implantalni kardioverter – defibrilator, očitavanje, detekcija.

1. UVOD

Sve češće smo svedoci smrti koja se dešava oko nas iznenada, smrti koja se dešava u svim životnim dobima i unutar celokupne populacije nezavisno od profesije kojom se ljudi bave (sportisti, naučnici, fizički radnici...). Ono što kao termin koristimo da takvu smrt opišemo jeste iznenadna srčana smrt (SCD - *Sudden Cardiac Death*). Ova bolest se žargonski još naziva i bolest savremenog čoveka, a njen uzrok su najčešće neke koronarne bolesti (najčešće izazvanih aterosklerozom i kongestivna srčana insuficijencija - nesposobnost jedne ili druge komore da istisne celu količinu krvi).

Ukoliko se blagovremeno ne pristupi lečenju uzroka koji mogu dovesti do SCD u određenom trenutku ishod će biti SCD. Zbog toga je svakako od izuzetne važnosti prevencija. Rezultat istraživačkih studija je da medikamenta terapija oboljenja srca nije uspevala da u dovoljnoj meri prevenira mortalitet usled SCD. Mnogo bolje rezultate prevencije dala je ugradnja implantabilnih kardioverter - defibrilatora (ICD - *Implantable Cardioverter - Defibrillator*) kod pacijenata sa VT/VF kod kojih ovi poremećaji nisu mogli biti eliminisani lečenjem osnovnog srčanog problema. Lako se dolazi do zaključka da je svakako najbolja primarna prevencija SCD ugradnja ICD. Međutim, ekonomski momenat u nerazvijenim zemljama je svakako okolnost koja ograničava masovnu primenu. I pored toga, što i naša zemlja spada u red nerazvijenih, na našim klinikama za kardiologiju se takođe ugrađuju ICD.

NAPOMENA:

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

2. ELEKTRIČNA AKTIVNOST SRCA

Srce se sastoji od specijalnih mišićnih ćelija koje formiraju pobudno - provodni aparat srca. Uloga ovog aparata je dvostruka: generisanje električnih impulsa i provođenje ovih impulsa u sve delove mišićnog tkiva.

Ovaj aparat srca jeste „glavni organizator“ aktivnosti srca. Čine ga tri strukture mišićnih vlakana: sinusni (sinoatrijalni) čvor (*eng. sino-atrial node – SA node*) - SA čvor generiše impuls koji pokreće rad srca; atrioventrikularni čvor (*eng. atrial - ventricular node*) – AV node - uloga AV čvora je preuzimanje funkcije SA čvora u slučaju odsustva njegovog impulsa; Purkinjeova vlakna i Hisov snop.

Kada čovek miruje srčane ćelije su polarizovane, njihova unutrašnjost je elektronegativna u odnosu na spoljašnjost. Srčane ćelije gube negativan unutrašnji naboj u procesu depolarizacije. Ovo je osnovni električni proces u srcu. Depolarizacija se prenosi sa ćelije na ćeliju čime stvara depolarizacioni talas koji se prostire kroz celo srce. Depolarizacioni talas predstavlja tok elektriciteta odnosno električnu struju koja se može registrovati određenim mernim uređajima postavljenim na površinu tela. Pošto se depolarizacija završi, u srčanim ćelijama se ponovo uspostavlja potencijal mirovanja a taj proces se naziva repolarizacija. Takođe se i ovaj proces može registrovati prethodno pomenutim mernim uređajima. Prikaz ovih registrovanih procesa, datih preko signala, se u praksi naziva elektrokardiogram (EKG). EKG se sastoji od više segmenata (talasa). P talas predstavlja električnu aktivnost kontrakcija obe pretkomore. QRS segment na EKG signalu predstavlja prostiranje električnog impulsa od AV čvora preko Purkinijevih vlakana do miokardnih ćelija usled čega dolazi do simultanih kontrakcija komora. Zatim se javlja T talas, koji predstavlja repolarizaciju komora kako bi se one dovale u stanje da ponovo mogu biti nadražene.

Na osnovu EKG signala, oblika i trajanja pojedinih segmenata uočavaju se najopasniji poremećaji u radu srca:

- *Ventrikularna tahikardija (VT)* - je pojava kada je srčani ritam isuviše brz u fazi odmora organizma. Brzi ritam onemogućava normalno punjenje i pražnjenje komora krvlju a rezultat ovog poremećaja je slabija prokrvljenost celog organizma.
- *Ventrikularna fibrilacija (VF)* - je izuzetno brz i nepravilan srčani ritam komora. VF je višestruko opasniji od VT zbog toga što je celokupni sistem pumpanja krvi neuređen, tačnije krv se uopšte i ne pumpa u organizam što za krajnji ishod ima iznenadnu srčanu smrt.

3. ICD

Zbog specifičnosti same bolesti i potrebe da se u nekim stanjima deluje takoreći neposredno nakon nastanka anomalije srčanog ritma nekim ljudima potrebno je ugraditi minijaturne defibrilatore u samo telo. Razlog tome jeste što su neka stanja toliko urgentna da se ne može čekati dolazak ekipe hitne pomoći i primena spoljašnje defibrilacije. Elektrode ovakvog uređaja za pražnjenje ugrađuju se u samo srce, pa se sva energija prenosi direktno u srce. Time se obezbeđuje da potreban napon bude znatno manji, a takođe i struja pražnjenja kondenzatora. Vreme koje je potrebno da se kondenzator napuni je nešto duže i iznosi oko 30 s. Najbitnija karakteristika ovakvih defibrilatora je momentalna primena elektrošoka bez gubljenja vremena do dolaska lekara. Ova vrsta defibrilatora se ugrađuje onim pacijentima čija dijagnoza može sasvim izvesno za rezultat imati VF sa smrtnim ishodom.

Dr Michel Mirowski bio je kardiolog pionir u prepoznavanju značaja pravovremenog otkrivanja pacijenata koji imaju rizik od iznenadne srčane smrti. Tokom 1970. godine njegovi naponi doveli su do razvoja implantabilnog kardioverter - defibrilatora (ICD) koji je posedovao revolucionarnu sposobnost da spreči i leči iznenadan srčani udar. 1980. godine izvedena je prva uspešna ugradnja ICD uređaja u čoveka.

U odnosu na prvobitne, savremeni ICD uređaji su mnogo manjih dimenzija, njihove mase su oko 90 grama a debljina im je manja od jednog centimetra. Osim kompletnosti pejsmejker mogućnosti, ovi uređaji su sposobni da prekinu ventrikularnu tahikardiju i time spreče potrebu za elektrošokom. Zbog toga su ICD uređaji sve zastupljeniji oblik terapije. Iako je materijalni momenat nešto što još uvek ograničava masovniju primenu, ipak se u godinama koje dolaze očekuje da ovaj vid terapije, kada je to opravdano, bude sve izvesniji.

4. OČITAVANJE I DETEKCIJA

4.1 Očitavanje

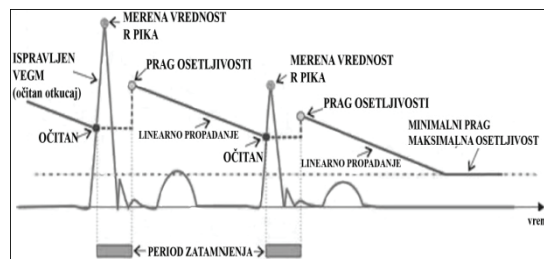
ICD uređaj registruje EGM (EGM - elektrokardiogram) snimanjem potencijalne razlike između elektroda ugrađenih u srce. Funkcija očitavanja podrazumeva sposobnost ICD da očitava srčani ritam i odredi da li se radi o nepravilnom srčanom ritmu koji zahteva primenu terapije. Kao meru očitavanja ICD koristi komorski EGM signal near-field, tj. lokalni bipolarni EGM registrovan između vrha elektrode i prstena, u desnoj komori.

U normalnim okolnostima, tj. dok je srčani ritam pravilan, komorski signal je obično prilično velik i stabilan dok se u toku poremećenog srčanog ritma, pre svega u slučaju komorskse tahikardije (VT) i komorske fibrilacije (VF), javlja komorski signal niske amplitude. R talas signala VEGM (EGM komorske aktivnosti) predstavlja tipičan pejsmejker sistem. Na suprot tome ICD treba da detektuje VF talasiće ponekad male amplitude. Ono što je bitno jeste da ICD uređaj mora biti pogodno osetljiv jer u suprotnom rizikujemo da takav signal ne bude očit. Međutim, ukoliko pak osetljivost postavimo suviše nisko rizikujemo očitavanje i T talasa, što nam nije cilj. Ukoliko je amplituda EGM signala $\geq 5\text{mV}$ nominalno podešavanje sa maksimalnom osetljivošću oko $0,3\text{mV}$ obično daje prihvatljive rezultate prilikom VF očitavanja. Podešavanje sa većom osetljivošću (brojno niže od $0,3\text{mV}$) povećava

rizik da uređaj reaguje na talase nizih amplituda i šum (T talasi, šumovi i drugi signali), dok podešavanje sa manjom osetljivošću (brojno više od $0,3\text{mV}$) povećava rizik da uređaj ne očitava potencijalno značajan VF signal. Primera radi, ukoliko zbog niske osetljivosti uređaj ne očitava komorski ciklus uređaj će reagovati i generisati impuls ekvivalentan komorskom događaju, što nije potrebno jer komorska aktivnost postoji.

Za funkciju generisanja impulsa ekvivalentnog komorskoj aktivnosti najbitnije je pravilno očitavanje. Delovanje pejsmejker (ICD uređaja) je pouzdano u slučaju određenog srčanog ritma, ali je komplikovanije u slučaju tahiaritmije. Zbog toga je bilo potrebno razviti posebne algoritme za očitavanje kod ICD uređaja. Za terapiju za koju je namenjen ICD nije bilo pogodno očitavanje sa fiksnom osetljivošću (koje se koristi kod pejsmejker funkcije kod koje je prag osetljivosti konstantan) već je uvedena dinamička osetljivost, jer postoje relativno velike varijacije amplituda u IEGM (*IEGM – Intracardiac Electrogram*). Sve savremene funkcije ICD uređaja su sa automatskom dinamičkom (promenljivom) osetljivošću u vidu automatskog podešavanja osetljivosti kako bi se obezbedila pouzdana detekcija VF na osnovu IEGM niske i promenljive amplitude, dok se istovremeno izbegava prekomerno očitavanje T talasa. Dakle, svi sistemi sa automatskim očitavanjem su zasnovani na obradi amplitude, te se osetljivost podešava prema zadnjoj očitanoj amplitudi. Signal koji se koristi pri ovakvom podešavanju osetljivosti prethodno se u nekoliko koraka obradi tako da se dobije filtriran, pojačan i ispravljen signal. Tokom očitavanja VEGM signala, osetljivost se menja čime se sprečava pojava prekomernog očitavanja usled T-talasa, a istovremeno dozvoljava vrlo visoka osetljivost kasnije tokom srčanog ciklusa da bi očitali eventualno VF niskog potencijala.

Postupak dinamičkog očitavanja u osnovi ima neprestano merenje amplitude vrha R talasa na IEGM za svaki QRS kompleks. Početni prag osetljivosti (*threshold start*) se određuje procentualno od izmerene vrednosti amplitude R pika, najčešće 50%. Uređaju se postavlja i parametar maksimalne osetljivosti što je ustvari minimalna vrednost signala koja može biti očitana na VEGM. Nakon što se očitava događaj (vrednost amplitude R pika) sledi period zatamljenja kako bi se sprečilo višestruko detektovanje istog QRS kompleksa, sl. 2.



Slika 2. Očitavanje

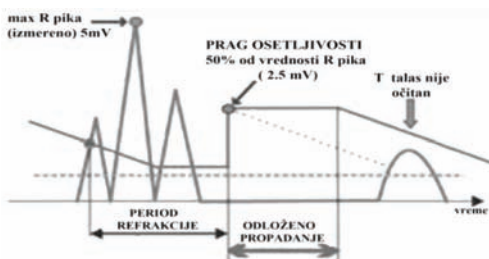
Kod ICD uređaja *St. Jude Medical* podešavanje parametara u slučaju dinamičkog očitavanja je takvo da se početni prag osetljivosti postavi na 50% vrednosti R pika (ima vrednost između 2 i 6 mV kada je u pitanju komorska aktivnost). Za vrednosti R pika $>6\text{ mV}$ prag senzitivnosti neće prelaziti 3 mV, dok za vrednosti R pika

$< 2 \text{ mV}$ prag senzitivnosti je 1 mV i ne pada ispod ove vrednosti.

I za pretkomorsko očitavanje koristi se funkcija dinamičkog očitavanja. Uobičajeno je da se i u ovom slučaju početni prag senzitivnosti postavlja na 50% očitane vrednosti P pika koji predstavlja pretkomorsku aktivnost. Vrednost amplitude ovog talasa kreće se između $0,6$ i 3 mV , te za sve vrednosti $> 3 \text{ mV}$ prag je $1,5 \text{ mV}$, a za sve vrednosti $< 0,6 \text{ mV}$ prag je $0,3 \text{ mV}$.

Od početne vrednosti praga osetljivosti u slučaju dinamičkog podešavanja osetljivosti dolazi do linearnog opadanja (*Decay*) oko 1 mV na svakih 312 ms na komorskom kanalu i oko $0,5 \text{ mV}$ na svakih 312 ms na pretkomorskom kanalu. Ono što se nameće kao problem je činjenica da kada imamo tehničke smetnje i dosta T talasa, uređaj bi trebalo učiniti manje osetljivim, čime bi izbegli problem da ovi talasi budu očitani i na osnovu njih primenu neadekvatne terapije. Rešenje je bilo *Odloženo Opadanje (Decay Delay)* koje predstavlja parametar koji se zadaje u ms i odlaže za zadato vreme opadanje, a tokom zadatog vremena zadržava prag senzitivnosti konstantnim. U ICD *St. Jude* uređaju nominalno iznosi 60 ms , mada se pored te vrednosti ovaj parametar komorskog odloženog opadanja može podesiti i na vrednosti od $30, 95, 125, 190$ i 220 ms .

Na sl. 3 je prikazana mogućnost pogrešnog očitavanja T talasa u slučaju kada se ne bi aktiviralo *Odloženo Opadanje* i slučaj korektnog očitavanja kada je ovaj parametar aktiviran.



Slika 3. *Odloženo Opadanje*

Bitno je istaći da se opadanje zaustavlja kada dostigne vrednost maksimalne osetljivosti ili kad započne očitavanje sledećeg događaja. Početni prag osetljivosti nominalno je postavljen na vrednost 50% od vrednosti R pika. Međutim, on može imati i vrednosti 62.5%, 75% i 100% od izmerene maksimalne amplitude R talasa.

Za razliku od prvobitnih jednokomorskih savremeni ICD uređaji su uglavnom dvokomorski. U slučaju ovih uređaja posebno se postavljaju osetljivosti za pretkomorske i komorske signale. Najniže vrednosti pri očitavanju (najviše osetljivosti) su za pretkomorsku elektrodu $0,2 \text{ mV}$, a za komorsku elektrodu $0,3 \text{ mV}$. Izuzetno, ove vrednosti osetljivosti mogu biti manje (vrednosti više od $0,2$ ili $0,3 \text{ mV}$) kako bi se izbeglo očitavanje T-talasa i šumova.

Definisanje pretkomorskog očitavanja se malo razlikuje od komorskog. Ovo očitavanje se može ostvariti fiksiranjem vrednosti što je odlika pejsmejкера, ili se može prepustiti automatskom algoritmu. Bolje rezultate daje svakako korišćenje automatskog algoritma.

Potrebno je još napomenuti da ICD uređaj mora da razlikuje impuls koji je posledica spontane srčane aktivnosti i onaj koji je rezultat pejsmejker funkcije. U ta

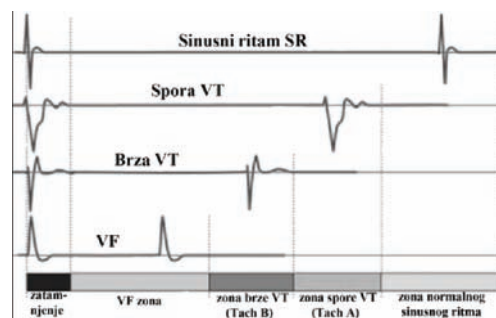
dva slučaja je refraktorni period različite dužine, i to tako što je nakon pejsovanog impulsa ovaj period kraći. Dakle, QT period je kraći, a smanjuje se i vrednost parametra odloženog opadanja. U slučaju kada ICD vrši pejsing uređaj postaje osetljiviji na niže amplitude.

4.2 Detekcija

Pored prethodno obrađene funkcije očitavanja, druga izuzetno bitna funkcija, koja je od ključnog značaja za funkcionisanje ICD uređaja, je detekcija ili otkrivanje poremećenog srčanog ritma. Metoda za otkrivanje poremećaja mora biti pouzdana i brza kako bi se adekvatna terapija što pre isporučila, pre nego kod pacijenta dođe do asistolije. Najjednostavniji i nekomplikovan algoritam za detekciju zasniva se na praćenju brzine srčane radnje, odnosno trajanju pojedinačnih ciklusa. Na osnovu toga i iskustvenih podataka ICD donosi dijagnozu i isporučuje određenu terapiju ukoliko je potrebno.

Prvi korak u otkrivanju tahikardije uključuje merenje dužine ciklusa između uzastopnih ventrikularnih (komorskih) depolarizacija. Svaka detektovana dužina ciklusa ili intervala dodeljena je odgovarajućoj zoni detekcije i izbrojana. Dodeljivanje se vrši na osnovu programiranih intervala (NSRI - *Normal Sinus Rhythm Interval* – interval normalnog sinusnog ritma, STDI - *Slow ventricular tachycardia Detection Interval* – interval spore tahikardije, FTDI - *Fast ventricular tachycardia Detection Interval* – interval brze tahikardije, FDI - *Fibrillation ventricular Detection Interval* – interval fibrilacije). U zavisnosti od trajanja intervala depolarizacije signal se identifikuje sa određenom zonom, kao:

- NSR (*Normal Sinus Rhythm*) zona – zona normalnog sinusnog ritma,
- sVT (*Slow Ventricular Tachycardia*) zona – zona spore tahikardije (Tach A),
- fVT (*fast Ventricular Tachycardia*) zona – zona brze tahikardije (Tach B),
- VF zona – zona ventrikularne fibrilacije, prikaz na sl. 4.



Slika 4. *Zone u zavisnosti od brzine srčanog ritma*

Na osnovu pripadanja uzastopnih komorskih ciklusa istoj zoni ICD će isporučiti pacijentu određenu vrstu terapije (*antitachycardia pacing (ATP)* – stimulacija niskim naponom, *cardioversion* – niskoenergetski šokovi, *defibrillation* – visokoenergetski šokovi).

U tabeli 1. koja sledi dati su režimi, zone, brzina srčanog ritma ICD na osnovu kojih ICD isporučuje terapiju.

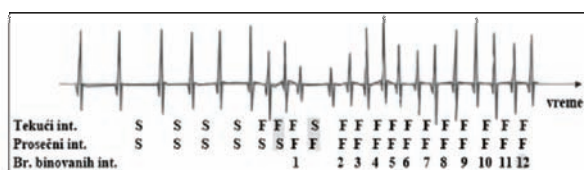
Tabela 1. Pregled režima i zona kod ICD

Režim	Zona
Defib Only	NSR (< 200 bpm)
	VF (> 200 bpm)
Defib & Single Tach	NSR (< 200 bpm)
	VT (120÷200 bpm)
	VF (> 200bpm)
Defib, Tach A & Tach B	NSR (<120 bpm)
	sVT (120÷160 bpm)
	fVT (160÷200 bpm)
	VF (> 200 bpm)

Otkrivanje tahiaritmije se svodi na brojanje uzastopnih srčanih ciklusa čija dužina je kraća od zadatog parametra TDI (*Tachycardia Detection Interval* – interval za detekciju tahikardije). Tahikardija je detektovana kada broj uzastopnih intervala kraćih od TDI dostigne NID (*Number of Intervals needed to Detection* – broj intervala potreban za detekciju). Parametri TDI i NID se mogu programirati za svakog pacijenta ponaosob. Ukoliko se u grupi uzastopnih intervala pojavi bar jedan koji je duži TDI, brojač broja intervala potrebnih za detekciju se resetuje na 0.

Detekcija VF je odgovaran posao, jer ukoliko ne isporučimo terapiju ishod je sigurna smrt. Pri VF amplitude i brzine na VEGM mogu haotično varirati, te u ovom slučaju pojava jednog sporijeg otkucaja ne sme resetovati brojač otkucaja sa kratkim intervalom. Ukoliko je algoritam za određivanje VF jako osetljiv, on zahteva da određen procenat (75% ili 80%) od izbrojanih otkucaja u tahikardiji bude kraći od FDI intervala za detekciju VF. U tom slučaju bi bila dijagnostikovana VF. U praksi je algoritam za detekciju VF modifikovan na taj način što se uvodi i prosečan (usrednjen) interval. Prosečan interval (*AI – Average Interval*) je determinisan merenjem tekućeg interval u milisekundama i prethodna tri intervala, te sabiranjem ova četiri intervala i deljenjem sa četiri. Ovaj interval je uveden kako bi se obezbedio ravnomerniji efekat detekcije u smislu da jedan ili dva otkucaja nemaju prevelik uticaj na detekciju. Tekući interval (*CI – Current Interval*) predstavlja vreme u milisekundama između bilo koja dva uzastopna komorska događaja (bez obzira da li su detektovana ili pejsovana).

U daljem postupku detekcije ICD uređaj mora da odluči da li će i kako brojati tekući interval. Pri ovoj odluci ICD uređaj se vodi algoritmom: kada su i tekući i prosečni interval u istoj zoni, interval se broji (binuje – binned) u tu zonu u kojoj su kategorisana ova dva intervala; ukoliko tekući i prosečni interval nisu klasifikovani u istoj zoni, tekući interval se ubacuje (broji) u bržu zonu (jer eventualna greška koja se pri tome načini mora obezbediti sigurnost pacijenta); ukoliko se bilo tekući bilo prosečni interval klasifikuje kao NSR, onda se on broji (binuje) kao sinus, iako sinusni ritam ne rezultira terapijom.



Slika 5. Postupak binovanja

Na sl. 5 prikazan je postupak binovanja, prebrojavanja intervala pri detekciji. Intervali u sivom pravougaoniku se ne binuju kao fibrilacioni intervali, jer je jedan od intervala sinusni. Kada su oba intervala dužine koja odgovara intervalima pri fibrilaciji oni se binuju. Vidimo da nakon 12 takvih intervala (12. binovan interval označen je sivim krugom) ICD konstatuje da je reč o fibrilaciji i isporučuje odgovarajuću terapiju u vidu elektro šoka. Lekar ima mogućnost da programira broj intervala koji će se uzimati u obzir. Kod St. Jude ICD uređaja nominalno je broj ovih intervala 12. Kod brzog otkrivanja VF uzima se 8, a kod sporog 16 intervala. U slučaju tahikardije prebrojavanje intervala se sprovodi istovetno kao kod fibrilacije. To znači da brojimo intervale dok se ne zadovolji zadati kriterijum i na osnovu njega uspostavi dijagnoza. Nakon toga se isporučuje adekvatna terapija. Nakon što isporuči terapiju ICD vrši verifikaciju njene uspešnosti pomoću segmenta uređaja koji se naziva redetekcija. Ovaj postupak se vrši tako što se broje sinusni intervali. Ukoliko ICD izbroji zadati broj sinusnih intervala (od 3 do 7, nominalno 5) terapija se smatra uspešnom, a ako ne smatra se da isporučena terapija nije prekinula aritmiju, prebrojava se ponovo određen broj intervala pre nego se isporuči nova terapija. Kod St. Jude ICD uređaja, fibrilaciona redetekcija ide na 6 intervala, dok se redetekcija tahikardije može izabrati od 6 do 20 intervala uz nominalnu vrednost od 6 intervala.

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu prikazane su najosnovnije funkcije koje se koriste u radu ICD uređaja. Pored ovih osnovnih funkcija jedna od bitnijih je i funkcija diskriminacije koja pravi razliku između SVT (SVT - supra ventrikularna tahikardija) i VT. Zbog ograničene dužine rada ona, nažalost, neće biti opisana. U svakom slučaju funkcije očitavanja i detekcije su osnovne koje imaju presudnu ulogu u sprečavanju iznenadne smrti. Na kraju treba istaći da je ICD uređaj koji će se sigurno razvijati i koji će biti sve zastupljeniji vid terapije u kardiologiji.

6. LITERATURA

- [1] Max E. Valentinuzzi "Cardiac fibrillation – defibrillation, Clinic and Engineering Aspects"
- [2] Roland X. Stroobandt, S. Serge Barold and Alfons F. Sinnaeve "Implantable Cardioverter-Defibrillators Step by Step"
- [3] [Link](#), 10/05/2014.
- [4] Robert O. Bonow, Douglas L. Mann, Douglas P. Zipes, Peter Libby "Braunwald's Heart Disease, A Textbook of Cardiovascular Medicine", Ninth Edition

Kratka biografija:



Nebojša Milanović rođen je u Žablju, 1980. godine. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Telekomunikacije odbranio je 2014. godine.

INK-JET ŠTAMPANI TERMISTOR NA BAZI BaTiO_3 BaTiO_3 BASED INK-JET PRINTED THERMISTOR

Ana Lebanov, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast - ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu testirana je mogućnost upotrebe materijala BaTiO_3 za izradu termistora sa pozitivnim temperaturnim koeficijentom. Objasnjen je postupak sinteze BaTiO_3 mastila i proces štampanja. Napravljena su tri uzorka na podlozi od silicijuma i jedan na podlozi od stroncijum rutenata i izvršeno je testiranje njihovih električnih osobina. Ispitani su transportni parametri, prikazane su SEM slike poprečnog preseka napravljene strukture, izvršena je njihova XRD analiza i mehanička karakterizacija podloga.

Abstract – In this paper the possibility of usage of BaTiO_3 material as positive temperature coefficient thermistors is analyzed. Explanation of the procedure of synthesis of BaTiO_3 inks and printing process are given. Three samples on silicon and one on strontium ruthenate have been made and their electrical properties have been tested. Transportation parameters were measured, SEM pictures of sample's cross section are given, XRD analyses were performed as well as mechanical characterization of surfaces.

Ključne reči: Termistor, BaTiO_3 , štampana tehnologija

1. UVOD

Termistori su otpornici čija se otpornost menja sa promenom temperature. Postoje dva tipa termistora: termistori sa pozitivnim temperaturnim koeficijentom (PTC) kod kojih otpornost raste sa porastom temperature i termistori sa negativnim temperaturnim koeficijentom kod kojih otpornost opada sa porastom temperature [1]. U ovom radu je razmatrana mogućnost upotrebe mastila od barijum titanata (BaTiO_3) za izradu termistora sa pozitivnim temperaturnim koeficijentom. BaTiO_3 je najšire korišćeni feroelektrični materijal. Odličan je kandidat za brojne primene zbog njegovih dielektričnih, feroelektričnih i piezoelektričnih osobina [2]. Takođe je hemijski i mehanički veoma stabilan. BaTiO_3 ima feroelektrična svojstva i tetragonalnu fazu do Kirijeve temperature koja za ovaj materijal iznosi oko 120°C [2]. Fabrikacija termistora bazirana je prvenstveno na postupku *inkjet* štampe. Prednost ovakve izrade termistora je u tome što nije neophodan vakuum, visoka temperatura, čista soba, izbegava se upotreba maski i litografije a može se štampati i na fleksibilnoj podlozi.

2. SINTEZA MASTILA

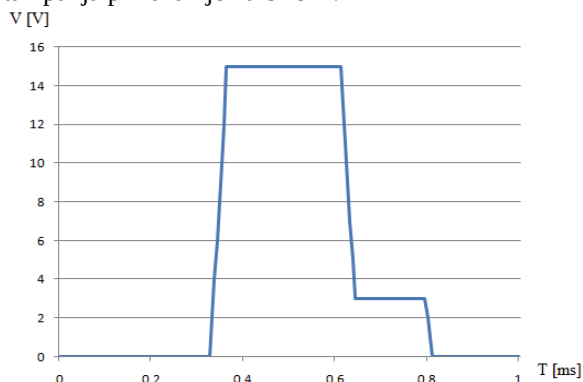
Za dobijanje BaTiO_3 korišćena je hemijska (Sol-Gel) metoda u kojoj se prvo formira sol, viskozitet soli se

vremenom povećava i dobija se gel a daljim zagrevanjem na visokim temperaturama dolazi do kristalizacije materijala. BaTiO_3 solovi pripremljeni su rastvaranjem barijum-karbonata (BaCO_3) u sirćetnoj kiselini (CH_3COOH) i naknadnim dodavanjem tetrabutil-ortotitanata ($\text{Ti}(\text{OC}_4\text{H}_9)_4$). BaCO_3 se zagreva do 90°C uz mešanje magnetnom mešalicom 30 min. Nakon toga rastvor se hladi do sobne temperature, a zatim mu se dodaje prethodno definisana količina $\text{Ti}(\text{OC}_4\text{H}_9)_4$. U cilju poboljšanja stabilnosti i otpornosti na pojavu pukotina opciono se dodaje glicerol (dodato je 10%) u rastvor barijum-karbonata pre $\text{Ti}(\text{OC}_4\text{H}_9)_4$. Koncentracija sola koji je štampan je $0,25 \text{ mol/dm}^3$.

3. ŠTAMPANJE

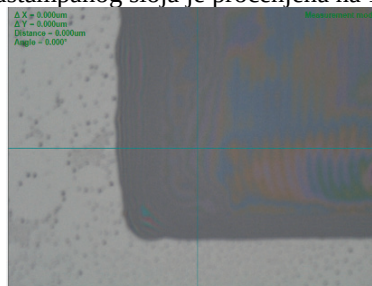
Za štampanje uzoraka na podlozi od silicijuma (Si) korišćen je uređaj *Fujifilm Dimatix® Printer - DMP3000*.

Naštampani uzorci su oblika kvadrata stranica $5 \times 5 \text{ mm}$. Napon koji je ručno podešen na korišćenim mlaznicama iznosi $25,6 \text{ V}$, debljina podloge je $625 \mu\text{m}$ a razmak između kapljica je $35 \mu\text{m}$. Štampanje je vršeno na 27°C frekvencijom 1 kHz . Naponski oblik korišćen u toku štampanja prikazan je na Slici 1.



Slika 1. Napon primenjen na mlaznice u toku štampe

Na Slici 2 prikazan je rezultat uspešno odštampane strukture gde je moguće videti da su ivice strukture precizne (da nema razlivenih linija niti tačkica) i da je naštampan tanak film zadovoljavajuće uniforman. Debljina naštampanog sloja je procenjena na 100 nm .



Slika 2. Ugao uspešno odštampane strukture

NAPOMENA:

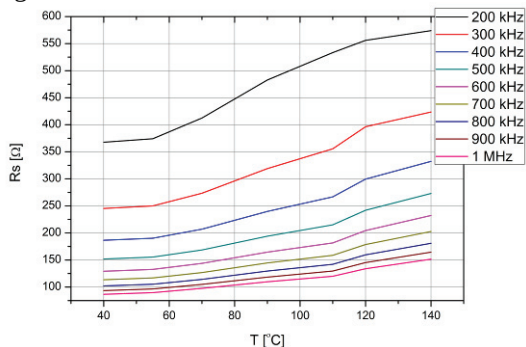
Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Goran Stojanović, vanr.prof.

Na podlogu od stroncijum rutenata BaTiO_3 nanešen je *Dip coating* metodom. Nakon nanošenja barijum titanata na podloge primenom obe metode, uzorci su sinterovani na temperaturi od 700°C u trajanju od 30 minuta.

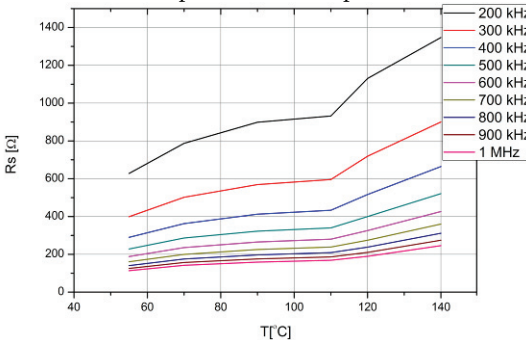
4. KARAKTERIZACIJA BaTiO_3 TERMISTORA

4.1. Merenja promene električnih parametara sa promenom temperature uzoraka

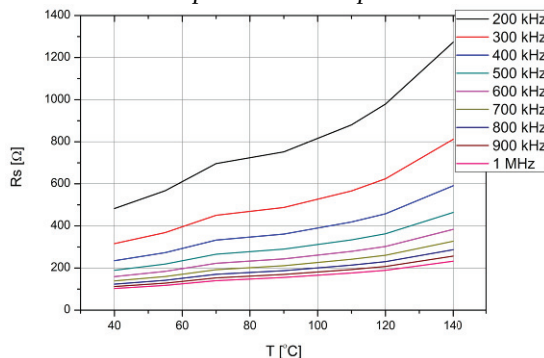
Merenja promene električnih parametara urađena su na instrumentu *HP4194A Impedance/Gain-Phase Analyzer*. Kontakti neophodni za merenje su postavljeni tako što su žice zalepljene na uzorak dvokomponentnom srebrnom pastom na sredine dve naspramne stranice, nakon čega se pasta sušila na sobnoj temperaturi dok nije potpuno očvrstnula. Zagrevanje uzoraka je vršeno do temperature od 140°C pošto je to temperatura izdržljivosti kontakata. Kako bi se ispitala ponovljivost rezultata, merenja su izvršena na tri istovetno pravljena uzorka označena kao Uzorak 1, Uzorak 2 i Uzorak 3. Rezultati promene redne otpornosti sa porastom temperature u frekventijskom opsegu od 200 kHz do 1 MHz sva tri uzorka na Si podlogama dati su redom na Slici 3, Slici 4 i Slici 5.



Slika 3. Promena otpornosti sa temperaturom Uzorka 1



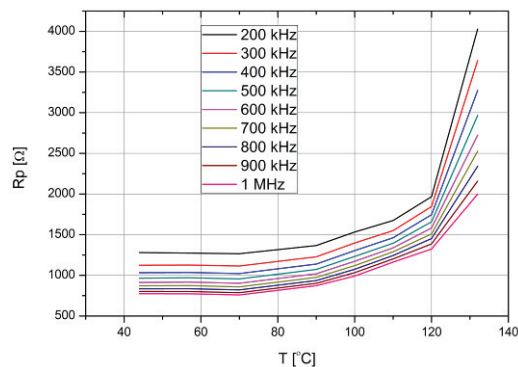
Slika 4. Promena otpornosti sa temperaturom Uzorka 2



Slika 5. Promena otpornosti sa temperaturom Uzorka 3

Sa prethodna tri grafika može se videti da sva tri testirana uzorka pokazuju osobinu da otpornost barijum titanatnog

filma raste sa porastom temperature sve do 140°C . Rezultati dobijeni analizom uzorka obeleženog kao Uzorak 4, kod kojeg je na podlogu od stroncijum rutenata (Sr_2RuO_4) metodom *Dip coating* nanešen sloj BaTiO_3 mastila prikazani su na Slici 6.



Slika 6. Promena otpornosti sa temperaturom Uzorka 4

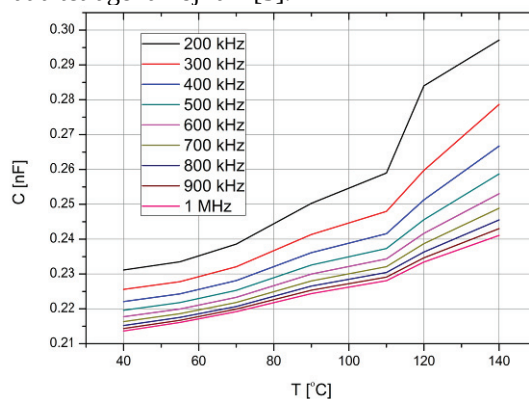
Sa Slike 6 može se primetiti tendencija porasta otpornosti sa porastom temperature do 132°C . Ovaj rezultat potvrđuje prethodno dobijene rezultate, tačnije pokazuje da ovako sintetisano i nanešeno BaTiO_3 mastilo pokazuje osobine PTC termistora.

Temperaturni opseg u kom ovako napravljeni termistori rade je od 40°C do 140°C . Odziv napravljenih termistora je izrazito nelinearan a rezolucija zavisi od sistema koji bi obrađivao podatke dobijene sa termistora. Osetljivost posmatranih uzoraka data je u Tabeli 1. Osetljivost Uzorka 4 je dosta veća u odnosu na osetljivost uzoraka izrađenih na Si. Osetljivost Uzorka 2 i Uzorka 3 je približna, dok je osetljivost Uzorka 1 dosta niža.

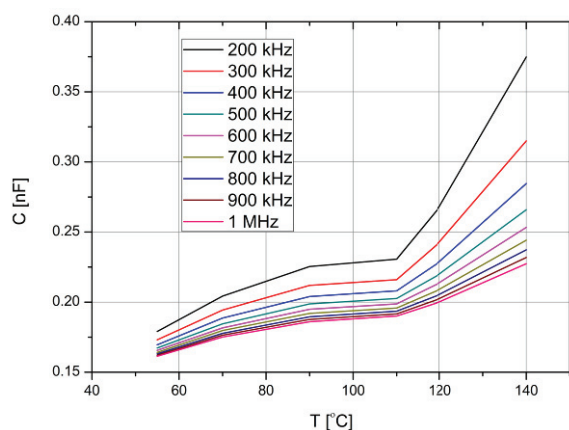
Tabela 1. Osetljivost promene otpornosti uzoraka

Uzorak	Osetljivost
Uzorak 1	$3,8 \Omega/^\circ\text{C}$
Uzorak 2	$6,31 \Omega/^\circ\text{C}$
Uzorak 3	$6,65 \Omega/^\circ\text{C}$
Uzorak 4	$16,73 \Omega/^\circ\text{C}$

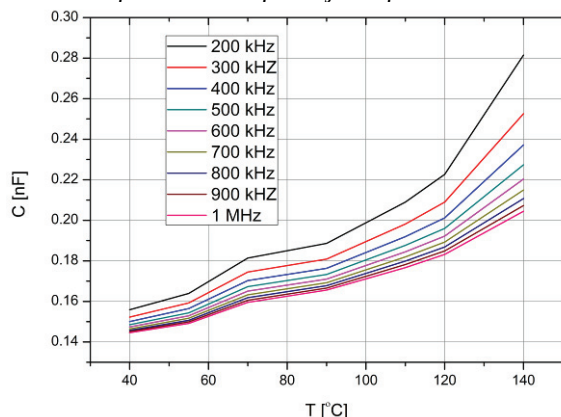
Takođe je merena i promena kapacitivnosti uzoraka odštampanih na Si sa porastom temperature. Rezultati u frekventijskom opsegu od 200 kHz do 1 MHz prikazani su na Slici 7, Slici 8 i Slici 9. Sa ovih grafika se može videti da kapacitivnost sva tri uzorka raste sa porastom temperature u opsegu od 40°C do 140°C . Porast kapacitivnosti se može povezati sa porastom realnog dela permitivnosti što i jeste očekivan rezultat za barijum titanat u tetragonalnoj fazi [3].



Slika 7. Kapacitivnost u funkciji temperature Uzorka 1



Slika 8. Kapacitivnost u funkciji temperature Uzorka 2



Slika 9. Kapacitivnost u funkciji temperature Uzorka 3

4.2. Merenja transportnih parametara

Merenje transportnih parametara izvršeno je pomoću instrumenta *HMS 3000* za BaTiO_3 na obe podloge kao i za same podloge. Parametri koji su mereni su površinska i zapreminska koncentracija nosilaca naelektrisanja, njihova pokretljivost, specifična otpornost i provodnost i srednji Holov koeficijent. U Tabeli 2 i Tabeli 3 dati su gore nabrojani parametri mereni za BaTiO_3 na Si podlozi i za BaTiO_3 na podlozi od stroncijum rutenata.

Tabela 2. Transportni parametri za BaTiO_3 na Si

Parametar	Vrednost
N_b [$1/\text{cm}^3$]	$1,055 \times 10^{15}$
μ [cm^2/Vs]	$9,494 \times 10^{-2}$
ρ [$\Omega \text{ cm}$]	$6,232 \times 10^4$
R_H [cm^3/C]	$5,916 \times 10^3$
N_s [$1/\text{cm}^2$]	$1,055 \times 10^{10}$
σ [$1/\Omega \text{ cm}$]	$1,605 \times 10^{-5}$

Tabela 3. Transportni parametri za BaTiO_3 na Sr_2RuO_4

Parametar	Vrednost
N_b [$1/\text{cm}^3$]	$6,119 \times 10^{13}$
μ [cm^2/Vs]	5,801
ρ [$\Omega \text{ cm}$]	$1,758 \times 10^4$
R_H [cm^3/C]	$1,02 \times 10^5$
N_s [$1/\text{cm}^2$]	$1,224 \times 10^9$
σ [$1/\Omega \text{ cm}$]	$5,687 \times 10^{-5}$

Iz prethodne dve tabele može se videti da su vrednosti specifičnih otpornosti BaTiO_3 dobijene merenjem za dva različita uzorka bliske i reda $10^4 \Omega \text{ cm}$, što znači da je BaTiO_3 odličan dielektrik [4]. Ovim se potvrđuje da izbor nanošenja BaTiO_3 između *inkjet* štampe i *Dip coating*

procesa ne utiče u velikoj meri na vrednost specifične otpornosti. Sa druge strane, uzorak odštampan na podlozi od Si pokazuje veću površinsku i zapreminsku koncentraciju nosilaca naelektrisanja ali nešto manju njihovu pokretljivost u odnosu na uzorak dobijen *Dip coating* metodom.

Rezultati merenja Sr_2RuO_4 dati su u Tabeli 4. Iz nje se može videti da podloga od Sr_2RuO_4 pokazuje izuzetno veliku površinsku i zapreminsku koncentraciju većinskih nosilaca naelektrisanja ali da je njihova pokretljivost dosta mala. Specifična otpornost ove podloge je reda 10^{-3} što ukazuje na to da je Sr_2RuO_4 provodan.

Tabela 4. Transportni parametri za Sr_2RuO_4

Parametar	Vrednost
N_b [$1/\text{cm}^3$]	$1,155 \times 10^{23}$
μ [cm^2/Vs]	$8,376 \times 10^{-3}$
ρ [$\Omega \text{ cm}$]	$6,454 \times 10^{-3}$
R_H [cm^3/C]	$5,405 \times 10^{-5}$
N_s [$1/\text{cm}^2$]	$4,619 \times 10^{18}$
σ [$1/\Omega \text{ cm}$]	$1,55 \times 10^2$

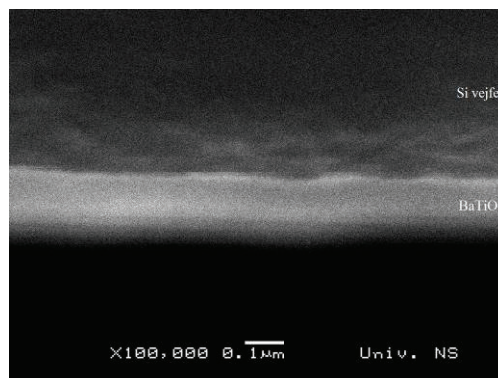
Rezultati merenja Si dati su u Tabeli 5. Iz ove tabele se može videti da je zapreminska i površinska koncentracija nosilaca naelektrisanja dosta niža u odnosu na podlogu od Sr_2RuO_4 . Specifična otpornost Si vejjera je reda 10^3 što ukazuje na to da je ova podloga neprovodna.

Tabela 5. Transportni parametri za Si

Parametar	Vrednost
N_b [$1/\text{cm}^3$]	$1,076 \times 10^{15}$
μ [cm^2/Vs]	1,087
ρ [$\Omega \text{ cm}$]	$5,337 \times 10^3$
R_H [cm^3/C]	$5,803 \times 10^3$
N_s [$1/\text{cm}^2$]	$6,723 \times 10^{13}$
σ [$1/\Omega \text{ cm}$]	$1,874 \times 10^{-4}$

4.3. Strukturalna karakterizacija uzoraka

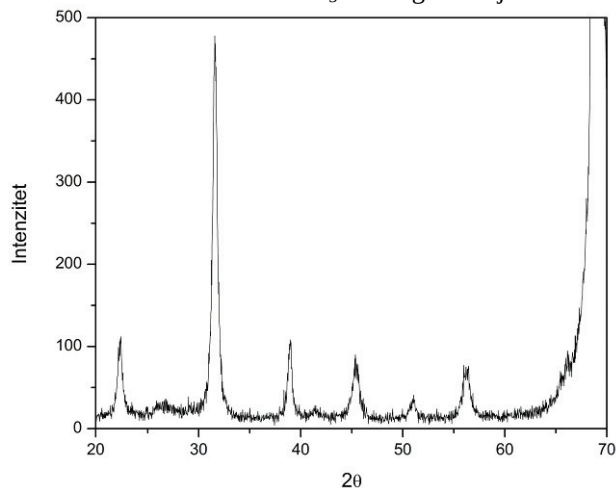
U okviru ovog rada prikazana je slika uzorka BaTiO_3 na podlozi od Si dobijena SEM metodom, kao i analiza dobijenog BaTiO_3 putem XRD analize. Na Slici 10 prikazan je poprečan presek strukture na Si snimljen mikroskopom pod uveličanjem od 100 000 puta i može se zaključiti da je dobijeni film od BaTiO_3 zadovoljavajuće uniforman i gladak.



Slika 10. Poprečan presek Uzorka 1

Rezultat XRD analize uzorka štampanog na Si prikazan je na Slici 11. Sa ove slike mogu se jasno očitati pikovi za

sledeće vrednosti 2θ : $22,5^\circ$, 32° , $38,5^\circ$, 45° , $51,5^\circ$ i $56,5^\circ$. Ovi pikovi redom odgovaraju kristalografskim ravnima: (001), (101), (111), (002), (102), (112). Dobijeni rezultati XRD analize pokazuju dobro poklapanje sa konvencionalnom tetragonalnom BaTiO_3 strukturom (JCPDS No. 05-0626). Kod pika na $2\theta = 45^\circ$ može se primetiti da dolazi do blagog udvajanja što je generalno odlika XRD šablona za BaTiO_3 u tetragonalnoj fazi.

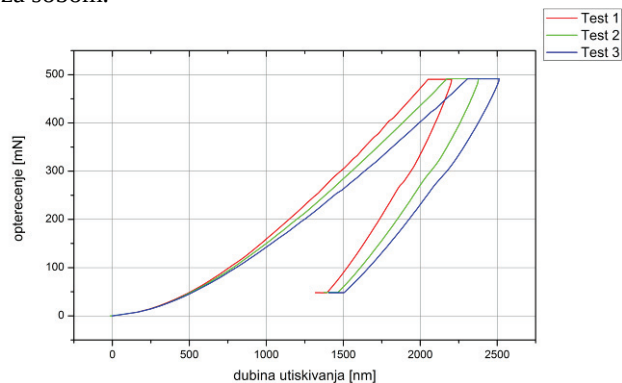


Slika 11. XRD analiza barijum titanata

4.4. Mehanička karakterizacija podloga

Za mehaničku karakterizaciju podloga korišćen je instrument *Agilent Nano Indenter G200*. Utiskivač koji je korišćen je tzv. "Berkovičev" oblika trostrane piramide. Za maksimalnu silu prilikom merenja izabrano je 500 mN, utiskivanje u svakoj tački je vršeno jedan put, vreme zadržavanja iglice u uzorku je 10 s a primene sile je 15 s. Dozvoljeni drift iznosi 0,05 nm/s. Za svaki testirani uzorak izvršena su merenja u tri različite tačke.

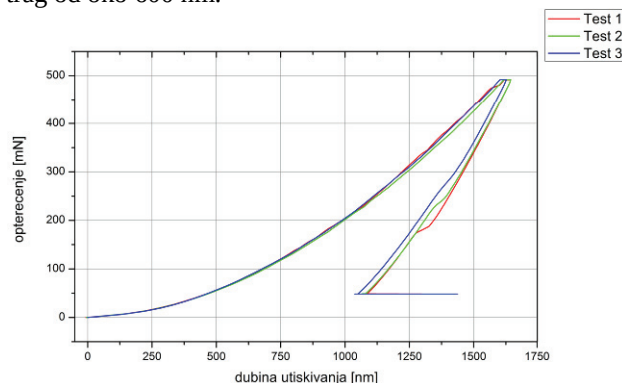
Rezultati za podlogu od Si pokazuju da je Jungov moduo elastičnosti $E = 72,617$ GPa, dok je tvrdoća $H = 5,712$ GPa što pokazuje da je ovaj materijal izrazito krut. Grafik zavisnosti opterećenja primenjenog na podlogu u funkciji dubine utiskivanja iglice u uzorak prikazan je na Slici 12. Razlika između dubine na kojoj se iglica nalazi u uzorku pri istoj primenjenoj sili prilikom utiskivanja i izlaženja je oko 900 nm i ta vrednost predstavlja plastičnu deformaciju ovog materijala i trag koji će iglica ostaviti za sobom.



Slika 12. Primenjena sila u funkciji dubine utiskivanja za silicijum

Rezultati za podlogu od Sr_2RuO_4 pokazuju da je Jungov moduo elastičnosti $E = 167,63$ GPa, dok je tvrdoća $H = 10,81$ GPa pa iz dobijenih podataka sledi da je ovaj

materijal manje krut od prethodno testirane podloge. Grafik zavisnosti opterećenja primenjenog na podlogu u funkciji dubine utiskivanja iglice u uzorak prikazan je na Slici 13. Za ovu podlogu prilikom testiranja iglica ostavlja trag od oko 600 nm.



Slika 13. Primenjena sila u funkciji dubine utiskivanja za stroncijum rutenat

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu je pokazano da BaTiO_3 mastilo nanešeno postupkom *inkjet* štampe na podlogu od silicijuma pokazuje osobine termistora sa pozitivnim temperaturnim koeficijentom. Isto je pokazano i za uzorak na kojem je na podlogu od stroncijum rutenata nanešeno barijum titanatno mastilo *Dip coating* metodom. Ovim radom je dokazano da je štampanim tankim slojem barijum titanata moguće detektovati temperaturnu promenu, a za preciznije rezultate i bolje performanse uređaja (u smislu dimenzija i osetljivosti) neophodno je nastaviti rad u ovoj oblasti.

6. LITERATURA

- [1] Vishay Dale, "NTC and PTC Thermistors", 2002.
- [2] M. M. Vijatović, J. D. Bobić, B. D. Stojanović, "History and Challenges of Barium Titanate: Part I", Science of Sintering, vol. 40, pp. 155-165, 2008.
- [3] Katarina Cvejin, Bojana Mojić, Nataša Samardžić, Vladimir V. Srdić, Goran M. Stojanović, "Dielectric studies of barium bismuth titanate as a material for application in temperature sensors", Mater Sci: Mater Electron, vol. 24, pp. 1243-1249, 2013.
- [4] M. M. Vijatović, J. D. Bobić, B. D. Stojanović, "History and Challenges of Barium Titanate: Part II", Science of Sintering, vol. 40, pp. 235-244, 2008.

Kratka biografija:



Ana Lebanov rođena je u Zrenjaninu 1990. god. Bachelor rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Računarsko projektovanje digitalnih integrisanih kola odbranila 2013.god.

TRETMAN POTROŠAČA U PRORAČUNIMA KRATKIH SPOJEVA DISTRIBUTIVNIH MREŽA**LOADS TREATMENT IN CALCULATIONS OF DISTRIBUTION NETWORKS WITH SHORT-CIRCUITS**

Luka V. Strezoski, *Fakultet tehničkih nauka Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – Proračuni tokova snaga i režima s kratkim spojevima dva su osnovna proračuna distributivnih mreža. Modeli tokova snaga su nelinearni, a modeli kratkih spojeva linearni. Drugi modeli se dobijaju linearizacijom prvih. Nelinearnosti u modelima tokova snaga unose potrošači i generatori tretirani kompleksnim snagama. U ovom radu je reč o proračunima kratkih spojeva. Da bi se modeli distributivnih mreža linearizovali, generatori se zamenjuju Tevenen/Nortonovim ekvivalentima a potrošači se tretiraju koristeći se jednom od sledeće tri varijante linearnih modela: 1) njihove snage se anuliraju, 2) oni se zamenjuju konstantnim strujama i 3) oni se zamenjuju konstantnim impedansama. Međusobno poređenje rezultata proračuna dobijenih sa te tri vrste linearizacija (aproksimacija) osnovni je predmet ovog rada.

Abstract – Power flow and short-circuit calculations are two basic calculations of distribution networks. Power flow models are not linear. Short-circuit models are linear. The second models are derived by linearization of the first ones. The linearity of power flow models are broken by loads and generators treated by their complex powers. This paper deals with short-circuit calculations. For linearization of short-circuit models of distribution networks the generators are replaced by their Thévenin/Norton equivalents and loads are treated using one of following three variants of linear models: 1) their powers are annulled, 2) they are replaced by constant currents and 3) they are replaced by constant impedances. Mutual comparison of calculation results provided by these three types of linearization (approximation) is the basic subject of this paper.

Ključne reči: Distributivne mreže, proračuni kratkih spojeva, tretman potrošača.

1. UVOD

Posle proračuna tokova snaga, proračuni režima s kratkim spojevima (*proračuni kratkih spojeva*) spadaju u najeksploatisanije proračune elektroenergetskih mreža. Oni se koriste za sebe, ali i u okviru velikog broja ostalih proračuna u sistemima za vođenje prenosnih mreža (EMS) i sistemima za vođenje distributivnih mreža (DMS).

Proračuni kratkih spojeva prenosnih mreža utvrđeni su pre više decenija. Oni su zasnovani na modelima prenosnih mreža, koji su napisani saglasno s linearnim

metodom nezavisnih napona. Njihova rešenja su zasnovana na klasičnom Gausovom metodu sukcesivnih eliminacija (Gausova redukcija) [1,2,3,4].

U ovom radu je reč o proračunima kratkih spojeva trofaznih uravnoteženih distributivnih mreža s petljama. Ti proračuni zasnovani su na *proceduri sumiranja struja i korekcija napona, kao i kompenzaciji za petlje* [5,6]. Modeli kratkih spojeva su linearni. Oni su za radikalne trofazne distributivne mreže, koje su pre kratkih spojeva bile uravnotežene, urađeni i rešeni u [7]. Oni se dobijaju linearizacijom modela tokova snaga oko njegovog izabranog rešenja. Nelinearnosti u modelima tokova snaga unose generatori i potrošači koji su modelovani snagama.

Generatori se zamenjuju linearnim Tevenen/Nortonovim ekvivalentima [2]. Snage potrošača, u opštem slučaju, zavise od napona potrošača. Da bi se izvršila pomenuta linearizacija modela tokova snaga [8], potrošači se modeluju jednom od sledeće tri varijante: 1) njihove snage se anuliraju, 2) oni se zamenjuju konstantnim strujama i 3) zamenjuju se konstantnim impedansama. U drugom i trećem slučaju, struje i impedanse se izračunavaju iz napona i snaga potrošača koji su rešenja problema tokova snaga. Samo se te dve vrste zamene potrošača pominju u referenci [9]. Pored toga, poznato rešenje problema tokova snaga se koristi kao podatak za proračun kratkih spojeva [2,3,4].

Međusobno poređenje rezultata proračuna dobijenih sa te tri vrste linearizacija (aproksimacija) osnovni je predmet ovog rada. On je organizovan na sledeći način: Posle Uvoda, u delu 2, dat je postupak za proračun kratkih spojeva distributivne mreže koristeći se procedurom sumiranja struja i korekcija napona, uz kompenzaciju za petlje. Ta procedura je izvedena direktnom primenom Kirchhoff-ovih zakona [8]. U delu 3 je dat proračun naizmeničnih komponenti struja trofaznih kratkih spojeva. U delu 4 dati su rezultati proračuna za tri prethodno navedene varijante tretmana potrošača. U delu 5 su dati zaključci, a u delu 6 je navedena korišćena literatura.

2. PRORAČUN KRATKIH SPOJEVA DISTRIBUTIVNIH MREŽA

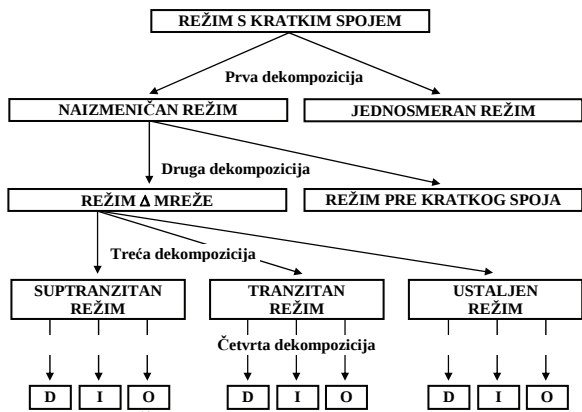
Neka se razmatra trofazna distributivna mreža u simetričnom režimu direktnog redosleda. Taj režim je poznat (dobijen je proračunom tokova snaga). Mreža i proračun tokova snaga prikazani su u potpunosti u referenci [8]. U takvoj mreži se simulira i izračunava režim s kratkim spojem s tri varijante tretmana potrošača. S obzirom da je u ovom radu osnovni akcent stavljen na

NAPOMENA:

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

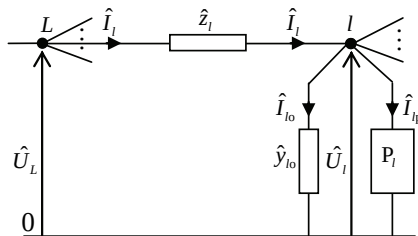
tretman potrošača, razmatraju se samo trofazni kratki spojevi. Oni su u uravnoteženi, pa su režimi s kratkim spojevima simetrični direktnog redosleda.

Proračun režima s kratkim spojem se u opštem slučaju vrši koristeći se s četiri dekompozicije modela mreže s kratkim spojem. One su date na slici 1 [2,7]. Jednosmerni režim mreže s kratkim spojem [2] nije od interesa za ovaj rad. Naizmjenični režim se dekomponuje na poznati režim mreže pre kratkog spoja i režim trofaznog Δ kola. Ono je pasivno svuda osim na mestu kratkog spoja k [7]. Jedino u tom čvoru se injektiraju nenulte struje kratkog spoja u tri fazna čvora. Na ovaj način, proračun režima mreže s kratkim spojem sveden je na proračun Δ kola i superpoziciju tog režima s poznatim režimom pre kratkog spoja.



Slika 1 – Četiri dekompozicije režima mreže s kratkim spojem

Režim Δ mreže se dalje dekomponuje na tri vremenske sekvence – suptranzitna, tranzitna i ustaljena. U svakoj od njih se on smatra prostoperiodičnim [2,7]. Na te tri sekvence se neće insistirati u ovom radu pošto je ovde reč samo o tretmanu potrošača u proračunima kratkih spojeva. Poslednja dekompozicija – transformacija u domen simetričnih komponenti [2,7] za rezultat ima proračun tri monofazne mreže umesto jedne trofazne. Pošto je u ovom radu reč o simetričnim režimima direktnog redosleda, trofazna mreža se svodi samo na jedno monofazno pogonsko kolo direktnog redosleda [2,7]. Ono se sastoji od Γ segmenata prikazanih na slici 2 [7,8].



Slika 2 – Γ segment

Tim segmentima se mogu predstaviti distributivne mreže koje se sastoje od sekcija vodova i normalizovanih transformatora priključenih između čvorova L i l [2,7,8]. Sa $\hat{z}_l$ i $\hat{y}_{lo}$ označeni su redni i otočni elementi Γ segmenata; sa $\hat{I}_l$ i $\hat{I}_{lo}$ struje tih elemenata; sa $\hat{U}_L$ i $\hat{U}_l$

označeni naponi čvorova segmenata; sa P_l su označeni potrošači priključeni na segmente, a sa $\hat{I}_{lp}$ njihove struje; sa 0 je označen čvor nultog potencijala.

3. PRORAČUN NAIZMENIČNIH KOMPONENTI STRUJA TROFAZNIH KRATKIH SPOJEVA

Kako je već rečeno, proračun kratkih spojeva mreža se svodi na proračun njihovih Δ kola. I ta kola, kao i proračuni tokova snaga, računaju se koristeći se *procedurom sumiranja struja i korekcija napona, uz proceduru kompenzacije za petlje* (kompenzacija za petlje se zasniva na čvorovima prekida petlji), kao i numeracijom mreže saglasno s principom slojeva [5,6,7,8]:

$$(\hat{I}_l^\Delta)^{h+1} = \hat{J}_l^\Delta + (\hat{J}_{lc}^\Delta)^h + \hat{y}_{lo} (\hat{U}_l^\Delta)^h + \sum_{j \in \alpha_l} (\hat{I}_j^\Delta)^{h+1},$$

$$l = n + p \dots 3, 2; \quad (1a)$$

$$(\hat{U}_l^\Delta)^{h+1} = (\hat{U}_l^\Delta)^{h+1} - \hat{z}_l (\hat{I}_l^\Delta)^{h+1}, \quad l = 2, 3, \dots, n + p; \quad (1b)$$

$$(\Delta \hat{J}_c^\Delta)^h = \hat{Y}_N [(\hat{U}_1^\Delta)^{h+1} - (\hat{U}_2^\Delta)^{h+1}]; \quad \hat{Y}_N = (\hat{Z}_T)^{-1}; \quad (1c)$$

$$(\hat{J}_c^\Delta)^{h+1} = (\hat{J}_c^\Delta)^h + (\Delta \hat{J}_c^\Delta)^h. \quad (1d)$$

Sa h je označen redni broj iteracije; sa Δ u superskriptu se ukazuje na proračun Δ kola; sa n je označen broj trofaznih čvorova mreže, a sa p broj petlji; sa $\hat{z}_l$ i $\hat{y}_{lo}$ redni i otočni parametri Γ segmenata; sa α_l je označen skup indeksa Γ segmenata koji se napajaju sa l -tog Γ segmenta; sa $\hat{U}^\Delta$ i $\hat{I}^\Delta$ označene su struje Γ segmenata Δ kola; $\hat{J}_{lc}^\Delta$ predstavlja kompenzacionu struju ako je čvor l jedan od čvorova prekida petlji [8]; te struje su sažete u vektoru kompenzacionih struja $\hat{J}_c^\Delta$; sa $\Delta \hat{J}_c^\Delta$ je označena korekcija kompenzacionih struja; sa $\hat{U}_1^\Delta$ i $\hat{U}_2^\Delta$ označeni su vektori napona prvih i drugih čvorova prekida petlji, respektivno [8]; sa $\hat{Z}_T$ i $\hat{Y}_N$ označene su Tevenenova i Nortonova matrica admitansi viđenih iz čvorova prekida petlji prema ostatku mreže [8].

Sa $\hat{J}_l^\Delta$ je označena injektirana struja kratkog spoja čvora l :

$$\hat{J}_l^\Delta = \begin{cases} 0, & \text{za } l \neq k, \\ \hat{J}_k^\Delta \neq 0, & \text{za } l = k. \end{cases} \quad (2)$$

Očigledno je da je ona različita od nule samo za $l=k$ (k je čvor s kratkim spojem).

Opisana iterativna procedura se završava kada se zadovolje sledeći kriterijumi konvergencije

$$|\Delta \theta_k^h| \leq \varepsilon_1 \wedge |\Delta U_k^h| \leq \varepsilon_2 \quad (3)$$

Superpozicijom izračunatog režima Δ kola i režima mreže pre kratkog spoja dobija se naizmjenična komponenta režima mreže s kratkim spojem u vremenskoj sekvenci koja se razmatra.

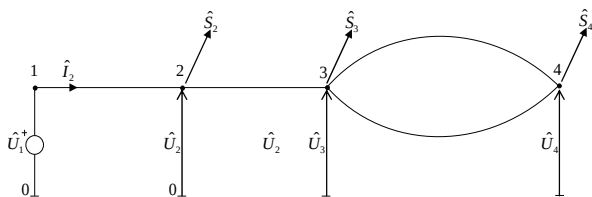
4. REZULTATI PRORAČUNA

U ovom delu je na primerima dve jednostavne trofazne 20kV distributivne mreže s četiri čvora, četiri sekcije i jednom petljom (slika 3), dati rezultati proračuna kratkih spojeva.

Prvi čvor je koren s poznatim trofaznim simetričnim naponom. Prva mreža je kablovska, a druga golih provodnika.

Sve sekcije su iste. Njihovi podužni pogonski parametri direktnog redosleda i maksimalne struje dati su u tabelama I i II. Snage svih čvorova su međusobno iste i izabrane su tako da, s faktorima snaga 0,85, struje prvih sekcije mreža budu jednake maksimalnim strujama datim tabelama I i II. Napon korena faze a iznosi:

$$U_1 = (21000 + j0) / \sqrt{3} \text{ V}.$$



Slika 3 – Trofazna uravnotežena mreža

Tabela I – Podužni podaci o sekcijama kablovske mreže (tip kabla: XHP 48-A 3x70 mm², 20kV)

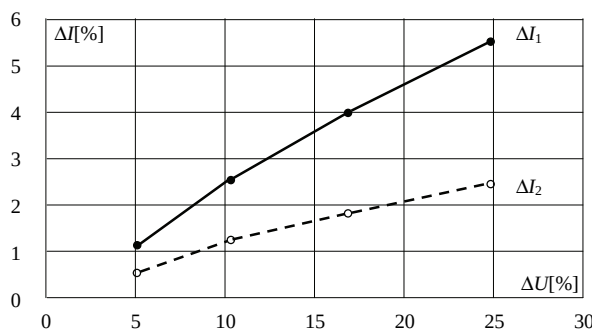
$r[\Omega/\text{km}]$	$x[\Omega/\text{km}]$	$b[\mu\text{S}/\text{km}]$	$g[\mu\text{S}/\text{km}]$	$I_{\text{max}}[\text{A}]$
0,443	0,22	100	0	246

Tabela II – Podužni podaci o sekcijama mreže golih provodnika (tip voda: ALC 3x70 mm², 20kV)

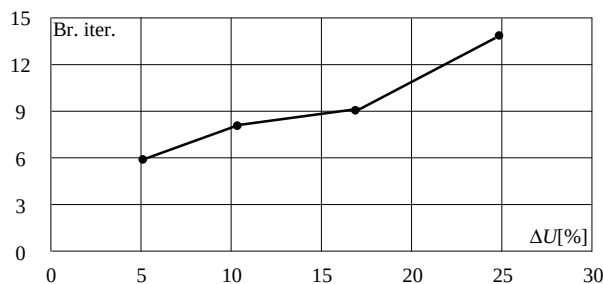
$r[\Omega/\text{km}]$	$x[\Omega/\text{km}]$	$b[\mu\text{S}/\text{km}]$	$g[\mu\text{S}/\text{km}]$	$I_{\text{max}}[\text{A}]$
0,410	0,36	3	0	350

Potrebno je da se izračunaju razlike struja prvih sekcija dve razmatrane mreže za tropske kratke spojeve u čvoru 4, za potrošače tretirane na prethodno pomenuta tri načina: 1) njihove snage se anuliraju, 2) oni se zamenjuju konstantnim strujama i 3) zamenjuju se konstantnim impedansama.

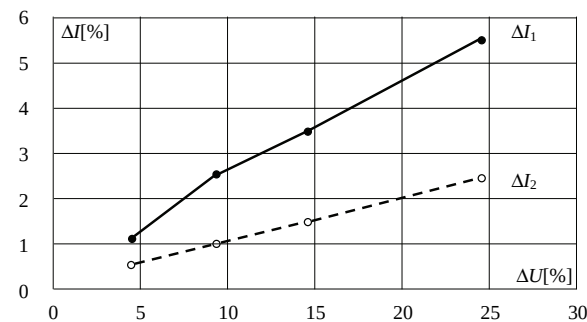
Te razlike treba da se utvrde za različite dužine mreže, ali sa uvek maksimalno opterećenim prvim sekcijama obe mreže. Dužine menjati tako da se razlike modula napona korena i čvora s najmanjim naponom (čvor 4) kreću u opsegu 5 do 25% pre kratkog spoja. Dakle, za kratke gradske i dugačke vangradske mreže.



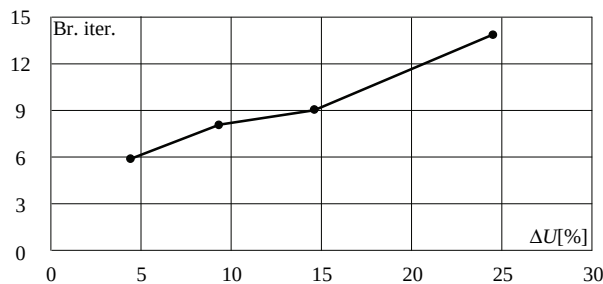
Slika 4 – Zavisnost odstupanja rezultata proračuna struje tropskog kratkog spoja na početku kablovske mreže od tretmana potrošača i dužine mreže



Slika 5 – Zavisnost broja iteracija potrebnih za proračun tokova snaga kablovske mreže pre kratkog spoja od dužine mreže



Slika 6 – Zavisnost odstupanja rezultata proračuna struje tropskog kratkog spoja na početku mreže od tretmana potrošača i dužine mreže golih provodnika



Slika 7 – Zavisnost broja iteracija potrebnih za proračun tokova snaga mreže golih provodnika pre kratkog spoja od dužine mreže

Na slici 4 sumirani su rezultati proračuna za kablovsku mrežu (tabela I). Naime, na toj slici, na apscisi dijagrama naneta je razlika modula napona između korena i čvora s najnižim naponom ΔU [%] (čvor 4), pre kratkog spoja. Ta razlika je u direktnoj srazmeri s dužinom mreže, za iste snage potrošnje $\{\Delta U$ [%] „=“ dužina mreže}. Na ordinati je prikazana procentualna razlika struje korena mreže s tropskim kratkim spojem u čvoru 4 ΔI [%]. Ona se daje u dve varijante: 1) ΔI_1 se odnosi na razliku struje kada su potrošači tretirani konstantnim strujama i nultim snagama (prazan hod) – puna linija i 2) ΔI_2 se odnosi na razliku struje kada su potrošači tretirani konstantnim strujama i konstantnim impedansama – isprekidana linija. Te razlike praktično linearno rastu s porastom dužine mreže. Potrebno je naglasiti da su najveće struje korena mreže s kratkim spojem kada se potrošači zamenjuju konstantnim strujama, pa struje kada su potrošači zamenjeni konstantnim impedansama i na kraju struje kada su potrošači anulirani (najmanje su). Na slici 5 je data zavisnost broja iteracija potrebnih da se reši problem tokova snaga pre kratkog spoja u zavisnosti od prethodno

opisane razlike napona ΔU [%]. Taj broj iteracija je praktično jednak s brojem iteracija potrebnih da se proračuna režim Δ kola. Na slikama 6 i 7 sumirani su rezultati proračuna za mrežu vodova golih provodnika. Rezultati su i kvalitativno i kvalitativno isti s rezultatima za kablovsku mrežu – slike 4 i 5.

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu je izvršena analiza uticaja tretmana potrošača na rezultate proračuna režima trofaznih upetljenih distributivnih mreža s kratkim spojevima. Potrošači su tretirani na sledeća tri načina: 1) njihove snage se anuliraju, 2) oni se zamenjuju konstantnim strujama i 3) oni se zamenjuju konstantnim impedansama. U poslednja dva slučaja se struje i impedanse izračunavaju na osnovu napona i snaga potrošača pre kratkog spoja. Proračunima je pokazano sledeće:

1. Najveće struje kratkih spjeva u deonicama sa zaštitnom opremom (korenu mreže ili prvoj deonici izvoda), dobijaju se kada se potrošači zamene konstantnim strujama.
2. Najmanje struje na istim mestima se dobijaju kada se snage potrošača anuliraju (kada se smatra da je mreža pre kratkog spoja bila u praznom hodu).
3. Zamena potrošača konstantnim impedansama vodi ka rezultatima čije su vrednosti između prethodne dve vrednosti.
4. Na uzorcima mreža koji su analizirani te razlike nisu velike. One su reda do 6% za vrlo dugačke mreže (velike padove napona pre kratkog spoja).

Zbog tako malih razlika otvaraju se sledeća pitanja:

1. Izvršiti analizu rezultata proračuna kratkih spojeva mreža s vodovima drugih tipova i preseka, kao i niskonaponskih mreža.
2. Utvrditi relaciju između rezultata proračuna mreža s kratkim spojevima kada se potrošači tretiraju na sva tri načina i dužina mreža.
3. Ako se te relacije mogu utvrditi, onda za izbor i podešavanje zaštitne opreme raditi samo jedne proračune.
4. Izvršiti analizu uticaja otočnih parametara elemenata distributivnih mreža (vodova i transformatora) na rezultate struja kratkih spojeva. Ako su oni mali i ako se utvrde prethodno pomenute relacije, onda bi za izbor i podešavanje zaštitne opreme bilo dovoljno zamenjivati potrošače nultim snagama. U takvoj varijanti, u mrežama bez generatora, uz zanemarene otočne parametre ostalih elemenata, iterativni proračuni kratkih spojeva bi se sastojali samo od jedne iteracije.

6. LITERATURA

1. V.Strezoski: Osnovi elektroenergetike, Fakultet tehničkih nauka Novi Sad, 2014.
2. V.C.Strezoski: Analiza elektroenergetskih sistema, skripta, Fakultet tehničkih nauka Novi Sad, 2014.
3. V.Strezoski, D.Bekut: A Canonical Model for the Study of Faults in Power Systems, *IEEE Trans. on Power Systems*, Vol. 6, No. 4, Nov. 1991, pp. 1493–1499.
4. V.Strezoski, D.Bekut: Kanonični model za proračun opšte klase uslova kvara elektroenergetskih sistema, *Elektroprivreda*, 1991, br. 9-10, str. 333–347.
5. D.Shirmohammadi, H.W.Hong, A.Semlyen, G.X. Luo: A Compensation-Based Power Flow Method for Weekly Meshed Distribution and Transmission Network; *IEEE Trans. on PS*, Vol.3, No.2, May 1988, pp. 753–762.
6. D.Popović, D.Bekut, V.Dabić, *Specijalizovani DMS algoritmi*, Novi Sad DMS Group, 2011.
7. L.Strezoski; *Proračuni radialnih distributivnih mreža s kratkim spojevima*; diplomski rad, Fakultet tehničkih nauka, 2013.
8. R.Strezoski; Teorijska zasnovanost proračuna tokova snaga radialnih distributivnih mreža; *Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad*, br. 28, 2013, str. 93–96.
9. A.Tan, K-H.E. Liu, D. Shirmohammadi: Transformer and Load Modeling in Short Circuit Analysis for Distribution Systems; *IEEE Transactions on PS*, Vol. 12, No. 3, August 1997, pp. 1315–1322.

Kratka biografija:



Luka Strezoski je rođen u Novom Sadu 1990. godine. Živi u Novom Sadu. Master rad je odbranio 2014. godine na Fakultetu tehničkih nauka iz Elektrotehnike i računarstva – Elektroenergetski sistemi.

**UVM-ML VERIFIKACIJA PRIJEMNOG DELA Wi-Fi™ 802.11n MAC JEZGRA
SLEDEĆE GENERACIJE KORIŠĆENJEM SYSTEMC BAZIRANOG DIZAJN TOKA****UVM-ML VERIFICATION OF THE RECEIVER OF A NEXT GENERATION Wi-Fi™
802.11n MAC IP USING A SYSTEMC-BASED DEESIGN FLOW**Miroslav Drobac, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U ovom radu opisana je funkcionalna verifikacija dela bežičnog MAC 802.11 IP jezgra. Prilikom razvoja verifikacionog okruženja korišćena je Universal Verification Methodology, a dominantni verifikacioni jezik je SystemVerilog.

Abstract – This paper introduces the functional verification of a part of wireless MAC 802.11 IP core. In the development of the verification environment, Universal Verification Methodology has been used, with the SystemVerilog being the dominant language.

Ključne reči: Funkcionalna verifikacija, UVM, UVM-ML SystemVerilog, MAC 802.11

1. UVOD

Verifikacija IP jezgra predstavlja značajan deo u procesu projektovanja jezgra, jer ona ima zadatak da odgovori na pitanje „da li dizajn poseduje funkcionalnost za koji je isprojektovan?“. Dati odgovor na ovo pitanje je veoma teško jer prilikom verifikacije kompleksnih sistema gotovo je nemoguće sa stopostotnom verovatnoćom garantovati ispravnost. Kako bi dali što bolju ocenu nekog dizajna pojavila su se dva pristupa u verifikaciji. Jedan pristup je formalna verifikacija koja matematički dokazuje da je određena tvrdnja zadovoljena. Drugi način je funkcionalna verifikacija koja generisanjem test scenarija proverava ispravnost dizajna. U ovom radu će biti opisana funkcionalna verifikacija i alati koji su primenjeni na primeru verifikacije bežičnog MAC modula.

Na samom početku funkcionalne verifikacije jezici koji su korišćeni za opis hardvera (eng. Hardware Description Language - HDL), korišćeni su i za razvoj verifikacionog okruženja. Jezici koji su danas dominantni u dizajnu su VHDL i Verilog. Kako je rasla kompleksnost dizajna, rasla je složenost verifikacionog okruženja, što je za posledicu imalo potrebu za stvaranje verifikacionih jezika (eng. Hardware Verification Language - HVL).

Najpoznatiji verifikacioni jezici su: SystemVerilog [1], OpenVera, e i SystemC [2]. Iako su verifikacioni jezici podigli verifikaciju na viši nivo apstrakcije, verifikacija danas uzima 2/3 vremena i resursa u procesu pravljenja IP jezgra. Imajući ovo u vidu, tri vodeće kompanije u oblasti kreiranja jezika i alata za verifikaciju su se odlučile da

uvedu standardizaciju u ovu oblast. Ove kompanije su napravile prvi korak u procesu standardizacije kada su metodologije koje su nezavisno razvijale udružili u jednu univerzalnu verifikacionu metodologiju (eng. Universal Verification Methodology - UVM) koja je trenutno standardizovana od strane Accellera grupe. Sledeći korak je standardizacije ove metodologije od strane IEEE organizacije.

2. JEZICI ZA VERIFIKACIJU**2.1. SystemVerilog**

Kasnih 1990 godina, Verilog je postao najrasprostranjeniji jezik za opis i simulaciju hardvera, ali ova verzija je posedovala proste konstrukcije za kreiranje testova. Tako da kada je kompleksnost dizajna prerasla mogućnosti jezika bilo je neophodno stvoriti nove verifikacione jezike kao što su OpenVera i e. Ovi jezici su objektno orjentisani i omogućili su znatnu slobodu u kreiranju testova. Ali industrija je bila prilično odbojna u prihvatanju novih jezika prvenstveno zbog toga što su do tada uložili prilična sredstva u pravljenje svojih verifikacionih alata u Verilogu. Ovo je dovelo do pojave SystemVerilog jezika koji predstavlja novu generaciju Veriloga. SystemVerilog u pogledu mogućnosti bi mogli podeliti u dve celine:

- SystemVerilog za RTL dizajn koji zapravo predstavlja Verilog iz 2005 god.
- SystemVerilog za verifikaciju koji poseduje objektno orjetisane tehnike koje više liče na Java nego na Verilog.

Kao sama posledica insistiranja industrije na Verilogu, SystemVerilog je postao najrasprostranjeniji jezik za verifikaciju. Tokom svog razvoja je doživeo više IEEE standardizacija, a poslednja se dogodila 2012 god. Spisak standarda Verilog-a i SystemVerilog-a je prikazan u tabeli 1

Jezik	Standard	Godina
Verilog	IEEE 1364-1995	1995
Verilog	IEEE 1364-2001	2001
Verilog	IEEE 1364-2005	2005
SystemVerilog	IEEE 1800-2005	2005
SystemVerilog	IEEE 1800-2009	2009
SystemVerilog	IEEE 1800-2012	2012

Tabela 1. Standardi Verilog i SystemVerilog jezika

NAPOMENA:

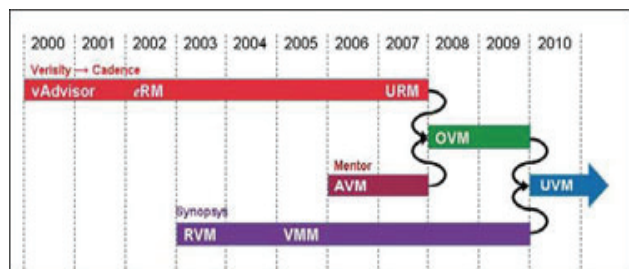
Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Rastislav Struharik, docent.

Sledeće verifikacione osobine SystemVerilog predstavljaju nadogradnju u odnosu na Verilog: novi tipovi podataka, klase, kontrolisana randomizacija podataka, tvrdjenja (eng. assertion), pokrivenost (eng. coverage) i sinhronizacija. Kod novih tipova podataka bitno poboljšanje se dobilo mogućnošću dinamičkog zauzimanja memorije koje je moguće ostvariti kod ne pakovanih nizova. Klase su omogućile da se koriste prednosti objektno orijentisanog programiranja s tim što postoji ograničenje da je moguće samo jednostruko nasleđivanje. Kontrolisanom randomizacijom je moguće generisati na slučajan način podatke čime se omogućuje da se na automatski način generiše veliki broj testova kojima se proverava ispravnost datog modula. Ovim pristupom je moguće pokriti i granične slučajeve koji bi u direktnim testovima možda bili zanemareni.

SystemVerilog poseduje tvrdnje slične onima koje se koriste u formalnoj verifikaciji. Tvrdnjama je moguće dokazati neke osobine koje se manifestuju u toku simulacije. Pokrivenost je još jedna bitna osobina verifikacije koja predstavlja statistiku događaja koji su se desili tokom simulacije. Na osnovu pokrivenosti je moguće odrediti koliki postotak verifikacionog plana je ispunjen. U velikim verifikacionim okruženjima se mogu nalaziti komponente koje moraju komunicirati između sebe putem događaja, a njihova sinhronizacija u SystemVerilogu je urađena pomoću semafora i muteksa.

2.2. UVM

Univerzalna verifikaciona metodologija nastala je udruživanjem metodologija koje su kompanije Cadence, Mentor Graphics i Synopsys posedovale. Na slici 1 prikazan je vremenski dijagram spajanja metodologija.



Slika 1. Razvoj metodologija kroz istoriju

UVM [3] je preuzeo najbolje osobine iz metodologija od kojih je nastao. Verifikacioni jezici koje UVM podržava su sledeći: SystemVerilog, e i SystemC.

Jedna od najbitnijih prednosti verifikacionog okruženja napisanog u UVM-u jeste mogućnost njegovog ponovnog korišćenja zahvaljujući standardnim UVM komponentama.

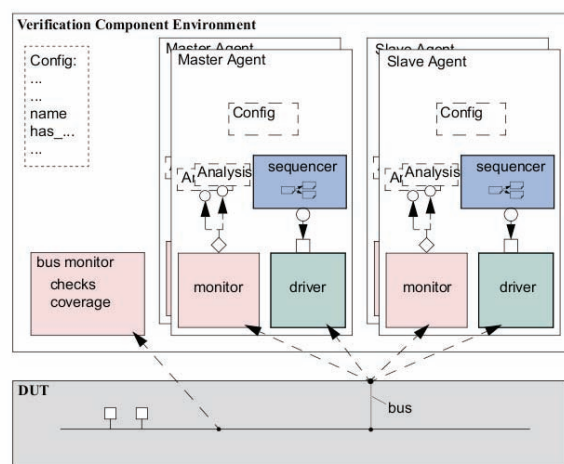
Osnovno UVM verifikaciono okruženje sadrži sledeće komponente:

- Elementi podataka (eng. Data items)
- Drajveri (eng. Drivers)
- Sekvenceri (eng. Sequencers)
- Monitori (eng. Monitors)
- Kolektori (eng. Collectors)
- Agenti (eng. Agents)

Data item predstavljaju osnovu svake transakcije. Oni mogu biti korišćeni kako za stimulisanje jezgra koje se verifikuje (eng. Design Under Test - DUT), tako i za nadgledanje ispravnosti interfejsa. Naprimera to mogu biti paketi u mreži, transakcije na magistrali, instrukcije itd. Sadržaj data item-a najčešće zavisi od specifikacije. Drajveri su aktivne komponente koje su zadužene za stimulisanje DUT-a. Ova komponenta je zadužena da podatke koje dobije od sekvencera prilagodi samom protokolu DUT-a. Sekvencer je napredni stimulus generator koji je zadužen za generisanje podataka koje drajver treba da prosledi DUT-u. Za razliku od stimulus generatora koji generišu po jednu transakciju, sekvencer na slučajan način generiše sekvence koje predstavljaju grupu transakcija. Monitor je pasivna komponenta koja nadgleda signale DUT-a, ali ih nikada ne stimuliše. U monitoru je moguće vršiti prikupljanje statistike o pokrivenosti određenih informacija.

Collector koristimo kada se simuliraju modeli DUT-a koji komuniciraju na nivou transakcije (eng. Transaction Level Model -TLM) pa samim tim ne poseduju signale. Tako da sad informacije prikuplja kolektor koji je kao i monitor pasivna komponenta. Agenti predstavljaju osnovi gradivni blok pri kreiranju verifikacionog okruženja. Agent u sebi enkapsulira prethodne komponente (sequencers, drivers, monitors i collectors). Samo okruženje može imati više agenata, a njihov broj zavisi od same kompleksnosti dizajna. U zavisnosti koje komponente agent sadrži postoje aktivni i pasivni agenti. Aktivni agenti su oni agenti koji iniciraju komunikaciju sa DUT-om, dok su pasivni oni koji samo sakupljaju i obrađuju podatke.

Verifikaciono okruženje možemo smatrati top komponentom koja sadrži ostale komponente u sebi. Primer jednog verifikacionog okruženja dat je na slici 2.



Slika 2. Prikaz tipičnog verifikacionog okruženja

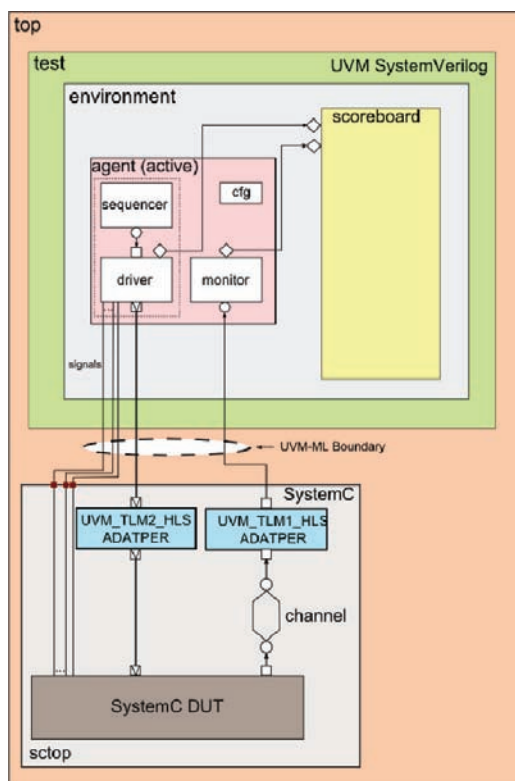
Same komponente UVM-a je moguće napisati u različitim verifikacionim jezicima ali je onda za njihovo međusobno povezivanje neophodna dodatna biblioteka UVM-ML.

3. VERIFIKACIONO OKRUŽENJE

U ovom radu je izvršena verifikacija prijemnog dela bežičnog MAC 802.11n IP jezgra na nivou pojedinačnih modula.

Izvršena je verifikacija sledeća četiri modula: RxQmem, PackageGenerator, HeaderProcessing i DeAggregation. Izvorni fajlovi napisani su u SystemC jeziku ali su oni pomoću CtoS alata prevedeni u sintetizibilni Verilog. Verifikacija je urađena i nad SystemC modulima i nad Verilog modulima.

Sva četiri modula poseduju imif interfejs (eng. Inter-Module InterFace) za prenos podataka i signale pomoću kojih se vrši kontrola. Jedino RxQmem pored imif interfejsa i kontrolnih signala poseduje i AXI interfejs. Prilikom verifikacije SystemC modela imif interfejs je modelovan sa TLM1 portom, a AXI interfejs sa TLM2 soketom. Kako UVM SystemVerilog podržava TLM komunikaciju bilo je dovoljno povezati verifikaciono okruženje sa modulima koji se verifikuju pomoću UVM-ML biblioteke. Pomoću ove biblioteke nije bilo moguće povezati direktno soket u drajveru i u DUT-u pa je to urađeno uz pomoć adaptera (UVM_TLM2_HLS ADAPTER). Sličan problem se javio i sa imif interfejsom, iako je imif interfejs modelovan sa TLM1 komunikacijom i za njega je bio neophodan adapter (UVM_TLM1_HLS ADAPTER). Na slici 3 je prikazano verifikaciono okruženje za SystemC module.



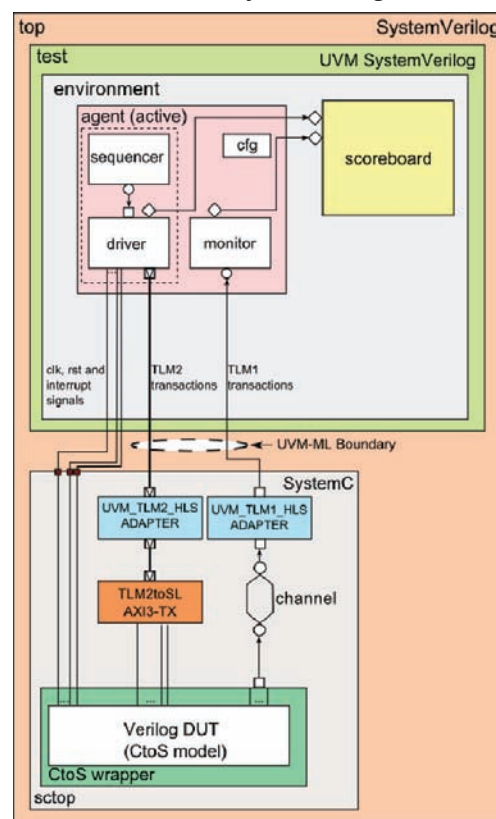
Legend:

- ◻ - tlm2 Initiator/target socket (tlm_initiator_socket, simple_initiator_socket, etc.)
- ◻ - port
- ◻ - export
- ◻ - analysis port/export
- - signal port

Slika 3. Verifikaciono okruženje za SystemC module

Sa slike 3. može se primetiti da verifikaciono okruženje poseduje jedan aktivni agent i referentni model (eng. scoreboard). U agentu su implementirani drajver, monitor i sekvencer. Drajver je zadužen da podatke koje dobije od sekvencera prosledi DUT-u i da upravlja kontrolnim signalima, ali i da te informacije prosledi scoreboard-u. Monitor je zadužen da prikuplja informacije od DUT-a i

da ih prosledi scoreboard-u. Sekvencer generiše različite sekvence u zavisnosti o kojem testu se radi. U sekvencama se randomizuju podaci, ali nisu sve vrednosti uvek dozvoljene nego one zavise od toga koji uslovi su dozvoljeni u datom trenutku. Scoreboard je komponenta u koju se dostavljaju sve informacije koje dobija i daje DUT. Na osnovu ovih informacija scoreboard vrši proveru ispravnosti DUT-a, tako što je zapravo u scoreboard-u implementirana sama funkcionalnost DUT-a. Isto verifikaciono okruženje je upotrebljeno i za verifikaciju Verilog modula. Verilog moduli za razliku od SystemC modula ne podržavaju TLM komunikaciju, tako da je bilo neophodno ili da se implementira model interfejsa (eng. Bus Functional Model - BFM) ili da se upotrebe transaktori koji bi TLM komunikaciju preveli na signalni nivo. Pri upotrebi BFM-a moralo bi da dođe do izmene u samom verifikacionom okruženju, a ako bi se upotrebili transaktori ne bi moralo da se dramatično menja verifikaciono okruženje nego bi bilo dovoljno transaktore povezati između UVM-ML adaptera i DUT-a. Kako alat koji generiše Verilog modele ima mogućnost da generiše i transaktore, u ovom radu je upotrebljeno rešenje sa transaktorima. Na slici 4 je prikazano verifikaciono okruženje za Verilog module.



Legend:

- ◻ - tlm2 initiator/target socket (tlm_initiator_socket, simple_initiator_socket, etc.)
- ◻ - port
- ◻ - export
- ◻ - analysis port/export

Slika 4. Verifikaciono okruženje za Verilog module

Sa slike 4 može se videti da je verifikaciono okruženje skoro identično verifikacionom okruženju za SystemC module. Jedine razlike su te što je za instanciranje Verilog modula upotrebljen CtoS wrapper i što je između UVM-ML adaptera i DUT-a ubačen AXI3 transaktor (TLMtoSL AXI3-TX). Transaktor za imif interfejs takođe postoji ali

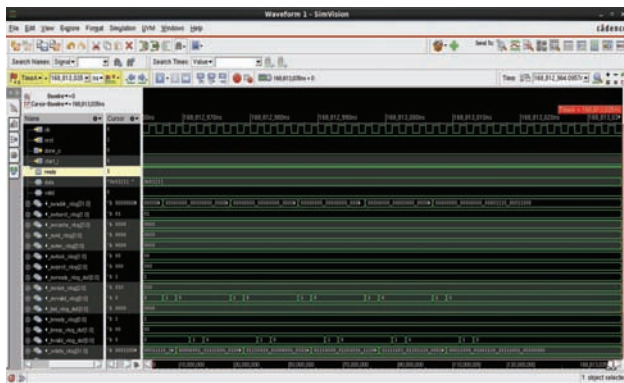
je on deo CtoS wrapper-a pa nije posebno naznačen na slici 4.

4. TESTIRANJE

Nakon uspešnog razvoja verifikacionog okruženja pristupilo se testiranju. Prilikom testiranja prikupljane su sledeće informacije:

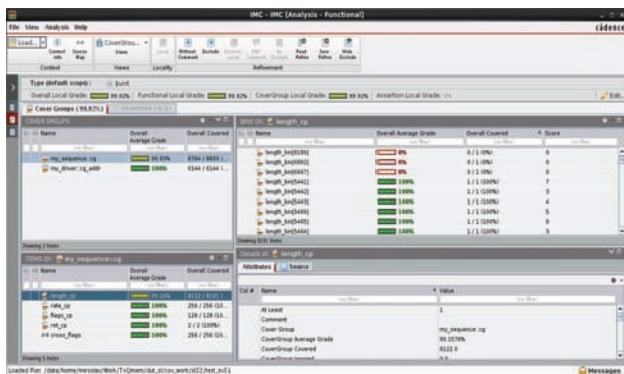
- Informacije o grešci
- Informacije o kašnjenju
- Statistika pokrivenosti podataka

Informacije o tome da li je došlo do greške su reprezentovane u obliku tekstualnog fajla u kojem se nalazila informacija o broju grešaka i mestu na kom su nastajale ako je do njih dolazilo. Ako bi došlo do greške ustanovio bi se uzrok i otklonio nakon čega bi se ponovo pokrenulo testiranje i ovaj postupak bi se ponovio sve dok se ne dobije informacija da nema grešaka. Informacije o kašnjenju su prikupljene tokom simulacije na osnovu simulacionog vremena i one su takođe bitne informacije jer određeni modul može da bude potpuno ispravan ali neprihvatljiv zbog velikog kašnjenja. Na slici 5 je prikazana jedna simulacija na osnovu koje su dobijene informacije o kašnjenju.



Slika 5. Izgleda alata za simulaciju

Statistika o pokrivenosti je važna jer daje podatke kada je proveren svaki zadati cilj. Analiza prikupljenih podataka je ostvarena u programu Incisive Metrics Center koji je prikazan na slici 6.



Slika 6. Izgled alata za analizu pokrivenosti

U tabeli 2 je prikazan broj testova za svaki modul. Takođe neki moduli imaju više konfiguracija pa su prikazani brojevi testova za svaku konfiguraciju.

Modul		Broj testova za SystemC module	Broj testova za Verilog module
RxQmem	AXI 32bit	130000	130000
	AXI 64bit	130000	130000
PackageGenerator	bg verzija	10000000	1000000
	n verzija	21000000	18000000
HeaderProcessing		6000000	6000000
DeAggregation		30000	28000

5. ZAKLJUČAK

Funkcionalna verifikacija kao značajan korak u procesu izrade IP jezgra je doživela značajno unapređenje u onom trenutku kad su vodeće kompanije u ovoj oblasti odlučile da zajedničkim naporima uvedu univerzalnu metodologiju. UVM je omogućio da se verifikaciono okruženje lakše i brže razvije zahvaljujući postojećim komponentama. U ovom radu je iskorišćen UVM prilikom verifikacije MAC 802.11 IP jezgra.

Verifikacija je urađena na nivou komponenti dok bi za neki budući rad mogla da bude urađena verifikacija na top nivou.

6. LITERATURA

- [1] C. Spear, G. Tumbush, "SystemVerilog for Verification", 3rd edn, New York, Springer, 2012.
- [2] D. C. Black, J. Donovan, B. Buton, A. Kiest, "SystemC: From the Ground Up", 2nd edn, New York, Springer, 2010.
- [3] S. Rosenberg, K. A. Meade, "A Practical Guide to Adopting the Universal Verification Methodology(UVM)", 2nd edn, San Jose, Cadence Design Systems, 2013.

Kratka biografija:



Mirosław Drobac rođen je u Rumi 1986. god. Osnovne akademske studije je završio na Fakultetu tehničkih nauka 2013.god i nakon toga upisao master studije na istom fakultetu. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Mikroprocesorski sistemi i algoritmi odbranio je 2014.god.

UVM-ML VERIFIKACIJA TRANSMITER DELA Wi-Fi™ 802.11n MAC JEZGRA SLEDEĆE GENERACIJE KORIŠĆENJEM SYSTEMC BAZIRANOG DIZAJN TOKA**UVM-ML VERIFICATION OF THE TRANSMITTER OF A NEXT GENERATION Wi-Fi™ 802.11n MAC IP USING A SYSTEMC-BASED DESIGN FLOW**

Ivan Mokanj, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – Ovaj rad prikazuje proces funkcionalne verifikacije transmitter dela za bežični MAC na sistemskom nivou. Moduli su implementirani pomoću SystemC jezika za opis i verifikaciju hardvera, dok je verifikaciono okruženje realizovano kao UVM-ML testbenč. Sve korišćene metodologije i jezici su opisani u radu, a posebno je opisana realizacija verifikacionog okruženja i način funkcionalne verifikacije.

Abstract – This paper presents the process of functional verification of wireless MAC transmitter on electronic system level. Modules are implemented using the SystemC hardware description and verification language, while the verification environment was realised as a UVM-ML testbench. All the languages used in this paper are analysed and the process of building the verification environments and its functionality is described separately.

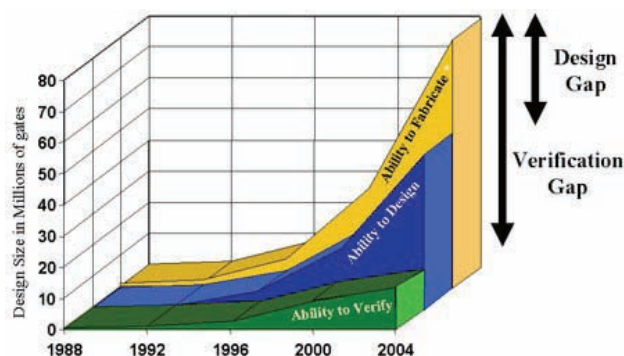
Cljučne reči: Funkcionalna verifikacija, SystemC, UVM, višejezično verifikaciono okruženje

1. UVOD

U današnjem svetu dizajniranja i verifikacije hardvera projekti mogu biti vrlo složeni. Najkompleksniji dizajnovi mogu imati i po nekoliko milijardi tranzistora, što polako prerasta mogućnosti funkcionalne verifikacije. Problem je u tome što se danas i dalje dizajnira na RT (eng. Register-Transfer) nivou apstrakcije koji je prisutan skoro trideset godina. Projekti postaju sve složeniji, a metode za projektovanje i verifikaciju ostaju iste i ovo stvara jaz u mogućnosti dizajniranja hardvera, a pogotovo u mogućnosti verifikacije. Ovaj jaz je ilustrovan na slici 1. Rešenje se nalazi u tome da se dizajniranje i verifikacija vrše na višem nivou apstrakcije, odnosno u prelasku sa RT na ES (eng. Electronic System) nivo. Na ovaj način bismo eliminisali nepotrebnu kompleksnost i smanjili jaz u mogućnosti dizajniranja i verifikacije hardvera. Prilikom sinteze koristili bi se specijalni alati koji prevode model hardvera na sistemskom nivou do registarskog nivoa, pa sve do tranzistorskog. Takođe, da bi prelazak na dizajniranje na sistemskom nivou bio uspešan moraju se razviti odgovarajuće metode za funkcionalnu verifikaciju na ovom nivou. Sama verifikacija oduzima najviše vremena prilikom realizacije nekog hardverskog projekta, ponekad i više od 60%, pa je shodno tome bilo potrebno produbiti trenutno dostupne tehnike i prilagoditi

NAPOMENA:

Ovaj rad je proistekao iz master rada čiji mentor je bio dr Rastislav Struharik, docent.

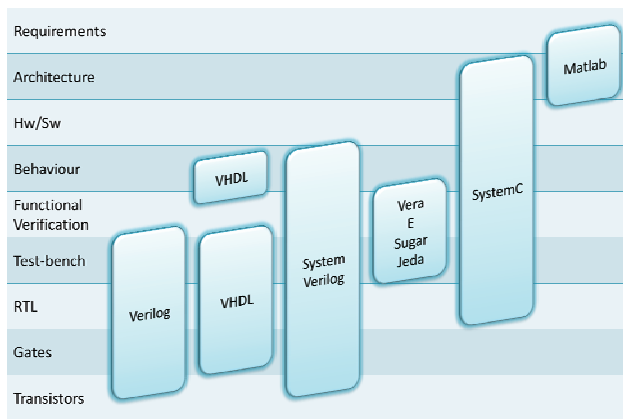


Slika 1. Jaz u mogućnosti dizajniranja i verifikacije

verifikaciju za sistemski nivo. Iz ovih potreba pronikla je i sama UVM (eng. Universal Verification Methodology), koja predstavlja skup najboljih praksi za funkcionalnu verifikaciju i kreiranje verifikacionih komponenti za ponovnu upotrebu. Metodologija poseduje posebne konstrukcije, poput faza i transakcija, koje pravilnom upotrebom olakšavaju i pragmatizuju proces funkcionalne verifikacije.

2. TEORIJSKE OSNOVE

Postoje mnogi jezici u elektronskoj industriji koji se koriste za opis i/ili verifikaciju hardvera. Najpopularniji HDL-ovi (eng. Hardware Description Language) su svakako Verilog i VHDL. Ovi jezici su već dugo vremena u upotrebi i imaju veliku korisničku bazu. Takođe, neizmeran broj projekata je realizovan sa njima, tako da predstavljaju oprobano rešenje. Međutim, veliki nedostatak ovih jezika je to što nemaju odgovarajuće konstrukcije koje su pogodne za verifikaciju kreiranih komponenti. Kako su projekti postajali sve složeniji upravo se javlja potreba za ovakvim, verifikacionim jezicima. Jezici za verifikaciju hardvera se zovu HVL (eng. Hardware Verification Languages). Jedan od predstavnika ove klase je svakako e jezik, kompanije Cadence. Nakon nekog vremena elektronska industrija uviđa da bi ipak najbolje i najkorisnije rešenje bilo kreiranje objedinjenog jezika za dizajniranje i verifikaciju hardvera, odnosno HDVL-a (eng. Hardware Description and Verification Language). Dva predstavnika ove klase jezika su SystemVerilog i SystemC, sa svojim proširenjima. Najpopularniji HDVL jezici su prikazani na slici 2. Kao što možemo videti sa slike SystemC i SystemVerilog su jezici koji se mogu koristiti na najviše nivoa apstrakcije i ovo ih čini glavnim kandidatima za dizajniranje i verifikaciju na sistemskom nivou.



Slika 2. Jezici za dizajn i verifikaciju hardvera

SystemC jezik predstavlja biblioteku koja se oslanja na programski jezik C++ i poseduje odgovarajuće jezičke konstrukcije koje omogućavaju dizajniranje na sistemskom nivou, ali i nižim nivoima apstrakcije. Osnovni mehanizam koji nam omogućava dizajniranje na ES nivou je razdvajanje funkcionalnosti od komunikacije.

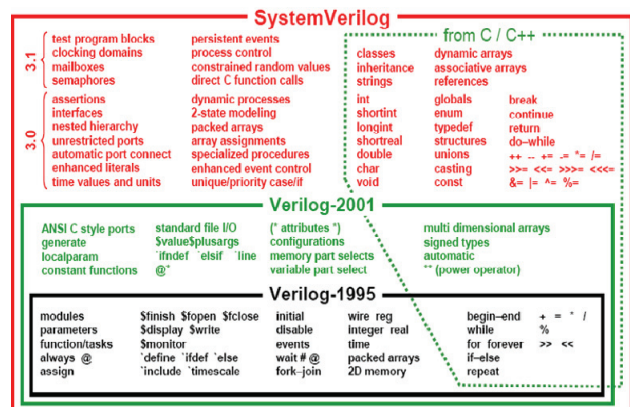
SystemC ovo postiže korišćenjem transakcija, odnosno TLM-a (eng. Transaction Level Modeling) [1]. Ovaj način modelovanja ne koristi signale za komunikaciju između modula, već se oslanja na transakcije. Transakcija predstavlja skup informacija bitnih za neku komponentu ili sistem koje se prenose objedinjene u vidu paketa. Na ovaj način pojednostavili smo protokol i omogućili da jednom transakcijom prenesemo ogroman broj podataka. Takođe, dizajniranjem na ovaj način kreiramo brze SystemC ESL hardverske modele koji su daleko brži od RTL modela. Ubrzanje prilikom simulacije je od 100 do 10 000 puta. Dobitak na performansama je toliko drastičan da se ovakav model može spustiti na virtuelnu platformu i direktno koristiti za komunikaciju sa softverom, bez drastičnog pada u brzini rada platforme. Funkcionalna verifikacija modula korišćenjem jezika SystemC omogućena je preko dodatne biblioteke koja nosi naziv SCV (eng. SystemC Verification). Ovo proširenje nam pruža konstrukcije poput randomizacije i sakupljanja pokrivenosti, koje su temelj funkcionalne verifikacije. Osnovna primena jezika SystemC je u dizajniranju modula na ES nivou, koji mogu biti sintetizovani na niže nivoe apstrakcije i kreiranje brzih TLM aproksimacija hardvera, koje služe za verifikaciju, simulaciju i spuštanje na virtuelne platforme.

SystemVerilog je prvi HDV jezik. Ovo znači da se on može koristiti i za dizajn i za verifikaciju hardvera. Nivo apstrakcije za koji se ovaj jezik koristi je RTL, ali razvijena su razna proširenja i metodologije koje omogućavaju podizanje nivoa. SystemVerilog je vrlo složen HDVL i njegove sposobnosti se mogu grubo podeliti na:

- SystemVerilog RTL – podskup jezika koji sadrži jezičke konstrukcije adekvatne za opis sintetizibilnog hardvera
- SystemVerilog Testbench – podskup jezika koji sadrži jezičke konstrukcije adekvatne za pravljenje verifikacionih okruženja

- SystemVerilog Assertions (SVA) – podskup jezika koji sadrži jezičke konstrukcije adekvatne za formalnu verifikaciju

Na osnovu gorenavedenog možemo zaključiti da se radi o vrlo kompleksnom jeziku i da je ovladavanje istim pravi izazov. Sam SystemVerilog je realizovan na temelju Verilog jezika, a sintaksa je proširena pozajmljivanjem od jezika poput VHDL, C/C++, OpenVera i Superlog. Ovo je prikazano na slici 3. Što se tiče same funkcionalne verifikacije SystemVerilog poseduje veliki broj konstrukcija koje olakšavaju ovaj proces. Jezik je sam po sebi objektno orijentisan i poseduje pojam klase, što omogućava dobru enkapsulaciju podataka, koja je vrlo važna za verifikaciju. Takođe, prisutne su naredbe za randomizaciju, sakupljanje pokrivenosti i mnoge unapred realizovane funkcije, koje ubrzavaju kreiranje verifikacionih okruženja. Kao što je već napomenuto, SystemVerilog se koristi za dizajniranje i verifikaciju na RT nivou [2], a da bi se podigao nivo apstrakcije potrebno je koristiti neko od proširenja, od kojih je najperspektivnije UVM (eng. Universal Verification Methodology).



Slika 3. Arhitektura SystemVerilog jezika

UVM predstavlja kompletnu metodologiju koja sistematizuje najbolje prakse za efikasnu i iscrpnu verifikaciju. Jedan od ključnih principa UVM metodologije je razvijanje i korišćenje verifikacionih komponenti, iliti UVC-a (eng. UVM Verification Component), za višekratnu upotrebu. Ova metodologija je namenjena za verifikaciju kako malih dizajnova, tako i velikih, IP baziranih, SoC (system-on-chip) rešenja [3]. Ono što UVM čini jedinstvenom je činjenica da prvi put u istoriji neka metodologija ima podršku od strane sva tri giganta elektronske industrije, kompanija Cadence, Mentor i Synopsys. UVM nam omogućava kreiranje slojevitih verifikacionih okruženja koje imaju veliki nivo ponovnog iskorišćenja. Osnovno UVM verifikaciono okruženje trebalo bi sadržati sledeće komponente:

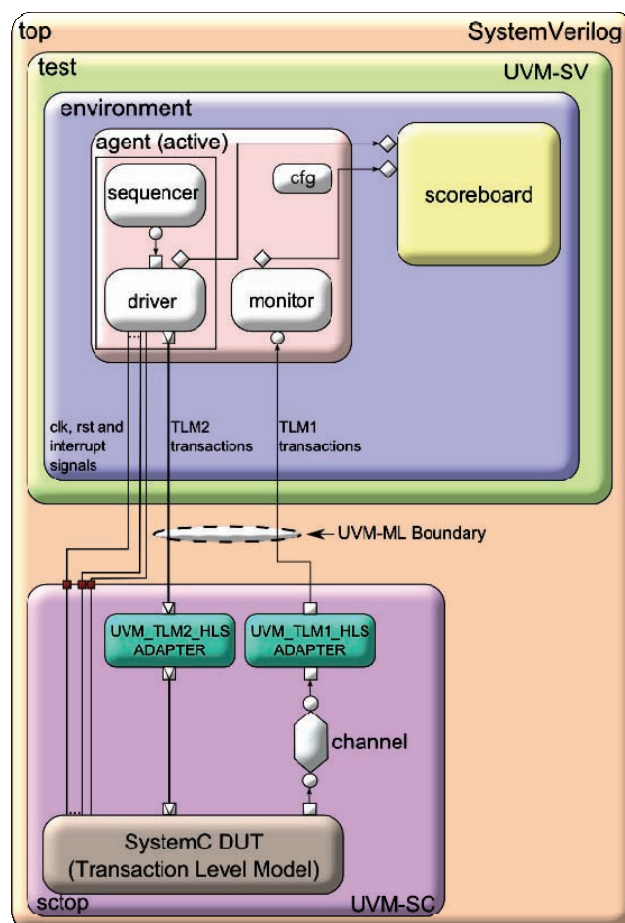
- Sekvencer – komponenta čija svrha je prosledjivanje sekvenci drajveru na obrađivanje. Sekvencer vrši slanje podataka preko sekvenci. Sekvence se u toku izvršavanja na sekvenceru randomizuju uz pomoć odgovarajućih ograničenja da bi se dobila korisna transakcija.
- Drajver – klasa koja ima zadatak da primi transakcije od sekvencera i obradi ih na odgovarajući način. Ovo

podrazumeva prepakivanje na odgovarajući protokol ili prilagođavanje TLM-1.0 paketa na TLM-2.0. Nakon toga drajver smisleno pobuđuje DUT (eng. Device Under Test), magistralu ili bilo šta sa čim je povezan. Drajver važi za komponentu koja u normalnom, RTL toku razvoja hardvera generiše izlaze ka DUT-u na signalnom nivou. Ovo, međutim, ne mora da bude pravilo, jer u slučaju ovog rada izlazi drajvera ka DUT-u pored signala čine i TLM transakcije. Još jedan zadatak drajvera je da primljene transakcije, sa izmenama ili bez, prosledi scoreboard komponenti.

- **Monitor** – UVM komponenta koja služi za prikupljanje podataka sa neke magistrale ili DUT-a koji testiramo, proveravanje protokola, primljenih podataka i obradu istih, kao i skupljanje informacija o pokrivenosti (eng. coverage). Nakon obrade primljenih podataka monitor ih prepakuje i šalje preko specijalnih portova scoreboard modulu. Monitor može biti podeljen u dve komponente, u monitor visokog nivoa apstrakcije i kolektor. U ovoj kombinaciji kolektor skuplja signale sa magistrale, dok monitor obrađuje transakcije koje mu kolektor prosleđuje. Ova tehnika je slična kao i u slučaju gorepomenutog para, sekvencer – drajver.
- **Agent** – apstraktni kontejner koji vrši enkapsulaciju sekvencera, drajvera i monitora, zajedno sa konfiguracijom istih. Agent predstavlja jednu kompletnu UVC, jer sam po sebi uživa veliku verovatnoću ponovne upotrebe. Na primer, jedan agent može služiti za verifikaciju AXI3 protokola, dok drugi može raditi isto, ali za AHB protokol. Kako ih dobra enkapsulacija čini nezavisnim celinama mogu se iskoristiti u svim trenutnim i budućim projektima koji koriste pomenute protokole. Prilagođavanje agenata za nova okruženja je minimalno i konfiguracioni objekat unutar agenta služi upravo za tu svrhu. Jedna od najčešćih konfiguracija je da li će agent raditi kao aktivni (sekvencer, drajver i monitor) ili pasivni (monitor).
- **Environment** – UVM komponenta koja objedinjuje jedan ili više agenata, zajedno sa konfiguracionim objektom. Svrha komponente je da instancira agente na određeni način, konfiguriše ih i ostvari konekcije između njih. Kada neka UVC zatreba verifikacionom inženjeru, on je uzima iz biblioteke, konfiguriše i instancira u trenutnom testu. Klasa okruženja predstavlja nezavisnu celinu koja ima veliku mogućnost ponovnog iskorišćenja. Ovo dozvoljava verifikacionim inženjerima da jednom kreiranu UVC iskoriste u mnogim projektima za koji pomenuta komponenta ima smisla. Na ovaj način skraćeno je vreme razvoja i drastično ubrzana verifikacija.
- **Test** – klasa koja služi za formiranje specifičnog verifikacionog testa. U ovoj klasi instanciraju se različite UVC, odnosno objekti okruženja, i vrši se konfiguracija istih. Konfiguracija se podešava na način koji je smislen za test koji planira da se izvrši. Takođe, u slučaju korišćenja TLM konekcija ka ostalim modulima van testa, potrebno je izvršiti povezivanje ovih portova/socket-a unutar test klase.

Pored gorenavedenog UVM poseduje mehanizme poput faza i mogućnost modelovanja registara sistema. Jedna od sposobnosti koja se posebno ističe je svakako implementacija TLM-1.0 i TLM-2.0 komunikacije, koja nam obezbeđuje dizajniranje i verifikaciju na ES nivou. Takođe, kako i SystemC poseduje ovu komunikaciju moguće je povezati module napisane u ova dva HDVL-a, korišćenjem biblioteke po imenu UVM-ML (eng. UVM Multi-Language) [4].

UVM-ML predstavlja biblioteku koju je razvila kompanija Cadence, zajedno sa kompanijom AMD. Ova tehnologija nam omogućava da povežemo module koje koriste TLM konekcije i napisani su u jednom od tri podržana jezika, SystemVerilog, SystemC ili e. Ovo otvara vrata kreiranju višejezičkih verifikacionih okruženja, koji su svakako realnost današnje elektronske industrije. Biblioteka funkcioniše na sledeći način, svaki od podržanih jezika sadrži svoje adaptore koji omogućavaju registraciju podržanih TLM konekcija. Nakon registracije ove konekcije su poznate višejezičkom okruženju i može se vršiti prenos transakcija između granica različitih jezika. U industriji je odavno podržano povezivanje komponenti napisanih na različitim jezicima za opis hardvera na signalnom nivou, ali povezivanje komponenti napisanih na različitim jezicima za opis hardvera na sistemskom nivou predstavlja relativno novinu. UVM-ML biblioteka je vrlo koristan alat današnjih inženjera koji nastavlja sa razvojem i trenutno je u procesu standardizacije, što je vrlo bitan korak u širenju podrške i zastupljenosti ove metode.



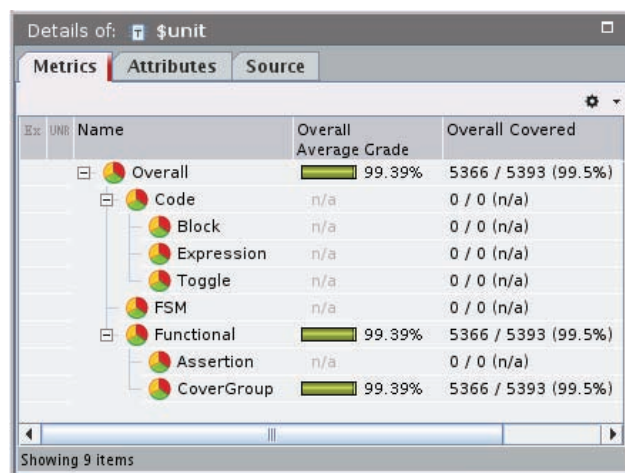
Slika 4. UVM-ML verifikaciono okruženje

3. FUNKCIONALNA VERIFIKACIJA

Proces verifikacije se sastojao u proveravanju funkcionalnosti nekoliko ESL modula, naime *TxQmem*, *BeaconProcessing*, *DurationFCS*, *FCSChecker* i *Aggregation* celina, koji čine deo transmitter dela bežičnog MAC (eng. Media Access Control) protokola. Prilikom verifikacije korišćeni su alati kompanije Cadence i to, Incisive Enterprise Simulator (IES), za simulaciju verifikacionih okruženja i modula i Incisive Metrics Center (IMC), za prikazivanje pokrivenosti verifikacionog plana.

Korišćeno verifikaciono okruženje je prikazano na slici 4. Gornji deo slike zajedno sa test klasom predstavlja već opisano UVM okruženje koje kao osnovu koristi SystemVerilog HDVL. Donji deo slike zajedno sa sctop klasom čini deo okruženja napisanog korišćenjem SystemC jezika. Ova klasa objedinjuje adaptore za višejezičnu komunikaciju i sam SystemC DUT. Adapteri služe da bi komunikacija između dve metodologije, UVM-SV i UVM-SC, mogla biti ostvarena. Komunikacija između različitih jezika može biti izvršena samo ukoliko se vrši između modula koji nasleđuju osobine od specijalizovanih klasa. Kako sam SystemC DUT ne nasleđuje od ovih klasa, bilo je potrebno realizovati prikazane adaptore sa slike 4. Ceo SystemC podsistem je enkapsuliran radi preglednosti i lakšeg rada u modul po imenu sctop. Nakon definisanja ovih nezavisnih funkcionalnih celina, UVM-SV i UVM-SC, iskorišćena je gorepomenuta UVM-ML biblioteka za ostvarivanje višejezičkih konekcija. Da bi pokrenuli simulaciju ceo sistem je enkapsuliran u top datoteku, koja predstavlja čist SystemVerilog modul. U njoj se nalazi odgovarajuća naredba za pokretanje simulacije.

Simulacija je obuhvatala pokretanje testova sa velikim brojem iteracija radi utvrđivanja pravilnog rada ESL modula koji se verifikuje. Verifikaciono okruženje koristi nasumično generisanje stimulusa sa ograničenjima (eng. constrained-random simulation), radi uočavanja teško primetnih grešaka u dizajnu i sakupljanja pokrivenosti. Svaki test je pokretan više puta sa različitim seed-ovima, radi iscrpnije simulacije i bolje pokrivenosti. Izgled rezultata pokrivenosti simulacije je prikazan na slici 5.



Slika 5. Pokrivenost verifikacije

Cilj svake funkcionalne verifikacije je što veća pokrivenost, jer ona garantuje da je provereno ono što je zacrtano verifikacionim planom. Postoji više vrsta pokrivenosti, a najvažnije su pokrivenost koda i funkcionalna pokrivenost. Verifikacioni alati kompanije Cadence ne podržavaju skupljanje pokrivenosti koda za SystemC komponente i ovo se može videti sa slike 5. Kada je funkcionalna pokrivenost DUT modula na visokom nivou i više nisu uočene greške u komponenti koja se proverava, verifikacija se smatra završenom.

4. ZAKLJUČAK

Složenost projekata za dizajniranje hardvera svakodnevno raste i RTL tehnike koje su danas u upotrebi polako nadživljavaju svoju korisnost. Nove metode poput dizajniranja na ES nivou i metodologije kao što su UVM predstavljaju budućnost i napredak u odnosu na trenutno dostupne tehnike. U ovom radu predstavljen je jedan od načina funkcionalne verifikacije ESL modula korišćenjem UVM-ML okruženja. Tehnike prikazane u radu predstavljaju sledeći logičan korak elektronske industrije u evoluciji dizajniranja i verifikacije hardverskih komponenti.

5. LITERATURA

- [1] "IEEE Standard for Standard SystemC Language Reference Manual", IEEE Std 1666-2011, 2012.
- [2] "IEEE Standard for SystemVerilog—Unified Hardware Design, Specification, and Verification Language", IEEE Std 1800-2012, 2013.
- [3] S. Rosenberg, K. A. Meade, "A Practical Guide to Adopting the Universal Verification Methodology (UVM)", 2nd edn, San Jose, Cadence Design Systems, Inc., 2013.
- [4] G. Leshem, V. Yankelevich, B. Sniderman "UVM-ML Whitepaper: A Modular Approach for Integrating Verification Frameworks", San Jose, Cadence Design Systems, Inc., Sunnyvale, Advanced Micro Devices, Inc., 2013.

Kratka biografija:



Ivan Mokanj rođen je u Zrenjaninu 1986. godine. Osnovne akademske studije iz oblasti Elektrotehnike i računarstva završio je na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, 2013. godine. Master rad, na Fakultetu tehničkih nauka iz usmerenja Mikroprocesorski sistemi i algoritmi, odbranio je 2014. godine.

EVALUACIJA OSNOVNE VERZIJE LUENBERGER OPSERVERA ZA VEKTORSKI UPRAVLJAN POGON ASINHRONE MAŠINE BEZ DAVAČA NA VRATILU**EVALUATION OF CLASSICAL VERSION LUENBERGER OBSERVER FOR VECTOR CONTROLLED INDUCTION MOTOR DRIVES WITHOUT SHAFT SENSOR**

Vladimir Popović, Darko Marčetić, Đura Oros, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu prikazan je sistematičan prilaz analizi performansi osnovne verzije Luenberger opservera (LO) za primenu u okviru vektorski upravljano pogona asinhrona mašine (AM) bez korišćenja davača na vratilu. Važni aspekti upravljačkog algoritma sistema AM kao što su matematički model AM, osobina opservabilnosti sistema su detaljno opisani. Izvršena je mikroprocesorska realizacija upravljačkog algoritma LO za procenu nepoznatih stanja AM. Verifikacija svega zaključenog je data kroz simulacione i eksperimentalne rezultate vektorski upravljano (VU) sensorless pogona sa AM.

Abstract – Systematic approach for performance analysis of classical version Luenberger observer for vector controlled induction motor drive without shaft sensor is presented in this paper. Important aspects of control algorithm for induction motor system were described in detail. Digital signal controller realization of control algorithm of Luenberger observer for estimation of unknown induction motor states is performed. Verification is given through simulation and experimental results of vector controlled induction motor sensorless drive.

Ključne reči: Vektorsko upravljanje, Luenberger opserver, Asinhrona mašina

1. UVOD

Pogoni sa mašinama naizmjenične struje bez davača na vratilu (sensorless pogoni) su se u početnom periodu njihove eksploatacije koristili isključivo za potrebe koje nisu zahtevale visoke upravljačke performanse pogona (pogoni niskih performansi). Osnovni razlog za prethodno je ležao u činjenici da su mikroprocesorski sistemi i uređaji energetske elektronike bili skupi te kao takvi su u mnogobrojnim primenama sa motorima naizmjenične struje činili neracionalno skup pogon. Zbog nepostojanja senzora na vratilu mašine brzina ili položaj rotora mašine se procenjivao nekim od algoritama za estimaciju nepoznatih stanja. Takvi algoritmi su obično zahtevali brze i skupe mikroprocesore/DSP-ove. Potreba za kvalitetnom regulacijom brzine AM kao najčešće korišćenog aktuatora u okviru električnih pogona zahtevala je i uređaje energetske elektronike sa brzim prekidačkim komponentama. Iz tih razloga koncept VU

sensorless pogona sa AM morao je pričekati razvoj jeftinih i brzih mikroprocesora i uređaja energetske elektronike [1].

Eliminacija skupog davača brzine ili položaja dovodi do značajnog smanjenja cene produkta ali i povećanja robusnosti razmatranog pogona. Kablovi i konektori npr. optičkog inkrementalnog enkodera ili rezolvera komplikuju instalaciju same aplikacije uređaja i povećavaju rizik od kvarova. Ne vezano za cenu uređaja, za potrebe mnogih aplikacija ugradnja senzora nije moguća a i pojedini jeftini senzori usled raznih smetnji i šumova mogu da pogoršaju performanse pogona. Problem manje kvalitetne kontrole sensorless pogona se danas prevazilazi upravo naglim razvojem poluprovodničkih komponenti mikroprocesorske i energetske elektronike. Trend smanjenja cene ovih uređaja i superiorne karakteristike omogućavaju upotrebu složenijih algoritama gde se glavno opterećenje prebacuje na kontrolni deo te sensorless pogoni imaju sve dominantniji uticaj i prodor ka pogonima koji zahtevaju visoke upravljačke performanse. U te svrhe su razvijeni raznovrsni algoritmi zasnovani na robusnoj estimaciji i opservaciji nepoznatih veličina relevantnih za upravljanje AM pogonima. Jedan od sve češće upotrebljivanih algoritama za procenu nepoznatih stanja AM i poboljšanje karakteristika upravljanja zasnovan na modelu AM jeste Luenberger opserver (LO).

2. OPSERVABILNOST SISTEMA I OPSERVER IDENTITETA

Za potrebe poboljšanja performansi rada sistema potrebno je poznavati vektor stanja $\mathbf{x}(t)$ razmatranog sistema S :

$$\dot{\mathbf{x}}(t) = \mathbf{A}\mathbf{x}(t) + \mathbf{B}\mathbf{u}(t) \quad (1)$$

Implementacija zakona upravljanja $\mathbf{u}(t) = \varphi(\mathbf{x}(t), t)$ za relevantni sistem je moguća jedino ako je potpuno određen vektor stanja $\mathbf{x}(t)$ razmatranog sistema S npr. merenjem veličina stanja. Kod većine sistema u praksi nije moguće merenje svih veličina stanja sistema te ukoliko se želi obezbediti optimalna kontrola jedan od načina za rekonstrukciju stanja sistema jeste procena putem opservacije sistema.

Opservabilnost sistema je osobina svakog sistema koja omogućuje da se na svaku promenu njegovih veličina stanja ima praćenje promene stanja po linearnoj zavisnosti što se manifestuje kroz promenu veličina stanja drugog sistema. Taj drugi sistem jeste opserver prvom sistemu. Kao krajnji cilj, na osnovu te osobine mogu se rekonstruisati nepoznate veličine stanja nekog sistema što je osnova već pomenutih sensorless pogona.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Đura Oros, vanr.prof.

U tu svrhu istaknuće se teorema opservabilnosti i bez gubitka opštosti razmatraće se samo na linearnim vremenski invarijantnim sistemima:

Teorema 1: *Neka je S_1 slobodan sistem, $\dot{\mathbf{x}}(t) = \mathbf{A}\mathbf{x}(t)$, čiji vektor stanja $\mathbf{x}(t)$ upravlja sistemom S_2 , $\dot{\mathbf{z}}(t) = \mathbf{F}\mathbf{z}(t) + \mathbf{H}\mathbf{x}(t)$. Pretpostavimo da postoji transf. matrica $\mathbf{T}$ koja zadovoljava matričnu relaciju $\mathbf{T}\mathbf{A} - \mathbf{F}\mathbf{T} = \mathbf{H}$. Ako je $\mathbf{z}(0) = \mathbf{T}\mathbf{x}(0)$, tada je $\mathbf{z}(t) = \mathbf{T}\mathbf{x}(t)$ za svako $t \geq 0$. U opštem slučaju,*

$$\mathbf{z}(t) = \mathbf{T}\mathbf{x}(t) + e^{\mathbf{F}t}[\mathbf{z}(0) - \mathbf{T}\mathbf{x}(0)] \quad (2)$$

Dokaz: Odmah se može napisati

$$\dot{\mathbf{z}}(t) - \mathbf{T}\dot{\mathbf{x}}(t) = \mathbf{F}\mathbf{z}(t) + \mathbf{H}\mathbf{x}(t) - \mathbf{T}\mathbf{A}\mathbf{x}(t) \quad (3)$$

Zamenom $\mathbf{T}\mathbf{A} - \mathbf{F}\mathbf{T} = \mathbf{H}$ izraz prelazi u:

$$\dot{\mathbf{z}}(t) - \mathbf{T}\dot{\mathbf{x}}(t) = \mathbf{F}[\mathbf{z}(t) - \mathbf{T}\mathbf{x}(t)] \quad (4)$$

i ima rešenje (2), [2].

Specijalna vrsta opservera jeste opserver identiteta kod koga važi da je matrica $\mathbf{T}$ jedinična matrica. Tada su vektori stanja opservera i sistema identični i za posledicu se ima da su ta dva sistema istih dinamičkih karakteristika. Slobodnim izborom matrice $\mathbf{H}$ dobija se opserver sistemu (1). Ukoliko se opserver predstavi u obliku:

$$\dot{\mathbf{z}}(t) = \mathbf{F}\mathbf{z}(t) + \mathbf{G}\mathbf{y}(t) \quad (5)$$

gde je $\mathbf{y}(t)$ poznati deo vektora stanja $\mathbf{x}(t)$:

$$\mathbf{y}(t) = \mathbf{C}\mathbf{x}(t) \quad (6)$$

s konstantnom matricom $\mathbf{C}$, uz pretpostavku da se koristi opserver identiteta S_2 , isti sistem za opservaciju se može napisati u obliku:

$$\dot{\mathbf{z}}(t) = (\mathbf{A} - \mathbf{G}\mathbf{C})\mathbf{z}(t) + \mathbf{G}\mathbf{y}(t) \quad (7)$$

Slobodnim izborom matrice $\mathbf{G}$ dobija se opserver sistemu S_1 . Takođe izborom ove matrice se može poboljšati dinamika opservacije u odnosu na stvarni sistem postavljanjem karakterističnih vrednosti ovog opserverskog sistema da budu negativnije u odnosu na sistem S_1 . Na taj način se indirektno raspolaže vektorom stanja stvarnog sistema čime se može implementirati optimalni zakon upravljanja za poboljšanje performansi pogona.

3. MATEMATIČKI MODELI SISTEMA ASINHRONE MAŠINE I LUENBERGER OPSERVERA

3.1. Matematički model AM

Matematički model AM u stacionarnom $\alpha\beta$ domenu sa promenljivima stanja strujama statora i fluksevima rotora je pogodan za razvoj koncepta vektorske kontrole AM. U razvijenoj matričnoj formi ovaj model glasi:

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} \mathbf{i}_s \\ \mathbf{\psi}_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -(R_s + \frac{R_r L_m^2}{L_r^2})/L_\sigma & -(L_m/L_\sigma L_r)(-1/T_r + j\omega_r) \\ L_m/T_r & (-1/T_r + j\omega_r) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{i}_s \\ \mathbf{\psi}_r \end{bmatrix} + \frac{1}{L_\sigma} \begin{bmatrix} \mathbf{u}_s \\ \mathbf{0} \end{bmatrix} \quad (8)$$

gde su $L_\sigma = L_s(1 - L_m^2/(L_r L_s))$ rasipna induktivnost ekvivalentnog dvofaznog namotaja, $T_r = L_r/R_r$ vremenska konstanta rotorskog namotaja i ω_r brzina obrtanja rotora.

Na osnovu relacija (1), (6) i (8) uočava se da je vektor struje statora stanje AM a ujedno i merljiv vektor te kao takav predstavlja poznati deo vektora stanja sistema AM koji se može skraćeno u matričnoj formi napisati u obliku (1).

$$\mathbf{i}_s(t) = \mathbf{C}\mathbf{x}(t) \quad (9)$$

gde je $\mathbf{C} = [\mathbf{I} \quad \mathbf{0}]$ konstantna matrica dimenzija 2×4 .

Razvijeni elektromagnetni moment mašine glasi:

$$m_{el} = \frac{3}{2} P \frac{L_m}{L_r} (\mathbf{\psi}_r \times \mathbf{i}_s) \quad (10)$$

gde je P broj pari polova AM.

Za upotpunjenje modela AM dat je još matematički model mehaničkog podsistema AM:

$$m_{el} - m_m = J_m \frac{d}{dt} \omega_m \quad (11)$$

gde su m_m mehanički momenat (momenat opterećenja) i J_m momenat inercije sistema AM, [3].

Za potrebe dobijanja odgovarajuće konstrukcije opservera potrebno je uvideti osobine modela AM. Model AM je nelinearan. Pojedini efekti kao što su zasićenje magnetnog kola, efekti potiskivanja struja u namotajima i vrtložnih struja u gvožđu mašine, kao i promene otpornosti namotaja usled promene temperatura u mašini, viši harmonici usled ožlebljenja nisu modelovani. Oni utiču na promenu veličina stanja AM i parametara. Uticaj ovih efekata je zanemarljiv ali ipak prisutan i uvažen u model na način da su parametri AM promenljivi u vremenu i u zavisnosti od režima rada. Tako se dobija nelinearan sistem AM sa koeficijentima promenljivim u vremenu koji zavise i od stacionarnog stanja AM.

3.2. Model Luenberger opservera

Potpuni model osnovne verzije LO opservera AM u skraćenom matričnom obliku glasi:

$$\dot{\hat{\mathbf{x}}}(t) = \hat{\mathbf{A}}\hat{\mathbf{x}}(t) + \mathbf{B}\mathbf{u}(t) + \mathbf{G}(\mathbf{i}_s - \mathbf{i}_s) \quad (12)$$

gde vektor $\hat{\mathbf{x}}(t)$ predstavlja vektor stanja AM, matrice $\hat{\mathbf{A}}$ i $\mathbf{B}$ predstavljaju matricu sistema LO i matricu upravljanja dimenzija 4×4 i 4×2 , respektivno. Ove matrice u opštem slučaju ne moraju da budu jednake korespondentnim matricama stvarnog sistema AM.

Matrica $\mathbf{G}$ dimenzija 4×2 predstavlja matricu korektivnih akcija koja na osnovu greške između procenjenih i izmerenih komponenti vektora struje statora nastoji da svojim korektivnim dejstvom smanji eventualno odstupanje vektora procenjenih stanja iz LO u odnosu na vektor stanja AM. Pokazano je u sekciji 2 da se projektovanje LO svodi na projektovanje matrice korektivne akcije $\mathbf{G}$ oblika:

$$\mathbf{G} = \begin{bmatrix} g_1 \mathbf{I} + g_2 \mathbf{J} \\ g_3 \mathbf{I} + g_4 \mathbf{J} \end{bmatrix}, \mathbf{I} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, \mathbf{J} = \begin{bmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (13)$$

gde su g_1, g_2, g_3 i g_4 pojačanja matrice korekcije $\mathbf{G}$.

U cilju što brže i efikasnije konvergencije procene stanja u okviru LO pojačanja matrice korekcije se često u praksi biraju tako da sopstvene vrednosti matrice sistema LO λ_0 budu proporcionalno negativnije od sopstvenih vrednosti (polova sistema) matrice sistema λ koja sama za sebe predstavlja stabilan sistem.

$$\lambda_0 = k\lambda \quad (14)$$

gde je k koeficijent proporcionalnosti polova sistema AM i LO, [4].

U skladu sa (14) pojačanja matrice korekcije iznose:

$$g_1 = -(k - 1)(\alpha + 1/T_r) \quad (15)$$

$$g_2 = (k - 1)\hat{\omega}_r \quad (16)$$

$$g_3 = -(k^2 - 1)(\alpha/\beta + \gamma) + 1/\beta(k - 1)(\alpha + 1/T_r) \quad (17)$$

$$g_4 = -1/\beta \cdot (k - 1)\hat{\omega}_r \quad (18)$$

gde su $\alpha = (R_s + L_m^2/(L_r T_r))/L_\sigma$, $\beta = L_m/(L_r L_\sigma)$ i $\gamma = L_m/T_r$, [4].

Osnovna verzija LO opservera AM tretira brzinu obrtanja rotora AM kao promenljivi parametar jer je ista veličina filtrirana velikom konstantom mehaničkog podsistema. U osnovi *sensorless* pogona AM leži kriterijumska funkcija Ljapunova:

$$V(e) = e^T e + \frac{(\hat{\omega}_r - \omega_r)^2}{\lambda} \quad (19)$$

gde je e vektor greške procene stanja AM a koeficijent λ određuje težinu uslova konvergencije procene brzine. Stabilnost procene po kriterijumu Ljapunova je postignuta ukoliko se postigne minimum ove funkcije. Pronalaženjem prvog izvoda kriterijumske funkcije V i izjednačavanjem istog sa nulom:

$$\frac{dV(e)}{dt} = e^T [(A + GC)^T + (A + GC)]e - \hat{x}^T \Delta A^T e - e^T \Delta A \hat{x} + \frac{2\Delta\omega}{\lambda} \frac{d\hat{\omega}_r}{dt} = 0 \quad (10)$$

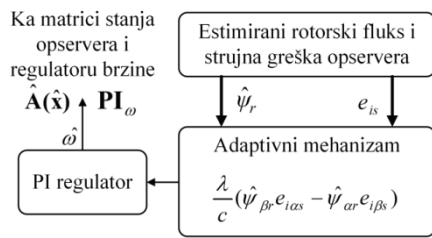
asimptotska stabilnost se postiže ukoliko je zbir drugog, trećeg i četvrtog člana sa desne strane relacije (20) jednak nuli.

Kao rešenje se ima adaptivni mehanizam za procenu brzine obrtanja AM što je osnova *sensorless* pogona sa LO.

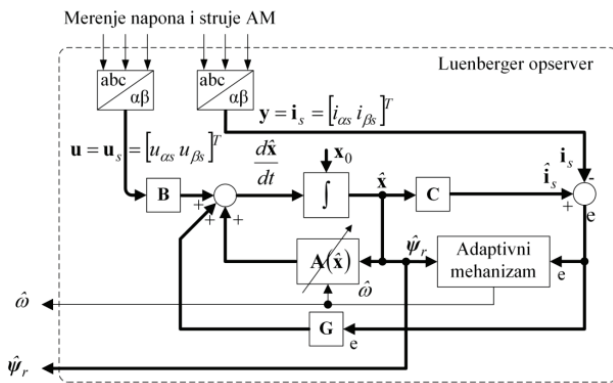
$$\hat{\omega}_r = \int_c \frac{\lambda}{c} (\hat{\psi}_{\beta r} e_{i_{\alpha s}} - \hat{\psi}_{\alpha r} e_{i_{\beta s}}) dt \quad (21)$$

gde je $c = L_\sigma L_r / L_m$ [4].

Blok dijagram adaptivnog mehanizma za procenu brzine obrtanja AM je prikazan na slici 1.



Slika 1. Adaptivni mehanizam za procenu brzine AM



Slika 2. Blok dijagram LO za procenu nepoznatih stanja AM (fluksa rotora) i brzine AM

Konačno, blok dijagram celokupnog opservera sistema za procenu nepoznatih stanja AM i brzine obrtanja rotora prikazan je na slici 2.

Nelinearni sistem AM je linearizovan na način da se brzina tretira kao promenljivi parametar. Time se značajno uprošćava proračun procene stanja i ukoliko se

koriste identični parametri za procenu u okviru LO sa parametrima AM tada i greška procene nakon tranzijenta estimacije se svodi na nulu. Zarad što efikasnije procene brzine obrtanja umesto čiste integracije podintegralnog izraza (21) koristi se PI akcija gde se poboljšava dinamika konvergencije procene brzine.

4. MIKROPROCESORSKA REALIZACIJA LUENBERGER OPSERVERA FLUKSA

Koncept VU *sensorless* pogona sa AM zahteva isključivo mikroprocesorsku realizaciju zbog komplikovanog algoritma upravljanja i procene stanja AM. Sistem mikroprocesora je digitalni sistem i za realizaciju LO opservera u okviru razmatranog DSP-a potrebno je izvršiti diskretizaciju algoritma LO proračuna po vremenu i amplitudi. Aplikacije koje rade u realnom vremenu zahtevaju i upotrebu proračuna u matematici sa nepokretnim zarezom. Zato je neophodno izvršiti normalizaciju veličina koje ulaze u proračun za LO procenu stanja AM.

Jedna od najjednostavnijih procedura za diskretizaciju koja je iskorišćena za potrebe simulacije i eksperimenta razmatranog sistema AM jeste levi ojler (LE) aproksimacija z-transformacije.

Nakon normalizacije modela (12) i LE smene, $s \rightarrow (z - 1)/T$, gde je T perioda PWM signala, dobija se diskretni model pogodan za realizaciju u okviru DSP-a:

$$\hat{i}_s^*(kT) = A_{r11} \hat{i}_s^*(kT - T) + (A_{r12} - jA_{i12}\omega_r^*) \hat{\psi}_r^*(kT - T) + B_r u_s^*(kT - T) + T(g_1^* + jg_2^*)(\hat{i}_s^*(kT - T) - \hat{i}_s^*(kT - T)) \quad (22)$$

$$\hat{\psi}_r^*(kT) = [A_{r22} + jA_{i22}\omega_r^*] \hat{\psi}_r^*(kT - T) + A_{r21} \hat{i}_s^*(kT - T) + T(g_3^* + jg_4^*)(\hat{\psi}_r^*(kT - T) - \hat{\psi}_r^*(kT - T)) \quad (23)$$

gde su $A_{r11} = 1 - \omega_b T \left(\frac{r_s}{l_\sigma} + \frac{l_m^2}{l_r^2} \frac{r_r}{l_\sigma} \right)$, $A_{r12} = \omega_b T \frac{l_m}{l_r} \frac{r_r}{l_\sigma} \frac{1}{l_\sigma}$, $A_{i12} = \omega_b T \frac{l_m}{l_r} \frac{1}{l_\sigma}$, $A_{r21} = \omega_b T r_r \frac{l_m}{l_r}$, $A_{r22} = 1 - \omega_b T \frac{r_r}{l_r}$.

Za proračun (22) i (23) potrebno je imati na raspolaganju vrednosti parametara AM. Jedan od standardnih načina za dobijanje vrednosti parametara AM jeste izvođenjem eksperimentalnih oglada praznog hoda i kratkog spoja AM [1].

Parametri razmatrane AM su dati u tabeli 1.

Tabela 1. Parametri razmatrane AM

R_s [Ω]	R_r [Ω]	L_s [H]	L_r [H]	L_m [H]
3.26	1.05	0.078	0.078	0.074

Sistem skaliranja veličina u svrhe korišćenja *fixed point* proračuna u okviru DSP jedinice se bira tako da se za vrednosti osnovnih baznih veličina uzimaju njihove maksimalne vrednosti da bi se izbegao problem prekoračenja pri proračunu u okviru registara DSP-a. Osnovne bazne veličine su date u tabeli 2.

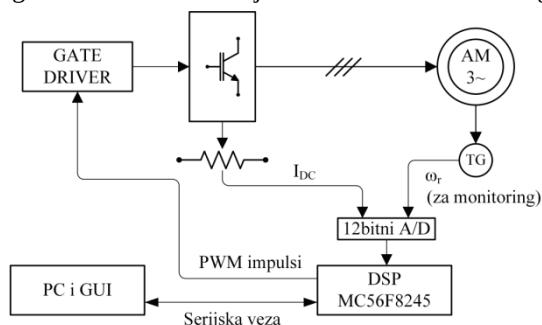
Tabela 2. Sistem baznih vrednosti za skaliranje

U_b [V]	I_b [A]	ω_b	ω_{b1}	$\bar{P}_b$ [W]	$\bar{R}_b$ [Ω]	$\bar{\Psi}_b$ [Wb]
603.5	10.45	1759.28	32768	9460	57.75	0.343

Napomena: Nadvučene veličine predstavljaju izvedene bazne veličine.

5. OPIS DIGITALNOG SENSORLESS POGONA SA ASINHRONOM MAŠINOM

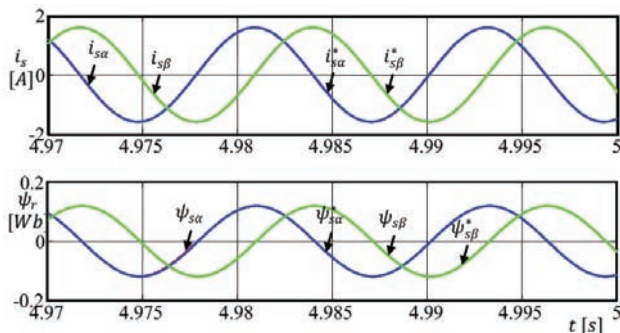
Korišćena Whirlpool trofazna AM (*Maytag Whirlpool Factory Washer Motor W10171902 J58GTC-1132*) se upravlja preko mikroprocesora proizvođača FreeScale MC56F8245 koji generiše impulse promenljive širine (PWM impulse) prema bloku „GATE DRIVER“ koji upravlja invertorskim modulom. U okviru razmatranog DSP-a je implementirana vektorska kontrola AM. Merene veličine u pogonu su struja jednosmernog međukola na osnovu koje se rekonstruišu fazne struje AM I_{DC} i brzina obrtanja rotora AM sa AC tahogeneratora. U slučaju opserveruskog sistema sa LO rekonstruisane struje se koriste za korekciju procene stanja i procenu brzine *sensorless* AM pogona dok brzina obrtanja sa tahogeneratora u tom slučaju služi samo za monitoring.



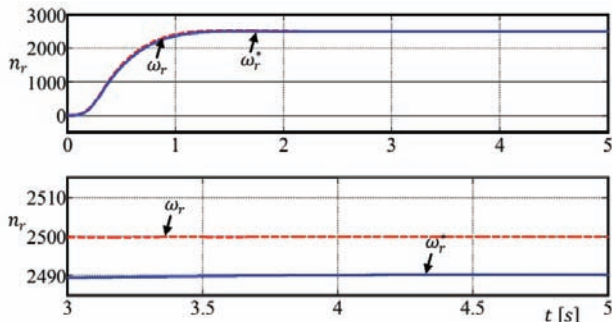
Slika 3. Blok dijagram digitalnog VU pogona sa AM

6. SIMULACIJA I EKSPERIMENT

6.1. Simulaciona analiza *sensorless* pogona sa asinhronom mašinom



Slika 4. Odzivi αβ komponenti struja i flukseva AM i diskretnog LO u zatvorenoj sprezi, brzina 2500 o/min

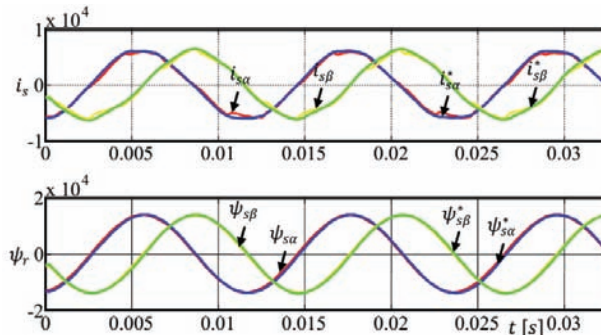


Slika 5. Odzivi αβ brzina AM i diskretnog LO (gornji grafik) uz prikazano stacionarno stanje (donji grafik) u zatvorenoj sprezi, brzina 2500 o/min

Simulacija algoritma LO proračuna modela pogona AM prikazana sa slika 3 i 4 je izvršena u okviru alata *Simulink* programskog paketa MATLAB.

Napomena: Sa * su označene procenjene vrednosti veličina iz LO.

6.2. Eksperimentalna analiza *sensorless* pogona sa asinhronom mašinom



Slika 6. Odzivi αβ komponenti struja (gore) i flukseva (dole) AM i diskretnog LO u otvorenoj sprezi, brzina 2500 o/min uz uticaj korektivne akcije $k=3$

Pri istim ispitnim uslovima u odnosu na simulaciju vidi se na osnovu poklapanja odziva korespondentnih veličina da je LO procena kvalitetna i u skladu sa slikama 4, 5 i 6 dobijena je precizna procena brzine obrtanja pogona opisanog blok dijagramom 3.

7. ZAKLJUČAK

Osnovna verzija LO za procenu nepoznatih stanja flukseva rotora AM se može koristiti kao robustan opserver fluksa u otvorenoj sprezi gde u proračunu procene stanja AM koristi brzinu obrtanja sa davača na vratilu. Nezavisno od problema diskretnog proračuna i promene vrednosti parametara mašine spram korespondentnih vrednosti u DSP precizna procena može da omogući poboljšanje karakteristika vektorske kontrole.

U slučaju potpunog *sensorless* AM pogona problem diskretizacije onemogućuje upotrebu klasične verzije za robustnu procenu stanja AM i brzine obrtanja za primenu u pogonima visokih performansi. Korekcija neznatno smanjuje grešku procene te bez dodatnih prepravki osnovna verzija LO za procenu stanja AM i brzine obrtanja se može koristiti u *sensorless* pogonima niskih performansi regulisanim po brzini obrtanja.

8. LITERATURA

- [1] D. Marčetić, „Mikroprocesorsko upravljanje energetskim pretvaračima“, Novi Sad, Fakultet tehničkih nauka, 2012.
- [2] D. Luenberger, „An introduction to observers“, *IEEE Transaction on Automatic Control*, Vol. AC - 16, pp. 596-602, 1971.
- [3] S. Vukosavić, „Električne mašine“, Beograd, Elektrotehnički fakultet, 2010.
- [4] H. Kubota, „DSP-based speed adaptive flux observer for induction motor“, *IEEE Transactions of Industry Applications*, Vol. 29, pp. 344-348, 1993.

Kratka biografija:

Vladimir Popović rođen je u Somboru 1990. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Energetska elektronika i električne mašine odbranio je 2014.god.

УДАЉЕНО МЕРЕЊЕ ТЕМПЕРАТУРЕ ПРЕКО ИНТЕРНЕТА**REMOTE TEMPERATURE MEASUREMENT OVER THE INTERNET**Ненад Петровић, Јосиф Томић, *Факултет техничких наука, Нови Сад***Област – ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И РАЧУНАРСТВО**

Кратак садржај – Сензори и мерни прилагођавачи су основ било каквог мерења у електроници и индустрији. Индустрија постаје све сложенија и захтева велики број најразличитијих мерних сензора, уређаја, актуатора и друге опреме. Умрежавање ове опреме могуће је обавити на више хијерархијских нивоа. Најнижи ниво подразумева рад у реалном времену, док виши ниво нису тако стриктни по питању времена већ се ослањају на интернет протоколе. У овом раду је приказано мерење температуре употребом сензора и мерних прилагођавача и слање података путем интернета коришћењем UDP протокола у LabVIEW програму.

Abstract – Sensors and transducers are the basis of any measurement in electronics and industrial applications. Industry is becoming more complex and require a large number of different measurement sensors, devices, actuators and other equipment. Networking of this equipment can be done in several hierarchical levels. The lowest level involves working in real time, while higher levels are not as strict in terms of time, but rely on Internet protocols. This paper presents the measurement of temperature using sensors and transducers and sending data over the internet using UDP protocol in LabVIEW program.

Кључне речи: сензори, мерни прилагођавачи, LabVIEW, температура, UDP.

1. УВОД

Сензорика данас представља основ свих мерења у електроници и индустрији. Индустрија не може ни да се замисли без система за праћење стања опреме током производње. Заустављањем само једног сегмента у фабрици губи се огромна количина новца. Стога сензори и мерни системи играју веома велику улогу у индустријским процесима. Како би се цео систем пратио са савременом опремом помоћу рачунара потребни су и мерни прилагођавачи који обезбеђују да сигнали буду у погодном облику за обраду. Широк је опсег сензора који се користе у индустрији али један од највише коришћених јесте температурни сензор.

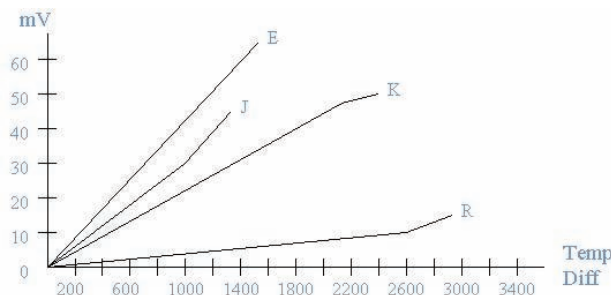
2. ТЕРМОПАРОВИ (THERMOCOUPLE)

Кад се две жице од различитих метала споје на оба краја, а један крај се при том греје, јавља се струја која пролази тим кругом. Ову појаву открио је 1821. године Thomas Johann Seebeck [2]. Ако се овај круг прекине,

НАПОМЕНА:

Овај рад произтекао је из мастер рада чији ментор је био др Јосиф Томић, ванр. проф.

јавља се напон отвореног круга (Seebeckov напон) који је функција разлике температура спојишта а зависи и од врсте двају метала. То вреди за све метале. Приликом мерења, мереној температури T излаже се мерно спојиште, а референтно спојиште је на некој другој температури Треф, обично собној температури. За мерење није довољно само спојити волтметар јер би тим спајањем настало још једно, нежељено спојиште термopара. Стога је потребно спровести компензацију референтног (хладног) спојишта (cold junction compensation).



Слика 2.1: Температурна карактеристика различитих врста термopарова

3. ПОЛУПРОВОДНИЧКИ ТЕМПЕРАТУРНИ СЕНЗОРИ

Ови сензори су производ савремене технологије силицијумских интегрисаних кола, па се због тога још називају Si сензорима. Силицијумски сензори се састоје од интегрисаних електронских кола која користе температурске особине активних полупроводничких спојева. Ови сензори могу да буду са струјним или са напонским излазима. У оба случаја излазни сигнал је пропорционалан апсолутној температури. Амплитуда излазног сигнала је релативно велика и линеарна, па се интерпретација сигнала врши без тешкоћа. Један Келвин генерише струју од око 1 μA , тако да на собној температури (25 $^{\circ}C$) струја износи 298 μA . Ова струја се помоћу познатог отпорника може конвертовати у напон. Температурни опсег Si сензора се креће од -50 $^{\circ}C$ до +150 $^{\circ}C$. У пракси се често употребљавају LM35 (NS) или AD590 (Analog Devices), итд.

4. ТЕРМИСТОРИ

Термистор је елемент (метални оксид или полупроводник), који при промени температуре мења своју отпорност. Температурни коефицијент може да буде како позитиван (PTC) тако и негативан (NTC), а може да има вредност од неколико процената по степену Celzijusa. Користи се у применама где је потребно детектовати мале промене у температури, од на пример само 0.01 $^{\circ}C$. Као и термистори, RTD (Resistance Temperature Detector) мења своју отпорност у завис-

ности од температуре. За његову конструкцију се могу употребити разни материјали. У пракси се показало да је за то платина најпогоднија, а може се употребити бакар или нарочито волфрам за мерење врло високих температура.

5. ТЕМПЕРАТУРНО ЗАВИСНИ ОТПОРНИЦИ ОД ПЛАТИНЕ

Ови температурни сензори одликују се веома високом тачношћу и прецизношћу мерења температуре од 0,1%, у опсегу од -200 до +850°C. Потребно их је користити у комбинацији са ХТR112 [4] кондиционерима који дају струјну побуду за сензор, врше појачање и линеаризацију излазног сигнала. Ове сензоре карактеришу велика постојаност и поновљивост мерења. На жалост, имају и већу цену него остали температурни сензори.

Температурни сензор од платине је температурно зависни отпорник. Његова отпорност на 0°C износи 100Ω, а на 100°C је 138,4 Ω. Променом температуре од 1°C мења се вредност отпорности за 0,384Ω. Код овог сензора зависност температуре и отпорности је углавном линеарна на температурном опсегу од 0-100°C. За шири температурни опсег потребно је користити једначину коју дефинише ITS-90(International Temperature Standard 90):

$$R_t = R_0 \cdot (1 + A \cdot t + B \cdot t^2 + C \cdot (t - 100) \cdot t^3) \quad (1)$$

Где су параметри дефинисани као:

$$R_0 = 100 \, \Omega,$$

$$A = 3.9083 \cdot 10^{-3},$$

$$B = -5.775 \cdot 10^{-7},$$

$$C = -4.183 \cdot 10^{-12} (< 0^\circ\text{C}), \text{ или } C = 0 (> 0^\circ\text{C}).$$

6. ИНТЕРНЕТ МОГУЋНОСТИ У LabVIEW ПРОГРАМУ

Интернет наставља континуално свој убрзани развој и бива све више интегрисан на различите начине у наш свакодневни живот. Ово се такође односи и на стручњаке и инжењере, који користе Интернет као јефтину и изузетно ефикасну могућност за размену великог броја података и информација.

Данас корисници LabVIEW програмског пакета веома једноставно могу да размењују податке преко Интернета захваљујући већ готовим функцијама које се добијају уз овај пакет. Фронт панел виртуалних инструмената врло лако је дистрибуирати преко Web servisa на више различитих начина који захтевају мање или веће знање Интернет протокола [1]. Главне Интернет методе које подржава програмски пакет LabVIEW су:

- Удаљени преглед са LabVIEW Web Serverom,
- UDP (User Datagram Protocol) технологије,
- DataSocket технологије,
- Klijent-Server комуникација са уграђеним TCP/IP протоколом,
- VI Server технологије,
- CGI (Common Gateway Interface) технологије.

7. УДАЉЕНИ ПРЕГЛЕД СА УГРАЂЕНИМ LABVIEW WEB SERVEROM

Ово је најједноставнија метода за спајање LabVIEW апликација на Интернет преко World Wide Web-a. Коришћењем ове методе, слика фронт панела реализоване апликације на сервер рачунару, константно се дистрибуира до корисника преко Web-a у релативно кратком интервалу времена. Предност ове методе је у њеној једноставности и у чињеници да није потребан никакав додатни софтвер, јер се за преглед страница користи стандардни Web претраживач. Недостаци ове методе су да корисник нема никакву могућност интеракције са virtuelnim instrumentom (VI), а такође јавља се и одређено кашњење приликом слања великих графичких слика фронт панела. Ова метода такође не омогућава потпуни рад система у реалном времену.

8. UDP (USER DATAGRAM PROTOCOL) ТЕХНОЛОГИЈЕ

UDP протокол омогућава једноставну комуникацију између компјутера на врло ниском нивоу. Процес се одвија тако што пошиљалац шаље податке, датаграме, на одређену адресу и порт рачунара примаоца. Овај протокол је веома сличан IP протоколу и оба поседују заједничке проблеме. UDP шаље датаграме на порт примаоца а уколико тај порт није отворен, датаграми се уништавају.

Овај протокол не поседује поузданост слања и користи се у апликацијама где она није потребна. То може бити у случају када се информације довољно често шаљу на одређену дестинацију и губитак појединих података није критичан.

9. DATASOCKET ТЕХНОЛОГИЈЕ

DataSocket технологија је део National Instruments система за мерење и анализу сигнала, која омогућава једноставан приступ Интернету без потребе улажења у детаље ниског нивоа. Овај систем омогућава успостављање комуникационих веза у апликацијама мерења и аутоматизације на врло једноставан начин.

10. TCP/IP ТЕХНОЛОГИЈЕ

У овој технологији клијент и сервер апликације су направљене у LabVIEW програмском пакету и за њихову реализацију није потребан никакав други програмски пакет. Генерално, постоје две категорије ових апликација. Једна је када постоји један клијент, а друга када постоји више клијената. Ова друга је знатно компликованија за реализацију зато што постоји потреба за обрадом више клијент захтева у исто време. Пошто ова технологија користи врло низак ниво TCP/IP програмирања, програмер има веома велику флексибилност у креирању апликација. TCP/IP протокол се може користити за комуникацију у оквиру појединачних мрежа или међусобно повезаних мрежа. Поједини делови мрежа могу бити одвојени на великим географским удаљеностима. Због тога што је TCP/IP присутан на већини рачунара, овај протокол је прилагођен да може да преноси податке међу различитим програмским платформама и системима. TCP обезбеђује реално преношење

података кроз мреже, достављајући податке у низу, без грешака, губитака или дуплирања.

11. VI СЕРВЕР ТЕХНОЛОГИЈЕ

VI Сервер функције су реализоване са LabVIEW 5.1 верзијом програмског пакета да би омогућиле једноставну клијент-сервер комуникацију преко TCP/IP протокола. Да би користио ову методу програмер не мора да зна како TCP/IP функционише, али мора да зна принципе објектно оријентисаног програмирања и дефинисања класа (classes). VI класе су потребне за дефинисање атрибута виртуалних инструмената, њихово покретање као и за креирање on-line експеримената.

12. CGI ТЕХНОЛОГИЈЕ

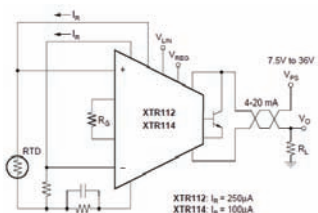
CGI (Common Gateway Interface) технологија је стандард за конструкцију динамичких Web страница, коришћењем екстерних програма инсталираних на Web серверу. CGI методе дефинишу интерфејс протокол уз помоћ кога Web сервер комуницира са осталим апликацијама. CGI скрипт може бити написан у било којем програмском пакету укључујући и LabVIEW. Интернет Toolkit је додатни софтверски пакет од National Instruments-a који подржава CGI апликације и уз помоћ којег је могуће креирати интерактивне CGI апликације на један једноставан начин. Комуникација овом технологијом одвија се следећим редоследом: клијент шаље захтев за CGI апликацијом користећи жељену URL адресу сервера. Сервер распознаје захтев, учитава апликацију у меморију и извршава је на свом рачунару. Апликација генерише податке и шаље их серверу који затим те податке прослеђује натраг клијенту. CGI програм се на рачунару извршава у реалном времену, стога је могуће податке добијати са сервера динамички, наравно то зависи и од брзине мрежне комуникације.

13. РЕАЛИЗАЦИЈА МЕРНОГ СИСТЕМА У LabVIEW ПРОГРАМУ

Аквизициони систем који ће бити приказан за сензор температуре користи Pt-100, кондиционер XTR112 и аквизициону картицу NI USB-6210 која се преко USB-а спаја на рачунар. Ти подаци се обрађују у LabVIEW програму и шаље податке преко интернета коришћењем UDP протокола, на удаљени рачунар.



Слика 13.1. Блок шема аквизиционог система.



Слика 13.2. Повезивање RTD сензора на кондиционер

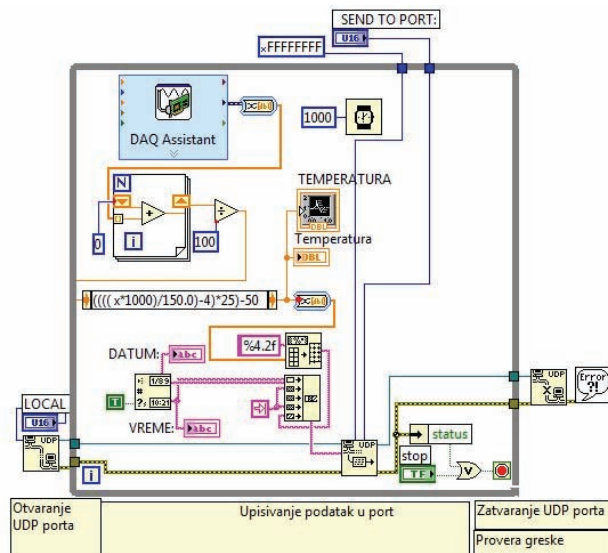
Температурни сензор је већ описан у ранијем поглављу. Кондиционер који се овде користи је XTR112 [5]. Као што се види са шеме излаз овог

кондиционара даје сигнал у опсегу од 4-20mA. Ово је потребно јер се сензори углавном не налазе поред мерног модула. Кондиционери се карактеришу високом тачношћу као и поузданошћу.

Карактеристике који произвођач даје за овај кондиционер:

- Напон петље: 7.5-36V,
- Улазни напон: 5mV до 1V,
- Нелинеарност максимално до : 0.01%,
- Грешка излаза максимално : $\pm 25\mu A$,
- Напон офсета максимално: $\pm 25\mu V$,
- Офсет напона дрефта: $1.5 \mu V/^{\circ}C$,
- CMRR, 60Hz минимално: 86dB,
- Радна температура: -40 до $85^{\circ}C$,
- Кућиште: SOIC.

NI USB-6210 [4] мерна картица компаније National Instruments има 16 аналогних улаза до максималне брзине одабирања 250 kS/s, нема аналогни излаза, има 8 дигиталних улазно/излазних линија, два 32- битна бројача, дигитални тригер, улазни напон је $\pm 10 V$. Прикључује се преко USB порта на рачунар и веома је практична и једноставна за употребу.

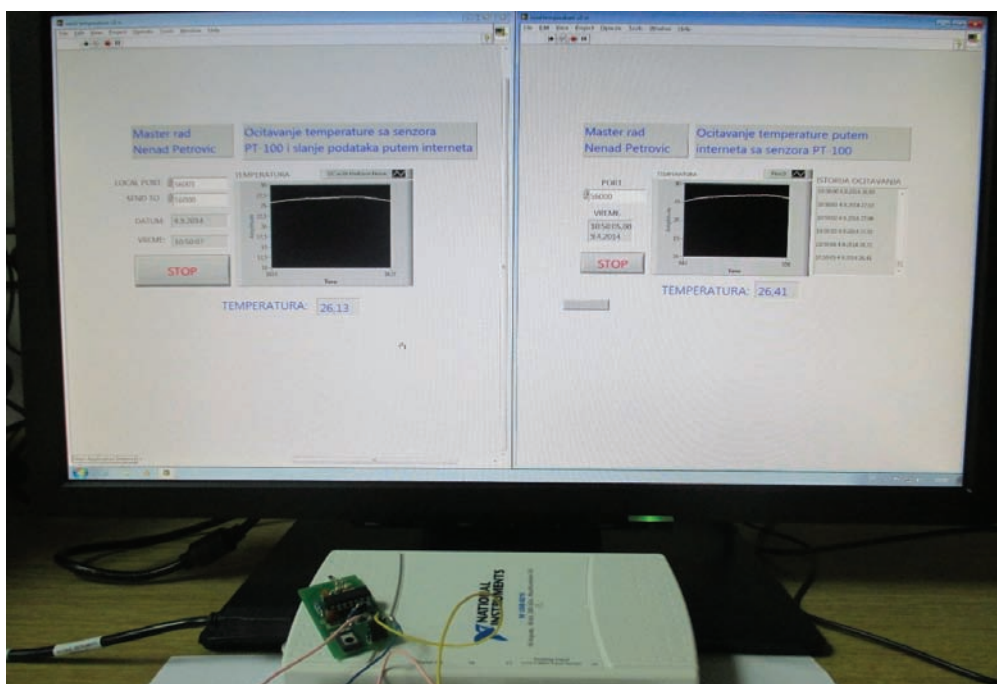


Слика 13.3. Изглед програма за слање података.

Функција која је на улазу while петље служи за отварање UDP порта. На њу је закачена контролна табла у коју се уписује локални порт. Са DAQ аквизиционе картице очитава се напон који преко математичке формуле даје вредности сразмерне измереној температури.

Даље везе иду до следеће функције која врши уписивање података на порт. На овај блок су прикључене још две контролне табле једна за означавање адресе рачунара на који се подаци шаљу и порт на који се подаци уписују.

Трећа ружичаста веза јесу подаци који се шаљу тј. датум, време и вредност температуре. Иза while петље постоје две функције једна за затварање порта и друга за проверу грешке. Слање података се врши сваке секунде.



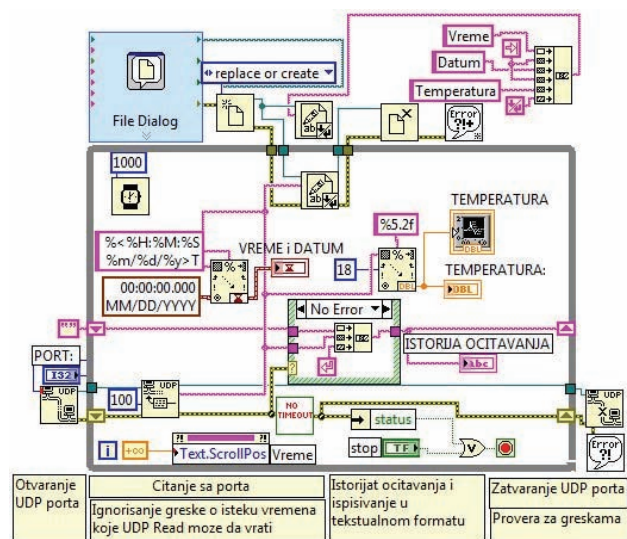
Слика 13.4. Приказ комплетног мерног система.

У програму за пријем отвара се порт, чита се вредност порта која је у текстуалном облику. Конвертују се добијени подаци у погодан тип за исписивање на графику.

Истовремено приликом покретања програма врши се уписивање података у excel програму. Након завршеног очитивања затвара се порт и проверава се грешка.

Користи се и shift регистар како би клијент имао увид у историју очитаних података на самом панелу

Слика 13.4. приказује изглед фронт панела програма за слање и програма за очитивање података као и мерну опрему. Тестирање је обављено на собној температури.



Слика 13.5. Блок дијаграм програма за читање података

14. ЗАКЉУЧАК

Тестирањем описаног мерног система закључено је да комуникација путем интернета коришћењем UDP-а, веома једноставна и користи се када није толико битна заштита података. За индустрију овакав систем је примењив, а не захтева висок буџет. За разлику од температурног сензора Pt-100, Pt-1000 је много прецизнији и робуснији када са у питању високе температуре и вибрације.

15. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Јосиф Томић, Милан Миловановић, „Виртуална инструментација применом LabVIEW програма“, ФТН-Грид, Нови Сад, 2010.
- [2] Data aquisition handbook, MC measurment computing, SAD 2012
[Online]. Available: <http://www.mccdaq.com/>
- [3] Industrial Manufacturing Condition Monitoringma, National Instruments [Online]. Available: <http://sine.ni.com/ind-app/app/ind/p/id/ind-13/lang/sr>
- [4] NI USB-6210, National Instruments [Online]: <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/sr/nid/203223>
- [5] XTR112, National Instruments [Online]. Available: <http://www.ti.com/product/xtr112>

Кратка биографија:



Ненад Петровић рођен је у Бајиној Башти 1990. год. Основне академске – бечелор студије завршио је на Факултету техничких наука у Новом Саду из области Електротехнике и рачунарства – на смеру Примењена електроника 2013. године.

POREĐENJE I TESTIRANJE PRILAGODLJIVIH UPRAVLJAČKIH ALGORITAMA U PROGRAMSKOM OKRUŽENJU LABVIEW

COMPARING AND TESTING OF VARIOUS ADAPTIVE CONTROL ALGORITHMS IN LABVIEW DEVELOPMENT ENVIRONMENT

Marko Luković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U okviru ovog rada implementirana su tri modela realnih procesa koji se sreću u industriji, to su DC motor, rezervoar sa tečnošću i kontrola temperature u određenoj prostoriji (posudi). Vršeno je upravljanje uz pomoć PID regulatora čiji su parametri optimizovani različitim metodama (ZieglerNichols, CohenCoon...), kao i upravljanje uz pomoć MRAC kontrolera. Na kraju, dat je uporedni prikaz rezultata simulacije.

Abstract – This paper presents three different models that can be found in industry applications which include DC motor, tank with fluid level control and room temperature control. Each process can be controlled with PID controller optimized with different methods (ZieglerNichols, CohenCoon...), or MRAC controller. In the end, there are comparative simulation results.

Ključne reči: PID, autotuning, MRAC, LabView

1. UVOD

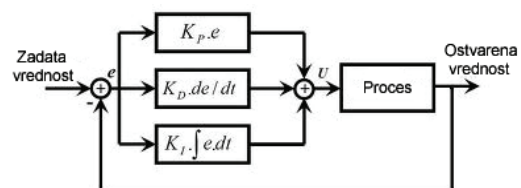
U diplomskom master radu predstavljen je skup načina na koji se može vršiti regulacija različitih procesa u industriji. DC motori danas imaju najrazličitiju primenu: susrećemo ih u vozilima na električni pogon, sastavni su deo industrijskih mašina, koriste se kao generatori u mini vetrenjačama za proizvodnju električne energije... Kontrola nivoa tečnosti u rezervoaru je takođe jedan od čestih industrijskih procesa. Imamo je gotovo u svim granama industrije, bilo da je u pitanju rafinerija, pivara, fabrika za preradu otpadnih voda, rezervoar pijaće vode... Temperatura je fizička veličina koji figurira u skoro svakom industrijskom procesu. Postoje razni načini za upravljanje temperaturom: ON-OFF, PID, MRAC...

PID kontroler je najzastupljeniji kontroler u industriji. Generiše upravljanje na osnovu svoja tri karakteristična parametra. Postoji više načina za optimizaciju ovih parametara, a neki od njih su prikazani u ovom radu. MRAC kontroleri su napredna vrsta kontrolera, koja vrši upravljanje željenim procesom na osnovu referentnog modela. Sve više se koriste u praksi, pa su stoga osnova upravljanja u ovom diplomskom radu.

2. PID REGULATORI

Proporcionalno–integralno–diferencijalni regulator je najzastupljeniji regulator u industriji. Može biti realizovan

kao samostalni kontroler, kao deo DDC sistema, ili hijerarhijskog distribuiranog upravljačkog sistema. Svako od tri dejstva regulatora ima svoju funkciju koja se odražava na odziv i stabilnost sistema. Na slici 1 prikazana je blok šema PID regulatora:



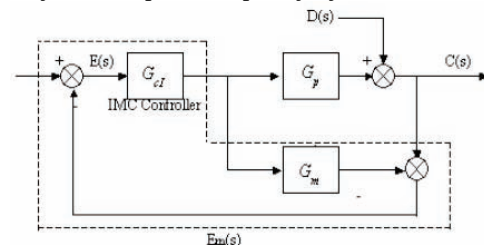
Slika 1. Blok šema PID regulatora

Podešavanje parametara PID regulatora može biti vršeno na više načina. Manuelno od strane iskusnog inženjera, ili korišćenjem nekih naprednijih metoda. Neke od metoda, koje su između ostalog razmatrane u ovom radu su:

- Ziegler Nichols
- Cohen Coon
- Chien Chrones Reswick
- Internal Model Control

2.1. IMC

Metoda optimizacije parametara PID-a, koja je od posebnog interesa za ovaj rad je upravo metoda koja koristi elemente naprednog upravljanja, korišćenjem internog modela koji se uzima kao referentni i spram koga se vrši upravljanje modelom koji predstavlja proces. Ovu tehniku su prvi razvili Morari i Zafirion [1]. Na slici 2. je predstavljen koncept IMC upravljanja.



Slika 2. Koncept IMC upravljanja

Sa G_p je obeležena funkcija prenosa procesa kojim se upravlja, a sa G_m je predstavljen referentni model na osnovu koga kontroler generiše upravljanje za proces. Funkcija prenosa kontrolera je opisana jednačinom:

$$G_c = \frac{G_{cl}}{1 - G_{cl}G_m}$$

Da bi se povećala robusnost sistema, kontroler se može proširiti kaskadno vezanim filtrom koga opisuje funkcija prenosa [2]:

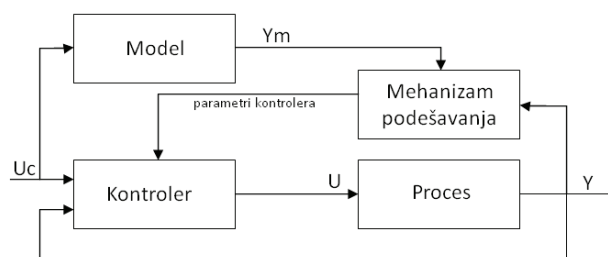
NAPOMENA:

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

$$G_f = \frac{1}{(\tau_f s + 1)^n}$$

3. MRAC

Skraćenica MRAC zapravo znači Model Reference Adaptive Control (negde se koristi i skraćenica MRAS, gde S predstavlja System). Kod ovog načina upravljanja procesima, upravljanje željenim procesom se vrši u skladu sa referentnim modelom. Kontroler na svom izlazu generiše upravljanje takvo da razlika odziva upravljanog procesa i referentnog modela bude minimalna. Drugim rečima, poenta je naterati proces da se ponaša kao željeni model. Na slici 3. Je prikazana blok šema MRAC algoritma.



Slika 3. Blok šema MRAC algoritma

Postoji više različitih načina za realizaciju MRAC kontrolera od kojih su najpoznatiji dizajn uz pomoć MIT pravila i pravila Lyapunov-a.

3.1. MIT pravilo

Kod MIT pravila, biramo referentni model, strukturu modela i vrednosti parametara za mehanizam prilagođavanja. Razliku odziva procesa kojim upravljamo i odziva referentnog modela ćemo obeležiti sa e , i to je početna tačka od koje gradimo MRAC kontroler:

$$e = y_p - y_m$$

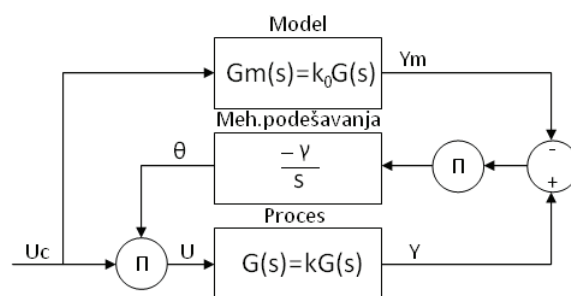
Kada smo odredili grešku, možemo formirati i takozvanu funkciju podešavanja, koju obeležavamo sa (θ) , gde je θ parametar koji će biti podešavan od strane samog kontrolera. Izbor funkcije podešavanja određuje kako će kasnije biti vršena promena parametara u sistemu. Tipična funkcija podešavanja je data u sledećem obliku:

$$J(\theta) = \frac{1}{2} e^2(\theta)$$

Da bi znala kako da menja parametar θ , funkcija podešavanja mora da se postavi u obliku koji će beležiti promenu parametra θ , kroz vreme. S obzirom da je osnovni cilj anulirati grešku, promena funkcije podešavanja se postavlja da bude proporcionalna promeni funkcije teta. Prema tome, izvod teta parametra je jednak negativnoj promeni funkcije podešavanja J. To možemo zapisati:

$$\frac{d\theta}{dt} = -\gamma \frac{\delta J}{\delta \theta} = -\gamma e \frac{\delta e}{\delta \theta}$$

Ovaj odnos promene θ i funkcije podešavanja je poznat kao MIT pravilo [3]. Radi prikaza kako MIT pravilo može da se iskoristi da bi se formirao kontroler, uzećemo u obzir razmatranje adaptivnog sistema sa feedforward strukturom, kao na slici:



Slika 4. MRAC sa feedforward strukturom

Konstanta k za proces kojim upravljamo je nepoznata. Referentni model može biti formiran sa željenom vrednosti k , i preko sistema adaptacije sa feedforward strukturom, odziv sistema se može podesiti da odgovara ovom modelu. Stoga, referentni model je odabran tako da odgovara procesu pomnoženom sa željenom konstantom k_0 :

$$\frac{Y(s)}{Uc(s)} = k_0 G(s)$$

Grešku upravljanja redefinišemo sledećom formulom:

$$e = y - y_m = kGU - G_m U_c = kG\theta U_c - k_0 G U_c$$

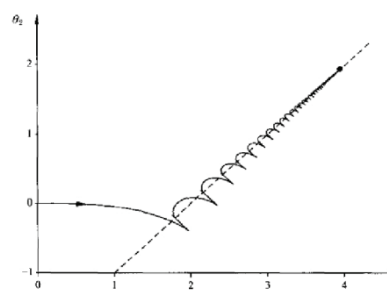
Konačno, nakon računanja izvoda osetljivosti i nakon primene MIT pravila, dobija se formula za određivanje parametra θ :

$$\frac{d\theta}{dt} = -\gamma \frac{k}{k_0} y_m e = -\gamma y_m e$$

U slučaju kada se MRAC kontroler realizuje upotrebom MIT pravila, kombinujući feedforward i feedback strukturu, tada postoje dve upravljačke promenljive koje generiše kontroler i to su θ_1 i θ_2 . Na slici 5 je prikazan odnos ovih parametara u kontroleru koji upravlja sistemom opisanim jednačinom:

$$\frac{dy}{dt} = -ay + bu$$

Prava obeležena isprekidanom linijom je prava koju opisuje jednačina: $\theta_2 = \theta_1 - a/b$.



Slika 5. Odnos upravljačkih veličina MRAC kontrolera

Važno je napomenuti da MIT pravilo samo po sebi ne garantuje stabilnost sistema. MRAC kontroler koji koristi MIT pravilo je veoma osetljiv na promene amplitude signala. Generalno, uz podešavanje prave vrednosti gama parametra, možemo prevazići ovaj problem. Potrebno je birati male vrednosti jer je to ključ uspeha i za stabilnost sistema i za brzinu prilagođavanja upravljanog procesa željenom sistemu.

3.2. Ljapunovljeva teorija stabilnosti

Kao rešenje za potencijalnu nestabilnost MRAC strukture dizajnirane MIT pravilom, nameće se Ljapunovljeva teorija stabilnosti [3]. Teorija je primenljiva i na vremenski promenljive i nepromenljive sisteme. Ako vremenski promenljiv sistem opišemo jednačinom:

$$\frac{dx}{dt} = f(x, t)$$

definiše se tačka ravnoteže, ako je $f(0, t) = 0 \forall t \geq 0$. Pretpostavlja se da je funkcija f takva da rešenja postoje za sve $t \geq t_0$. Potrebno je ispitati stabilnost rešenja $x(t) = 0$. U vremenski promenljivim jednačinama, rešenje će zavisiti od vremena t kao i od početnog vremena t_0 . Ovo implicira da će granična vrednost δ zavisiti od ξ i od t_0 . Definicija stabilnosti može biti oblikovana tako da daje uniformnu stabilnost.

Rešenje početne jednačine $x(t) = 0$ je uniformno stabilno ako za $\xi > 0$ postoji broj $\delta(\xi) > 0$, nezavistan od t_0 takav da je:

$$\|x(t_0)\| < \delta \Rightarrow \|x(t)\| < \xi \quad \forall t \geq t_0 \geq 0$$

Rešenje je uniformno asimptotski stabilno ako je uniformno stabilno i postoji $c > 0$, nezavisno od t_0 , tako da je $x(t) \rightarrow 0$ ako $t \rightarrow \infty$, uniformno u t_0 , za sve $\|x(t_0)\| < c$. Da bismo dokazali teoriju stabilnosti početne jednačine, prvo moramo uvesti pojam takozvane funkcije klase K:

Kontinualna funkcija $\alpha: [0, a) \rightarrow [0, \infty)$ pripada klasi K ako je strogo rastuća i ako $\alpha(0) = 0$. Funkcija pripada klasi K_∞ ako je $a = \infty$ i $\alpha(r) \rightarrow \infty$ ako $r \rightarrow \infty$.

Za vremenski promenljive sisteme, teorema stabilnosti može da se definiše na sledeći način:

Ako je $D = \{x \in R^n | |x| < r\}$ i ako je $x = 0$ rešenje jednačine:

$$\frac{dx}{dt} = f(x, t)$$

onda se definiše kontinualna diferencijabilna funkcija V:

$$\alpha_1\{|x|\} \leq V(x, t) \leq \alpha_2\{|x|\}$$

$$\frac{dV}{dt} = \frac{\partial V}{\partial t} + \frac{\partial V}{\partial x} f(x, t) \leq -\alpha_3\{|x|\}$$

za svako $t > 0$, gde su α_1, α_2 i α_3 funkcije klase K. Tada je $x = 0$ uniformno asimptotski stabilno.

4. SOFTVERSKO REŠENJE ZADATKA

Kao osnova za izradu programa za simulaciju sistema korišćen je programski paket LabView. Program predstavlja simulaciju različitih vrsta procesa koji se sreću u industriji, kao i primena različitih tipova i algoritama upravljanja tim istim procesima. Procesu su opisani matematičkom diferencijalnom funkcijom i funkcijom prenosa, na osnovu promenljivih i konstanti koje definišu sam proces. Tako dobijeni model je diskretizovan i spreman je za simulaciju. Svim modelima je moguće upravljati na 3 načina: Ručno, PID kontrolerom i MRAC kontrolerom. Recimo, parametri koji definišu model DC motora su

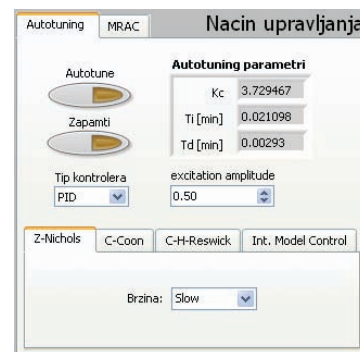
- Inercija rotora **J**
- Otpornost rotora **R** [Ω]

- Konstanta obrtnog momenta **K** [Nm/A]
- Induktivnost **L** [H]
- Koeficijent trenja obrtnog momenta **B** [Nms]

Ako je funkcija prenosa DC motora opisana jednačinom:

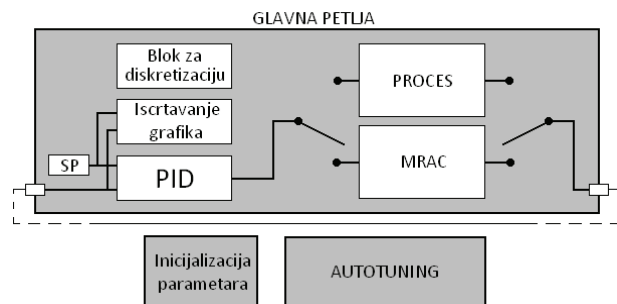
$$\frac{\Phi(s)}{V(s)} = \frac{\frac{K}{JL}}{s^2 + \left(\frac{JR + BL}{JL}\right)s + \frac{BR + K^2}{JL}}$$

Program računa funkciju prenosa za dati model. Odabirom neke od metoda diskretizacije modela, dobijamo i funkciju prenosa modela u Z domenu. Isti postupak se primenjuje i na ostala dva modela. Nakon diskretizacije modela, pristupa se upravljanju na neki od 3 odabrana načina. U slučaju upravljanja PID regulatorom, moguće je menjati njegove parametre ručno, ili koristiti neku od tehnika optimizacije parametara.



Slika 6. Deo softvera koji se odnosi na autotuning

Ako upravljamo MRAC algoritmom, postoje dva parametra koji mogu da se menjaju: Jedan je Gama parametar, koji je ključni parametar za stabilnost sistema i za brzinu prilagođavanja upravljanog procesa željenom sistemu. Drugi parametar je pojačanje K_m , koje predstavlja razliku između referentnog modela i procesa. MRAC algoritam je realizovan tako da je $G_m(s)$ isti kao i $G(s)$, tj. referentni model ima isti oblik kao i upravljani proces, s tim što je veći ili manji K_m puta. Slajderom se krećemo po logaritamskoj skali od 0.1 do 10, i time direktno podešavamo pojačanje K_m .



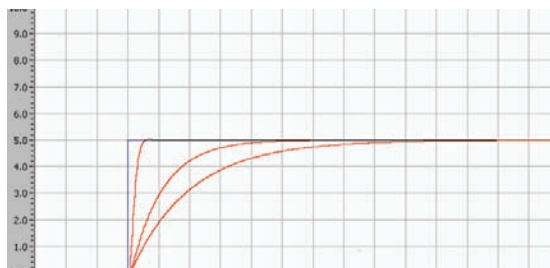
Slika 7. Blok šema softverskog koda simulatora

5. REZULTATI SIMULACIJA

U ovom poglavlju dat je prikaz rezultata simulacija koje su vršene na različitim modelima, različitim metodama upravljanja. Najpre je testiran model DC motora koji je opisan sledećom funkcijom prenosa:

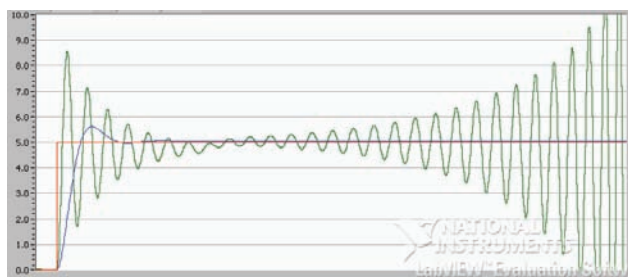
$$G(s) = \frac{20}{s^2 + 22s + 12}$$

Nakon niza simulacija, pokazalo se da je što se PID regulacije tiče, najbolji odziv dala IMC metoda, koja upravljanje zasniva na unutrašnjem referentnom modelu, i na osnovu toga optimizuje parametre PIDa. Na slici 8 prikazan je odziv za različite vrednosti faktora množenja. Kada je faktor 0.1, odziv ima najbrži odziv i neznatan preskok, dok za vrednosti 1 i 2, nema preskoka ali sistem sporije dostiže zadatu vrednost.



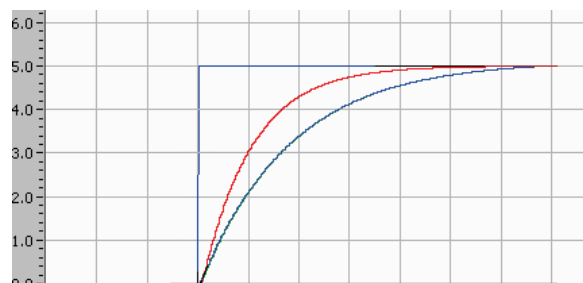
Slika 8: Odziv DC motora, IMC metod podešavanja

Sa druge strane, MRAC algoritam je dao rezultate koji su veoma bliski rezultatima dobijenim IMC metodom, što je i razumljivo jer koriste sličan mehanizam upravljanja. Izvršen je i mali test stabilnosti sistema pri upotrebi MRAC kontrolera zasnovanog na MIT pravilu. Vrednost parametra γ je povećana na 1, i sistem je počeo da osciluje, povećavajući amplitudu (slika 9).



Slika 9: Nestabilnost sistema za $\gamma = 1$.

Kada ovaj parametar držimo na vrednostima bliskim nuli, recimo 0.01, dobija se stabilan sistem, sa brzim odzivom i malim preskokom. Nakon odabira referentnog modela sa nešto blažim nagibom odziva, i proces ima odziv bez preskoka. Na slici 10 su prikazani odzivi DC motora kada je upravljanje vršeno PID regulatorom sa IMC metodom (crvena boja) i MRAC kontrolerom (plava).

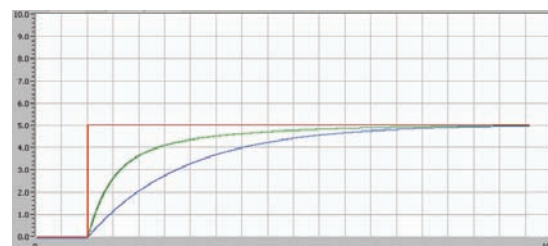


Slika 10: Odziv DC motora sa IMC i MRAC kontrolerom

Što se tiče kontrole nivoa tečnosti i kontrole temperature u prostoriji, sve metode su dale očekivane rezultate, koji su se već pokazali kod modela DC motora.

Zaključeno je da sa MRAC kontrolerom jedino može da se poredi PID podešen IMC metodom.

Kod kontrole nivoa tečnosti, brži odziv je imala IMC metoda, a kod kontrole temperature, bolje se pokazao MRAC kontroler. Uporedni grafik odziva sistema kontrole temperature je dat na slici:



Slika 10: Kontrola temperature, MRAC i IMC

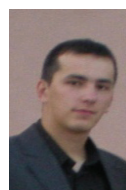
6. ZAKLJUČAK

U ovom radu, osnovna ideja je bila da se prikažu osnove automatskog upravljanja kroz rad u softveru koji omogućuje promenu parametara bilo modela, bilo mehanizma upravljanja i praćenje rada sistema u realnom vremenu. MRAC kontroler daje potpuno zadovoljavajuće rezultate, u rangu sa PID kontrolerom koji je podešen metodom internog modela, koja je pokazala daleko najbolje rezultate kod PID regulacije. Bolji rezultati MRAC kontrolera bi mogli da se dobiju eksperimentalnim metodama u laboratorijskim uslovima. Tada bi se testirali realni sistemi, nakon čega bismo mogli da dodemo do zaključaka koji bi nas vodili postavljanju mnogo preciznijih referentnih modela, tako da upravljanje generišemo još kvalitetnije, sa još bržim odzivom, bez preskoka. Kod podešavanja MRAC kontrolera, potrebno je voditi računa o stabilnosti, koja se narušava ako je parametar γ veliki. Potrebno je držati ovaj parametar na vrednostima bliskim nuli, i kao što je simulacija pokazala, nema bojazni od oscilacija. Simulacijom sva tri procesa za različite vrednosti parametara koje ih definišu, MRAC i IMC metoda upravljanja odnose pobjedu nad klasičnim PID upravljanjem i klasičnim metodama podešavanja njegovih parametara, u svakoj postavci sistema.

7. LITERATURA

- [1] Morari M., E. Zafirion; "Robust Process Control", Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1989
- [2] Seborg, Dale E., Thomas F. Edgar, and Duncan A. Mellichamp. 2004. *Process Dynamics and Control*. 2nd ed. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc.
- [3] Karl J. Astrom, Tore Hagglund: "PID controllers, 2nd edition", USA, 1995.

Kratka biografija



Marko Luković rođen je 1.10.1985. godine u Užicu. Završni (bachelor) rad na Fakultetu tehničkih nauka odbranio je 2010. godine, a diplomski master rad iz oblasti adaptivnog i naprednog upravljanja, odbranio je u septembru 2014. godine.

**REALIZACIJA KOMUNIKACIONOG PROTOKOLA IEC 60870-5-104 ZA
AKVIZICIONO UPRAVLJAČKI SISTEM DSCADA****REALIZATION OF THE COMMUNICATION PROTOCOL IEC 60870-5-104 FOR DATA
ACQUISITION AND CONTROL SYSTEM DSCADA**Nemanja Isakov, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – Ovaj rad predstavlja primer primene IEC 60870-5-104 komunikacionog protokola za akviziciono upravljački sistem namenjen radu u industrijskim sistemima. Nakon prikaza skupa standarda IEC 60870-5 i konkretnog IEC 60870-5-104 protokola, predstavljena je implementacija programske podrške pomenutog protokola na upravljačkoj i na krajnjoj strani akviziciono upravljačkog sistema dScada.

Abstract – This paper presents an application example of IEC 60870-5-104 communication protocol for SCADA system designed for work in industrial systems. After a brief overview of a set of standards IEC 60870-5, more details are given about IEC 60870-5-104 protocol and its implementation on both control and PLC side of dScada system.

Glavne reči: dScada, komunikacioni protokol, IEC-60870-5-104.

1. UVOD

Visok kvalitet komunikacije između komponenti akviziciono upravljačkih sistema namenjenih upravljanju realnim industrijskim postrojenjima predstavlja osnovni preduslov za njegovo uspešno funkcionisanje.

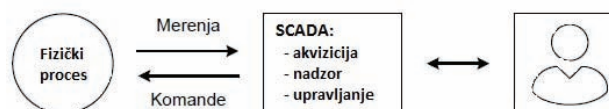
U ovom radu predstavljen je način na koji je moguće upravljati elektrodistributivnim postrojenjima pomoću dScada programske podrške i IEC 60870-5-104 protokola za komunikaciju između nadzorno upravljačke stanice i procesnih kontrolera.

1.1. Akviziciono upravljački sistemi

Osnovni cilj akviziciono upravljačkih sistema je obezbeđivanje efikasnog nadzora i upravljanja nad proizvoljnim fizičkim procesom korišćenjem digitalnih računarskih komponenti. Ovakvi sistemi najčešće se nazivaju SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) sistemima.

Akvizicija podataka odvija se dvosmerno jer obuhvata ulazne podatke (merenja) i izlazne podatke (komande). Slika 1. prikazuje vezu SCADA sistema sa fizičkim procesom i ljudskom posadom, kao i tok mernih i upravljačkih signala ka postrojenju kojim se upravlja.

Osnovni zahtevi koji se postavljaju pred SCADA sisteme opšte namene su rad u realnom vremenu, distribucija



Slika 1. Vezu SCADA sistema i fizičkog procesa

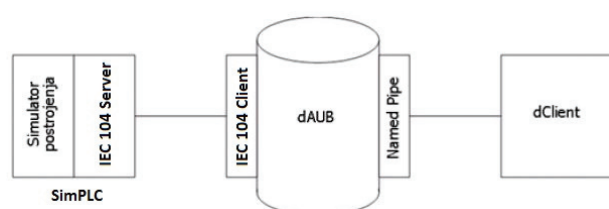
računarskih resursa u okviru akviziciono upravljačkog sistema i postizanje maksimalne pouzdanosti i raspoloživosti.

1.2. dScada akviziciono upravljački sistem

Osnovu za dScada sistem čini generalizacija opisa akviziciono upravljačkog sistema (računarske stanice, merni i izvršni uređaji), kao i tehnoloških elemenata postrojenja i njihovih međusobnih zavisnosti. dScada predstavlja programski paket SCADA-e koji čine tri osnovna modula (slika 2):

- *SimPLC* – simulator postrojenja i procesnih kontrolera
- *dAUB* – SCADA akviziciono upravljački blok
- *dClient* – operatorska radna stanica

Pobrojani moduli daju potpunu podršku razvoju sistemskog i aplikativnog SCADA softvera.



Slika 2. Komponente dScada sistema

1.3. Komunikacioni protokoli i sprege SCADA sistema

Komunikacioni protokol predstavlja skup pravila i procedura koje kontrolišu tok komunikacije između serijski spregnutih stanica u okviru računarske mreže. Na taj način obezbeđuje se uspešna interakcija između međusobno udaljenih procesa. Osnovne funkcije svakog protokola su kontrola grešaka i upravljanje tokom podataka u mreži. Kontrola grešaka služi za otkrivanje komunikacionih grešaka i proceduru oporavka, čime se obezbeđuje pouzdaniji prenos i integritet podataka. Namena upravljanja tokom podataka u mreži je sprečavanje zagušenja u saobraćaju, kao i optimalno deljenje komunikacionih resursa između više različitih učesnika u komunikaciji.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Branislav Atlagić, vanr. prof.

Klasa protokola koji se koriste u SCADA sistemima najčešće se naziva industrijskim protokolima i industrijskim mrežama (*industrial protocols and industrial networks*). Prema tipu učesnika u komunikaciji i njihovim ulogama u akviziciono upravljačkom sistemu, industrijski protokoli se mogu podeliti u nekoliko kategorija:

- *Senzorski protokoli* – služe za povezivanje sa „smart“ senzorima i ostalim izvršnim uređajima kako bi se uspešno prikupili podaci iz postrojenja kojim se upravlja.
- *Fieldbus protokoli* – namenjeni za komunikaciju sa UI modulima i kontrolerima povezanim procesnom magistralnom u samom postrojenju.
- *Telemetrijski protokoli* – omogućuju daljinski nadzor i upravljanje procesnim kontrolerima iz SCADA stanice. Ovoj grupu protokola pripada IEC 60870-5-104 protokol.
- *Međusistemijski protokoli* – orijentisani komunikaciji između kontrolnih sistema. Mogu realizovani spregu između dva SCADA sistema, SCADA sistema i simulatora, i sl.

Važno je pomenuti da postoje protokoli koji ne pripadaju isključivo jednoj od pobrojanih kategorija, već se njihova oblast primene može naći u više različitih kategorija. U realnim SCADA sistemima implementira se i klijentski protokol čija je namena dostavljanje podataka do operatorske radne stanice ili neke poslovne aplikacije.

Vremenom se javila potreba da sprega između SCADA stanica i procesnih kontrolera postane standardizovana kako bi oprema različitih proizvođača mogla međusobno da funkcioniše bez većih problema koji su se ranije javljali. To je postignuto usvajanjem opšte prihvaćenih standarda. U evropskim elektroenergetskim SCADA aplikacijama dominantni su IEC 60870-5-101/104 protokoli, dok se u Americi uglavnom koristi DNP3.

2. SKUP STANDARDA IEC 60870-5

Međunarodna tehnička komisija IEC (*International Electrotechnical Commission*) je svetska organizacija za standardizaciju koja se sastoji od nacionalnih elektrotehničkih komiteta (*IEC National Committees*). Jedan od ciljeva koji je pred njega postavljen jeste standardizacija sprege SCADA stanice i PLC kontrolera, pa je u tu svrhu uloženi veliki napor u definisanju i usvajanju opšte prihvaćenih standarda orijentisanih ka pojedinim granama industrije.

Skup standarda IEC 60870-5 nastao je kao rezultat rada radne grupe (WG03: *Telecontrol protocols*) koja je delovala u sklopu IEC tehničkog komiteta koji se bavi upravljanjem energetskim sistemima (*TC57: Power system control and associated communications*).

IEC 60870-5 (*Telecontrol equipment and systems – Part 5: Transmission protocols*) predstavlja skup standarda za daljinsko upravljanje, zaštitu i međusistemsku komunikaciju u okviru elektroenergetskih sistema. Čine ga sledeći osnovni standardi:

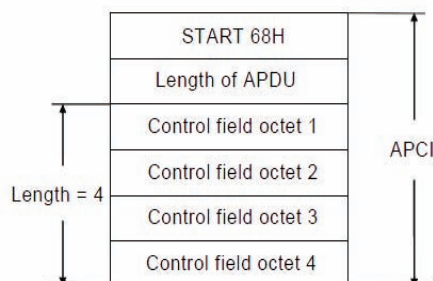
- *IEC 60870-5-1 Section 1: Transmission frame formats*
- *IEC 60870-5-2 Section 2: Data link transmission services*
- *IEC 60870-5-3 Section 3: General structure of application data*
- *IEC 60870-5-4 Section 4: Definition and coding of information elements*
- *IEC 60870-5-5 Section 5: Basic information functions*
- Od sredine 90-ih godina, IEC je objavio četiri združena standarda komunikacionih protokola koji se oslanjaju na IEC 60870-5 skup standarda.

2.1. Prikaz IEC 60870-5-104 protokola

Standard IEC 60870-5-104 definiše telemetrijski protokol za komunikaciju akviziciono upravljačke stanice i procesnih kontrolera. Objavljen je 2000. godine i njime je standardizovana upotreba aplikativnih funkcija i podataka kod protokola sa različitim mehanizmima za prenos poruka.

2.2. Opis aplikativnih podataka

APDU (*Application Protocol Data Unit*) predstavlja osnovnu informacionu jedinicu prenosa. U zavisnosti od formata, APDU poruka se može sastojati iz dva dela. Prvi deo je obavezan i čine ga kontrolne informacije – APCI (*Application Protocol Control Information*).

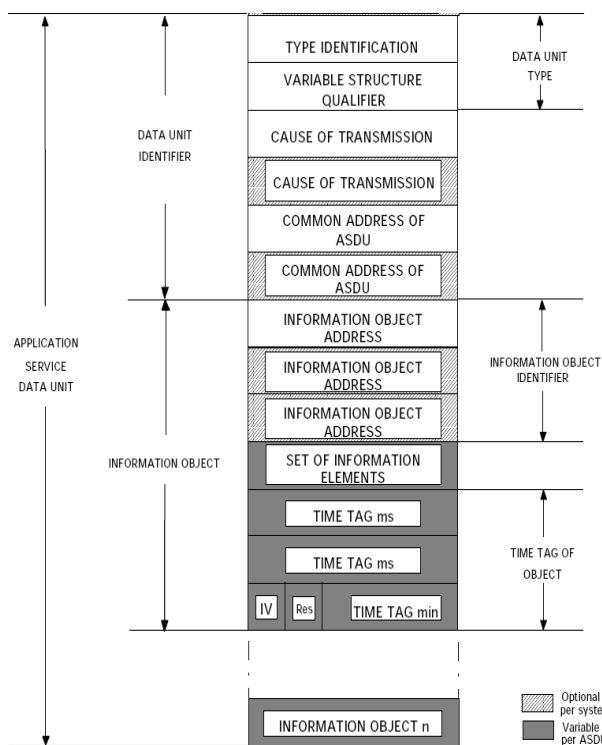


Slika 3. Zaglavlje IEC-104 poruke

APCI počinje sa dva okteta koji jednoznačno određuju APDU poruku. To su START bajt čija predefinisana vrednost je 68H, i dužina poruke koja ne uključuje START i LENGHT polja.

Standardom IEC 60870-5-104 podržana su tri tipa APDU poruka: I format, S format i U format. Preostala četiri APCI okteta definišu koji od ova tri tipa APDU poruke je u pitanju.

Preostali APDU poruke sadrži servisne informacije i naziva se ASDU (*Application Service Data Unit*). Ovom strukturom prenose se aplikativni podaci, odnosno rezultati merenja ili nadgledanja. Informaciona polja ASDU strukture definisana su generalnom strukturom u IEC 60870-5-3 standardu, pa ASDU struktura za ovaj protokol predstavlja podskup generalne strukture. Njen prikaz može se videti na slici 4.



Slika 4. Struktura ASDU poruke

3. IMPLEMENTACIJA REŠENJA

Programska podrška za IEC 60870-5-104 protokol realizovana je pomoću *Microsoft Visual Studio 2010 – Professional Edition* razvojnog okruženja, u C/C++ programskom jeziku korišćenjem standardnih *Windows* biblioteka.

Realizacija protokola započeta je analizom funkcionalnosti slojeva u okviru IEC 60870-5-104 standarda, i na toj osnovi implementirano je realno rešenje komunikacije između *dAub* i *SimPLC* strane. Nakon toga, izvršena je implementacija IEC 60870-5-104 programske podrške na upravljačkoj, kao i na krajnjoj strani *dScada* sistema.

3.1. Realizovana programska podrška za dScada sistem

U cilju uspostavljanja komunikacije nadzorno upravljačke stanice sa izvršnim uređajima, implementiran je unapred definisan skup funkcija u *dAub* i *SimPLC* modulima. Tipovi informacionih objekata definisani standardom IEC 60870-5-104 protokola koji su podržani u *dScada*-i prikazani su u tabeli 1.

Osnovni *dScada* konfiguracioni model ne sadrži parametre komunikacije koji su specifični za konkretni RTU kontroler i dati tip industrijskog protokola, pa se oni zadaju pomoću tekstualne datoteke. Na osnovu podataka navedenih u konfiguracionoj datoteci definiše se organizacija akvizicije i rukovanje podacima u njihovom prenosu i konfigurišu se kartice jednog IEC kontrolera. Parametri koji se njome zadaju odgovaraju u celini parametrima definisanim standardom, poput komunikacionih *timeout* intervala, dužine predajnog i prijemnog prozora (bafera), i sl.

ID	Tip	Opis
1	M_SP_NA_1	Single-point information
3	M_DP_NA_1	Double-point information
9	M_ME_NA_1	Measured value, normalized value
11	M_ME_NB_1	Measured value, scaled value
13	M_ME_NC_1	Measured value, short floating point number
15	M_IT_NA_1	Integrated total
30	M_SP_TB_1	Single-point information with time tag CP56Time2a
31	M_DP_TB_1	Double-point information with time tag CP56Time2a
35	M_ME_TE_1	Measured value, scaled value with time tag
36	M_ME_TF_1	Measured value, short floating point number with time tag CP56Time2a
37	M_IT_TB_1	Integrated total with time tag
45	C_SC_NA_1	Single command
46	C_DC_NA_1	Double command
48	C_SE_NA_1	STP command, normalized value
49	C_SE_NB_1	STP command, scaled value
50	C_SE_NC_1	STP command, short floating point value
100	C_IC_NA_1	Interrogation command
101	C_CI_NA_1	Counter interrogation command
102	C_RD_NA_1	Read Command
110	P_ME_NA_1	Parameter of measured values, normalized value
111	P_ME_NB_1	Parameter of measured values, scaled value
112	P_ME_NC_1	Parameter of measured values, short floating point number
113	P_AC_NA_1	Parameter activation

Tabela 1. Podržani tipovi informacionih objekata

3.2. Grafički prikaz komunikacije

Praćenje razmene poruka i otklanjanje grešaka u komunikaciji, u toku razvoja ili eksploatacije nekog protokola, nezamislivo je bez zapisa saobraćaja u formatu prilagođenom samom protokolu. Na slici 5. prikazan je format datoteke sa zapisom toka komunikacije između upravljačkog modula *dAub* i *SimPLC* simulatora procesnog kontrolera. Jedan red datoteke sa slike označava jednu poruku. Oznake Tx, odnosno Rx, koje se nalaze pored vremena prenosa označavaju da li je poruku poslao *dAub* ili *SimPLC* modul. Nakon toga slede oznake za tip poruke i njen status. Preostali deo predstavljaju vrednosti definisane strukturom APDU poruke.

Twitter controlled real time audio synthesizer based on XMOS platform

Stefan Stanivuk, Nenad Četić, Jelena Kovačević, *Member, IEEE*, Milenko Borić-Herget

Abstract — This paper describes one solution of the audio system based on xCORE architecture of XMOS company. xCORE microcontroller is connected to the Cirrus Logic development board (used as the audio output) via I2S (Integrated-Interchip Sound) and I2C (Inter-Integrated Circuit) serial interface where digital to analog conversion is done. Microcontroller from Twitter servers downloads tweets that contain musical notes, generates musical tones and sends it (in basic form or delayed – echo effect) to the audio output.

Keywords — Audio system, echo effect, microcontroller, Twitter, xCORE, XMOS.

I. INTRODUCTION

TODAY is an age of computer devices. People use computers in all spheres of life. Powerful computers are developed for military use and for various researches. Computers for home use are also developed, which are less powerful but also less costly. Another category of computer is something different. This is type of computer that is designed into a product, in order to provide its control. This type of product is called an embedded system. These small computers, which job is to control other products or systems, we generally call microcontrollers [1]. Microcontrollers are used in wide area of science and technics because of customizable electronics, ease in programming and low cost. It is estimated that over 50% of the vast majority of the computer chips sold are microcontrollers [2].

This work shows implementation of audio system based on xCORE multicore microcontroller (within Slice Kit development board) of XMOS company. The aim of this work is to examine possibilities of physical architecture and to demonstrate the efficiency of xCORE multicore microcontroller in the parallel execution of operations.

The developed software allows xCORE microcontroller to download tweets, via Twitter servers using Twitter API (Application Programming Interface), that contain musical notes, generates musical tones based on that notes and sends it to the audio output (Cirrus Logic CDB470xx development board). The developed software also allows

musical tones to be delayed, thus creating an echo effect. All communications between development boards are implemented via I2S (Integrated-Interchip Sound) serial interface for transferring audio samples and I2C (Inter-Integrated Circuit) serial interface for transferring commands.

The general overview of system is shown on Fig. 1:

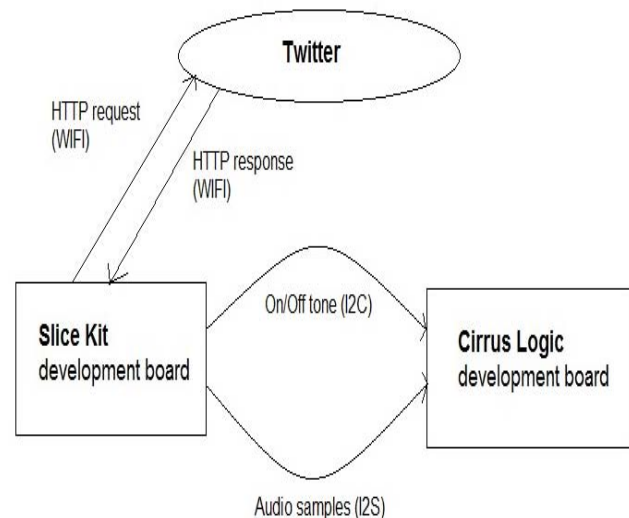


Fig. 1: General overview of system

A. xCORE architecture

xCORE is a new class of microcontroller that has multiple processor cores, flexible I/O (Input/Output), and a unique timing deterministic architecture that makes it very easy to use.

Unlike conventional microcontrollers, the xCORE multicore microcontroller is able to run multiple real-time tasks simultaneously. xCORE multicore microcontrollers support high-level programming languages with 32bit processor cores and execute the program using RISC (Reduced Instruction Set Computing) instructions. Each logical processor core can execute tasks running computational code, DSP (Digital Signal Processing/Processor) code, control software or software that handles I/O operations.

The xCORE multicore microcontroller is made up from multiple logical processor cores distributed across tiles. Devices are currently available with 4, 6, 8, 10, 12, 16 and 32 logical cores on 1, 2 and 4 tiles. The xCORE tile provides 500 MIPS (Milion Instructions Per Second) of compute (on a 500MHz device) making it much more powerful than conventional microcontroller products. The logical processor cores share processing resources and memory on the tile, but each has separate register files.

Stefan Stanivuk, Faculty of Technical Sciences Novi Sad, Serbia
(e-mail: stefan.stanivuk@rt-rk.com)

Nenad Četić, Faculty of Technical Sciences Novi Sad, Serbia
(e-mail: nenad.cetic@rt-rk.com)

Jelena Kovačević, Faculty of Technical Sciences Novi Sad, Serbia
(e-mail: jelena.kovacevic@rt-rk.com)

Milenko Borić-Herget, RT-RK Institute for Computer Based Systems LLC Novi Sad, Serbia (e-mail: milenko.boric-herget@rt-rk.com)

NAPOMENA:

- Ovaj rad proistekao je iz master rada Stefana Stanivuka. Mentor je bio doc. dr Jelena Kovačević.
- Rad je prethodno publikovan na konferenciji TELFOR, Beograd, novembar 2013.

Each logical processor core gets a guaranteed slice of processing power (up to 125 MIPS on a 500MHz devices), which is controlled by the unique xTIME timing and synchronization technology. The time-slicing is executed in such a way that it is completely transparent – the logical processor cores appear as separate, parallel processors, capable of running multiple real-time tasks simultaneously. This architecture is shown on Fig. 2:

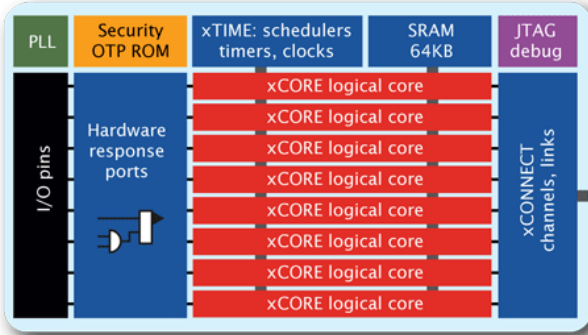


Fig. 2: Architecture of one xCORE tile

xCORE processors can be programmed using high level languages such as ANSI C and C++, or assembly if required. To make xCORE even easier to use, XMOS has created some language extensions to C that support parallel task and timing control – it is called XC [3].

B. I2S serial interface

I2S protocol is a standard developed by Philips for digital transmission of audio signals, enabling connection of various manufacturers of integrated circuits. Basically, the I2S is TDM (Time Division Multiplexing) serial stream with two active channels. TDM is a method of transferring more than one channel over a single physical connection [4].

C. I2C serial interface

I2C is a serial communication interface that supports the connection of a large number of master and slave devices in a communication system. This interface is defined by the Philips company in order of connecting peripheral devices to a central processor, at low speed of communication - typically 100 kbps [4].

D. Twitter API

In order to make available various functionalities and services of Twitter website, Twitter API is made. This API is the interface between the application as client and the social network as server. Twitter API uses HTTP (HyperText Transfer Protocol) protocol to communicate with clients, which means that it works by request-response principle after establishing a TCP (Transmission Control Protocol) connection. Client after the request, receives a response in JSON (Java Script Object Notation) format [5].

E. Musical tone

A musical tone is a steady periodic sound. The tone is a sound that is determined by three main things: frequency, amplitude and duration.

The human ear is, on average, able to hear sounds in the range of 20 to 20,000 Hz while the music is often used

with a base tones 30-8000 Hz, which leaves room for more than one hundred common tones of classical music theory. Convention is that these tones are divided into octaves, each containing the 12, for which names are used the following labels: C, D, E, F, G, A, H or C, D, E, F, G, A, B. These tones are shown on Fig. 3:

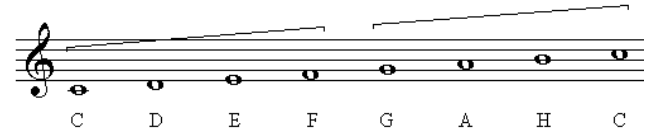


Fig. 3: Main musical tones

Each of these labels is assigned to the exact tone of the octave. It means that is already covered seven of the twelve tones which one octave contains. Other sounds may be labeled in several ways, by indicating that any of the above sounds is higher or lower by one semitone than its name indicates. Frequency of musical tones follow the principle that the ratio of frequency between the two tones of the same name of adjacent octaves is 1:2 or 2:1, depending on which is higher and which is lower [6].

II. SOLUTION CONCEPT

The solution is realized by connecting two development boards:

- Slice Kit, XMOS (with xCORE microcontroller with 2 tiles, where each tile has 8 logical processor cores) – it is used as the main microcontroller in system.
- CDB470xx, Cirrus Logic (with CS470xx DSP) – it is used as the audio output.

Development boards communicate via I2S serial interface for audio transmission (xCORE requires master clock of CS470xx DSP and then produces other I2S related clocks based on received master clock) and via I2C serial interface for commands transmission, mute On/Off, echo effect On/Off (xCORE is a master device – generates master clock and initiates communication).

After system initialization, xCORE makes an HTTP request (by which requires a tweets, with a particular hashtag: #XMOSTwSynth) and sends it to the Twitter server, which based on the received request sends back a response in the form of JSON message. After receiving JSON message, xCORE microcontroller must parse it in order to find relevant musical notes (relevant musical notes are notes that are new, i.e. never played before). This polling of the Twitter server is repeated cyclically after a certain time.

The time required for parsing JSON messages, creating and playing musical tones in single thread may be too long and can lead, in addition to inefficiency, to the closure of a TCP connection due to inactivity.

In order to solve this problem and achieve a real time execution, it is introduced the technique of double buffering which allows threads for generating musical tones and supplying musical notes to be independent and separate. On the beginning, the thread that is responsible for receiving JSON messages and for parsing it, uses one (first) buffer for storing musical notes that were parsed. After that, this buffer is transferred to other thread that is responsible for generating musical tones based on musical

notes that are stored in received buffer. In the same time, other (second) buffer is used by first mentioned thread (thread responsible for receiving new JSON messages and for parsing it). Transferring (changing) these buffers between two threads is performed when the content of the buffer that is, at that moment, used for generating musical tones is read out. It means that the buffer that is used for storing new musical notes, i.e. both buffers, must be enough big to store that notes during time of two consecutive changing buffers. It also means that the speed of changing buffers, i.e. the time when will newly received musical tones be played, depends on the amount of previously received musical notes. The presented method shows one way of implementing multithreaded producer and consumer technique.

Musical notes for using in tweets are labeled like tones that representing it. This is shown in Table 1:

Table 1: Labels of musical notes and pause and its frequencies

Musical notes and pause	Labels	Frequencies (Hz)
C	c	261.63
D	d	293.66
E	e	329.63
F	f	349.23
G	g	392.00
A	a	440.00
B	b	493.88
C	m	554.37
pause	p	-

Supported durations of musical tones and its labels for using in tweets are shown in Table 2:

Table 2: Labels of durations of tones and pauses

Durations of tones and pauses	Labels
Whole note/pause	1
1/2	2
1/4	4
1/8	8
1/16	6

From the mentioned tables following notation is made for writing music via tweets, e.g.:

note_duration_pause_duration_note_duration...

i.e.:



A. Generating audio samples – musical tones

Audio samples are generated for both, 48KHz and 44.1KHz sample rates via sine function (1):

$$y(t) = A * \sin(2\pi ft + \phi) \quad (1)$$

where is t – time, A – amplitude, f – frequency, ϕ – phase.

The period of sine wave is 2π long and can be represented with 4 quadrants. A wave is continuous in our nature which is not good for digital systems. It means that we must represent a period of sine wave with a finite number of points. This number should be set as a

compromise between quality and available memory. For this work is chosen 512 points for each quadrant ($2\pi = 2048$).

It is sufficient to calculate only the first quadrant of the sine function. Based on it, we can get the values for the other three quadrants. The first quadrant has a value from 0 to $\pi/2$, and when we split up this band to the required 512 points, we get a step by 0.0030679. For calculating the 512 points of the first quadrant of the sine function was used C function $\sin()$, from library *math.h*.

Used xCORE microcontroller does not support floating-point arithmetic and because of that each value from $\sin()$ function is multiplied by $2^{15}-1$ (16 bits is used for each audio sample) and moved to fixed-point form.

That 512 points of first quadrant are stored in `sineWave[]` buffer, so the first quadrant is `sineWave[x]` and second, third and fourth quadrants are `sineWave[1024 - x]`, `- sineWave[x - 1024]` and `- sineWave[2048 - x]`, respectively, where x representing $signal_freq * sample_index * 2048 / sample_rate$:

```
int sine(int x){
    x = x & 2047;
    switch (x >> 9){
        case 0: return sineWave[x];
        case 1: return sineWave[1024-x];
        case 2: return -sineWave[x-1024];
        case 3: return -sineWave[2048-x];
    }
    return 0;
}
```

The base octave is chosen for frequencies (*signal_freq* from above example) of musical tones [7], Table 1.

In order to avoid wasting resources of the embedded system for computing variable x (from above example) and to speed up the whole process of creation of audio signals in real time, the wave tables are made for each tone (static buffers that are filled with previously computed values), which each contains as many values as a certain tone has points in its one period for a given sampling rate (sampling rate/frequency of tone) - it is tradeoff between used memory and speed.

B. Generating echo effect

In this case, implementation of audio effect means a more work for the microcontroller because realization of effect must be also in real time, like producer and consumer technique, which was explained above. With audio effects and producer of tones we can imitate many different musical instruments and tones, which is the goal of the synthesizer.

We chose echo effect as one of the most common effect in audio processing and also as one of the sustained effect in music. System was designed on the way to be very easy to add new effects, like vibrato, tremolo, etc.

Echo is a reflection of sound that comes to the listener with a delay relative to the direct sound (the sound that is not reflected) [8]. Thus, delay line is required for implementing an echo effect. Delay line will be presented as an array of audio samples, whose length will be determined by the desired delay.

The array will have two pointers: one to indicate the beginning of the array and will serve as an index to read while other will point to the end, and will serve as an index

to write in the array. Length of the array, i.e. the difference between the pointers represents the delay.

Finally, to get the echo effect, it is necessary to add current audio sample (which will be stored in array on place that shows the pointer for write) and audio sample that is shown by the pointer for read (delayed sample), which is diminished (in this case) to 1/2 of its value in order to not violate too much the value of the current audio sample and to prevent over-range and received echo signal without distortion.

C. Audio system in work

On the following sequence diagram, audio system in work is shown, Fig. 4:

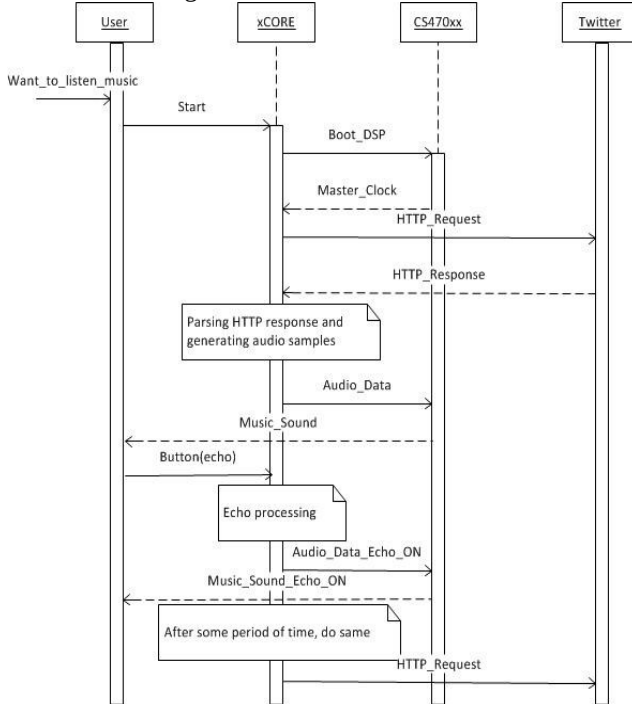


Fig. 4: Sequence diagram of the audio system

User starts whole system, i.e. starts xCORE microcontroller. After that, xCORE boots DSP on Cirrus logic development board requiring master clock of I2S interface. Upon receiving of master clock, xCORE initiates a TCP connection to Twitter servers requiring tweets with particular hashtag. After receiving and parsing response, xCORE generates and transfers tones to DSP via I2S. User may via buttons to turn on/off echo effect, which is shown on above diagram Fig 4, as to mute turn on/off via I2C.

III. TESTING

Testing was done in two stages. The first stage includes testing of receiving and parsing messages and second stage includes testing of audio output.

First stage: Tweets are made with particular hashtag and with musical notes from a several Twitter accounts. After receiving these tweets, the behavior of the system during extraction of relevant content, i.e. musical notes and its durations, from received tweets was monitored, as well as during creation of musical tones based on received data. The system was successfully extracted relevant data and created musical tones based on that data. Thereby, other non-relevant content of the received tweets system was not used in its work. Also, after cyclically polling of Twitter

servers, the tweets that are used before for generating tones are not used again. In this way, first stage was successfully accomplished.

Second stage: Generating musical tones was first implemented as a C program, using the Microsoft Visual Studio development environment. This program is used floating-point arithmetic and word length 32 bits to represent audio samples. As mentioned earlier, xCORE architecture represents the embedded system which does not support floating-point arithmetic and does not contain a large amount of memory for storage. Therefore, the program is changed to use fixed-point arithmetic and audio samples up to 16 bits. Outputs of the program are recorded to the file. This program is then adapted to xCORE architecture and transferred to the target platform. The audio samples from the target platform are then transferred via I2S interface to an external sound card where are given audio samples recorded. At the end, the audio samples from both, the C program and the program built-in xCORE microcontroller are compared and the result was expected, i.e. there were no deviations, Table 4:

Table 4: The difference between the audio samples from C program and xCORE microcontroller

Musical tones	Difference
C	No
D	No
E	No
F	No
G	No
A	No
B	No
C	No

IV. CONCLUSION

The xCORE multicore microcontroller proved as very good in the designed system, especially in executing of parallel operations like producer and consumer technique, executing signal generation and network communication where its multicore architecture comes to the fore.

ACKNOWLEDGMENT

This work was partially supported by the Ministry of Education, Science and Technological Development of the Republic of Serbia under Grant TR-32031.

REFERENCES

- [1] Tim Wilmshurst, *Designing Embedded Systems with PIC Microcontrollers*, Elsevier Ltd., UK, 2010, pp. 3.
- [2] Jivan S. Parab, Vinod G. Shelake, Rajanish K. Kamat, Gourish M. Naik, *Exploring C for Microcontrollers*, Springer, The Netherlands, 2007, pp. 2.
- [3] David May, *The XMOS XS1 Architecture*, XMOS Limited, UK, 2009.
- [4] V. Kovačević, M. Temerinac, M. Popović, N. Teslić, *Arhitekture i algoritmi DSP-a 1*, University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Serbia, 2005.
- [5] Twitter Developers, <https://dev.twitter.com/docs>, September 2013.
- [6] Marko Tajčević: *Osnovna teorija muzike*, Prosveta, Srbija, 1962.
- [7] Young R. W., *Terminology for Logarithmic Frequency Units*, The Journal of the Acoustical Society of America, 1939, pp. 166.
- [8] Allan D. Pierce, *Acoustics: An Introduction to Its Physical Principles and Applications*, Acoustical Society of America, USA, 1989, pp. 100.

MOBILNE MREŽE I ŠIROKOPOJASNI PRISTUP

MOBILE NETWORKS AND BROADBAND INTERNET ACCESS

Biljana Stefanović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast - ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu opisane su osnovne tehnike za obezbeđivanje širokopojasnog pristupa za mobilne mreže. Opisana su i teorijska ograničenja koja postoje u pogledu protoka podataka. Jedan od osnovnih načina za povećanje protoka jeste primena OFDMA-a, čiji su principi i upotreba detaljno opisani u ovom radu. Analizirani su osnovni načini za određivanje performansi sistema, kao i modeli za određivanje performansi, korisnička percepcija kvaliteta i maksimalni ostvarivi protoci na primeru WCDMA i LTE-Advanced sistema.

Abstract – In this paper, the basic techniques of broadband for wireless networks are described. Fundamental constraints in aspect of achievable rates are described too. OFDM is one of most important technique used for increasing data rates and its principles and implementation are described in this paper. Basic techniques and models for detecting system performances, users perception of quality and highest achievable data rates are analysed in this paper.

1. UVOD

Jedan od glavnih ciljeva razvoja mobilnih komunikacija jeste obezbeđivanje uslova za značajno veće protoke podataka u poređenju sa protocima koji su ostvarivani pre 3G standarda. Ovo uključuje mogućnost za ostvarivanje većih maksimalnih protoka, ali još važnije mogućnost za značajno većim protocima unutar cele površine ćelije, uključujući i korisnike na ivicama ćelije.

2. OSNOVNA OGRANIČENJA ZA OSTVARIVANJE VELIKIH PROTOKA PODATAKA

Shannon je obezbedio osnovne teorijske alate, neophodne za određivanje maksimalnog protoka, poznate kao kapacitet kanala, pomoću kojeg informacije mogu biti prenete preko određenog kanala. Određivanje kapaciteta kanala u opštem slučaju je relativno komplikovano. Ali za pojedinačne slučajeve komunikacije preko kanala, npr. radio linka, na koji utiče samo beli aditivni Gausov šum, kapacitet kanala se može odrediti pomoću jednostavne formule:

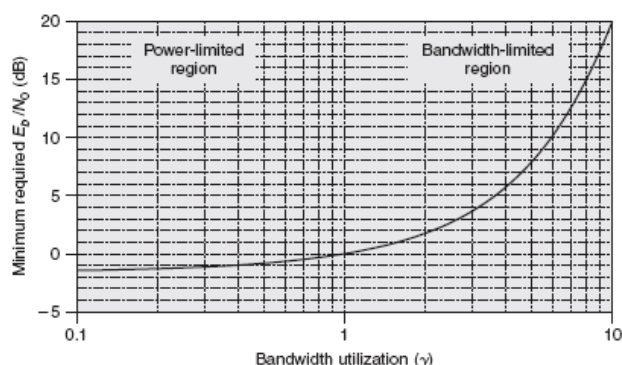
$$C = BW * \log_2(1 + \frac{S}{N}),$$

Gde je BW širina opsega dostupna za komunikaciju, S je snaga primljenog signala, a N je snaga belog Gausovog šuma koji utiče na primljeni signal.

NAPOMENA:

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

Dva osnovna faktora ograničenja za postizanje maksimalnog mogućeg protoka podataka su snaga primljenog signala, odnosno ostvarivi odnos signal/šum (S/N) i raspoloživi propusni opseg. Na slici 1. prikazan je odnos iskorišćenosti opsega i minimalnog potrebnog odnosa signal/šum.



Slika 1. Odnos iskorišćenosti opsega i odnosa signal/šum

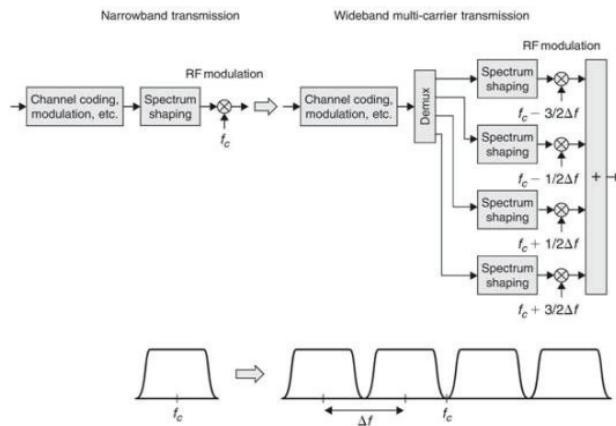
U okruženjima sa izraženim šumom ostvarivanje velikih protoka podataka uvek je ograničeno raspoloživom snagom primljenog signala odnosno, u opštem slučaju, primljenim odnosom signal/šum. Ukoliko je snaga signala na predaji konstantna, bolji odnos signal/šum na prijemu se može ostvariti smanjenjem rastojanja između predajne i prijemne antene ili upotrebom više antena na prijemu.

Slično ovome, u okruženju sa izraženim uticajem interferencije maksimalni ostvarivi protok ograničen je odnosom snaga signala-snaga šuma. Smanjenje veličine ćelije i upotreba više antena glavno su rešenje za anuliranje uticaja šuma.

Ostvarivanje protoka većih od raspoloživog propusnog opsega fundamentalno je neefikasno jer zahteva disproporcionalno veliki odnos signal-šum na prijemu. Propusni opseg je skup i ograničen resurs ali u nekim scenarijima mobilnih komunikacija, veliki odnos signal-šum i signal-interferencija, ipak je moguće ostvariti velike protoke. Obezbeđivanje velikih protoka u ograničenom opsegu podrazumeva upotrebu modulacija višeg reda kod kojih je modulacioni alfabet proširen kako bi obuhvatao dodatne alternative signala i tako omogućio da se više bita informacija prenese preko jednog modulacionog simbola. Najčešće se upotrebljavaju QPSK i QAM modulacione šeme.

Osnovni problem koji se javlja kod upotrebe širih opsega za prenos su: cena i potrošivost spektra, kompleksnost opreme, vremenska disperzija.

Jedan od osnovnih načina da se poveća prenosni opseg, a da se izbegne uticaj frekventijske selektivnosti kanala, jeste primena više nosilaca za prenos. Kao što je prikazano na slici 2. prenos sa više nosilaca podrazumeva da se umesto prenosa jednog signala šireg opsega prenosi više signala užih opsega, koji se često nazivaju pomoćni nosioci. Pomoćni nosioci su frekventijski multipleksirani i zajedno se prenose preko istog radio linka do prijemnika.



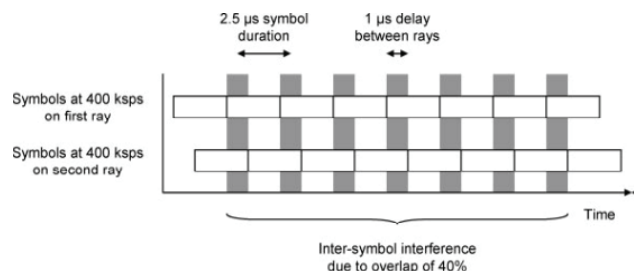
Slika 2. Prenos u širem propusnom opsegu, sa korišćenjem više nosilaca

Nedostatak prenosa preko više nosilaca je to što, kada se tehnologija koja koristi užu opseg proširi na tehnologiju koja koristi širi ukupni opseg sa paralelnim prenosom M nosilaca manjeg opsega, pa spektri svakog nosioca obično ne dozvoljava veliku "gustinu" korisnika. Drugi nedostatak prenosa sa više nosilaca, sličan kao i kod primena modulacionih šema višeg ranga, je to što paralelan prenos preko više nosilaca dovodi do većih varijacija u predatoj snazi.

3. OFDMA (ORTOGONAL FREQUENCY DIVISION MULTIPLE ACCESS)

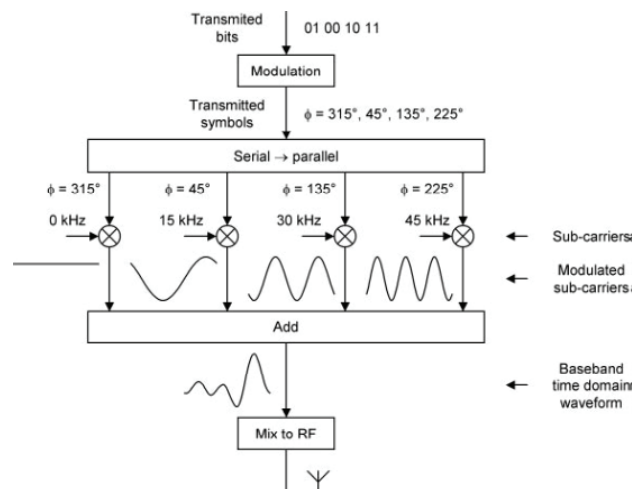
OFDMA tehnika ima istu funkciju kao i bilo koja druga tehnika za višestruki pristup, odnosno ona omogućava baznoj stanici da komunicira sa više mobilnih uređaja u isto vreme. Takođe, primena ove tehnike omogućava minimizaciju problema nastalih usled fadinga i intersimbolske interferencije. OFDM se koristi kod velikog broja radio komunikacionih sistema kao što su: Wireless lokalne mreže, WiMAX, LTE, digitalna televizija, radio prenos. Na slici 3. *delay spread*-a (kašnjenje usled rasipanja) je $1 \mu s$, a protok podataka je 400 kbps, tako da se 40 % signala preklapa na prijemu. To dovodi do interferencije i bitskih grešaka na prijemu.

Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) je dobar način da se reši ovaj problem. Umesto slanja signala u pojedinačnim strimovima, OFDM predajnik deli informacije koje je potrebno preneti u više paralelnih podtokova (*sub-streams*), i svaki pod-tok šalje na različitoj frekvenciji koje su poznate kao pomoćni nosioci (*sub-carriers*). Ukoliko ukupan protok ostaje isti, onda je protok na svakom pomoćnom nosiocu manji nego ranije, tako da je trajanje simbola duže. Ovo redukuje količinu ISI i smanjuje verovatnoću greške.



Slika 3. Generisanje intersimbolske interferencije u multipath okruženju

Na slici 4 prikazan je blok dijagram analognog OFDM predajnika. Dijagram je pojednostavljen prikaz predajnika, ali može poslužiti za prikaz osnovnih principa ove tehnike.

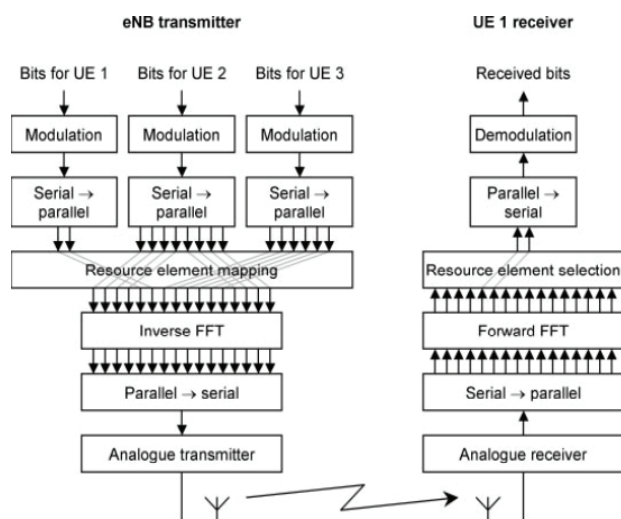


Slika 4. OFDM predajnik

Prijemnik prima strim bita i pretvara ih u simbole koristeći odabrane modulacione postupke, na primer QPSK. Zatim se uzimaju blokovi simbola, četiri u ovom primeru, i kombinuje se svaki simbol sa odgovarajućim pomoćnim nosiocem prilagođavajući njegovu amplitudu i fazu. Slika 5. prikazuje blok dijagram OFDM predajnika i prijemnika koji koriste ranije opisane principe. Pretpostavljeno je da sistem radi na downlink-u, tako da je predajnik u baznoj stanici, a prijemnik je u mobilnom uređaju. Dijagram i dalje sadrži određena pojednostavljenja. U dijagramu bazna stanica šalje strim bita za 3 različita mobilna uređaja. Svaki strim bita je modulisan odvojeno i nezavisno, korišćenjem različite modulacione šeme za svaki od uređaja. Zatim, svaki strim podataka prolazi kroz serijsko-paralelni konvertor kako bi se podelio u pod-strimove. Broj pod-strimova po mobilnom uređaju zavisi od protoka podataka: govorna aplikacija može koristiti samo nekoliko pod-strimova, dok video aplikacija može koristiti mnogo više pod-strimova.

Maper resursnih elemenata uzima pojedinačne pod-strimove i bira pomoćnog nosioca preko kojeg će ih prenositi. Pomoćni nosilac mobilnog uređaja može se nalaziti u jednom bloku (kao što je to slučaj kod mobilnih uređaja 1 i 3) ili može biti podeljen (mobilni uređaj 2).

Rezultujuća informacija je amplituda i faza svakog pomoćnog nosioca u funkciji frekvencije. Propuštanjem kroz inverznu FFT može se izračunati faza i kvadratna komponenta. Ovo onda može biti digitalizovano i filtrirano.



Slika 5. Inicijalni blok dijagram OFDM predajnika i prijemnika

U OFDM-u bazna stanica deli svoje resurse tako što vrši prenos do mobilnih uređaja u različitom vremenu i frekvencijama kako bi se prilagodila potrebama različitih aplikacija. Bazna stanica može da se izaberi i sa frekvencijski selektivnim fedingom, tako što će alocirati pomoćne nosioce na kojima mobilni uređaj prima jači signal.

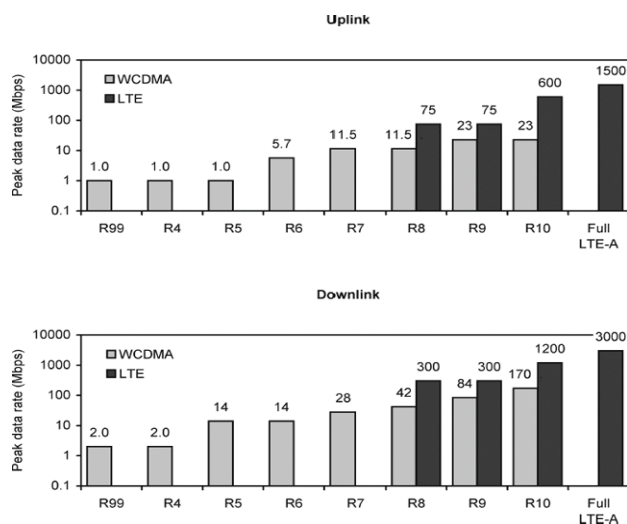
Primenom tehnike ubacivanja cikličnog prefiksa OFDMA uspeva da potpun ukloni ISI. Osnovna ideja jeste ubacivanje zaštitnog intervala - *guard period* (GP) pre svakog simbola, u kome se ne prenose podaci.

4. MAKSIMALNI PROTOCI

Slika 6. pokazuje kako se maksimalni protok podataka LTE sistema povećavao od njegovog predstavljanja u Release-u 8 i upoređuje ga sa maksimalnim protokom podataka za WCDMA iz Release-a 99. Vertikalna osa je logaritamska što je u skladu sa značajnim povećanjem maksimalnog protoka podataka koji je ostvaren od predstavljanja 3G sistema.

U Release-u 99, WCDMA ima maksimalni protok od 2 Mbps na downlink-u i 1 Mbps na uplink-u. Uvođenje brzog paketskog pristupa u Release-u 5 povećao je maksimalni protok na downlink-u na 14.4 Mbps koristeći nove modulacione šeme, 16-QAM.

Postojao je sličan porast za uplink u Release-u 6, kroz uvođenje brzog paketskog pristupa na uplink-u. Kasniji Release-i su značajno povećali maksimalan protok, uvodeći 64-QAM i koristeći prostorni multipleks.



Slika 6. Evolucija maksimalnog protoka podataka WCDMA i LTE sistema

Maksimalni protok podataka u LTE Release-u 8 je 300Mbps na downlink-u i 75Mbps na ulink-u.

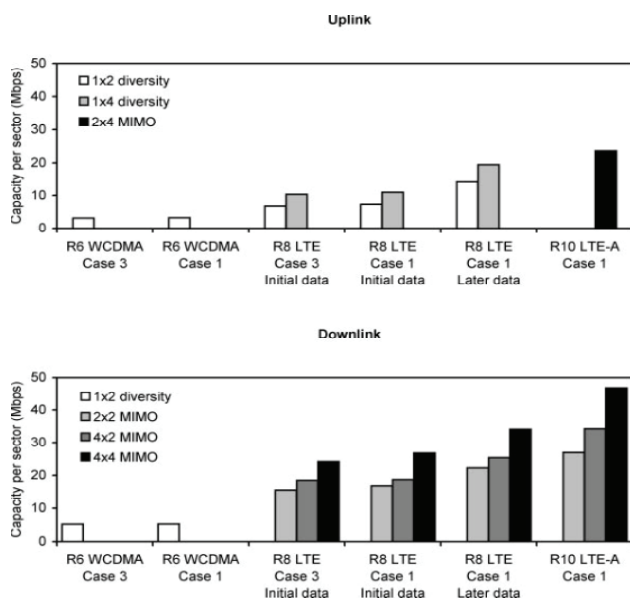
Maksimalni protok podataka u release-u 10 je oko 1200 Mbps na downlink-u i 600 Mbps na uplink-u. Oni nastaju upotrebom nosača sa dve komponente, osam slojeva nadownlink-u i četiri sloja na uplink-u, i ispunjavaju zahteve IMT-Advanced-a za maksimalni protok podataka. Maksimalni protok podataka će se na kraju povećati na 3000 i 1500 Mbps respektivno, kroz korišćenje nosioca sa pet komponenti.

Kriterijumi za postizanje maksimalnih protoka su sledeći: ćelija mora slati i primati signal u okviru svog maksimalnog propusnog opsega od 20 MHz; mobilni uređaji moraju imati najjače UE mogućnosti koje su dostupne u svakom Release-u; mobilni uređaj bi trebalo da bude blizu bazne stanice; ćelija treba da bude dobro izolovana od ostalih ćelija u okruženju.

5. TIPIČNI PROTOK PODATAKA ZA LTE I LTE-ADVANCED

Protok podataka kod LTE i LTE-Advanced-a su najčešće važniji od maksimalnih vrednosti, jer daju realnu sliku o tome kako će se mreža zaista funkcionisati. Oni se obično procenjuju pomoću simulacija. Slika 7. pokazuje ukupni kapacitet sektora u FDD modu od strane različitih simulacija na downlink-u i uplink-u, što pokriva rezultate WCDMA Release 6, rane rezultate LTE-a, kasnije rezultate LTE-a, i rane rezultate LTE-Advanced-a. Slika pokazuje rezultate za propusni opseg od 10MHz.

Veličina ćelije pravi malu razliku, pošto postoji mala razlika između slučajeva 1 i 3. Protok podataka je ograničen interferencijom sa okolnim ćelijama koja zavisi od količine preklapanja sa njima. Da bi povećali kapacitet, moramo preći na strukturu makro ili femto ćelija, tako da se postigne bolja izolacija među njima, što će omogućiti veći protok podataka.



Slika 7. Kapaciteti po sektoru tipični za LTE makročelije u propusnom opsegu od 10 MHz

Kapacitet se značajno povećava prelaskom sa baznih WCDMA rezultata na rane rezultate LTE-a.

Još jedno povećanje kapaciteta javlja se sa pomeranjem od inicijalne simulacije LTE-a ka kasnijim simulacijama, što je posledica unapređenja softvera prijemnika. Takođe prelaskom sa LTE na LTE-Advanced dolazi do povećanja kapaciteta.

5. ZAKLJUČAK

Bežični širokopojsani pristup ima značajan uticaj na razvoj obrazovanja, ekonomije, medicine, poljoprivrede, tehnologije, nauke, kao i na komunikaciju u opštem smislu. U 2011. godini 90% populacije sveta živelo je u područjima pokrivenim 2G tehnologijom, dok je 45% njih živelo u područjima pokrivenim 2G i 3G tehnologijama, a samo 5% populacije živelo je u područjima pokrivenim 4G tehnologijom.

Do 2017. očekuje se da više od 90% ukupne svetske populacije živi u područjima pokrivenim 2G tehnologijom, 85% u područjima sa 3G, a 50% populacije će živeti u područjima sa 4G pokrivenošću.

Osnovna prepreka u ostvarivanju mobilnog širokopojsnog pristupa jeste pokrivenost koju mogu da ostvare mobilne bežične mreže. Korisnici neće uvek moći da ostvare maksimalne predviđene brzine protoka, zbog ograničenja u pokrivenosti mobilnim mrežama.

6. LITERATURA

Erik Dahlman, Stefan Parkvall, Johan Sköld, 4G: LTE/LTE-Advanced for Mobile Broadband, izdavaštvo Elsevier, 2011

David Tung Chong Wong, Peng-Yong Kong, Ying-Chang Liang, Kee Chaing Chua, Jon W. Mark, Wireless broadband networks, izdavaštvo Wiley, 2009

Christopher Cox, An Introduction to LTE, LTE-Advanced, SAE and 4G Mobile Communications, izdavaštvo Wiley, 2012

Vern Fotheringham, Chetan Sharma, Wireless Broadband: Conflict and Convergence, izdavaštvo Wiley, 2008

http://en.wikipedia.org/wiki/Mobile_broadband#Generations

Kratka biografija:



Biljana Stefanović rođena je u Loznici 1990. god. Master rad odbranila je 2014. godine na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Telekomunikacioni sistemi

**JEDNO REŠENJE PROBLEMA DINAMIČKE IP ADRESE KOD SERVERSKIH
APLIKACIJA SMARTHOME SISTEMA****ONE SOLUTION OF PROBLEM WITH DYNAMIC IP ADDRESS IN SERVER
APPLICATIONS FOR SMARTHOME SYSTEMS**

Peđa Carević, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu govori se o sistemima pametnih zgrada, osnovnim pojmovima i definiciji. Predloženo je rešenje problema komunikacije centralnog kućnog računara, koji ima pristup Internet-u putem ADSL (eng. Asymmetric Digital Subscriber Line) priključka i dinamičke IP (eng. Internet Protocol) adrese, i Web servera namenjenog za nadzor i upravljanje pametnom zgradom.

Abstract – In this paper Smarthome system – BMS (Building Management System) is described with its definition and major advantages and disadvantages. A solution of main problem: communication between smarthome server with ADSL connection (dynamic IP address) and Web server, which is build for observation and control of smart home, is given.

Ključne reči: Pametne zgrade, IP adresa, komunikacija

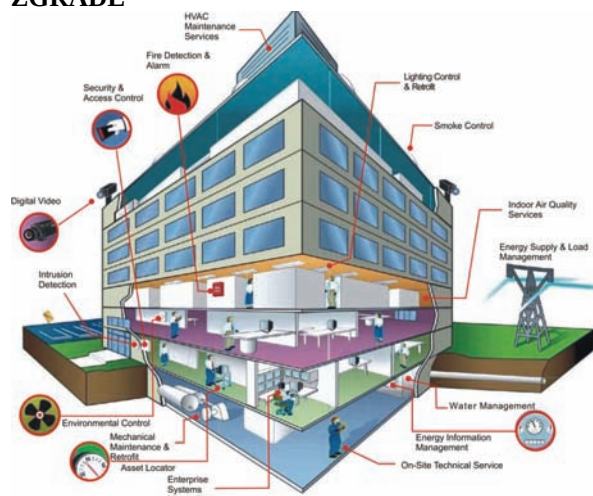
1. UVOD

U današnje vreme kada tehnologija napreduje vrtoglavom brzinom i ulazi u sve sfere našeg života uveliko se radi i na primeni modernih tehnoloških rešenja, prvenstveno automatike u poslovnim i stambenim objektima. Ovakvi objekti nazivaju se pametne zgrade ili inteligentne zgrade, (eng. smart home). Pametne zgrade bi trebalo da realizuju više ciljeva u zavisnosti da li se radi o poslovnom, stambenom ili nekom trećem objektu, ali tri osnovna cilja koja su sigurno zajednička za sve pametne zgrade su:

- Energetska efikasnost koja se odnosi na realizaciju grejnog i rashladnog sistema i samog energetskog sistema zgrade sa svim potrošačima koji su pažljivo odabrani i projektovani kako bi sa što manje energije kvalitetno i efikasno obavljali svoje funkcije. Ovaj cilj je usko povezan sa građevinskom izvedbom samog objekta (izolacija objekta, instalacije, mogućnost korišćenja alternativnih izvora energije itd). Postoje standardi u pogledu energetske efikasnosti na osnovu kojih se objekti svrstavaju u razrede, gde najviši A razred mogu zadovoljiti samo objekti koji koriste alternativne izvore energije poput solarne, geotermalne ili energije vetra [1]. Komfort koji se ogleda u tome da se čovek koji boravi u jednom inteligentnom objektu oseća ugodno u bilo koje doba dana i godine, bez obzira na spoljašnje vremenske uslove. Takođe, potrebno je obezbediti jednostavan način interakcije čoveka sa objektom gde su korisniku vidljivi

samo neophodni parametri koji mogu ručno da se podešavaju, a iza toga stoji složeni sistem automatskog upravljanja koji u pozadini obrađuje zahteve korisnika i vrši upravljanje objektom. Komfort svakako ne predstavlja luksuz već pospešuje produktivnost, koncentraciju i raspoloženje ljudi, što se postiže regulacijom protoka svežeg vazduha, temperature i osvetljenja [2].

- Bezbednost ljudi i opreme. Poslednjih decenija se u svetu stavlja akcenat na bezbednost ljudi na radu tako da je ovaj segment itekako važan deo svake pametne zgrade. Tu su prvenstveno sistem zaštite od požara, alarmni sistemi i sistemi zaštite opreme. Naravno pored ovih osnovnih, postoji mnoštvo drugih funkcionalnosti koje možemo realizovati u zavisnosti od potreba, želja i finansijskih mogućnosti. Tako je u poslovnim objektima često potreban video nadzor, evidencija ulaska i izlaska, upravljanje objektom iz jednog komandnog centra koji može biti lokalni ili udaljeni, konstantno napajanje električnom energijom pomoću UPS uređaja (eng. Uninterruptible Power Supply) i agregata. Većina navedenih funkcionalnosti se mogu ugraditi pojedinačno - klima uređaj, centralno grejanje, ventilacija, alarmna centrala, UPS itd. Međutim, u tom slučaju ne radi se o pametnoj zgradi. Svrha pametne zgrade je da sve te sisteme objedini u jednu celinu koja skladno funkcioniše i gde pojedinačne komponente komuniciraju međusobno preko određenih komunikacionih protokola.

**2. PRIMER FUNKCIONISANJA PAMETNE
ZGRADE**

Slika 1. Primer pametne zgrade

Na slici 1 prikazana je pametna zgrada sa svojim podsistemima.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Velimir Čongradac

Video nadzor (*Digital Video*) - Sistem vrši neprestano snimanje unutrašnjosti i spoljašnjosti objekta, sa mogućnosti prikaza u kontrolnom centru i kontinualnim snimanjem sadržaja. Takođe, video nadzor je integrisan sa alarmnim sistemom.

Sistem za ventilaciju (*Environmental control*) obezbeđuje dotok svežeg vazduha putem ventilatora i mreže ventilacionih cevi, komunicira sa sistemom klimatizacije, grejanja i hlađenja KGH sistemom.

Rashladno/grejni sistem KGH brine o temperaturi svake prostorije ponaosob. Na osnovu termostata u prostorijama i spoljašnjih vremenskih prilika upravlja se klima komorom, toplotnom pumpom, čilerima ili drugim izvršnim uređajima.

Detekcija požara (*Fire Detection and Alarm*) putem alarma obaveštava o požaru i utiče na sistem za ventilaciju kako bi se što pre ugasio požar. Takođe upravlja i požarnim klapnama koje sprečavaju širenje vatre kroz ventilacione otvore.

Osvetljenje (*Lighting Control*) - Postoji zonalno osvetljenje, osvetljenje koje funkcioniše u sprezi sa detektorima pokreta, svetlosnim senzorima itd. Moguća je *on/off* regulacija osvetljenja kao i *dim* varijanta koja je efikasnija i prijatnija.

Električna energija (*Energy Supply and Load Managment*) – Izvor energije može biti gradska mreža ili sopstveni (alternativni – solarni, vetar) izvor energije. U zavisnosti od potrebe ugrađuju se UPS uređaji koji služe da zaštite osetljive električne uređaje od kratkotrajnog nestanka energije i strujnih udara. Oni su spregnuti sa dizel agregatima koji se uključuju usled dužeg gubitka energije tako da objekat normalno funkcioniše i u ovoj situaciji.

Svaki ovakav objekat, pored nabrojanih podsistema, mora imati kontrolni centar za nadzor i upravljanje celokupnim objektom kao i stručnu osobu koja će taj nadzor vršiti i biti u mogućnosti da reaguje u svakoj situaciji. Postoje lokalni kontrolni centri u samom objektu, udaljeni kontrolni centri ili kontrola putem interneta i mobilnih uređaja. Svakako treba uračunati i tehničare koji vrše održavanje celokupne opreme BMS sistema [3][4].

3. FORMALNI OPIS PROBLEMA

Pretpostavimo da je izvedena automatizacija stambenog objekta gde je komunikacija između centralnog računara i modula realizovana putem X10 protokola. Centralni računar je standardni PC sa *Windows* operativnim sistemom na kome je instaliran upravljački program. Centralni računar je povezan na internet putem ADSL modema sa dinamičkom IP adresom.

Upravljački program ima mogućnost upravljanja putem mobilnih uređaja (laptop, tablet, pametni telefon itd). Komunikacija sa kućnim računarom se ostvaruje putem *Internet*-a na osnovu *public* IP adrese kućnog računara odnosno adrese modema. Kada se na mobilnom uređaju ulogujemo sa podacima koji odgovaraju našem objektu, uspostavlja se komunikacija, odnosno omogućava nadzor i upravljanje preko mobilnih uređaja.

Problem nastaje kada dođe do promene IP adrese kućnog centralnog računara, te prethodno konfigurisana adresa na

mobilnom uređaju više nije validna i dalja komunikacija nije moguća.



Slika 2. Smarthome system

Na slici 2 je prikazan primer komunikacija sa *smart home* sisemom putem *Internet*-a [5].

Rešenje ovog problema koje će biti opisano u narednim poglavljima obuhvata:

1. Implementaciju *Desktop* aplikacije koja se pokreće na centralnom kućnom računaru gde će korisnik imati mogućnost da kreira svoj nalog (korisničko ime/lozinka) i pokrene *Windows* servis koji će registrovati svaku promenu IP adrese centralnog kućnog računara. Nakon registracije korisnika njegovi podaci se putem REST (*eng. REpresentational State Transfer*) servisa šalju u bazu podataka koja se nalazi na *Web* serveru. Aplikacija koja će biti predstavljena jeste samo test verzija napravljena radi rešavanja problema komunikacije a ideja je da se ona integriše u celokupan upravljački sistem samog objekta.

2. Implementacija *Web* servera koji će prihvatiti podatke svakog novog korisnika (korisničko ime, lozinka i IP adresa) i upisivati u bazu podataka. Nakon inicijalne registracije u bazi će se ažurirati IP adresa koju će slati prethodno opisan servis. I u ovom slučaju reč je o test aplikaciji koja će u *Web browser*-u prikazivati trenutnu adresu kućnog računara a ideja je da server osim ove osnovne funkcionalnosti samog povezivanja centralnog kućnog računara i udaljenog (mobilnog) uređaja omogući nadzor i upravljanje bez obzira na promenu IP adrese.

4. IP ADRESA RAČUNARA

IP adresa je jedinstveni broj, sličan telefonskom broju, koji koriste mašine (najčešće računari) u saobraćaju putem *Internet*-a uz korišćenje *Internet* protokola. Ovo dozvoljava mašinama dalje sprovođenje informacije u ime pošiljaoca (kako bi mašine znale gde da ih dalje pošalju) i kasnije primanje tih informacija (kako bi mašine znale da je to namenjena destinacija). Primer IP adrese je 77.46.111.90. Ovi brojevi se konvertuju u ljudima čitljivije oznake, npr. *www.google.com*, a konverzija se vrši putem DNS-a. Proces konverzije je poznat pod imenom rastavljanje imena domena. IP adresa je jedinstvena za svaki uređaj koji se nalazi u okviru jedne mreže, dakle ukoliko posmatramo globalnu mrežu - *Internet*, svaki računar, odnosno modem, ima svoju jedinstvenu *public* adresu. Moguće je realizovati lokalne mreže recimo u okviru poslovnog prostora gde lokalni računari dobijaju svoje lokalne adrese, a *Internet*-u pristupaju putem jedinstvene adrese modema na koji su povezani. Treba napomenuti da računari koji se nalaze u

različitim lokalnim mrežama mogu imati iste lokalne adrese, što je često i slučaj kod standardnih rutera koji automatski dodeljuju lokalne adrese konektovanim računarima.

Pošto IP adresa karakteriše svaki subjekat na *Internet*-u, ona je neophodna za bilo kakvu vrstu *Internet* komunikacije bilo da je reč o surfovanju gde klijent i server komuniciraju na osnovu ove adrese ili npr. elektronskoj pošti gde se u zaglavlju poruke takođe nalazi ova adresa. Takođe, moguća je i situacija gde jedan računar ima dve mrežne kartice pa u ovom slučaju svaka kartica ima svoju adresu.

4.1. Dinamička i statička IP adresa

U zavisnosti od načina povezivanja na *Internet*, IP adresa može biti uvek ista pri konekciji (takozvana statička IP adresa), ili različita pri svakoj novoj konekciji (dinamička IP adresa). Kako bi se koristila dinamička IP adresa, mora da postoji server koji pruža adresu. IP adrese se uobičajeno daju kroz servis koji se zove DHCP (eng. *Dynamic Host Configuration Protocol*). *Internet* provajderi nude obe opcije gde je *Internet* konekcija sa statičkom adresom uvek skuplja. Većina korisnika nikada ne vidi razliku između ove dve vrste adresa, međutim ona je veoma značajna ukoliko želimo da uspostavimo stalnu komunikaciju uređaja, npr. nadzor i upravljanje pametnom zgradom. Ukoliko objekat poseduje konekciju sa statičkom adresom komunikacija se nesmetano odvija jer je moguće unapred konfigurisati uređaje koji komuniciraju. Međutim, ako uređaj kome se pristupa, u našem slučaju *smart home* objekat ima dinamičku adresu, događa se da mu nakon promene adrese više nije moguće pristupiti. Postoje kompanije koje nude rešenje ovog problema uz naknadu na godišnjem ili mesečnom nivou. Jedno od rešenja je predstavljeno u ovom radu.

5. FORMALNI OPIS PROBLEMA

Windows servis je program koji radi u pozadini, što znači da nije vidljiv korisniku i nema direktnu komunikaciju sa njim putem raznih interfejsa. Svaki servis mora da zadovolji protokole i pravila *Windows* komponente *Service Control Manager* koja je zadužena za manipulaciju svim servisima operativnog sistema. Ovo treba imati na umu prilikom implementacije servisa jer ukoliko nije ispoštovan protokol servis neće funkcionisati ili što je još gore funkcionisaće pogrešno. Servisi mogu biti konfigurisani da se pokreću prilikom podizanja operativnog sistema i da rade u pozadini sve dok se računar ne ugasi. Sa druge strane oni se mogu startovati manuelno ili zavisno od nekog događaja.

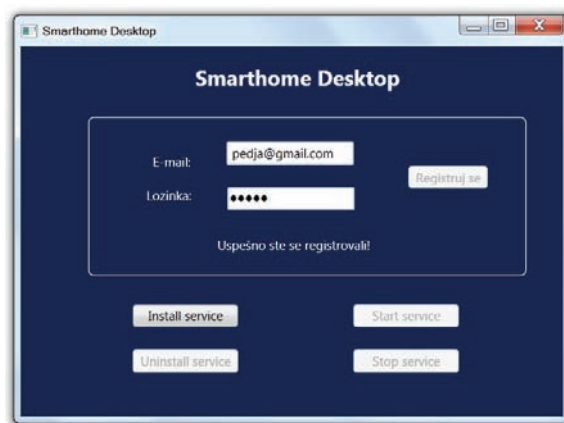
6. SOFTVERSKO REŠENJE PROBLEMA

Projekat je podeljen u dve celine. Prva je *Desktop* aplikacija koja se pokreće na PC računaru sa *Windows* operativnim sistemom i služi za registraciju novog korisnika putem *Windows* forme i nakon toga pokretanje servisa realizovanog u okviru istog projekta koji će obavestavati server o promeni IP adrese PC računara. Druga celina je *Web* server koji se nalazi na adresi www.smarthome.weblinc-team.com i služi da prihvati podatke svakog novog korisnika, sačuva ih u bazi i kasnije ažurira. Na gore navedenoj *Web* stranici nakon što se korisnik uloguje dobija informaciju o trenutnoj IP adresi svog kućnog računara.

6.1. Desktop aplikacija i Windows servis

Desktop aplikacija i servis su realizovani u okviru istog C# projekta korišćenjem *Windows* forme radi što lakše interakcije sa korisnikom i postojećeg šablona za izradu servisa.

Prilikom pokretanja aplikacije prikazuje se forma za registraciju korisnika i tasteri za pokretanje servisa koji nisu aktivni dok korisnik ne prođe proceduru registracije. Da bi se uspešno registrovao korisnik mora uneti validnu *e-mail* adresu u formi *someone@example.com*, i lozinku. Kada se izvrši validacija koja se odvija na PC računaru aplikacija šalje podatke: *e-mail*, lozinku i IP adresu na server putem REST servisa (IP adresa se dobija pozivanjem funkcije koja dobavlja IP adresu). Server odgovara sa *success* ukoliko je registracija uspešno obavljena, odnosno korisnik je upisan u SQL bazu, a korisnik na formi dobija potvrdu o uspešnoj registraciji. Ukoliko već postoji korisnik sa unetim *e-mail*-om, server vraća grešku, a korisnik opet putem forme biva obavešten da je željena adresa već zauzeta. Na slici 3 je prikazan izgled *Desktop* aplikacije.



Slika 3. Desktop aplikacija

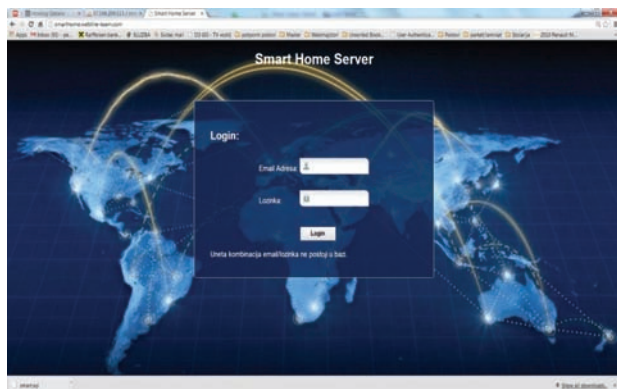
Tek nakon uspešne registracije korisniku se omogućava da instalira servis klikom na dugme *Install*. Nakon što aplikacija dobije potvrdu da je servis instaliran, omogućava se startovanje servisa. Ukoliko je servis uspešno instaliran i pokrenut on se pojavljuje u listi aktivnih *Windows* servisa pod imenom *IpWatchDog*, što možemo proveriti u *Windows Task Manager*-u. Kada je servis jednom instaliran i pokrenut na računaru, svaki sledeći put prilikom podizanja sistema on se automatski pokreće i nastavlja da izvršava svoj zadatak u pozadini. Servis funkcioniše tako što dobavlja eksternu IP adresu računara preko *Internet*-a koristeći uslugu besplatnog servisa na adresi <http://checkip.dyndns.org/> i nakon toga poredi prethodno lokalno sačuvanu adresu u tekstualnoj datoteci sa novom. Ova provera se vrši na predefinisanim vremenskim intervalima i ukoliko dođe do neslaganja stare i nove adrese, servis šalje novu adresu našem *Web* serveru. Ovakvim načinom komunikacije ne opterećuje se *Internet* konekcija stalnim slanjem podataka na server, već se IP adresa šalje samo u slučaju promene.

6.2. Web server

Dakle, početna strana *Web* servera je *Login* stranica. Potrebno je da korisnik unese validan *e-mail* i lozinku, kao i u prethodno opísanoj aplikaciji. Ukoliko je validacija uspešno izvršena, server proverava da li korisnik sa unetim podacima postoji u bazi. Ako postoji,

čita relevantne podatke logovanog korisnika i prikazuje IP adresu računara na kojem je prethodno registrovan korisnik koji se trenutno ulogovao na server. Ako je korisnik uneo *e-mail* koji ne postoji u bazi, server javlja grešku da uneti korisnik ne postoji.

Prethodno je opisano funkcionisanje servera vidljivo korisniku, međutim najznačajniji zadatak ovog servera jeste što on u pozadini prihvata podatke koje šalje *Desktop* aplikacija, upisuje ih u bazu podataka i kasnije ažurira IP adresu za svakog registrovanog korisnika. Server na predefinisanim URL-u očekuje prvenstveno registracione podatke svakog novog korisnika a kasnije samo kombinaciju *e-mail*/IP.



7. ZAKLJUČAK

U radu je zaokružena jedna celina gde su na samom početku opisani neki značajni i interesantni pojmovi vezani za pametne zgrade i njihovu automatizaciju. Zatim je stavljen akcenat na komunikaciju u sistemima pametnih zgrada i dalje na realizaciju samog zadatka.

Komunikacija je jedan od ključnih segmenata svakog modernog *smart home* sistema i u budućnosti u ovoj oblasti će biti još mnogo napretka. Veoma bi bilo korisno da se komunikacija standardizuje koliko god je to moguće sa tehničke strane gledišta. Sa ekonomske strane svaka velika kompanija opreme teži da nametne neki svoj standard i tako dobijamo nekompatibilnost opreme. Ukoliko bi se ovaj problem prevazišao krajnji kupac opreme bi mogao daleko više da kombinuje prilikom odabira opreme i uređaja gde bi se postigla ušteda i

ostvarila mogućnost da kombinacijom različitih proizvođača od svakog odaberemo uređaj sa najboljim karakteristikama i odnosom cena/kvalitet.

8. LITERATURA

[1] *Evropski standardi za energetske efikasnost zgrada*, preuzeto u maju 2014. sa

<http://www.grejanje.com/strana.php?pID=75>

[2] Schengwei Wang, *Intelligent Buildings and Building Automation*, 2010. i

Fulvio Corno, Luigi de Russis, Dario Bonino, *Energy monitoring infrastructure for public offices and buildings*

[3] *Building Management Systems*, preuzeto u maju 2014.

<http://www.cems.ro/building-management-systems/>

[4] *Green intelligent buildings*, preuzeto u maju 2014. sa

<http://ce.ms.ro/ce.ms/content/files/intelligent-buildings.pdf>

i Jean-Nicolas Louis, *Smart buildings to improve energy efficiency in the residential sector*, University of OULU, 2012

[5] *Magiesta*, preuzeto u junu 2014. sa

www.magiesta.com

9. BIOGRAFIJA



Peđa Carević je rođen u Novom Sadu 29.07.1988. Osnovne akademske studije na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva završio je 2013. godine. Master rad iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Automatika i upravljanje sistemima odbranio je 2014. godine. Učestvovao na takmičenju Imagine Cup na projektu Wabox (treće mesto).

PRIMENA GUGL KML TEHNOLOGIJE ZA TRODIMENZIONALNU VIZUALIZACIJU MREŽA**USING GOOGLE KML FOR 3D VISUALISATION OF NETWORK**Bojan Kesić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U radu je predstavljena primena Google KML, Map i Earth tehnologija za vizualizaciju mreža na geografskoj mapi i u internet pretraživaču. Pored iscrtavanja, testirana je i kompatibilnost KML formata sa GeoJSON formatom. Konverzija podataka je implementirana u C#, dok je za prikaz u internet pretraživaču korišćen JavaScript i WebGL.

Abstract – The problem of using Google KML, Map, Earth technology for 3D visualisation of network on map and in internet browser is analysed in this paper. Beside visualisation, it was tested KML format compatibility with GeoJSON. Format conversion is programmed in C#, and programming for internet browser is done using JavaScript and WebGL.

Ključne reči: KML, C#, JavaScript, WebGL

1. UVOD

Problem kojim se ovaj rad bavi je predstavljanje primene Google KML, Map i Earth tehnologija za vizualizaciju mreža na geografskoj mapi i u internet pretraživaču. Prvo je potrebno odabrati format koji na jednostavan način pruža mogućnost kreiranja podataka o nekoj poziciji, ali i da je podržan od strane nekog od većih i prepoznatljivijih provajdera geografskih mapa: OpenStreetMap, Google Map, Bing Map i ÖPNV map.

OpenStreetMap pruža veliku količinu podataka, ali je za zadatak ovog rada ta količina podataka prevelika. Dodavanjem mreže na nju bi se došlo do prenatrpanosti prikaza i otežalo bi se njegovo tumačenje, što nikako nije poželjno.

Google Map u odnosu na OpenStreetMap obezbeđuje manju količinu podataka, ali koja je sasvim dovoljna za tumačenje sa korektnim orijentacionim uvidom mesta (lokacije) od interesa. U ovom slučaju je to veoma bitno, jer je potrebno na već postojeću geomapu dočrtati elemente mreže a time očuvati čitljivost prikaza.

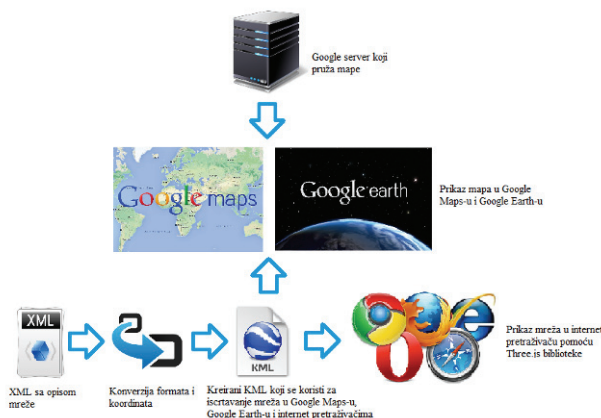
Bing Map obezbeđuje najmanju količinu podataka. U OpenStreetMap slučaju se videlo da prevelika količina podataka može naškoditi preglednosti mape, dok je na Google Map primeru pokazano da je smanjenje određenih podataka poželjno da bi se poboljšala preglednost. Ipak u Bing Map slučaju nedostaje previše podataka.

ÖPNV mape su predviđene za prikaz kretanja javnog prevoza, odnosno putanje kojima se on odvija. Ovaj

format koristi jarke boje za isticanje putanja što bi značajno smanjilo čitljivost stanja mreže.

Odavde se vidi da je najpogodnije koristiti Google Map za pozadinski prikaz mape.

Prvi korak je kreiranje KML fajla od dobijenog ulaznog XML fajla uz konverziju geokoordinata. Mapu grada, koja se koristi kao pozadina, dobavljaju od strane Google servera aplikacije Google Maps i Google Earth u vidu slike. Kreirani KML fajl se potom iscrtava u pomenutim aplikacijama. Da bi se KML fajl iscrtao u internet pretraživaču koristi se WebGL. Na slici 1. prikazan je dijagram toka pripreme podataka i njihovog iscrtavanja.



Slika 1. Dijagram toka pripreme podataka i njihovog iscrtavanja

2. KML FORMAT

KML (Keyhole Markup Language) [1] format je format baziran na XML notaciji, koji ima za cilj da omogući opis i vizualizaciju geografskih objekata. KML format je inicijalno kreiran od strane kompanije Keyhole Inc. U 2004. godini biva otkupljen od strane Google kompanije radi razvijanja geo-aplikacija Google Maps i Google Earth. Od 2008. godine postaje internacionalni Open Geospatial Consortium standard.

Glavni konkurent KML formata je GML (Geographic Markup Language) format. On se isto zasniva na XML notaciji pri opisivanju geometrije. Za razliku od KML formata, GML format je dosta kompleksniji. Neke od mogućnosti koje poseduje GML, a ne poseduje KML su: metapodaci, prostorni referentni sistem i geografski datumi. KML je ograničen na opis lokacije samo putem geografske širine i geografske dužine kao češće korišćen geografski koordinatni sistem. Prednost KML formata je njegova primena u Google servisima i njegova kompatibilnost sa više različitih geo-formata (moguće je od svakog KML fajla dobiti GML fajl, ali obrnuto nije moguće). Pored ovoga prednost KML formata je ta što se

NAPOMENA:

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

putem njega definiše i način prikaza elementa pored opisa o elementu.

2.1 Struktura i mogućnosti KML formata

KML format može definisati osnovne i/ili napredne dokumente koji se razlikuju po nivou detalja i načinu kreiranja. Osnovni KML dokumenti mogu biti direktno kreirani pomoću Google Earth programa i ne zahtevaju izmenu putem tekstualnog editora. Mogu sadržati:

- placemark,
- HTML tekst u placemark deskripciji,
- preklapanje zemljanih površina,
- putanje i
- poligone.

Napredni KML dokumenti pored osnovnih KML dokumenata mogu posedovati i naprednije elemente. Napredniji elementi su:

- stilovi za geometriju,
- stilovi za istaknute ikonice,
- preklapanje ekrana i
- network link.

Napredni dokumenti moraju biti ispravljeni putem tekstualnog editora jer Google Earth ne poseduje direktnu podršku za njihovo generisanje.

Placemark je jedan od najčešće korišćenih elemenata KML formata. Pokazuje poziciju na Zemljinoj površini. Osnovni prikaz za placemark je žuta čioda. Najjednostavniji placemark se definiše <Point> tagom, koji predstavlja poziciju elementa i sadrži njegov par koordinata.

U placemark deskripciji je moguće dodeliti HTML tekst. On omogućava dodavanje link-ova, veličinu fonta, stil, boju, poravnanje teksta i dodavanje tabela u deskripciji placemark elementa. Samo pisanje HTML teksta moguće je sa ili bez CDATA sekcije.

Preklapanje zemljanih površina omogućava „lepljenje“ slika na površinu Google Earth-a. Određuje se četvorougao u kom će slika biti iscrtana, čije granice se definišu sa severnom, istočnom, zapadnom i južnom geokoordinatom kao i uglom kojim se vrši rotacija četvorougla. Ova opcija najčešće pronalazi svoju primenu za delove mape koje iz bezbednosnih razloga nije dozvoljeno prikazati.

KML format podržava iscrtavanje više vrsta linija, a one su: apsolutno izvučena, apsolutna, relativna, relativno izvučena, linija koja prati oblik terena i linija koja ne prati oblik terena. Ovih 6 vrsta linija koje podržava KML pružaju velike mogućnosti u iscrtavanju elemenata na mapi. Putanje su pored placemark elementa jedan od jako često korišćenih elemenata. Ona se sastoji iz više međusobno povezanih temena, koje kreiraju izlomljenu liniju.

Poligon je još jedan od ključnih elemenata KML formata. Pomoću njega je moguće na mapi iscrtati poligone koji mogu biti dvodimenzionalni ili trodimenzionalni. Trodimenzionalni poligon se ne kreira na isti način kao u računarskoj grafici, pomoću trouglova. 3D poligon se

definiše kao bazni 2D poligon koji se izvlači na zadatu visinu. Ovim je trodimenzionalnost KML formata ograničena. Ipak moguće je „uvlačenje“ kompleksnijih trodimenzionalnih objekata koji su kreirani u nekom od alata za tu namenu.

Preklapanje ekrana omogućava dodavanje slike ili teksta na ekran, koji će uvek stajati na tom mestu i biti statični. Njih je moguće pozicionirati na svim krajevima ekrana. Ovaj mehanizam se koristi za postavljanje legendi i natpisa koji će biti iscrtavani na istom mestu prikaza bez obzira na eventualne transformacije koje se sprovedu nad sadržajem prikaza.

Network link element služi za povezivanje više fajlova. On se definiše <Link> tagom putem čijeg <href> taga je moguće referencirati drugi fajl kao lokalni fajl ili koristeći apsolutni URL (Uniform resource locator). Za vrednost <href> taga moguće su: slika koja se koristi za stil ikonice, preklapanje terena i preklapanje ekrana, trodimenzionalni model koji se učitava putem <Model> taga i KML ili KMZ fajl. Namena network link elementa je podela velikih KML fajlova na više manjih čime postaju pogodniji za rukovanje. U ovom radu se network link koristi da bi se na prikazu ažurirale promene nastale u mreži. Korisniku bi se kreirao jedan manji fajl koji referencira veći KML fajl u kom se nalazi opis željenog prikaza. Nakon izmene u sistemu, koje su relativno česte u elektroenergetskim sistemima, moguće je generisati novi fajl koji sadrži tu izmenu i ona bi bila direktno distribuirana svim korisnicima koji referenciraju taj fajl.

Pored ovih elemenata KML pruža mogućnost kreiranja stilova koji bi bili definisani na početku dokumenta i referencirani u kasnijim elementima po potrebi.

Uz KML format Google pruža i KMZ format, odnosno kompresovanu verziju KML formata, čime se štedi na memorijskom prostoru. Kompresija zavisi od sadržaja fajla, ali najčešći rezultat je 10:1.

3. PRIPREMA ULAZNIH PODATAKA

Ulazni podaci se nalaze u XML (Extensible Markup Language) fajlu. U njemu su dati opisi tipa elemenata mreže: substation, switch, node i line, gde prvi predstavljaju tačkaste elemente, dok poslednji predstavlja linijski element. Svaki od elemenata poseduje svoje elektroenergetske opise, ali pored njih poseduje i svoje geografske lokacije definisane geografskim koordinatama u UTM (Universal Transverse Mercator). Kako KML format radi isključivo sa sistemom geografske širine i geografske dužine, tako je potrebno izvršiti konverziju UTM formata.

4. APLIKACIJE ZA VIZUALIZACIJU MREŽA

Za potrebe rada razvijana su tri tipa prikaza mreže:

2D iscrtavanje u Google Maps, 3D iscrtavanje u Google Earth i 3D iscrtavanje u internet pretraživaču pomoću WebGL biblioteke.

4.1 2D iscrtavanje

Google maps omogućava prikaz satelitskih snimaka, mapa ulica i perspektivni pregled ulica na mapi gde se mogu dodati elementi KML formata. Njegovo glavno

ograničenje je što omogućava samo dvodimenzionalni prikaz.

Iscrtavanje je omogućeno putem KML sloja kome se prosleđuje sadržaj KML fajla. Nakon popunjavanja KML sloja on se iscrtava preko postojećeg sloja sa mapom.

Na raspolaganju su sledeći tipovi mapa: Roadmap (mapa sa putevima), Sattelite (satelitski snimak terena), Hybrid (kombinacija prethodne dve mape) i Terrain (mapa sa informacijama o terenu).

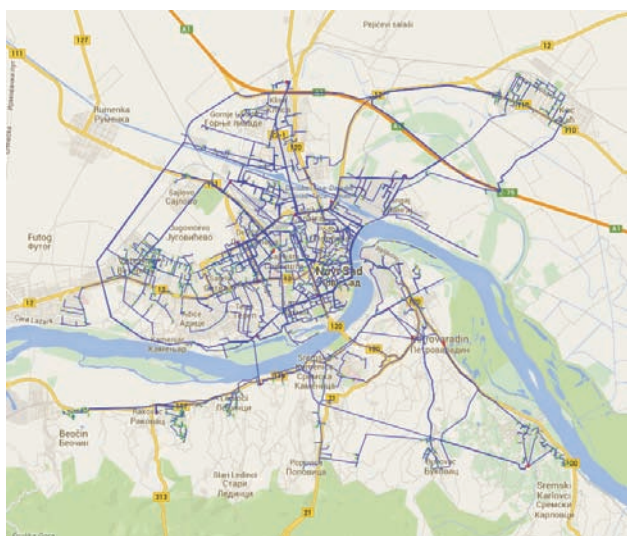
Za prikaz tačkastih elemenata mreže je odabran oblik kvadrata. Dodavanjem i oduzimanjem polovine dužine stranice kvadrata izražene u stepenima, na geokoordinate centra elementa mreže dobija se četiri para koordinata temena četvorougla. Kod ovakvog pristupa postoji opasnost da se ne dobije željeni rezultat, jer su paralele različitih dužina, dok su svi meridijani iste dužine. Tako je moguće da se umesto kvadrata, na severnijim geografskim širinama dobije pravougaonik. Na slici 2. je dat prikaz četvorouglova na različitim pozicijama na mapi. Zbog toga je potrebno preračunati koje vrednosti je potrebno dodati i oduzeti da bi se dobili geokoordinatni parovi koji predstavljaju temena kvadrata. KML nema direktnu podršku za direktno kreiranje pravilnih poligona, pa je zato korišćena funkcija `kml_regular_polygon` [3] kojom je omogućeno njihovo kreiranje.



Slika 2. Prikaz istog odnosa stranica na različitim koordinatama: 60°N, 60°E; 10°N, 10°E; 50°N, 50°E;

Google Maps već poseduje podršku panovanja i zumiranja mape. Klikom na element se ispisuju atributi dodeljeni elementu u KML fajlu.

Na slici 3. je dat prikaz iscrtane mreže u Google Maps-u.



Slika 3. 2D prikaz mreže u Google Maps

4.2 3D iscrtavanje

Cilj rada je prikazati mogućnost trodimenzionalnog iscrtavanja mreže. Direktno 3D iscrtavanje je omogućeno

pomoću Google Earth aplikacije. Ona pruža virtuelni trodimenzionalni prikaz Zemljine površine.

Pošto se test šema mreže sastoji od tačkastih i linijskih elemenata potrebno je odrediti način njihovog prikaza u trodimenzionalnom svetu. Odabrano je da se tačkasti elementi prikazati kao kvadrov, a linijski kao geometrijsko telo čija je osnova nepravilni mnogougao pa im je pridružena visina. Za rešavanje oba iscrtavanja korišćen je KML poligon.

Što se tiče tačkastih elemenata iskoristiće se pravilni četvorouglovi predstavljeni u prethodnoj sekciji kojima je dodata visina u zavisnosti od tipa elementa mreže.

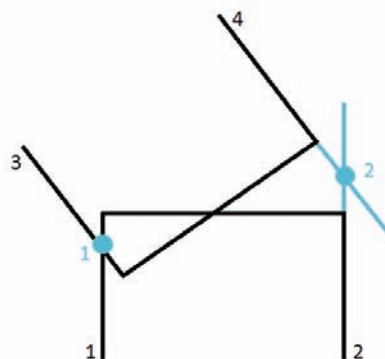
Kreiranje 3D linijskog elementa je nešto komplikovanije, pošto je potrebno napraviti poligon koji će predstavljati osnovu. Algoritam kojim se to obezbeđuje je:

1. preuzima se tačka za koju je potrebno izračunati širinu linijskog elementa mreže,
2. računa se nagib linije, ukoliko je dobijeni ugao 90° , -90° ili 0° , 180° onda se samo proširuje linija po X ili Y osi u trodimenzionalnom koordinatnom sistemu. Ukoliko je različit, računa se normala na liniju za koju se traži širina i odseca se na polovini širine linije sa obe strane.
3. Postupak se ponavlja od koraka 1. za svaku tačku iz niza tačaka linijskog elementa mreže. Ukoliko je neka tačka deljena između više linijskih elemenata, onda se za tu tačku računa širina za svaku liniju kojoj pripada.

Ovim je dobijeno da su sada linije prikazane kao niz četvorouglova. Drugi korak prelaska u 3D svet je uređivanje izgleda temenima linija.

Algoritam za rešavanje problema uređivanja izgleda temenima linija je:

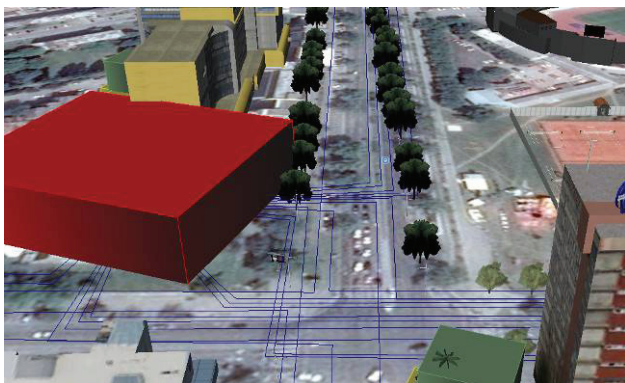
1. pronaći prave na kojima leže duži 1, 2, 3, 4 sa slike 4. i
2. pronaći presečnu tačku prava na kojima leže duži 1 i 3 i pronaći presečnu tačku prava na kojima leže duži 2 i 4 sa slike 4.



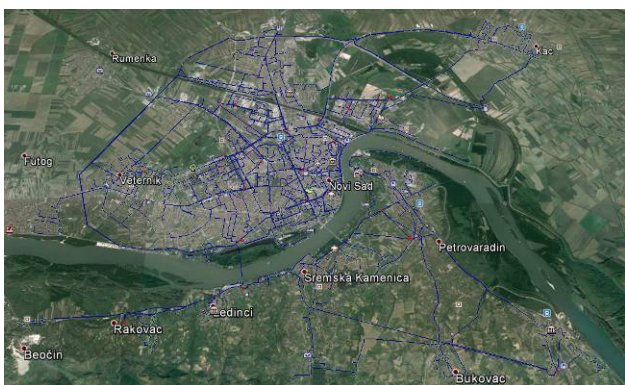
Slika 4. Prikaz potrebnih izmena da bi se dobio uređen izgled temena linije

Glavne prednosti ovog načina iscrtavanja je integracija mreže u okolinu koju pruža Google Earth i podržane funkcionalnosti zumiranja i panovanja. Na slici 5. vidi se

zumirani prikaz jednog substation-a, a na slici 6. se vidi prikaz cele mreže.



Slika 5. Zumirani prikaz jednog substation-a



Slika 6. Prikaz cele mreže

4.3 3D iscrtavanje u internet pretraživaču

U cilju daljeg istraživanja kompatibilnosti KML formata sa drugim geoformatima razmatran je njegov odnos sa GeoJSON formatom.

GeoJSON je jedna reprezentacija JSON (JavaScript Object Notation) formata. Razlog izbora GeoJSON formata je poboljšanje performansi iscrtavanja pomoću JavaScript programskog koda, jer nije potrebno dodatno parsiranje.

3D iscrtavanje u internet pretraživaču je implementirano pomoću WebGL biblioteke i JavaScript biblioteke Three.js [2]. Three.js biblioteka svojim pozivima enkapsulira funkcionalnosti WebGL-a, pa samim tim i olakšava rad i smanjuje obim koda potrebnog za implementaciju bez degradacije performansi WebGL iscrtavanja.

Kako zumiranje i panovanje sada nije automatski obezbeđeno, upotrebljena je TrackballControls.js JavaScript biblioteka.

Da bi se obezbedio isti nivo interakcije sa korisnikom potrebno je dodati i detekciju klika, što omogućuje Three.js metoda Raycaster. Na slici 7. dat je prikaz iscrtane mreže u internet pretraživaču.



Slika 7. Prikaz mreže u internet pretraživaču

Ovim je prikazana mogućnost kompatibilnosti KML formata i mogućnost konverzije u GeoJSON format. Pokazano je i da je moguće koristiti KML format za iscrtavanje bez korišćenja nekog od Google servisa.

5. ZAKLJUČAK

U radu je istraživao Google KML format i njegove mogućnosti u 3D vizualizaciji mreže. Zaključeno je da se KML format može koristiti za prikaz 3D negeografskih objekata. Njegove prednosti su: opisuje izgled elemenata, a ne samo podatke o elementima, njegova kompatibilnost sa drugim geoformatima i integrisanost u svim Google servisima. Problemi KML formata su: izostavljena direktna podrška kompleksnih 3D objekata i drugi problem mogu biti performanse kod prikaza velikih mreža. U trenutnoj verziji KML formata performanse su prihvatljive i na test šemi mreže dobijen je prosek za 2D iscrtavanja od 50 FPS (Frames per second), a za 3D iscrtavanja prosek od 30 FPS.

6. LITERATURA

- [1] Google developers, "KML", https://developers.google.com/kml/documentation/kml_tut, Stranica sa dokumentacijom KML formata
- [2] Three.js organisation, "Three.js documentation", <http://threejs.org/>, Stranica sa dokumentacijom i primerima Three.js biblioteke
- [3] Nick Galbreath, "KML regular polygon", https://github.com/mbrookes/kml_polygon, Stranica biblioteke za rad sa pravilnim poligonima

Kratka biografija:



Bojan Kesić rođen je u Zrenjaninu 1990. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Elektroenergetski softverski inženjering odbranio je 2014.god.

REALIZACIJA SCADA SIMULATORA ELEKTROENERGETSKOG SISTEMA SA MODBUS KOMUNIKACIONIM PROTOKOLOM**A REALISATION OF SCADA SIMULATOR OF ELECTRICAL SUPPLY SYSTEM WITH MODBUS COMMUNICATION PROTOCOL**

Petar Pajović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu predstavljeni su arhitektura modela SCADA simulatora, njegova implementacija i njegove funkcionalnosti. Nezavisno od simulatora predstavljen je i uvod u SCADA softver, OASyS DNA programsko okruženje i Modbus komunikacioni protokol. Cilj rada predstavlja integraciju simulatora u OASyS DNA programsko okruženje kao alat sa grafičkim prikazom stanja u sistemu kako bi se olakšala manipulacija podacima.

Abstract – This paper presents functionalities, architecture and implementation of the Modbus SCADA simulator, designed specifically for integration with OASyS SCADA software. Its main purpose is to ease execution of various regression tests, as part of daily verification routine. Independent of the simulator, intro to SCADA software, OASyS DNA framework and Modbus communication protocol are also presented.

Ključne reči: SCADA, OASyS, DNA, PLC, AUS, MVVM, UI, XAML.

1. UVOD

Poznato je da razvojni ciklus softvera traje koliko i njegov životni vek na tržištu. Bez obzira da li se radi o korektivnom održavanju ili unapređivanju programskog paketa, nakon svake značajnije izmene neophodno je izvođenjem serije testova proveriti funkcionalnost celog programskog sistema.

U slučaju SCADA sistema, to zahteva i odgovarajući programski alat koji na što verniji i fleksibilniji način simulira industrijsko okruženje u kom se vrše funkcije akvizicije podataka upravljanja. Tema ovog rada je razvoj simulatora SCADA elektroenergetskog sistema sa podrškom komunikaciji preko standardnog Modbus komunikacionog protokola.

Razvijeni simulator, iako opšte namene, posebno je prilagođen radu sa SCADA sistemom OASyS DNA, čija je programska platforma ukratko opisana u radu, kao i osnove Modbus komunikacionog protokola.

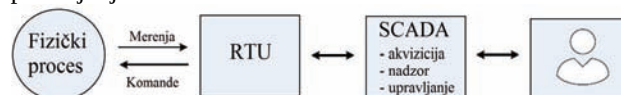
Kako bi se shvatili razlozi implementacije ovog simulatora i njegove uloge u sistemu, deo izlaganja se odnosi na SCADA softver i kompleksnost adekvatnog razvojnog okruženja.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Branislav Atlagić, vanr. prof.

2. SCADA SISTEM I SIMULACIONA OKRUŽENJA

Osnovni zadatak SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) sistema je obezbeđenje efikasnog nadzora i upravljanja u realnom vremenu nad proizvoljnim procesima, uz oslonac na korišćenje digitalnih računarskih komponenti i komunikacionih sprega. Centralna SCADA stanica svoje funkcije izvršava na osnovu podataka koje razmenjuje sa mrežom udaljenih RTU (Remote Telemetry Unit) procesnih kontrolera raspoređenih na karakterističnim tačkama industrijskog postrojenja.



Slika 2.1 Povezivanje akviziciono - upravljačkog sistema i fizičkog procesa

2.1 SCADA simulaciona okruženja

Kako su RTU kontroleri primarna periferija SCADA stanice, njihova simulacija je osnovna za realizaciju SCADA razvojnog okruženja. RTU simulator predstavlja programsku komponentu razvijenu sa zadatkom da zameni fizički procesni kontroler uz obezbeđenje identične komunikacione sprege, kao što je prikazano na slici 2.2.

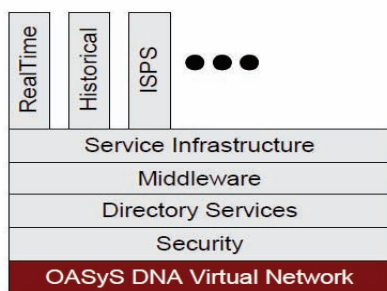


Slika 2.2 Povezivanje akviziciono - upravljačkog sistema i RTU simulatora

2.2 OASyS DNA programska platforma

OASyS (Open Architecture SyStem) predstavlja specijalizovanu platformu koja pruža podršku većini funkcionalnosti i standarda potrebnih SCADA sistemu. OASyS DNA (Dynamic Network of Applications) implementira koncept i strategiju rukovanja distribuiranom arhitekturom na koju se celo SCADA programsko okruženje oslanja. Ova aplikacija neprimetno integriše sve komponente i alate u centralizovanu celinu.

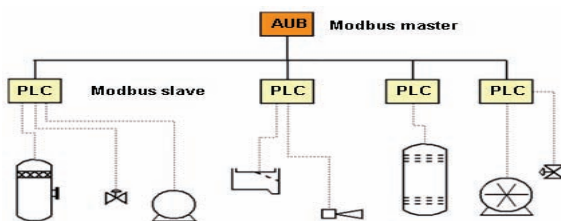
OASyS DNA odlikuju bezbednost, inovativnost, standardizacija, efikasan odziv u realnom vremenu kao i pouzdanost (u slučaju otkaza sistema, jer postoje mehanizmi pomoću kojih se nastavlja sa radom i čuvaju podaci).



Slika 2.3 OASys DNA arhitektura

2.3 Modbus protokol

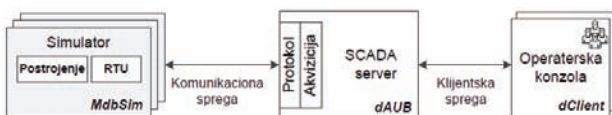
Modbus komunikacioni protokol predstavlja industrijski komunikacioni protokol koji se nalazi na sedmom nivou *ISO OSI* modela, i omogućuje klijent - server komunikaciju između uređaja povezanih na različite vrste magistrala ili mreža. Iako se koristi u vrlo različite svrhe, *Modbus* je primarno telemetrijski protokol za komunikaciju između akviziciono upravljačkog bloka *SCADA* stanice i procesnih kontrolera.



Slika 2.2 *Modbus* sistem sa jednim master uređajem i više slave uređaja

3. SIMULATOR

SCADA sistem predstavlja veoma kompleksan programski sistem koji se sastoji od velikog broja programskih i fizičkih slojeva, svaki sa svojom namenom ali u kombinaciji sa ostalim slojevima čini celinu sistema. U svakom sloju svakodnevno se dešavaju neke izmene i unapređenja, i to može uticati na mnogo faktora u sistemu. Takođe može se desiti slučaj u kojem je potrebno testirati neki test scenario sa podacima koji ranije nije vršen, ili je potrebno reprodukovati neki scenario.



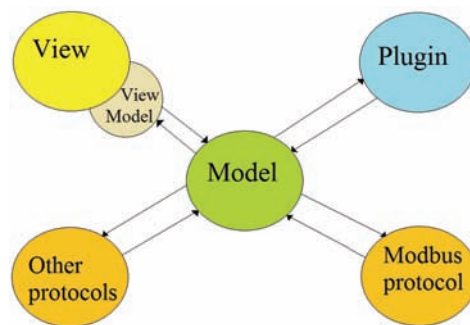
Slika 3.1 Simulator RTU kontrolera

Da bi se uspešno i sa sigurnošću validirale izmene i odradili test scenariji, potrebno je da se to ne vrši direktno nad sistemom. Iz ovog razloga neophodno je postojanje simulatora koji podržava nabrojane zahteve, i odraditi testiranja van realnog sistema (Slika 3.1).

3.1 Arhitektura simulatora

Arhitektura simulatora predstavljenog u ovom radu sastoji se iz 5 celina: *Modela*, *Proširenja* (dalje u tekstu

predstavljeno kao *Plugin*), *Protokola*, *View-a* i *ViewModela*, kao što je prikazano na slici 3.2.



Slika 3.2 Opšte celine simulatora

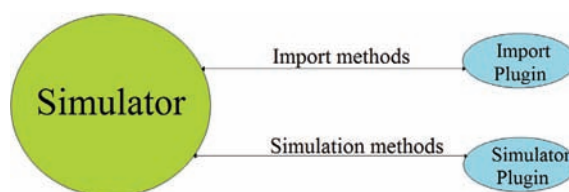
Model simulatora predstavlja sloj u kojem su definisani entiteti *Connection*, *Remote*, *Status Point* i *Analog Point* (u daljem tekstu predstavljeni kao konekcija, remote, statusna tačka i analogna tačka), kolekcije za čuvanje nabrojanih entiteta kao i kolekcije i metode za manipulaciju i prikaz podataka.

Ovaj sloj je u međusobnoj sprezi sa svim ostalim slojevima, sa napomenom da je sa *View* slojem u sprezi preko *ViewModel* sloja.

Simulator je sa *pluginovima* povezan preko *MEF* (*Managed Extensibility Framework*) platforme. Ova programska platforma (*framework*) povezuje *delegate* (tipove koji se referišu na druge metode) iz *pluginova* sa metodama iz *Model* sloja simulatora i to preko projekta *Common* u kojem su definisani *interfejsi* sa metodama i anotacijama za njihov *eksport*.

U *interfejsu* su definisane metode za dodavanje i izmenu i smer komunikacije usmeren je od *plugin*a ka simulatoru, a takođe definisane su metode za dobavljanje svih podataka iz kolekcija i u ovom slučaju komunikacija je usmerena od simulatora ka *pluginu*.

Na slici 3.3 prikazana je komunikacija simulatora sa *pluginovima*.



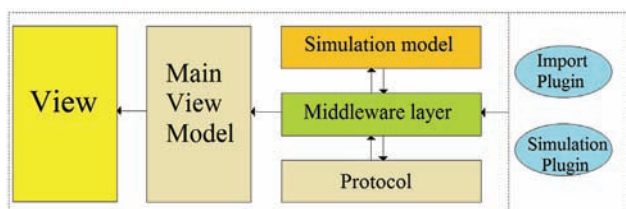
Slika 3.3 Komunikacija simulatora sa *pluginovima*

Podaci se u *model* mogu *importovati* preko .xml fajla ili *importovati* ili samostalno kreirati preko *pluginova* (detaljnije objašnjeno u odeljku Funkcionalnosti simulatora).

Ovi podaci se prvo šalju u podsloj *Model* sloja u kojem se vrši validacija da li se mogu smestiti u protokol.

Ukoliko validacija uspešno prođe, podaci će biti smešteni i u protokol i u kolekcije simulatora.

Takođe će biti smešteni i u kolekcije za prikaz. Komunikacija između podsloja *modela* i *protokola* prikazana je na slici 3.4.



Slika 3.4 Arhitektura modela

4. IMPLEMENTACIJA SIMULATORA

Programski alat u kojem je simulator razvijen je *Microsoft-ov Visual Studio 2010*. Programsko okruženje (*framework*) u kojem je simulator realizovan je *WPF* (*Windows Presentation Foundation*). Pored *WPF*-a korišćen je još i *MEF* (*Managed Extensibility Framework*), programsko okruženje pomenuto u prethodnom poglavlju, kako bi simulator bio proširiv, tj *pluginabilan*.

4.1 Organizacija koda

Jedna od prednosti koje *WPF* programsko okruženje nudi je *MVVM* (*Model View ViewModel*) šablon. Logika u ovom šablonu je takva da se između modela i prikaza (*View*) implementira srednji sloj (*ViewModel*) i time vrši separacija modela i business logike od prikaza podataka. Ovaj šablon je iskorišćen pri realizaciji simulatora tako što je kreirana *Singleton* klasa (klasa koja se instancira samo jednom pri pokretanju programa i rukovodi radom istog) *MainViewModel* i deo *business* logike je u njoj definisana. *Business* logika (*Business logic* ili *Business domain*) predstavlja deo programa koji enkodira pravila koja nalažu kako će podaci biti kreirani, prikazani, sačuvani ili izmenjeni. U *MainViewModel* klasi nalazi se deo *business* logike za prikaz podataka, objašnjen dalje u tekstu. Pored ove *Singleton* klase postoji još jedna, *Simulator* klasa, koja enkodira deo *business* logike vezan za dodavanje i izmenu podataka.

Simulator klasa predstavlja srednji sloj (*middleware*) između entiteta koji pokušavaju da manipulišu podacima u simulatoru i modela simulatora. Kao što je pomenuto u prethodnom poglavlju, podaci se u simulator mogu ubaciti *importom* iz .xml fajla (jedina funkcionalnost za *import* koju simulator nudi) ili preko pluginova. Pluginovima su na raspolaganju određene metode (objašnjeno dalje u poglavlju) i na osnovu njih moguće je povezati simulator sa njima.

Nakon što podaci stignu u *Simulator* klasu prvo se validiraju i ukoliko prođu uspešno šalju se u *ModbusLayer* klasu (samo ova protokol klasa će biti objašnjena dalje u tekstu jer je samo *Modbus* protokol podržan).

Simulator klasa objašnjena je u prethodnom poglavlju pod terminom *Middleware*. *ModbusLayer* klasa implementira *IProtocol* interfejs iz projekta *Common* (objašnjeno dalje u tekstu) i sadrži metode za manipulaciju podacima u *Modbus* protokolu.

Connection klasa sadrži atribut *Dictionary* tipa u kojem su smešteni svi objekti klase *Remote* koji su u vezi sa objektom klase *Connection*. *Remote* klasa sadrži 2

Dictionary tipa atributa, i u prvom su smešteni svi objekti klase *Analog* a u drugom svi objekti klase *Status* koji su u vezi sa objektom klase *Remote*.

Jedino *ViewModel* kolekcija *ConnectionCollection*, direktno izvlači podatke iz kolekcije konekcija iz modela i prikazuje te podatke, i to iz razloga jer se sve konekcije uvek prikazuju na formi. Ostali entiteti (*remote*, statusne tačke i analogne tačke) prikazuju se u zavisnosti od svog nadređenog koji je selektovan, i njihove *ViewModel* kolekcije se prvo prazne a potom popunjavaju podacima iz *Dictionary* kolekcija selektovanog entiteta.

Common projekat predstavlja projekat u kojem su definisani interfejsi sa metodama za manipulaciju podacima i dobavljanje *UserControl*-a definisanih u pluginovima. Ovi interfejsi anotirani su *MEF* anotacijama za *eksport*. Na strani plugina definisani su *delegati* dok su na strani simulatora definisane metode za manipulaciju podacima. Na osnovu ovih interfejsa, uz pomoć *MEF*-a, omogućava se komunikacija između pluginova i simulatora. Komunikacija je dvosmerne prirode iz razloga što simulatoru trebaju podaci o tome koji interfejs je u pitanju da bi njegovu formu mogao prikazati na svojoj, dok je pluginu nekad potrebno znanje o tome koji podaci se nalaze u modelu.

Dve vrste pluginova postoje i to plugin za *import* i za *simulaciju*. Obe vrste koriste prethodno pomenute definisane metode, međutim u njima je omogućena potpuna sloboda za razvijanje logike za parsiranje i kreiranje podataka kao i za simulaciju.

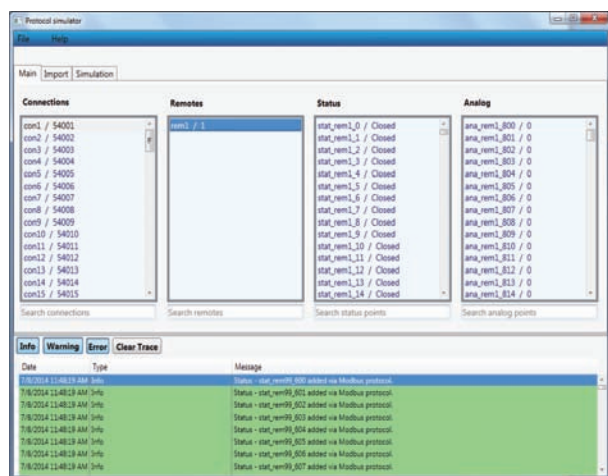
Na glavnoj formi simulatora, u prvom tabu (objašnjeno detaljnije u odeljku Funkcionalnosti simulatora) nalaze se *listbox*-ovi, u kojima se prikazuju podaci iz modela. Svaki *listbox* ispod ima polje za pretragu entiteta. U ovom odeljku biće objašnjena implementacija pretrage i prikaza podataka na formi i iz tog razloga je pomenut samo osnovni izgled forme.

U skladu sa *MVVM* šablonom, za dobavljanje (*get*) selektovanog elementa i pretragu nisu korišćeni događaji (*events*) koje .NET nudi, nego *binding* funkcionalnost. *Binding* omogućava povezivanje *property*-ja (*atribut*) koji su u ovom slučaju svi definisani u *MainViewModel* klasi direktno sa *UI* (*User Interface*) komponentom preko *XAML* tagova. Dobavljanje selektovanog elementa na formi je bitno iz razloga što su entiteti povezani međusobno, i selekcijom konekcije prikazuju se svi povezani *remote*-ovi, a selekcijom *remote*-a sve povezane analogne i statusne tačke.

Za izvršavanje rada simulatora potrebna je jedna nit (*thread*), međutim kao što je pomenuto, ostavljena je sloboda za kreiranje logike plugina, što znači da je moguće korišćenje više niti (*multithreading*). Da ne bi došlo do problema sa oslobađanjem zauzetih resursa, implementiran je mehanizam signaliziranja nitima plugina da treba da završe sa radom u momentu kada se završi sa radom simulatora.

5. FUNKCIONALNOSTI SIMULATORA

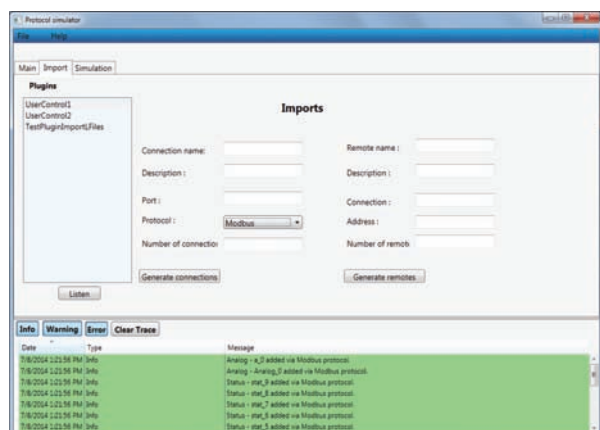
Forma simulatora sastoji se iz menija, 3 taba i *Trace* tabele. Početni izgled nakon startovanja simulatora i importa podataka prikazan je na slici 5.1.



Slika 5.1 Forma simulatora

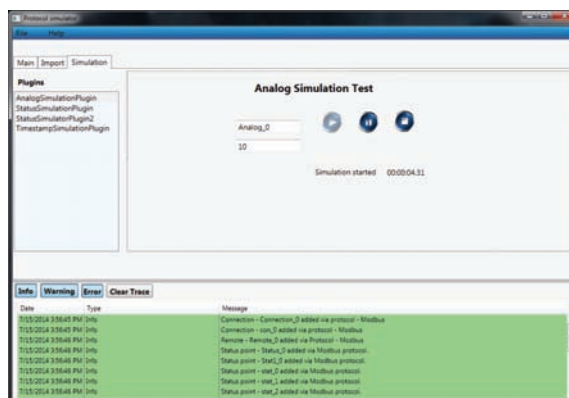
U *Main* tabu nalaze se 4 *listbox*-a, svaki predstavljajući po 1 entitet iz modela simulatora. Selekcijom konekcije iz njenog *listbox*-a u *listbox*-u remote-ova prikazuju se svi remote-ovi koji su asocirani na selektovanu konekciju. Selekcijom remote-a u njegovom *listbox*-u prikazuju se sve statusne i analogne tačke u njihovim *listbox*-ovima. Ispod svakog *listbox*-a nalazi se *watermark textbox* koji predstavlja polje za unos karaktera za pretragu (*search*). U donjoj polovini simulatora nalazi se *Trace* tabela u kojoj se prikazuju logovi. Log se sastoji iz *timestampa*, *tipa poruke* i *poruke*. Zelenom bojom obojeni su logovi tipa *Info*, žutom bojom logovi tipa *Warning* a crvenom bojom logovi tipa *Error*.

Na slici 5.2 prikazan je izgled *Import* taba. Sa leve strane se nalazi *listbox* sa svim učitanim *import* pluginovima, dok se sa desne strane nalazi forma selektovanog plugina.



Slika 5.2 Import plugin

Na isti način funkcioniše i *Simulation* tab, prikazan na slici 5.3.



Slika 5.3 Simulation tab

Pored nabrojanih funkcionalnosti, simulator pruža u meniju opcije za *import* podataka iz .xml fajla i *eksport* podataka u .xml fajl.

6. ZAKLJUČAK

U ovom radu predstavljeni su arhitektura modela simulatora, njegova implementacija i njegove funkcionalnosti.

Nezavisno od simulatora predstavljen je i uvod u SCADA softver, *OASyS DNA* programsko okruženje i *Modbus* komunikacioni protokol. Cilj rada predstavlja integraciju simulatora u *OASyS DNA* programsko okruženje kao alat sa grafičkim prikazom stanja u sistemu kako bi se olakšala manipulacija podacima.

Zbog svoje slojevite arhitekture, ostavljen je prostor za napredak ka sledećoj verziji simulatora, u kojem bi bila podržana integracija simulatora u *OASyS DNA* programsko okruženje preko drugih komunikacionih protokola, kao npr. DNP3, IEC104 itd.

7. LITERATURA

- [1] Softver sa kritičnim odzivom u elektroenergetskim sistemima, Branislav Atlagić. 2013
- [2] Schneider Electric OASyS Product Family Overview, 2012.
- [3] http://www.modbustools.com/PI_MBUS_300.pdf

Kratka biografija:

Petar Pajović rođen je 13.4.1990. godine u Novom Sadu. Srednju Elektrotehničku školu završio je 2009 godine nakon čega upisuje Fakultet Tehničkih Nauka u Novom Sadu, smer Računarstvo i Automatika, koji završava 2013 godine.

Iste godine upisuje master studije, smer Elektroenergetski Softverski Inženjering, i master rad na temu Realizacija SCADA simulatora elektroenergetskog sistema sa Modbus komunikacionim protokolom odbranio je 2014. godine.

PRISTUPI PROŠIRIVOSTI APLIKACIJA NA .NET PLATFORMI

DEVELOPING EXTENSIBLE APPLICATIONS ON .NET PLATFORM

Dragan Vuković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U radu su razmatrani pristupi i tehnike za razvoj proširivih aplikacija praveći razliku da li se proširivost može obezbediti bez direktne intervencije na izvornom kodu aplikacije ili ne. Doneta je odluka da se za potrebe ovog rada za razvoj proširive .NET aplikacije koristi MEF biblioteka. Za potrebu rada realizovani su primeri koji ilustruju ovu tehniku i ostvaruju proširivost aplikacije kako na nivou interakcije, tako i samoj funkciji.

Abstract – The paper discusses the approaches and techniques for developing extensible applications, making difference whether it can provide the extensibility without the direct intervention of the source code of the application or not. The decision was made to use MEF library for development of expandable .NET applications. Examples that illustrate this technique and achieve the expandability of applications both at the level of interaction, and the function are part of this paper.

Ključne reči: Proširivost, principi projektovanja, MEF

1. UVOD

Razvoj softvera i njegova primena u različitim delatnostima je u ekspanziji. Pre pola veka korisnici računara i softvera su uglavnom bili ljudi koji su ga i razvijali. Danas je softver prisutan u svim aspektima društva i taj softver je često kompleksan i razvija ga veliki broj ljudi. Podlozan je promenama za vreme njegovog životnog veka.

Čini se nemogućim predvideti sve promene, a često se uspešni sistemi menjaju na način koji je nezamisliv originalnim dizajnerima. Nekada je teško realizovati takve promene ako se tokom razvoja softvera nije predvidela mogućnost da se određene funkcionalnosti mogu menjati, uklanjati i dodavati. U takvoj situaciji softver je teško održiv i često osuđen na neuspeh.

Da bi se povećala održivost softvera i obezbedila njegova proširivost, potrebno je softver razvijati uz pomoć tehnika proširivosti. Većina pristupa proširivosti predviđa da će tačke proširenja ili *extension points* biti ugrađene u softver i da će se putem njih u budućnosti ostvarivati zahtevi za proširivošću.

Proširivost omogućava razvoj komponenti softvera u paraleli od strane većeg broja timova i inkrementalni razvoj, jer komponente mogu naknadno da se ugrade u softver.

NAPOMENA:

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

Benefit proširivosti je što upravljanje komponentama ne zahteva modifikaciju ili pristup izvornom kodu, kao i dalje angažovanje kreatora osnovne aplikacije.

Implementacija proširivosti se razlikuje od platforme do platforme. Ciljna platforma u ovom radu je .NET platforma. Kako između platformi tako i u okviru jedne platforme, proširivost se može implementirati na različite načine. Ta različitost proizilazi iz drugačijih pristupa rešavanju problema proširivosti. Zadatak ovog rada je da se analiziraju metode proširivosti softvera u okviru .NET platforme u cilju realizuje programskog rešenja koje će da ilustruje odabranu tehniku za proširivanje i predstavi proširivanje aplikacije kako na nivou interakcije, tako i u samoj funkciji.

2. PRISTUPI PROŠIRIVOSTI APLIKACIJA

Proširive aplikacije su aplikacije čija se funkcionalnost može proširiti dodavanjem, izmenom i uklanjanjem postojećih funkcionalnosti bez uticaja na izvorni programski kod. Sa druge strane, pojam proširivosti se takođe odnosi i na dizajnerske principe kojima se postiže proširivost [1]: *Common spots, Hot spots, Pluggable components, White-box framework, Black-box framework* i *Gray-box framework*. Ovi principi su osnova za razvoj proširivih aplikacija, a samostalno i bez dodatnih mehanizama ne mogu da obezbede proširivost koja neće uticati na izvorni kod.

Prilikom projektovanja proširivog softvera treba imati na umu niz zahteva koji definišu proširivost. Idealan slučaj koji nije moguće uvek ispoštovati je predstavljen u sledećem nizu zahteva [2]:

- Treba obezbediti mogućnost izmene osnovne aplikacije tako da se prilagodi novim funkcionalnostima uvedenim kroz proširenje. Izmene na osnovnoj aplikaciji mogu biti neplanirane i zato treba da postoji mogućnost pravljenja proizvoljnih izmena.
- Potrebno je ostvariti mogućnost proširenja osnovne aplikacije bez modifikacije ili pristupa izvornom programskom kodu.
- Proširenje ne sme negativno da utiče i da ograničava razvoj osnovne aplikacije i drugih proširenja.
- Treba omogućiti kombinovanje više nezavisno razvijenih proširenja kako bi ona formirala ujedinjen sistem.
- Ukoliko se osnovna aplikacija menja tradicionalnom metodom izmene izvornog koda i time nastaje nova verzija aplikacije, i dalje treba biti moguće korišćenje istih proširenja.

- Treba omogućiti detekciju i korekciju u slučaju konflikata kada se primenjuje kombinovanje proširenja ili *upgrade* osnovne aplikacije.
- Programeru proširenja je potrebno izložiti samo nivo apstrakcije aplikacije koji mu je potreban za razvoj. Treba ga zaštititi od složenosti osnovne aplikacije.

2.1. Principi projektovanja za podršku proširivosti

Principi softverskog inženjerstva su apstrakcija, modularnost i skrivanje informacija, gde je u radu naglasak na modularnosti sa određenim tipom kohezije i minimalne kopulativnosti. pristupi predstavljeni u radu su okarakterisani kao pristupi koji obezbeđuju podršku za izgradnju proširivih aplikacija. Oni daju preporuku kako projektovati proširivu aplikaciju. Putem ovih pristupa se ne može obezbediti proširivost u toku rada aplikacije, bez dodatnih mehanizama.

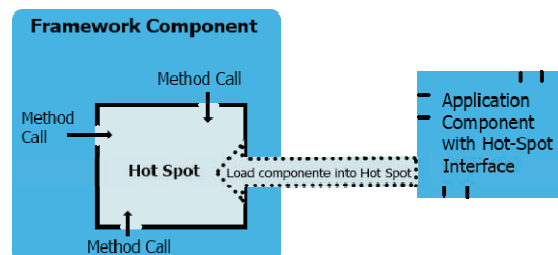
Common spots su funkcionalnosti u aplikaciji koje se ponavljaju. Delovi aplikacije koji se ponavljaju bez puno varijacija mogu se izolovati u posebnu komponentu. Smeštanjem komponente u *framework* izbegava se multipliciranje funkcionalnosti kroz aplikaciju i promovise ponovna upotreba koda (*code reuse*). Poslovna funkcionalnost, ne mora da se pojavljuje u identičnom obliku kroz aplikaciju da bi se kvalifikovala kao *common spot*. Dokle god su varijacije funkcionalnosti male, može se posmatrati kao *common spot*. Te male varijacije se mogu održavati kroz parametrizaciona i/ili konfiguraciona podešavanja.

Hot spot se može posmatrati kao tačka u kojoj se očekuje prilagođavanje konkretnoj aplikaciji. Za te tačke se može reći da su to tačke fleksibilnosti u *framework*-u aplikacije. Kako bi se identifikovala potencijalna *hot spot*, mora se koristiti domenska analiza. Kreiranje *hot spots* u *framework*-u nije jednostavno kao kreiranje *common spots*. Postoje dva pristupa kako kreirati *hot spot* a to su: nasleđivanje i kompozicija. Pristup sa nasleđivanjem se oslanja na dva koncepta objektno orijentisanog programiranja: *hook* metode i *template* metode. Nasleđivanje kao pristup za realizaciju *hot spots* je jedan od jednostavnijih, ali ima svoje manjkavosti. Negativna osobina je što je potrebno poznavati implementaciju klase koja se nasleđuje.

Pluggable components pristup je zasnovan na korišćenju interfejsa. Interfejs opisuje skup metoda kojih konkretna klasa mora da implementira. Implementacijom interfejsa tj. njegovih metoda dobija se nova komponenta. Ta nova komponenta je priključiva (*pluggable*) na predviđene *hot spots* koje operišu sa interfejsom koga ova komponenta implementira. Priključivanje komponente u *hot spot* pomoću kompozicije je prikazano na slici 1. Pristup je baziran na dizajn šablonu koj se zove "*strategy*".

White-box framework se sastoji iz apstraktnih klasa i dominantno je zasnovan na nasleđivanju. Prilagođavanje ovog *framework*-a zahteva da se kreiraju konkretne klase koje nasleđuju apstraktne klase. U izvedenoj klasi je potrebno redefinisati samo one metode koje to zahtevaju. Tokom razvoja prave se pretpostavke o mogućim šablonima toka procesa koji su zastupljeni kroz komponente. Tako nastaju *template* metode. Nedostatak

white-box framework-a je da se često od programera zahteva da zna mnogo implementacionih detalja komponente i da nije dovoljno fleksibilan pristup.



Slika 1. Popunjavanje hot spot plugin komponentom

Black-box framework se sastoji od konkretnih klasa i servisa. Prilagođavanje *framework*-a se često ostvaruje kombinacijom više komponenti. Kod ovog pristupa programeri moraju implementirati svoj tok procesa i komunikacionu logiku između komponenti. Da bi se omogućilo korišćenje *hot spots* koristi se kompozicija. Kompozicijom se postiže veća fleksibilnost u odnosu na *white-box framework*. Nasuprot *white-box framework*-a, gde programeri često imaju potrebu da znaju implementacione detalje komponente koja se adaptira, *black-box framework* se sastoji od komponentata koje sakrivaju njegovu internu implementaciju. Programeri trebaju biti familijarni samo sa javnim članovima kako bi koristili *framework*. Poredeći, *black-box framework* je teže razviti u odnosu na *white-box framework*.

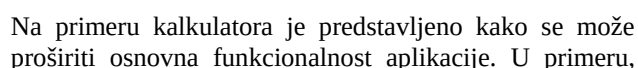
Gray box framework predstavlja kombinaciju prethodna dva *framework*-a, što znači da koristi kombinaciju apstraktnih i običnih klasa. Odluka da li će neka komponenta da koristi nasleđivanje ili kompoziciju umnogome zavisi na koji način će komponenta biti korišćena u aplikaciji. Treba uvek imati na umu uticaj na performanse, održavanje i upotrebljivost svakog od pristupa. Sa stanovišta performansi, pristup sa kompozicijom teži da bude sporiji u odnosu na nasleđivanje. Osnovni razlog je što se dodatne komponente trebaju dobiti i pristupiti im se u toku izvršavanja. Održavanje je oblast u kojoj najviše dolaze do izražaja karakteristike oba pristupa. Kada se koristi pristup sa kompozicijom aplikacije su fleksibilnije na promene i imaju veću mogućnost da se proširuju jer se radi sa skupom visoko dekomponovanih komponenti. Gledajući sa druge strane, pristup sa nasleđivanjem je manje fleksibilan ali koristi manji broj "izmenljivih komponenti".

2.2. Pristupi koji ne zahtevaju kompajliranje koda

Pristupi proširivosti koji obezbeđuju mogućnost izmene funkcionalnosti aplikacije bez uticaja na izvorni programski kod osnovne aplikacije, predstavljaju proširivost u pravom smislu te reči. Prednost ovakvog pristupa je što se nove komponente mogu ugraditi u aplikaciju bez pristupa i bez kompajliranja izvornog koda i tako distribuirati korisnicima. Ove osobine dolaze do izražaja u situacijama kada se korisnički ili poslovni zahtevi često menjaju i dodaju novi. Takođe ovakav pristup omogućava fazni razvoj aplikacija. Ovde su predstavljene dve tehnike proširivosti aplikacija koje ne zahtevaju kompajliranje programskog koda osnovne

Njoj je data prednost u odnosu na *Plug-In Framework* iz par razloga. Za razliku od *Plug-In Framework*-a, MEF ne zahteva registraciju proširenja u konfiguracionim fajlovima. MEF ima svoj mehanizam za kreiranje instanci proširenja dok, *Plug-In Framework* za to koristi

Postoji više različitih situacija zašto je mogućnost izmene izgleda korisničkog interfejsa bitna za aplikacije. Krajnji korisnici žele da dizajniraju korisnički interfejs po svojim estetskim vrednostima. Neki klijenti možda žele logo svoje kompanije, boje, fontove itd. prikazane na aplikaciji. Ova karakteristika aplikacija se postiže izmenom vizuelnog stila svih ili dela elemenata korisničkog interfejsa. Od interesa za ovaj rad je izmena korisničkog interfejsa u toku izvršavanja aplikacije sa mogućnošću proširivanja skupa dostupnih vizuelnih stilova. Aplikacija koja je razvijena, razvijena je kao WPF aplikacija po MVVM šablonu koristeći MEF za podršku proširivosti. Oslanjajući se na projektantske principe iz poglavlja 2.1, aplikacija je razvijana po modulima. Izmena korisničkog interfejsa nije funkcionalnost koja je karakteristična samo za ovu aplikaciju već može da se primeni i na druge aplikacije. Iz tog razloga realizovana je u okviru jednog modula tj. jedne *class library*. Ovaj modul sada mogu da koriste i druge aplikacije. U okviru modula mogu da postoje već predefinisani stilovi, a i ne moraju, jer se novi mogu dodati putem proširenja. Efekat proširenja prikazan je na slici 2.



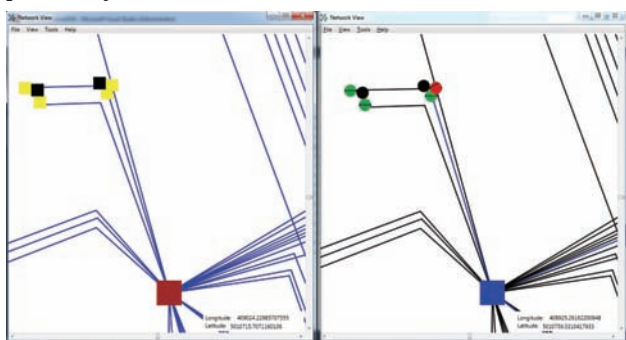
osnovna aplikacija je proširena funkcionalnošću kalkulatora koji podržava operacije sabiranja i oduzimanja. Da bi se proširila funkcionalnost kalkulatora realizovane su i operacije množenja i deljenja kroz proširenje.

4. PROŠIRIVOST VIZUELIZACIJE I FUNKCIONALNOSTI APLIKACIJE

Na vizuelizaciju u glavi 3 se uticalo samo izmenom stilova WPF komponenti, dok se u ovoj glavi bavi i izgradnjom novih komponenti koje trebaju da vizualizuju specifične osobine domena za koji se aplikacija koristi. Kao konkretni primer pokazano je kako se putem proširenja može izmeniti simbol elektroenergetske šeme. U realnim primerima vizuelizacija i funkcionalnost su povezani i retko idu jedno bez drugog. Određena proširenja funkcionalnosti aplikacije treba i vizualizovati kako bi se mogla iskoristiti na adekvatan način. Primer takve povezanosti funkcionalnosti i vizuelizacije naveden je u poglavlju 4.1 gde je aplikacija proširena mogućnošću otvaranja i zatvaranja prekidača.

4.1 Proširivost simbola elektroenergetske šeme

Predstavljena su tri načina realizacije proširenja za izmenu simbola elektroenergetske šeme. Načini se razlikuju po nivoima fleksibilnosti koju nude. Prvi način nudi najveću fleksibilnost jer je programeru koji piše proširenje, dozvoljeno da iskoristi sve mogućnosti WPF grafike, piše kod proceduralno, upravlja veličinom i pozicijom simbola na šemi. Drugi način zahteva od programera da elektroenergetski simbol realizuje kroz kontrolu. Kontrola može biti napisana deklarativno ili proceduralno. Kod ovoga načina se ne upravlja pozicijom i dimenzijom simbola na elektroenergetskoj šemi. Treći način je da se obezbedi slika koja će predstavljati simbol elementa. Drugi i treći način se bave vizuelizacijom simbola. Oni predstavljaju proširenja koja proširuju rešenje iz prvog načina vizuelizacijom, dok se rešenje iz prvog načina i dalje brine o poziciji i dimenziji elementa na šemi. Efekat izmene simbola putem proširenja prikazan je na slici 3.



Slika 3. Efekat izmene simbola elektroenergetske šeme

Osnovnu aplikaciju je moguće koristiti samo za pregled stanja na mreži. Pokazano je kako se funkcionalnost osnovne aplikacije može proširiti da podržava daljinsko upravljanje elementom mreže. Realizovano je proširenje koje omogućava menjanje statusa prekidača. Status prekidača se menja kroz kontrolni prozor.

4.2 Realizacija komponente za filtriranje

Komponenta je realizovana nezavisno od aplikacije koja je koristi. Ona se ugrađuje u korisničku aplikaciju tako što se referencira, a konkretni filteri se pišu kroz proširenja i

na taj način proširuje se osnovna funkcionalnost aplikacije. Kroz proširenje se definiše vizuelizacija filtera koji se implementira, njegova logika filtriranja, kao i ime filtera.

Komponenta projektovana na ovakav način omogućava da se može koristiti u različitim aplikacijama za filtriranje različitih izvora podataka. U primeru je pokazana implementacija proširenja za filtriranje log fajlova. Implementirana su četiri tipa filtera koja su karakteristična za log zapis: filtriranje sadržaja po zadatom nizu karaktera, po datumu, identifikacionom broju niti i tipu log zapisa.

5. ZAKLJUČAK

Ovaj rad se bavi pristupima proširivosti aplikacija na .NET platformi. Predstavljen je skup zahteva koje treba poštovati da bi se neka aplikacija mogla okarakterisati kao proširiva. Tokom razvoja aplikacija utvrđeno je da nije moguće u svakoj situaciji ispoštovati sve zahteve u potpunosti. Jedna od najvećih prepreka je neplanirana proizvoljna izmena i proširenje. Iz toga proizilazi preporuka da se tokom projektovanja konsultuju stručnjaci iz oblasti za koju se aplikacija projektuje. Kako bi se projektovanje proširivih aplikacija podiglo na viši nivo, u radu su predstavljeni principi projektovanja za podršku proširivosti. Kroz ove principe uočena su dva osnovna pristupa proširivosti, a to su: nasleđivanje i kompozicija. Kod pristupa koji ne zahtevaju kompajliranje koda za ostvarivanje proširivosti MEF biblioteka se pokazala pogodnijom za razvoj proširivih aplikacija u odnosu na *Plug-In Framework*.

Glavni razlozi potrebe za proširivim aplikacijama su:

- korisnički zahtevi se menjaju,
- poslovni zakoni u nekim oblastima se menjaju,
- mogućnost prilagođavanja korisnicima i tržištu,
- fazni razvoj i
- mogućnost treće strane da piše svoja proširenja.

6. LITERATURA

- [1] Xin Chen, "Developing Application Frameworks in .NET", United States of America, 2004.
- [2] Andrew McVeigh, "A Rigorous, Architectural Approach to Extensible Applications", London, August 2009.
- [3] Microsoft, "Plug-In Framework", <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms972962.aspx>, Stranica o plugin pristupu
- [4] Microsoft, "Managed Extensibility Framework (MEF)", [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/dd460648\(v=vs.110\).aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/dd460648(v=vs.110).aspx)

Kratka biografija:



Dragan Vuković rođen je u Sanskom Mostu 1990. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Elektroenergetski softverski inženjering odbranio je 2014.god.

IMPLEMENTACIJA CODE BLOCK KOMPONENTE KORIŠĆENJEM ARPEGGIO PARSERA**IMPLEMENTATION OF CODEBLOCK COMPONENT BY USING ARPEGGIO PARSER**Alen Suljkanović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U radu je predstavljena implementacija *CodeBlock* komponente korišćenjem *arpeggio* parsera i implementacija podrške za generisanje koda uz oslonac na *jinja2* obrađivač šablona. Rešenje je integrirano u *Schematic editor* kompanije *Typhoon*.

Abstract – This paper presents implementation of *CodeBlock* component by using *arpeggio* parser and implementation of code generation by relying on *jinja2* template generator. The result is integrated within *Typhoon Schematic editor*.

Ključne reči: *CodeBlock*, generisanje koda, DSP, parsiranje, Python

1. UVOD

Digitalna obrada signala (*engl. Digital Signal Processing*) je obrada signala korišćenjem određenih digitalnih tehnika uz pomoć hardvera i/ili računara [1].

Ova tehnologija predstavlja jednu od najraširenijih tehnologija ovog veka koja ima veoma širok dijapazon uticaja počevši od telekomunikacija, preko izrade medicinskih slika, prepoznavanja govora, radara, sonara, i tako dalje [2].

DSP se kao oblast razlikuje od ostalih oblasti unutar računarstva zbog posebnog tipa podataka koje koristi, a to su signali. U većini slučajeva, ovi signali potiču od senzorskih podataka iz realnog sveta, kao što su: seizmičke vibracije, zvučni talasi, itd. DSP nakon digitalizacije ovih signala preko raznih matematičkih operacija, algoritama, te tehnika vrši manipulaciju nad njima [2].

Postoji više softverskih rešenja koja omogućavaju kreiranje DSP komponenti, te njihovo povezivanje u šeme nad kojima je moguće vršiti simulacije. Jedno od takvih rešenja poseduje i kompanija *Typhoon HIL* koja unutar svog grafičkog editora električnih šema poseduje već navedene funkcionalnosti.

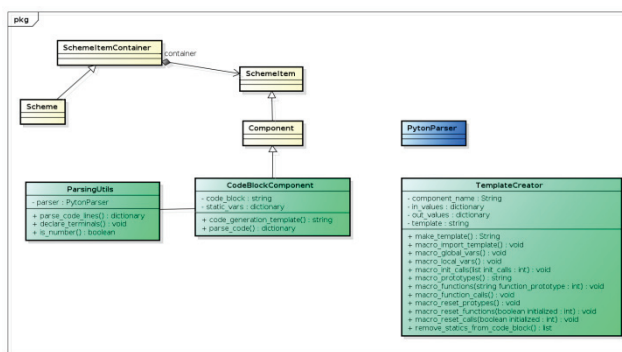
U ovom radu je predstavljena implementacija *CodeBlock* komponente pomoću koje bi se krajnjem korisniku omogućilo da kreira DSP komponente specifične za njegove potrebe.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Gordana Milosavljević.

2. DIZAJN CODEBLOCK KOMPONENTE

CodeBlock komponenta je opisana klasom *CodeBlockComponent* (Slika 2.1), koja nasleđuje klasu *Component* te tako poprima i njene osnovne osobine. Svaka komponenta sistema pripada određenoj šemi u okviru *Schematic editora* i može da sadrži proizvoljan broj terminala. Ono što ovu komponentu čini specifičnom u odnosu na ostale komponente su atributi *code_block*, *parsing_utils* i *static_variables*. Atribut *code_block* sadrži funkcionalnost komponente opisanu podskupom C jezika. Statičke varijable koje se nalaze unutar tog koda, parsiranjem su izdvojene u atribut *static_variables*. kojoj se instancira *arpeggio* parser i vrši parsiranje. Atribut *parsing_utils* je instanca klase *ParsingUtils*.



Slika 2.1. Dijagram klasa dela sistema u koji je uključena *CodeBlockComponent* klasa

Svaka komponenta unutar sistema poseduje šablon kojim se opisuje njeno ponašanje u okviru DSP šeme. Za većinu komponenti unutar sistema, ti šabloni su unapred definisani, jer se opis komponente unapred zna. Međutim, zbog činjenice da opis *CodeBlock* komponente nije unapred poznat, nego zavisi od podataka unesenih od strane korisnika prilikom kreiranja komponente, šablon je potrebno kreirati dinamički.

Kreiranje šablona za *CodeBlock* komponentu se vrši nakon poziva metode *code_generation_template* unutar klase *CodeBlockComponent*. Metoda je prikazana u listingu 2.1. Čitava logika za kreiranje šablona, smeštena je u klasi *TemplateCreator*.

3. GRAMATIKA I PARSIRANJE C JEZIKA

U lingvistici, gramatika je skup strukturnih pravila koja regulišu sastav klauzule, fraze i reči u svakom prirodnom jeziku. Termin "gramatika" se odnosi i na proučavanje tih pravila, što uključuje morfologiju, sintaksu i fonologiju, koje su često dopunjene sa fonetikom, semantikom i pragmatikom [4].

Godine 2004., Brajan Ford svojom master tezom predstavlja PEG gramatiku, odnosno *Parsing Expression Grammar*. PEG gramatika uvodi operator uređenog izbora (*ordered choice*) `'|'`, čime se obezbeđuje da se izbegne nedvosmislenost prilikom parsiranja. Ovaj operator obezbeđuje da se alternativni izbori proveravaju po redu, tj. onako kako su navedeni, pri čemu se za nastavak parsiranja uvek koristi prvo uspešno prepoznavanje. Pravila $A \rightarrow a \mid b$ i $A \rightarrow a \mid a \mid b$ su ekvivalentna u slučaju korišćenja CFG gramatike, međutim, ukoliko se koristi PEG gramatika, pravila $A \leftarrow a \mid b$ i $A \leftarrow a \mid a \mid b$ su različita. Druga alternativa (a b) kod drugog pravila nikad neće dati uspešno prepoznavanje, zbog toga što se će prva alternativa (a) uvek dati uspešno prepoznavanje [6].

Zbog ove karakteristike PEG gramatike, za svaki iskaz napisan u određenom jeziku opisanim ovom gramatikom, postoji samo jedno stablo parsiranja.

PEG se sastoji iz niza pravila definisanih u obliku: $A \leftarrow e$, gde je A neterminal, a e predstavlja izraz koji se sažima u A . Operatori za konstrukciju izraza su navedeni unutar Tabele 3.1.

Operator	Tip	Prednost	Opis
<code>' '</code>	primarni	5	Literal string
<code>" "</code>	primarni	5	Literal string
<code>[]</code>	primarni	5	Klasa karaktera
<code>.</code>	primarni	5	Bilo koji znak
<code>(e)</code>	primarni	5	Grupisanje
<code>e?</code>	unarni sufiks	4	Opcioni
<code>e*</code>	unarni sufiks	4	Nula ili više
<code>e+</code>	unarni sufiks	4	Jedan ili više
<code>&e</code>	unarni prefiks	3	"I" predikat
<code>!e</code>	unarni prefiks	3	"Ne" predikat
<code>e1 e2</code>	binarni	2	Sekvenca
<code>e1 / e2</code>	binarni	1	Uređeni izbor

Tabela 3.1 Operatori za konstrukciju izraza unutar PEG gramatike

S obzirom da *CodeBlock* komponenta omogućava korisniku da unese željeni kod koji će se izvršavati prilikom korišćenja te komponente unutar šeme, konstruisana je PEG gramatika kojom je omogućeno korišćenje podskupa C jezika za opis funkcionalnosti komponente. Sama gramatika nije konstruisana od nule, nego je izvršena konverzija gramatike nezavisne od konteksta¹ u PEG gramatiku.

Gramatika podržava dobar deo C jezika, međutim, pošto se kod koji opisuje funkcionalnost komponente nalazi unutar funkcije čiji je povratni tip *void*, nije omogućeno kreiranje funkcija, niti je podržana ključna reč *return*. Pored toga, nije omogućeno kreiranje složenih tipova, poput struktura i unija, a od tipova su podržani: *int*, *unsigned_int* i *real*. Treba primetiti da tipovi *unsigned_int* i *real* nisu klasični tipovi koji postoje unutar C jezika, nego su tipovi korišćeni od strane kompanije *Typhoon HIL*, kojima se obezbeđuje da kod unutar komponenti ne zavisi od platforme, odnosno procesora.

Za implementaciju gramatike i parisanje koda, korišćen je *arpeggio*², koji će se detaljnije opisati u nastavku.

3.1. Arpeggio i parsiranje

Arpeggio je interpreter PEG gramatike, implementiran kao rekurzivni silazni parser koji koristi tehnike memoizacije i *backtracking-a*. Ovakav tip parsera se naziva Pakrat parser.

Arpeggio je LL parser, odnosno parser koji ulazni string parsira sa leve na desnu stranu, zbog čega ne podržava levu rekurziju. Stoga, prilikom implementacije PEG gramatike, odnosno konvertovanja CFG u PEG, bilo je potrebno eliminisati levu rekurziju u svim pravilima gde se ona pojavljivala. Eliminacija je odrađena na sledeći način: Levo rekurzivno pravilo $A \rightarrow Aa \mid B$, postaje $A \rightarrow B a^*$. Što znači, da bi se izbegla leva rekurzija, potrebno je da se prvo izdvoje sve alternative koje nisu levo rekurzivne i da se navedu upotrebom PEG sekvence. Zatim, za alternative koje jesu levo rekurzivne, navodi se samo ostatak koji nije levo rekurzivan označen operatorom `*`, odnosno "nula ili više". Tako pravilo:

```
additiveExpr
: multiplicativeExpr
| additiveExpr '+' multiplicativeExpr
| additiveExpr '-' multiplicativeExpr
;
```

postaje:

```
additiveExpr ← multiplicativeExpr / ([ '+', '-' ],
multiplicativeExpr)*;
```

Arpeggio se inicijalizuje iz opisa gramatike jezika koja može biti zadata u tekstualnom obliku ili u obliku predstavljenim konstrukcijama *Python* programskog jezika. Gramatika za *CodeBlock* komponentu je opisana programskim jezikom *Python*, pri čemu je svako pravilo parsiranja opisano *Python* funkcijom, dok su operatori uređenog izbora i sekvence opisani listom i tipom uređene n-torke, respektivno. Ostali PEG operatori, implementirani su kao *Python* klase *ZeroOrMore*, *OneOrMore*, i sl [6].

Razlika između ova dva načina inicijalizacije je jedino u brzini, s obzirom da je gramatiku zadatu u tekstualnom obliku potrebno parsirati, dok za gramatiku napisanu korišćenjem *Python-a* to nije potrebno.

Parser je opisan klasom *PythonParser*. Konstruktoru te klase se kao argumenti prosleđuju početna pravila

1 <https://github.com/antlr/grammars-v4/blob/master/c/C.g4>

2 Arpeggio Parser, <https://github.com/igordejanovic/arpeggio>

parsiranja, kao i dodatni keyword argumenti, poput *reduce_tree* ili *debug*.

Početna pravila prosleđena parseru su *compilation_unit* i *comment*. Pravilo *comment* je prikazano u listingu 3.1.

```
def comment(): return [("//.*"), _("\/*[^*]*\/*")]
```

Listing 3.1 Pravilo *comment*

```
//This is line comment.
int state_1 = 0;
/*
  This is multiline comment.
  Var bellow represents some kind of flag.
*/
int flag = 1;
if(flag == 0){
  state_1 = 1; //this is in-line comment
}
```

Listing 3.2. Primer komentara podržanih od strane gramatike

Pomoću pravila za komentare, u gramatiku je uključena i podrška za jednolinijske, multilinijske, kao *in-line* komentare, koji su prikazani u listingu 3.2.

Pravilo *compilation_unit* je početno pravilo za parsiranje svih ostalih vrsta izraza. Navedeno pravilo može da sadrži nula ili više izraza predstavljenih pravilom *translation_unit* i uvek mora da završi pravilom *EndOfFile*, koje predstavlja kraj ulaza koji se parsira. Pravilo *compilation_unit* je prikazano na listingu 3.3.

```
def compilation_unit(): return ZeroOrMore(translation_unit), EndOfFile
```

Listing 3.3 Pravilo *compilation_unit*

Pravilo *translation_unit* predstavlja trenutni ulaz koji se parsira, te se sastoji od najmanje jednog *external_declaration* pravila, koje je zapravo uređeni izbor između pravila *declaration* i *statement*, koja omogućavaju deklaraciju promenljivih, te pisanje raznih vrsta izraza. Pravila *translation_unit* i *external_declaration* su prikazana na listingu 3.4.

```
def external_declaration(): return [declaration, statement]
def translation_unit(): return external_declaration, ZeroOrMore(external_declaration)
```

Listing 3.4 Pravila *translation_unit* i *external_declaration*

Kao što je poznato, prilikom deklaracije promenjive unutar C jezika, omogućeno je da se promenljivoj dodeljuju i određeni specifikatori. To su specifikatori koji ukazuju na tip promenjive, način na koji se vrši njeno skladištenje u memoriji i sl. Deo tih specifikatora je podržan i unutar implementirane gramatike pomoću pravila *declaration_specifiers*, *declaration_specifier*, *storage_class_specifier*, *type_specifier* i *type_qualifier*. Pravilo *declaration*, kao i pravila vezana specifikatore, je prikazano na listingu 3.5.

Kao što se može videti na listingu 3.5, unutar pravila *declaration*, nakon odabira određenog specifikatora, sledi opciono pravilo *init_declarator_list* koje omogućava da se promenjiva inicijalizuje prilikom njene deklaracije.

Pravilo *init_declarator_list* se sastoji od jednog ili više *init_declarator* pravila razdvojenih zarezom, što omogućava da se u jednoj liniji koda deklariraju više promenljivih istog tipa i istog specifikatora. Pravila *init_declarator_list* i *init_declarator*, kao i pravilo *declarator* su prikazani na listingu 3.6.

```
def type_qualifier(): return 'volatile'
def type_specifier(): return ['int', 'unsigned_int', 'real']
def storage_class_specifier(): return 'static'
def declaration_list(): return declaration, ZeroOrMore(declaration)
def declaration_specifier(): return [storage_class_specifier, type_specifier, type_qualifier]
def declaration_specifiers(): return OneOrMore(declaration_specifier)
def declaration(): return declaration_specifiers, Optional(init_declarator_list), ';'
def init_declarator_list(): return init_declarator, ZeroOrMore(';', init_declarator)
```

Listing 3.5 Pravilo *declaration* i pravila vezana specifikatore

```
def declarator(): return Optional(pointer), direct_declarator
def init_declarator(): return [(declarator, '=', initializer), declarator]
def init_declarator_list(): return init_declarator, ZeroOrMore(';', init_declarator)
```

Listing 3.6. Pravila *init_declarator_list*, *init_declarator* i *declarator*

Pravilo *deklarator* predstavlja sekvencu od dva pravila, pri čemu prvo pravilo omogućava deklaraciju pokazivača i ono je opciono, dok je drugo pravilo *direct_declarator*, koje omogućava kompleksnije deklaracije promenljivih poput onih prikazanih na listingu 3.7.

```
int a, b, c;
int d, e = 1;
int y, z;
int x = y = z = 5;
```

Listing 3.7. Primer deklaracija promenljivih

Iskazi unutar gramatike su opisani pravilom *statement*, čija je implementacija prikazana na listingu 3.8. Pravilo *statement* je sačinjeno od uređenog izbora između pravila koja opisuju petlje, skokove, uslovna grananja i sl., kao i kombinovanje svih tih iskaza u jedan.

```
def statement(): return [jump_statement, expression_statement, labeled_statement, selection_statement, iteration_statement, compound_statement]
```

Listing 3.8. Pravilo *statement*

Prvo pravilo unutar uređenog izbora je pravilo *jump_statement* koje opisuje skokove *break* i *continue* koji su navedeni unutar izbora, iza kog obavezno sledi znak ";". Pravilo *jump_statement* je prikazano na listingu 3.9.

```
def jump_statement(): return ['continue', 'break'], ';'
def expression_statement(): return expression, ';'
def labeled_statement(): return label, statement, ':'
```

Listing 3.9. Pravilo *jump_statement*

Pravilo je *expression_statement*, koje služi za opis izraza koji su detaljnije opisani u daljem tekstu. Pravilo *expression_statement* je prikazano na listingu 3.10.

```
def expression_statement(): return Optional(expression), ';'
def selection_statement(): return selection_statement
```

Listing 3.10. Pravilo *expression_statement*

Pravilo *labeled_statement* opisuje *case* i *default* slučajeve unutar *switch-case* uslovnog grananja. Pravilo je prikazano na listingu 3.11.

```
def labeled_statement():
    return [(Not('default'), IDENTIFIER, ':', statement),
            ('case', constant_expression, ':', statement),
            ('default', ':', statement)]
```

Listing 3.11. Pravilo *labeled_statement*

Pravilo *selection_statement* opisuje razne vrste uslovnog grananja kao što su *if-else* ili *switch-case*. Pravilo je prikazano na listingu 3.12.

```
def selection_statement():
    return [('if', '(', expression, ')', statement,
            Optional('else', statement)),
            ('switch', '(', expression, ')', statement)]
```

Listing 3.12. Pravilo *selection_statement*

Pravilo *iteration_statement* služi za opis standardnih petlji kao što su *for*, *while* i *do-while* petlja (listing 3.13)

```
def iteration_statement():
    return [('while', '(', expression, ')', statement),
            ('do', statement, 'while', '(', expression, ')', ';'),
            ('for', '(', Optional(expression), ';',
                Optional(expression), ';',
                Optional(expression), ')', statement),
            ('for', '(', declaration,
                Optional(expression), ';',
                Optional(expression), ')', statement)]
```

Listing 3.13 Pravilo *iteration_statement*

Pravilo *compound_statement* omogućava kreiranje “blokova” naredbi unutar tela drugog iskaza. Kreiranje takvih blokova naredbi opisano je pomoću pravila *block_item_list* i *block_item*. Pravila *compound_statement*, *block_item_list* i *block_item*, navedena su u listingu 3.14.

```
def block_item():
    return [declaration, statement]
def block_item_list():
    return block_item, ZeroOrMore(block_item)
def compound_statement():
    return '(', Optional(block_item_list), ')'
```

Listing 3.14. Pravila za konstrukciju blokova naredbi

Izrazi unutar gramatike su opisani pravilom *expression*, čija je implementacija prikazana na listingu 3.15. Pravilo *expression* sastavljeno je od jednog ili više *assignment_expression* pravila razdvojenih zarezom.

```
def postfix_expression():
    return primary_expression, \
        ZeroOrMore(['++', '--', ('[', expression, ']'),
                    ('.', IDENTIFIER), ('->', IDENTIFIER)])

def unary_expression():
    return [(UNARY_OPERATOR, unary_expression),
            ('sizeof', '(', type_specifier, ')'),
            ('sizeof', unary_expression),
            postfix_expression]

def assignment_expression():
    return [(Not('=',), unary_expression, Not('==',
        ASSIGNMENT_OPERATOR, assignment_expression),
        conditional_expression)]

def expression():
    return assignment_expression, ZeroOrMore(',', assignment_expression)
```

Listing 3.15. Pravila *expression*, *assignment_expression*, *unary_expression* i *postfix_expression*.

Pravilo *assignment_expression* opisuje dodelu vrednosti desnog operanda levom operandu. Levi operand prilikom dodele vrednosti je unarni izraz, opisan pravilom *unary_expression*, dok je desni operand uslovni izraz opisan pravilom *conditional_expression*.

Unarni izraz sadrži samo jedan operand i jedan unarni operator.

Ostala pravila za opis izraza prikazana su na listingu 3.16.

```
def cast_expression():
    return ['(', type_specifier, ')', cast_expression], unary_expression]

def multiplicative_expression():
    return cast_expression, \
        ZeroOrMore(MULTIPLICATIVE_OPERATOR, unary_expression)

def additive_expression():
    return multiplicative_expression, \
        ZeroOrMore(['+', '-'], multiplicative_expression)

def shift_expression():
    return additive_expression, \
        ZeroOrMore(['<<', '>>'], additive_expression)

def relational_expression():
    return shift_expression, \
        ZeroOrMore(RELATION_OPERATOR, shift_expression)

def equality_expression():
    return relational_expression, \
        ZeroOrMore(['==', '!='], relational_expression)

def and_expression():
    return equality_expression, \
        ZeroOrMore('&', equality_expression)

def exclusive_or_expression():
    return and_expression, \
        ZeroOrMore('^', and_expression)

def inclusive_or_expression():
    return exclusive_or_expression, \
        ZeroOrMore('|', exclusive_or_expression)

def logical_and_expression():
    return inclusive_or_expression, \
        ZeroOrMore('&&', inclusive_or_expression)

def logical_or_expression():
    return logical_and_expression, \
        ZeroOrMore('||', logical_and_expression)

def conditional_expression():
    return logical_or_expression, \
        Optional('?', expression, ':', conditional_expression)
```

Listing 3.16. Ostala pravila za opis izraza

4. ZAKLJUČAK

U ovom radu opisan je postupak implementacije *CodeBlock* komponente korišćenjem *arpeggio* parsera, unutar grafičkog editora električnih šema razvijenog od strane kompanije *Typhoon HIL*. *CodeBlock* komponenta je realizovana uz oslonac na već postojeći radni okvir, koji je omogućio da se integracija ove komponente u ostatak sistema odradi relativno lako.

Implementirano rešenje omogućava korisnicima da, ukoliko se ukaže potreba za tim, kreiraju svoje DSP komponente, čime je postignuto da sam sistem bude fleksibilan u odnosu na potrebe njegovih krajnjih korisnika.

5. LITERATURA

- [1] Dag Stranneby, William Walker, *Digital Signal Processing and Applications*, Newnes, Newnes, New South Wales (2011)
- [2] Steven W. Smith, *Digital Signal Processing: A Practical Guide for Engineers and Scientists*, Newnes, Newnes, New South Wales (2002)
- [3] Alistair Cockburn, *Writing effective use cases*, Addison-Wesley Professional, Boston (2000)
- [4] Definition of grammar in English, <http://www.oxforddictionaries.com/definition/english/grammar>
- [5] Parsing Expression Grammars, https://en.wikipedia.org/wiki/Parsing_expression_grammar
- [6] Bryan Ford, *Parsing Expression Grammars: A Recognition-Based Syntactic Foundation*, POPL, Venice(2004)

Kratka biografija

Alen Suljkanović je rođen u Gradačcu, Republika Bosna i Hercegovina, 1991. god. Fakultet tehničkih nauka upisao je 2009. godine., odsek Računarstvo i Automatika. Osnovne akademsek studije završio je 2013.

IMPLEMENTACIJA DOMMLITE JEZIKA I VIZUELIZATORA UPOTREBOM ARPEGGIO PARSER INTERPRETETA**IMPLEMENTATION OF DOMMLITE LANGUAGE AND VISUALISATOR USING ARPEGGIO PARSER INTERPRETER**Danijel Fat, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U ovom radu prikazana je implementacija DOMMLite DSL-a, korišćenjem Arpeggio parsera interpretera. Na osnovu izlaza parsera, konstruiše se grafička reprezentacija DSL-a u dot formatu.

Abstract – This paper presents implementation of a DOMMLite DSL-a, using Arpeggio parser interpreter. Based on parser output, graphical output is constructed in dot format.

Ključne reči: DSL, Arpeggio, DOMMLite, dot, vizuelizator

1. UVOD

Ovaj rad se bavi temom implementacije DSL-a i grafičke sintakse DSL-a. DSL je skraćenica za *Domain-Specific Languages*[1] tj. jezike specifične za domen. Da bi razumeli jezike specifične za domen, najbolje je da se fokusiramo na razlike između jezika specifičnih za domen i jezika opšte namene. Jezici opšte namene ili GPL(*General purpose language*) su namenjeni ogromnom dijapazonu problema na koje možemo da naiđemo u domenu softverskog inženjstva. Sa druge strane jezici specifični za domen obično su osmišljeni da rešavaju jedan konkretni problem (na primer jezik specifičan za rad sa akcijama će biti nemoguć za kreiranje korisničkog interfejsa). Jezici opšte namene su obično kompleksni i ogromni jezici, za razliku od jezika specifičnih za domen, koji su obično manji, jer je i njihov broj korisničkih apstrakcija znatno manji. Jezici specifični za domen nude manji stepen slobode ali to ih čini lakšim za razumevanje i korišćenje od strane domenskih eksperata..

Prednosti jezika specifičnih za domen ogledaju se u povećanoj produktivnosti[1], jer zbog svoje jednostavnosti oni su znatno lakši za učenje i znatno kraći za pisanje, što čini greške u njima manje verovatnim. Takođe manji stepen slobode u ovim jezicima dovodi do toga da je znatno lakše testirati i ispraviti moguće greške u ovakvim jezicima. Domen specifični jezici, bliski domenskim ekspertima omogućavajući im da menjaju, utiču ili daju savete o modelu jeziku iz njihovog domena. To je značajno unapređenje, u odnosu na ranije gde je posao programera ne samo da poznaju jezik opšte namene nego i domen problema.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Igor Dejanović, docent.

1. 1 Motivacija

Glavna motivacija ovog rada jeste demonstracija kreiranja funkcionalnog, tekstualnog domen specifičnog jezika i kreiranja vizuelne sintakse za taj jezik. Zašto baš tekstualni DSL? Za tekstualni jezik smo se odlučili zbog njihove velike zastupljenosti i lakše serijalizacije. Iako grafički jezici specifični za domen postoje, oni se retko koriste zbog činjenice da su vezani za alat i da njihova serijalizacija je često nefikasna. Osim toga grafička sintaksa često ume da bude znatno teža za navigaciju [2]. Drugi deo rada posvećen je kreiranju grafičke sintakse. Kao pitanje se nameće zašto koristiti grafičku sintaksu ako je ona lošija za navigaciju? Iako je grafička sintaksa lošija za navigaciju, ona je znatno bolja u davanju pregleda i skeniranja strukture programa nego tekstualna [2]. Prema [3] idealna sintaksa nije ni grafička ni tekstualna, već kombinacija – najčešće kao grafička sintaksa za davanje pregleda i tekstualna sintaksa za davanje detaljnog opisa modela.

1. 2 Korišćene tehnologije

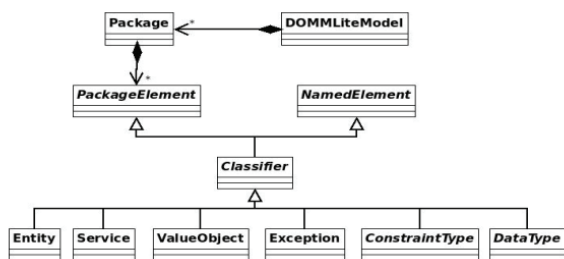
U ovom radu korišćen je prvenstveno programski jezik *Python*. *Python* programski jezik korišćen je za implementiranje domen specifičnog jezika u *Arpeggio* parser interpreteru. *Arpeggio* je PEG (*Parsing Expression Grammar*) parser iz rada Igora Dejanovića [4], mog mentora. To je rekurzivno spuštajući (*recursive descent*) parser interpreter sa memoizacijom takozvani *packrat* parser. *Arpeggio* se konfiguriše definisanjem pravila kao *Python* funkcija i vezivanjem semantičkih akcija za data pravila kako bi se manipulisalo apstraktnim stablom parsiranja (AST - *Abstract syntax tree*). *Arpeggio* je odabran kao implementacioni parser zbog lakoće korišćenja i pristojne brzine parsiranja.

Kao jezik za kreiranje grafičke reprezentacije odabran je dot format koji za vizuelizaciju koristi alatku otvorenog koda *Graphviz*. Dot forma se bavi prikazivanjem grafova. Svaki graf sadrži listu čvorova i ivica grafa. Ivice su opisane kao dva čvora grafa spojena simbolima (-- ili -->) u zavisnosti da li je u pitanju bezdirekcionni odnosno direkcionni graf. Dot sintaksa je odabrana zbog lakoće definisanja, velikog broja izlaznih formata i brzine generisanja.

2. DEFINICIJA JEZIKA DOMMLITE

Za potrebe ovog rada umesto konstruisanja novog jezika vezanog za domen, koristićemo jezik definisan u magistarskom radu mentora [5], pod nazivom *DOMMLite*. *DOMMLite* predstavlja domen specifični je-

zik za implementaciju poslovnih aplikacija[5]. Na slici 1 dat je pregled osnovnih DOMMLite koncepata. U nastavku sledi kraći opis ovog jezika.



Slika 1. Prikaz osnovnih DOMMLite koncepata

Model predstavlja korenski kontejnerski objekat [5]. On poseduje ime, kratki i dugi opis i sadrži u sebi nula ili više tipova podataka (*DataType*), nula ili više tipova ograničenja (*ConstraintType*) i nula ili više paketa (*Packet*).

Prosti tipovi su ili tip podataka (*DataType*) ili enumeracije (*Enumeration*). Ovi tipovi su osnovni gradivni blokovi iz kojih se drugi elementi kreiraju. Kao i svi ostali elementi *DOMMLite* jezika, imaju ime, kratki i dugačak opis. Enumeracije odnosno nabiranja u sebi sadrže set literala koji, pored imena, kratkog i dugačkog opisa, poseduju i vrednost u koju će dati literal biti serijalizovan.

Paketi (*Package*) predstavljaju osnovni mehanizam organizacije koda u *DOMMLite* modelu. Paketi su elementi koji u sebi mogu sadržati: entitete, servise, vrednosne objekte, izuzetke, proste tipove kao i druge pakete. Paketi su takođe i osnovne jedinice prostora imena (*namespace*), tj. svi elementi u jednom paketu moraju imati jedinstveno ime.

Ograničenja (*Constraint*) su zajednički termin za oznake (*TagType*) i validatore (*ValidatorType*). Oznake su elementi koji proširuju sintaksu *DOMMLite* jezika, dok su validatori elementi koji proveravaju ispravnost pojedinih elemenata u *DOMMLite* jeziku. Definišu se na identičan način, tako što se nakon ključne reči koja zavisi od tipa (*tagType/validatorType*) definiše ime a potom, lista tipova parametara, praćena listom elemenata na koji se oznaka odnosno validator može primeniti. Kasnije, na elementima na kojima se može iskoristiti, u delu za specifikaciju ograničenja, unosi se ime ograničenja, praćeno parametrima koji su u skladu sa definicijom.

Strukturne osobine (*Property*) u *DOMMLite* je element jezika koji opisuje strukture različitih klasifikatora. Strukturne osobine se mogu javiti kao atributi ili reference. Ako je tip strukturne osobine prost tip u pitanju je atribut, u suprotnom u pitanju je referenca. Reference su veze ka drugim elementima i mogu imati svojstvo *containment*. Ovo svojstvo govori da li je u pitanju veza sadržavanja. Reference mogu biti unidirekzione ili bidirekzione. Po tipu veze reference mogu biti jedan na jedan, jedan na više i više na više.

Izuzeci (*Exception*) predstavljaju greške koje operacije mogu emitovati ako naiđu na neispravno ponašanje. Izuzeci se sastoje od jedne ili više strukturnih osobina, koje predstavljaju polja tog izuzetka.

Vrednosni objekti (*Value Object*) su objekti koji predstavljaju poruke između više različitih slojeva sistema. Vrednosni objekti nasleđuju druge vrednosne objekte, a zavise od entiteta kojih iz razmenjuju. Ovi

klasifikatori sadrže u sebi kolekciju instanci strukturnih osobina i specifikacija ograničenja [5].

Operacije (*Operation*) predstavljaju jedinice ponašanja *DOMMLite* modela. Svaka operacija poseduje ime, tip, opise, kao i kolekciju izuzetaka koje može da generiše tokom izvršavanja. Osim ovih elemenata svaka operacija može da specificira i niz ograničenja nad njom. Operacija može, a ne mora da ima parametre. Ti parametri takođe imaju ime, tip, opise i set ograničenja nad njima. Ovi parametri predstavljaju ulazne i/ili izlazne informacije operacije.

Operacija uvek vraća kao rezultat izvršenja neki tip. Ako operacija ne vraća rezultat, onda se obično koristi definicija tipa *void* iz standardne baze *DOMMLite* jezika. Korisnik takođe može definisati sopstveni tip koji će kasnije ignorisati.

Servisi (*Service*) predstavlja način za grupisanje poslovne logike u delove koji nemaju stanje i ne pripadaju entitetima. Servis je klasifikator koji nasleđuje druge servise, ali i zavisi od drugih servisa. Servisi u sebi poseduje set operacija koja mogu biti vezane za servis ili grupisane u logičke celine koristeći operacijske odeljke. Operacijski odeljci (*OperationCompartment*) su način za grupisanje operacija.

Entiteti (*Entity*) predstavljaju kolekciju osobina i operacija koje se mogu grupisati u logičke celine. Entiteti običnu modeluju neke od učesnika u poslovnom procesu. Oni za razliku od ostalih klasifikatora su specifični po tome što jedini imaju jasno definisanu i obaveznu serijalizaciju.

Svaki entitet mora imati poslovni ključ (*Business key*), odnosno set struk. osobina (*Property*) koji ga definišu kako se element serijalizuje.

Osim serijalizacije, entitet može imati i tekstualnu reprezentaciju koja je iskazana kao niz string literala i referenci ka osobinama entiteta, spojenih konkatencijom. Osim ovih elemenata entitet sadrži i kolekciju operacija odnosno osobina vezanih za entitet ili grupisanih u logičke celine (*FeatureCompartment*).

3. IMPLEMENTACIJA

Za implementaciju jezika *DOMMLite*, koristićemo *Arpeggio* parser. Da bi implementacija ovog parsera bila uspešna potrebno je da mapiramo definiciju *DOMMLite* jezika na model PEG parsera. Prvo se definiše korensko pravilo gramatike (slika 2.).

Radi jednostavnosti u daljem tekstu će biti dat primer kreiranja i validiranja gramatike nad vrednosnim objektom, jer je taj primer dovoljno reprezentativan, ali ne i previše složen.

```
# The basic root rule of grammar definition
def domm(): return model, EOF
```

Slika 2. Korensko pravilo gramatike.

U *Arpeggio* gramatici, pravilo EOF (slika 2.) označava specijalni karakter koji denotira kraj unosa, odnosno fajla. Pošto je preostalo samo pravilo za modele to pravilo kreiramo i zatim implementiramo sintaksu kao što je ranije data u poglavlju 2. kad smo definisali *DOMMLite* jezik (slika 3.).

```
def model() :      return Kwd("model"), name, Optional(named_elem), \
                  ZeroOrMore([user_type, constraint_type]), \
                  ZeroOrMore(package)
```

Slika 3. Gramatika modela

Kao što je ranije definisano element package sadrži ranije spominjane klasifikatore među kojima se nalazi i klasifikator vrednosni objekat koji je nama od interesa za dalju analizu. Vrednosni objekat je definisan kao na slici 4.

```
def value_object(): return Kwd("valueObject"), name, Optional(ext_def), \
                          Optional(dep_def), Optional(named_elem), \
                          "{", Optional(constr_speclist), ZeroOrMore(prop), "}"
def ext_def():      return Kwd("extends"), rel_id
def dep_def():      return Kwd("depends"), rel_id, ZeroOrMore(",", rel_id)
```

Slika 4. Gramatika vrednosnog objekta i pridruženih pravila

Vrednosni objekat se sastoji iz ključne reči *valueObject*, praćene imenom – *name*, zatim definicije elemenata koje nasleđuje (*ext_def*), liste elemenata od kojih zavisi (*dep_def*), opcionog opisa (*named_elem*) zatim opcione liste specifikacija (*constr_speclist*) i nula ili više strukturnih osobina (*prop*). Opis elementa predstavljen je sekvencom opcionih elemenata koji predstavljaju kratki i dugi opis. Ovaj element neće biti detaljnije opisan. Na slici 4. osim pravila *value_object* nalaze se i pravila za *ext_def* i *dep_def* koji predstavljaju elemente koji predstavljaju nasleđivanje i veze zavisnosti, respektivno. Ove veze sadrže u sebi *rel_id* koji predstavlja relativne odnosno kvalifikovane identifikatore do putanje na kojoj se nalaze odgovarajući elementi.

```
def constr_speclist(): return "[", constr_spec, ZeroOrMore(",", constr_spec), \
                             "]"
def constr_spec():     return rel_id, Optional("(", constr_param, \
                             ZeroOrMore("(", constr_param, ")"),
def constr_param():    return [string, name, integer]
```

Slika 5. Gramatika vrednosnog objekta i pridruženih pravila

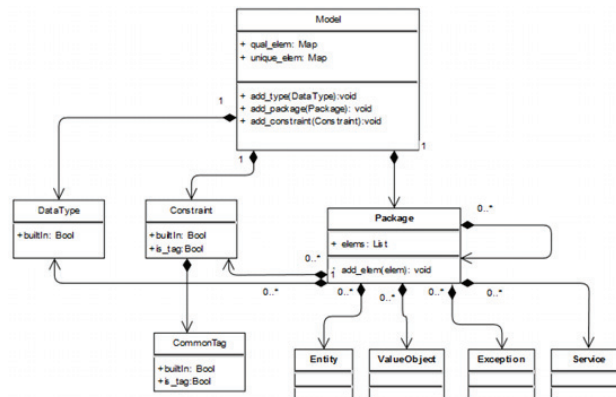
Specifikacija ograničenja (*constr_speclist*) na slici 5. se može definisati kao lista uokvirena uglastim zagradama, koja sadrži jednu ili više specifikacija ograničenja. Ograničenja se specificiraju kao ime ograničenja i lista parametara koji mogu biti tipa string literal, celobrojni literal ili referenca.

Gramatike strukturne osobine (*Property*) je znatno kompleksnija, tako da nećemo ulaziti u detalje njene konstrukcije.

Kada smo definisali sva pravila parsiranja, pristupamo kreiranju i vezivanju semantičkih akcija za odgovarajuća pravila parsera. Na primer za pravilo *model* dodata je semantička akcija *ModelAction* koja nasleđuje *Arpeggio* klasu *SemanticAction* to jest tako što napišemo *model.sem = ModelAction()*. Klasa *ModelAction* osim što nasleđuje objekat *SemanticAction* mora i da definiše metode *first_pass* i *second_pass* (u zavisnosti od potreba). Pravilo *first_pass* se poziva prilikom prolaska parsera od dna ka vrhu, dok se pravilo *second_pass* poziva u drugom prolasku u nespecificiranom redu, pozivajući samo akcije koje imaju *second_pass* metodu definisanu.

U implementaciji parsera, da bi bilo moguće koristiti reference koje nisu definisane ranije, potrebno je koristiti *first_pass* metodu za formiranje virtuelne tabele, koja će u metodi *second_pass* biti korišćena radi verifikacije. Ova virtuelna tabela će biti definisana u modelu, jer je model

jednoznačno određen na nivou fajla (Slika 2.). Ovaj model će u toku dodavanja pod-elemenata biti rekurzivno prosleđivan kroz metodu *_update_parent_model* na sve podelemente. Elementi koji ne koriste model radi verifikacije, definišu metodu ali je ne implementiraju dalje (Slika 6.). Virtuelna tabela modela se nalazi u *qual_elem*.



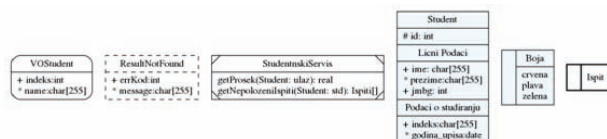
Slika 6. Prikaz strukture model klase u DOMMLite parseru

Za validaciju ćemo koristiti ranije definisan primer vrednosnog objekta (*ValueObject*). Da bismo uspešno validirali objekat prilikom kreiranja i dodavanja *ValueObject* instance u paket, moramo biti sigurni da element sa istim imenom ali drugim tipom nije već dodan (ako jeste, onda bacamo izuzetak i terminiramo program). Ovo je potrebno zato da bismo bili sigurni da je putanja do našeg vrednosnog objekta je jedinstvena. Ako putanja ne bi bila jedinstvena, onda prilikom razrešavanja referenci bi bilo nemoguće da razlikujemo te dve putanje, bez dodavanja kompleksne logike za razrešavanje takvih konflikata. Osim toga jako je bitno da strukturne osobine u vrednosnom objektu budu jedinstvene. Pošto i strukturne osobine mogu biti referencirane, nameće se problem da i putanja do osobina mora biti jedinstvena. Ali pošto putanja do osobine je sastavljena od putanje do vrednosti plus imena osobine, putanja do osobine je jedinstvena ako je ime u osobini jedinstveno. Dalje elementi koji vrednosni objekat nasleđuje moraju biti tipa vrednosni objekat, za čega se koristi referenca ka modelu radi provere postojanja elementa sa datim imenom i traženim tipom. Ako oba ova uslova nisu zadovoljena, program baca izuzetak i završava se.

3.1. Implementacija grafičke sintakse

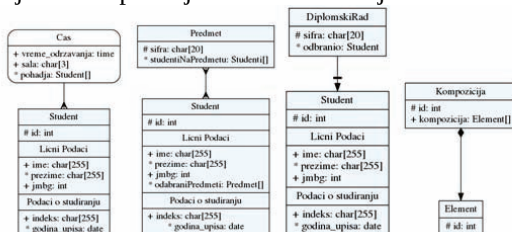
Kao drugi deo ovog zadatka izdvaja se kreiranje vizuelne sintakse za ovaj program. Ova sintaksa je kreirana koristeći sintaksu za definisanje grafova dot i *Graphviz*. Ova sintaksa zasnovana je definiciji sintakse date u radu[6], Maje Tumbas Živanov. Sintaksa se generiše na osnovu modela. U modelu se nalazi virtuelna tabela svih elemenata *qual_elem* i lista jedinstvenih relacija *rel*, koja se prosleđuje klasi *DOMMExport*, preko metode *export_model*, nakon što je obavljena validacija i vraćen rezultat u vidu grafa. Eksporter prolazi kroz listu elemenata koji se prikazuju i dodaje ih na graf kao čvorove, a zatim prolazi kroz listu elemenata koji se

nalaze u listi rel i njih dodaje u dot fajl kao iverice grafa. U nastavku biće dat kratak pregled vizuelne sintakse. Na slici 7. dat je pregled svih mogućih prikaza klasifikatora. Vrednosni objekti su prezentovani kao pravouganici sa zaobljenim ivicama. Izuzeci su prikazani kao pravougaonici sa isprekidanim linijama. Servisi su prikazani u pravouganiku sa odsečenim ivicama. Entiteti su prikazani svetlo plavim pravougaonicima, pri čemu odeljci dele osobine i operacije horizontalno. Odeljci su imenovani prema opisima ako postoje. Servisi imaju slične odeljke ali nisu prikazani u ovom primeru (Slika 8.). Enumeracije su prikazani kao pravougaonici sa specijalnim praznim jezičkom sa leve strane, i specijalnim odeljkom za imena ispod. Prosti tipovi (DataType) su prikazani kao pravougaonici sa praznim levim jezičkom. Prazan jezičak anotira proste tipove.



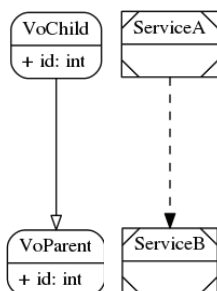
Slika 7. Vizuelni prikaz klasifikatora, s leva na desno – vrednosni objekat, izuzetak, servis, entitet, enumeracija, prost tip

Reference u DOMMLite-u prema [6] se mogu podeliti na četiri tipa: jedan na više, više na više, jedan na jedan i veza kompozicije (Slika 8). Notacija korišćena za reference je slična notaciji korišćenoj u UML (Unified modelling language) notaciji. Za veze koje gledaju ka elementu sa kardinalitetom više korišćen je tzv. crow foot, dok je za kompoziciju korišćen crni dijamant.



Slika 8. Vizuelni prikaz referenci, s leva na desno – jedan na više, više na više, jedan na jedan, kompozicija

Relacije generalizacije i zavisnosti su prikazane strelicama, sličnim onim u UML-u, tj. za relacije generalizacije to je prazna strelica a za veze zavisnosti isprekidana linija (Slika 9.).



Slika 9. Prikaz veza generalizacije (levo) i veze zavisnosti (desno)

4. ZAKLJUČAK

Cilj rada jeste da se kreira parser interpreter u *Arpeggio* za jezik *DOMMLite* kao i vizuelizator za taj jezik. Grafička reprezentacija kreirana je veoma slična onoj u radu [6] uz manja odstupanja zbog skromnijih mogućnosti dot formata (npr. nema mogućnost da se elementi kolapsiraju). Implementirani jezik je detaljno izvalidiran i istestiran a grafička reprezentacija se uspešno generiše.

Ovako kreiran DOMMLite parser je ponovo iskoristiv za slične projekte. Dalji pravci razvoja bi bili: unapređenje performansi, dodavanje generatora za kreiranje različitih poslovnih aplikacija, integracija u tekstualni editor, ili neko integrisano okruženje za razvoj.

5. LITERATURA

- [1] Voelter, Markus, et al. *DSL Engineering-Designing, Implementing and Using Domain-Specific Languages*. dslbook.org, 2013.
- [2] Green T. R. G. and Petre M., *When Visual Programs are Harder to Read than Textual Programs*, *Human-Computer Interaction: Tasks and Organisation*, Proc. ECCE-6 (6th European Conference on Cognitive Ergonomics, Rome, 1992.
- [3] Petre Marian and Blaine A. Price, „Why Computer Interfaces Are Not Like Paintings: the user as a deliberate reader“ *Proceedings, East-West HCI, 1992*
- [4] Dejanović Igor, Branko Perišić, Gordana Milosavljević, *ARPEGGIO: Pacrat parser interpreter*, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, 2010.
- [5] Dejanović Igor, *Metamodel, editor modela i generator poslovnih aplikacija*, magistarska teza, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu 2008.
- [6] Tumbas Živanov Maja, *Grafički okvir za modelovanje strukture poslovnih aplikacija na bazi domen-specifičnih jezika*, Univerzitet u Novom Sadu, 2010

Kratka biografija:



Danijel Fat rođen je u Sremskoj Mitrovici 1987. godine. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka, u Novom Sadu iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – softversko inženjerstvo, odbranio je 2014. godine.

DSL ZA SPECIFIKACIJU I IMPLEMENTACIJU WEB APLIKACIJA NA BAZI ARPEGGIO PARSERA**DSL FOR SPECIFICATION AND IMPLEMENTATION OF WEB APPLICATIONS BASED ON ARPEGGIO PARSER**Dušan Marić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

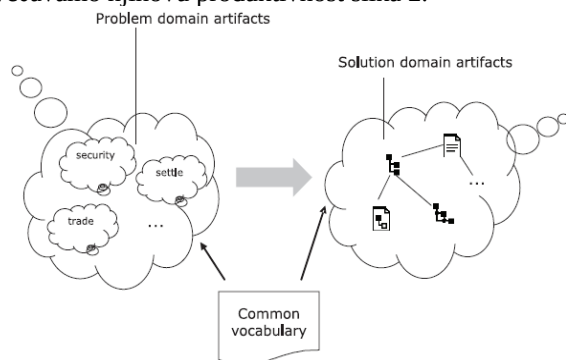
Kratak sadržaj – U ovom radu prikazan je DSL za specifikaciju i implementaciju web aplikacija na bazi Arpeggio parsera. Na osnovu DSL opisa generišu se šablonske web aplikacije realizovane na Java programskom jeziku. Jinja2 obrađivač šablona koristi se za opisivanje tekstulnih šablona.

Abstract – This paper presents the DSL for specification and implementation of web applications based on Arpeggio parser. Based on the description of the DSL, web applications are being generated on Java programming language. Jinja2 template engine is used for describing textual patterns.

Ključne reči: DSL, Arpeggio, web aplikacija, Jinja2

1. UVOD

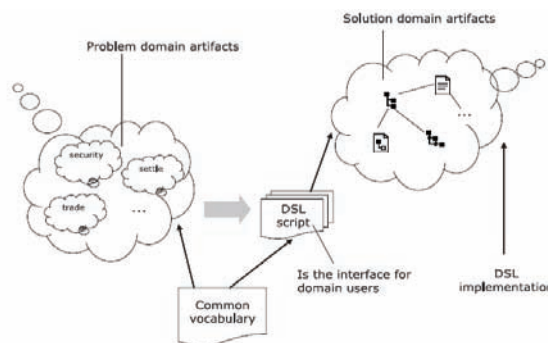
DSL (*Domain-Specific Languages*) je skraćenica koja se odnosi na jezike specifične za domen [1]. Termin ćemo objasniti na kratkom primeru. Imamo problem u nekom domenu i imamo domenske eksperte koje rešavaju probleme u datom domenu, ali su im tehnologije koje se koriste nepoznate. Terminologija koja se koristi u tehnologijama ne odgovara domenu problema i način na koji se rešava problem korišćenjem tehnologija im je takođe nepoznat. Drugim rečima ne postoji mapiranje između terminologija domena i terminologija jezika koji se koristi za rešavanje problema. Na slici 1 prikazan je problem koji imaju domenski eksperti. Kako ne želimo da domenske eksperte udaljavamo od domena problema pravimo DSL koji sadrži terminologije domena i povećavamo njihovu produktivnost slika 2.



Slika 1 – Problem domenskih eksperata

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Igor Dejanović, docent.



Slika 2 – Rešenje za domenske eksperte

Na ovaj način domenski eksperti neće morati da “gube vreme” učeći tehnologije koje su im nepoznate, već će rešavati probleme na jeziku koji odgovara domenu, a na osobi koja pravi DSL je obaveza da napravi mapiranje između terminologija.

1.1 Motivacija

Jedan deo razloga odabira teme zasniva se na samoj prednosti DSL jezika u odnosu na GPL (*General purpose language*) jezike. Neke od prednosti su: povećanje produktivnosti, korisnici mogu jasnije da iskažu svoju nameru, jezik se može prilagoditi domenskim ekspertima, domenski eksperti direktno koriste DSL bez posredovanja programera, znatno smanjivanje broja linija koda i mnoge druge prednosti.

Drugi deo razloga odabira teme zasniva se na web programiranju. Ako imam potrebu za web aplikacijama u određenom uskom domenu web programiranja u smislu korišćenih tehnologija, samog izgleda i dr. DSL predstavlja pravo rešenje. Uložićemo vreme da kreiramo DSL i svaki sledeći put kada nam bude trebala šablonska web aplikacija mi ćemo je opisati na osnovu DSL jezika. Manji broj linija koda je potreban prilikom opisivanja pomoću DSL, nego programiranje u nekom GPL jeziku. Ovo predstavlja glavnu prednost DSL u odnosu na GPL.

1.2 Korišćene tehnologije

Programski jezici koji su korišćeni u ovom radu su *python* i *java*. *Python* programski jezik je korišćen za programiranje DSL jezika. U njemu je programiran i parser *Arpeggio*. *Java* programski jezik se koristi u generisanju web aplikacija na osnovu DSL jezika. *Arpeggio* parser zauzima jedan deo rada doktorske disertacije mentora Igora Dejanovića [2]. Pripada grupi *packrat* parsera i koristi PEG gramatiku [3]. Ako želimo

da koristimo parser potrebno je da konfigurišemo gramatiku pomoću PEG tekstualne sintakse ili *python* jezičkih konstrukcija.

U ovom radu korišćene su *python* jezičke konstrukcije. Razlika praktično ne postoji osim u brzini inicijalizacije koja je na strani *python* jezičkih konstrukcija. *Arpeggio* interpretira PEG gramatike u vreme izvršavanja. Podržava i semantičke akcije. *Jinja2* je obrađivač šablona (*template engine*) za *python* programski jezik.

Napravljen je po uzoru na *Django* obrađivač šablona (*template engine*). Brz je, ima široku primenu i ima mogućnost izvršavanja u *sandbox* režimu. Šabloni mogu da se nasleđuju.

2. DIZAJN JEZIKA

Na slici 3 prikazan je dizajn rešenja.



Slika 3 – Dizajn rešenja

Kada smo napisali neki DSL na osnovu gramatike koju smo prethodno napravili, on predstavlja izvor informacija strukturiran na osnovu gramatike. Informacija je opisana terminologijom domena problema koji je blizak domenskom ekspertu. Struktura jezika je bitan faktor prilikom parisanja jezika. Ako ne bi imali strukturu parser ne bi mogao da izvuče potrebne informacije iz teksta, za razliku od čoveka koji bi čitao taj tekstualni dokument. Pod pretpostavkom da je DSL validan, parsiranje je uspešno. Ako DSL nije validan, parsiranje je neuspešno i DSL nije strukturirao pravilno informacije na osnovu gramatike.

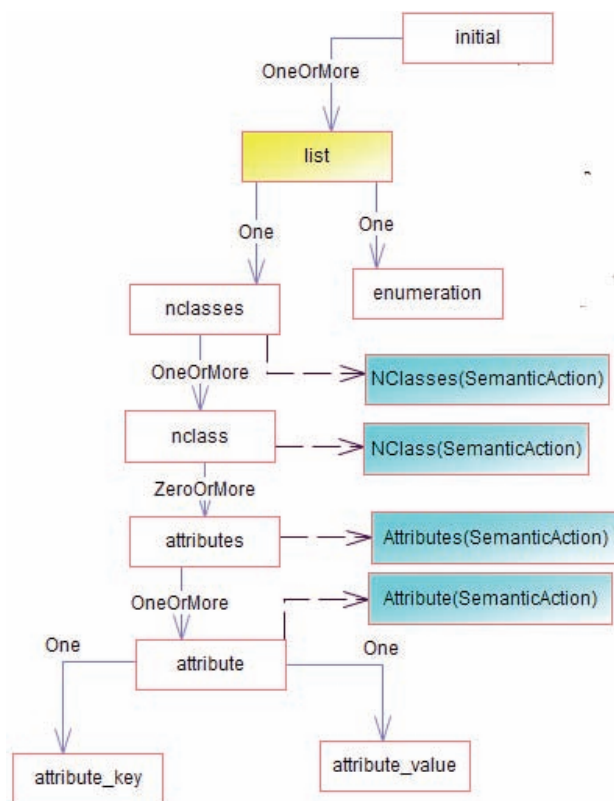
Arpeggio parser izvršava parsiranje i njegov zadatak je da izdvoji korisne informacije od same strukture jezika i da te informacije transformiše u pogodan oblik i prosledi *Jinja2* obrađivaču šablona (*template engine*). Sam šablon ima unapred definisanu strukturu i sadrži statične informacije koje su uvek iste. Značajnije za nas predstavljaju mesta u šablonu koja su dinamičke prirode i čije vrednosti dobijamo od parsera.

Rezultat šablona je neki tekstualni fajl. Njihovim strukturiranjem u direktorijume i strukturiranjem samih direktorijuma dobijamo generisanu aplikaciju. Gramatika jezika treba da bude što nezavisnija od samog programskog jezika koji koristimo u generisanju. Postavlja se pitanje šta bi onda trebalo gramatika da opisuje?

Vođeni logikom MDA (*Model-driven architecture*) da se razvoj softvera zasniva na modelu opredelili smo se za ovakav pristup. Ako imamo dobro definisan model i imao stereotipove koji proširuju model u nekoj granici, na osnovu tih informacija možemo da igenerišemo bilo kakvu aplikaciju. Imamo sve potrebne informacije a nigde nismo naveli za koju platformu generišemo.

Ovakav način razmišljanja ćemo preuzeti prilikom pravljenja gramatike jezika. Razlika je u tome što je na nama da opišemo model u tekstualnoj formi i da odredimo sintaksu.

Na slici 4 prikazan je grafički prikaz dela gramatike.



Slika 4 – Grafički prikaz dela gramatike

Beli pravougaonici predstavljaju gramatička pravila. Pune strelice predstavljaju koja druga pravila određeno pravilo uključuje i koliko puta u odnosu na kvalifikator. Žuti pravougaonik predstavlja listu koja sadrži više pravila. Plavi pravougaonici predstavljaju semantičke akcije koje su dodeljene pravilima na osnovu isprekidanih strelica. Sintaksna analiza se izvršava *top – down*, dok se semantička analiza izvršava *bottom – up*. U semantičkoj analizi se generiše kod. Početno pravilo je “initial” i ono sadrži druga pravila u sebi, ta pravila isto sadrže pravila i na taj način pravi se stablo. Naravno mogli smo gramatiku opisati na osnovu jednog pravila ali to nema puno smisla. To pravilo bi bilo ogromno i teško bi bilo za čitanje i izmenu. Veći problem bi predstavljao ulazni string koji bi predstavljao ulazni fajl. Da bi izdvojili informacije koje prenose semantiku od informacija koje koristimo samo da bi ulazni string sadržao validnu strukturu potreban je komplikovaniji algoritam.

To se manifestuje velikim brojem programskih *for*, *while* petlji. Zato što moramo iz više iteracija da preuzimamo informacije. Sada kada smo podelili gramatičko pravilo na više pravila da pogledamo strukturu pravila. Za nas u ovom trenutku najznačajni je pravilo “nclasses” od kojega počinje dekompozicija na manja pravila. Pomoću ovog pravila opisujemo model podataka. Znamo da klasa u modelu sadrži atribut.

Atribut opisujemo nazivom, tipom, klasifikatorom koji određuje pristup i možemo stereotip da dodelimo atributu i da ga proširimo novim informacijama u MDA. Te informacije se opisuju u modelu na jedan način, dok ih u gramatici opisujemo na drugačiji način.

Pravilo “attribute” sadrži pravila “attribute_key” i “attribute_value”. Sada atribut opisujemo tako što “attribute_key” predstavlja šta opisujemo kod atributa. Na primer “attribute_key” može da predstavlja: naziv atributa, tip atributa, da li je atribut obavezan itd. Dok “attribute_value” predstavlja vrednost atributa. Na ovaj način smo obezbedili da možemo da dodajemo razne karakteristika atributa, samo proširujući “attribute_key”. Ako pogledamo na slici 4 primetićemo da ne generišemo projekat u jednom koraku.

Parsiranje u semantičkoj analizi je *bottom – up* što znači da će poslednja semantička akcija izvršiti u “initial” pravilu. Ali to ne znači da ceo projekat generišemo u “initial” pravilu.

Na primer u “enumeration” pravilu imamo dovoljno informacija da generišemo enumeracije. Zašto bi parsirali string u “initial” pravilu za enumeracije kada je string mnogo veći. Koristimo prednost strukture da na što lakši način preuzmemo informacije. Zaključak je da ako u nekom pravilu imamo dovoljno informacija da generišemo određeni element generisanog projekta to ćemo u tom koraku i uraditi.

Mogućnost da kada se nađe na pravilo, i ako imamo dovoljno informacija za određeni elemenat generisanog projekta izgeneriše taj elemenat znatno nam olakšava programiranje. Ali postoji još jedna prednost strukture stablo koju *Arpeggio* podržava, a to je da možemo da preuzimamo informacije od potpravila ,tj dece od određenog čvora.

Na slici 4 pravilo “nclasses” ima dovoljno informacija da izgeneriše određeni elemenat, ali da bi došli do tih informacija potrebno ih je pokupiti iz više prolaza kroz isti string. Zato u pravilu “nclass” semantička akcija preuzima informacije koje su potrebne “nclasses” strukturi ih u određenu formu i prosleđuje ih na viši hijerarhijski nivo. Sada “nclasses” za deo informacija iterirati kroz dinamičku strukturu dobijenu od potpravila, tj dece u strukturi stabla. Dok drugi deo informacija može sama da obradi.

Preuzimanje informacija od dece moguće je za proizvoljnu dubinu, samo je potrebno svaki čvor da formatira informacije. Na ovaj način smo podelili posao između pravila i olakšali programiranje. Informacije koje su jednostavne pravilo će samo preuzeti, dok informacije koje je komplikovano preuzeti a predstavljaju potpravilo, samo potpravilo će obraditi i poslati roditelju. Koristeći prednosti strukture stabla pokušali smo na što jednostavniji način preuzmemo informacije iz fajla za parsiranje. Sada kada smo preuzeli informacije potrebno ih je na neki način strukturirati da bi im na što lakši način pristupali u *Jinja2* šablonu. Ako pogledamo na slici 4 pravila: “attribute”, “attribute_key” i “attribute_value”. Njihova struktura nas podseća na mapu u *javi* ili *dictionary* u *python* – u. Takvu smo strukturu i koristili zato što nije potrebna da se iterira.

Pravilo “attributes” sada predstavljamo pomoću dinamičke strukture liste *dictionary* –a. Ova dinamička struktura nam je najznačajnija zato što nosi najviše semantike. Ostale informacije prosleđivaćemo pomoću promenljiva ili lista.

Cilj dizajna bio je da na što jednostavniji način pristupimo informacijama, transformišemo ih i prosledimo. To smo uspeali da postignemo na osnovu gramatike jezika,

korišćenjem prednosti strukture stabla i dinamičke strukture za prosleđivanje *Jinja2* obrađivaču šablona (*template engine*).

3. IMPLEMENTACIJA

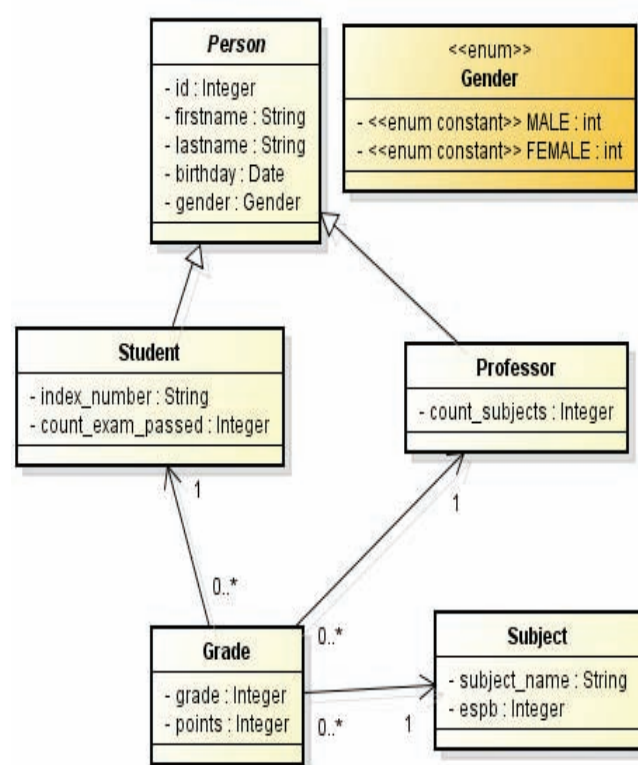
Pre nego što se počne sa implementacijom potrebno je imati neku referentnu implementaciju na kojoj će se bazirati generisanje. Ako ne bi imali referentnu implementaciju to bi znatno otežalo razvoj. Ovako pokušavamo da prilagodimo generisanu aplikaciju referentnoj aplikaciji.

Potrebno je prvo ručno programirati referentnu implementaciju ako je nemamo, pa tek onda krenuti sa generisanjem. U našem slučaju imali smo veći deo programiran referentne implementacije, tako da smo znali u kom pravcu da generišemo.

Do rešenja se dolazi iterativnim putem. Skiciramo jezik, povežemo komponente i gledamo šta smo dobili generisano za određeni ulaz. Ispravljamo greške i ponovo generišemo.

Posle određenog broja iteracija dobijamo rešenje. Ovo je uobičajan način u programiranju. Problem predstavlja ako alatima koje koristimo treba više vremena da nam prikažu rezultat.

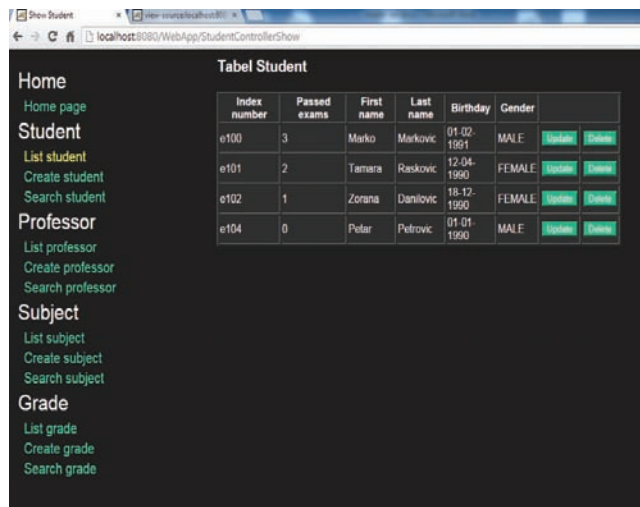
Posle određenog broja iteracija programer se umara i skreće mu se pažnja od stvarnog problema. *Arpeggio* to vreme svodi na minimum što nam olakšava rad. Na slici 5 prikazan je primer modela.



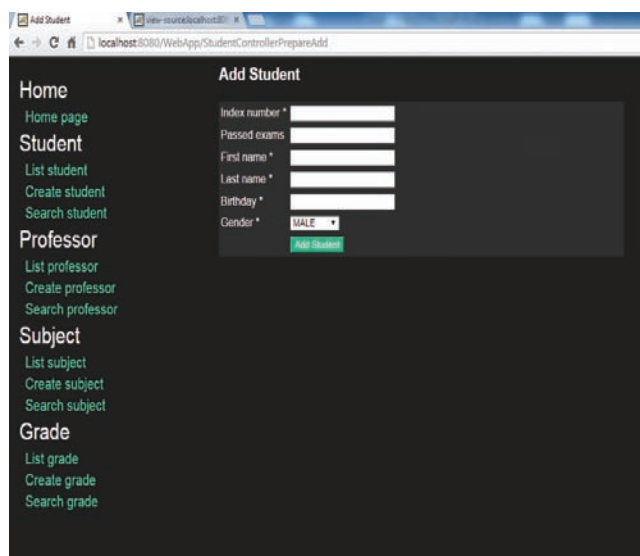
Slika 5 – Primer modela

Funkcionalnosti koje su implementirane su CRUD (*create, read, update i delete*) operacije nad podacima i *search* operacija nad podacima. Generisana aplikacija predstavlja osnovu web aplikacije. Za neke kompleksnije

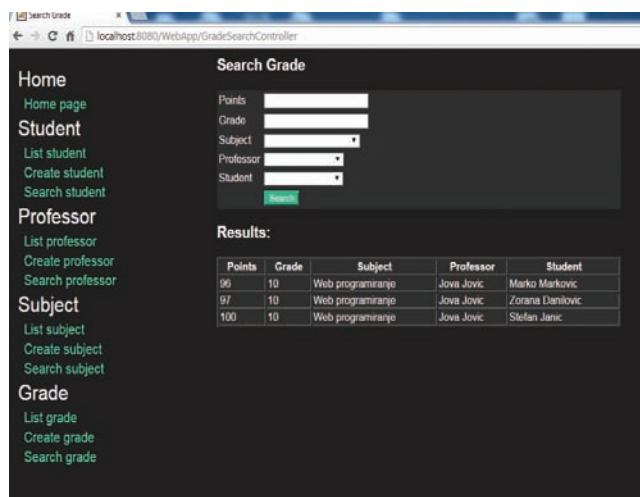
operacije koje predstavljaju upit između raznih tabela programer će morati ručno da implementira. Na slikama: 6, 7 i 8 prikazani su *screenshot* – ovi web aplikacije u različitim trenucima izvršavanja.



Slika 6 – Prikaz studenata



Slika 7 – Dodavanje studenta



Slika 8 – Rezultat pretrage

4. ZAKLJUČAK

Cilj rada je da na osnovu DSL jezika koji smo kreirali izgenerišemo različite šablonske web aplikacije za različite modele. Generisana web aplikacija potrebno je u što većoj mjeri da bude slična referentnoj implementaciji. Da bi korisnik imao što manje ručnih izmena.

Osim par konfiguracionih fajlova koje korisnik treba ručno da izmeni generisana web aplikacija u potpunosti podržava šablon referentne aplikacije. Jezik kojim je problem opisan treba da bude jednostavan za korisnika ali i za programera.

Jezik ne treba da bude previše deskriptivne prirode. Korisniku bi trebalo više simbola da objasni jedan pojam. Dok bi programer imao problem da izdvoji informacije koje predstavljaju strukturu jezika od informacija koje prenose semantiku rešenja problema. Jezik treba da bude kratak i sažet, kao programski kod.

Informacije su struktuirane na osnovu objektno – orijentisane paradigm, jezik je kreiran da opisuje entitete. Gramatika je napravljena tako da atributi koji su glavni nosioci semantike, lako se proširuju u samoj gramatici novim karakteristikama.

Dalji razvoj softvera zasnivaće se: Na osnovu DSL moguće je izgenerisati web aplikacije na različitim programskim jezicima, Na osnovu DSL moguće je specificirati komplikovanije funkcionalnosti, pravljenje grafičkog DSL i upoređivanje karakteristika sa tekstualnim.

4. LITERATURA

- [1] Debasish Ghosh, Jonas Bonér, *DSLs in Action*, Manning Publications Co, Stamford, 2011.
- [2] Igor Dejanović, *Prilog metodama brzog razvoja softvera na bazi proširivih jezičkih specifikacija*, author's reprint, Faculty of Technical Sciences, Trg. D. Obradovica 6 Novi Sad, pp 156 – 171, 2011.
- [3] Bryan Ford, *Packrat Parsing: a Practical Linear-Time Algorithm with Backtracking*, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, pp 31-57, 2002.

Kratka biografija:



Dušan Marić je rođen 23.01.1990. godine u Novom Sadu. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Primenjene računarske nauke i informatika odbranio je 2014. godine.

KOMUNIKACIJA U REALNOM VREMENU NA INTERNETU**REAL TIME COMMUNICATION OVER THE WEB**Boris Popratnjak, Željens Trpovski, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U ovom radu opisana je tehnologija WebRTC koja služi za komunikaciju u realnom vremenu posredstvom Interneta. Za uspostavu poziva sa medijskim sadržajem (audio i video) potreban je server i neki od Web pretraživača koji podržavaju ovu tehnologiju. WebRTC predstavlja napor da se naprave standardi koji bi omogućili komunikaciju u realnom vremenu između svih Web pretraživača na svim uređajima. Tehnologije za komunikaciju preko interneta (Skype, Viber, WhatsApp) su već doprinele promeni komunikacija među ljudima a WebRTC ima još veći potencijal od pomenutih. U radu je opisan i primer.

Abstract – In this paper, the technology for real time communication over the Web named WebRTC is described. For making a media call (with audio and video) we need a Web server and a Web browser that supports this technology. WebRTC represents an effort to make standards which would allow real time communication between all the existing browsers on all devices. Technologies for communication (such as Skype, Viber, WhatsApp) have already largely changed the way people communicate every day and WebRTC has more potential than the above mentioned. There is also an example explained in this paper.

Ključne reči: WebRTC, HTTP, HTML, Javascript, API, XMPP, Jingle

1. UVOD

WebRTC je skraćenica za Komunikaciju u realnom vremenu koristeći Svetsku mrežu (Web Real-Time Communication). Ova tehnologija, zajedno sa drugim naprecima u HTML5 pretraživačima, ima potencijal da revolucionizuje način na koji komuniciramo, kako u ličnoj tako i u poslovnoj sferi.

Napredak u industriji komunikacije preko interneta tokom godina je doveo do velikog uticaja interneta na audio-video komunikaciju. Protokoli za signalizaciju kao što su SIP (Session Initiation Protocol) protokol za inicijalizaciju sesije, SDP (Session Description Protocol) protokol za opis sesije i protokoli za sigurnu konekciju kao što je SRTP (Secure Real-time Transport Protocol) zaštićeni protokol za transport audija i videa u realnom vremenu će kreirati bazu za nešto što će neizbežno zameniti telefonski sistem (PSTN). Tehnologije za komunikaciju preko interneta (Skype, Viber, WhatsApp) su već doprinele promeni komunikacija među ljudima a WebRTC ima još veći potencijal od pomenutih tehnologija.

NAPOMENA:

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

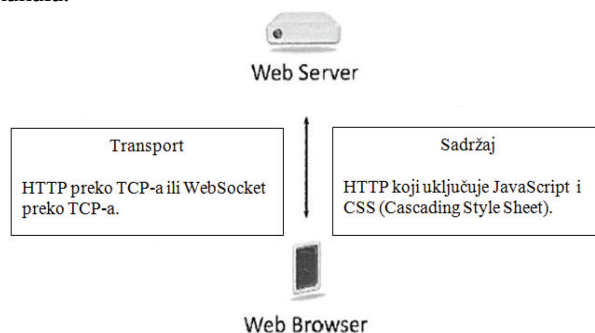
Standardi i protokoli potrebni za WebRTC se i dalje prave odnosno pišu. Web pretraživači polako počinju da podržavaju WebRTC funkcionalnost. U radu će ukratko biti opisani tehnički ciljevi, arhitektura, protokoli i API (Application Programming Interfaces) koji su potrebni da bi se koristila ova tehnologija.

1.1. UPOZNAVANJE SA WEBRTC TEHNOLOGIJOM

Potporni odnosno ključni standardi za WebRTC se razvijaju od strane World Wide Web Consortium (W3C) i Internet Engineering Task Force (IETF) inženjera i zajednice programera sa kojima sarađuju. Ove dve organizacije rade odvojeno odnosno nezavisno ali sa velikim stepenom koordinacije i sa određenim brojem ljudi koji rade za oba tima. Posao W3C organizacije je vezan za WebRTC radnu grupu a IETF organizacija je vezana RTCWEB radnu grupu.

U najjednostavnijem slučaju Web pretraživač šalje HTTP zahtev Web serveru za sadržaj i server šalje odgovor koji sadrži dokument, sliku ili drugu traženu informaciju.

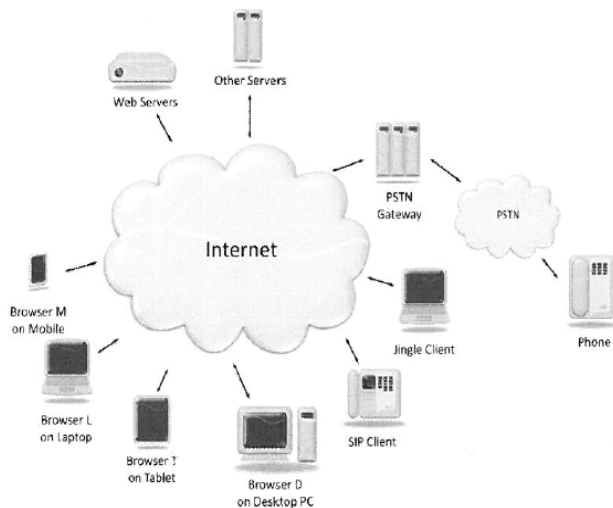
U komplikovanijoj situaciji server šalje JavaScript dokument koji se pokreće na pretraživaču i koji vrši interakciju sa pretraživačem preko API-ja odnosno sa korisnikom preko njegovih klikova mišem i selekcija željenih parametara. Pretraživač razmenjuje informacije sa serverom preko otvorenog HTTP ili WebSocket kanala.



Slika 1. Komunikacija Web pretraživača sa serverom

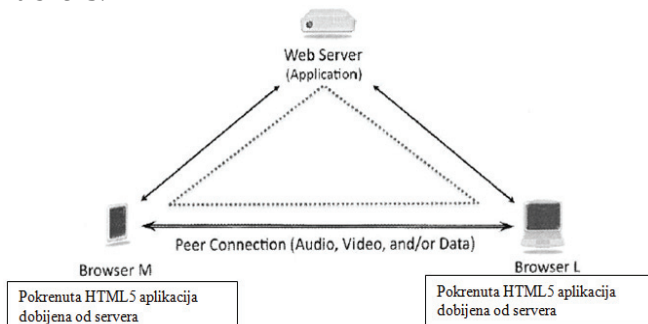
Slika 2 prikazuje tipične elemente iz kojih se sastoji WebRTC sistem. On uključuje Web servere, Web pretraživače koji su pokrenuti na različitim operativnim sistemima na različitim uređajima uključujući kompjutere (PC), tablete i mobilne telefone i druge uređaje. Takođe tu se mogu naći i kapije (gateway) ka PSTN mreži i drugim krajnjim tačkama komunikacije preko Interneta kao što su SIP telefoni i klijenti ili Jingle klijenti.

WebRTC tehnologija omogućuje komunikaciju između svih ovih uređaja.



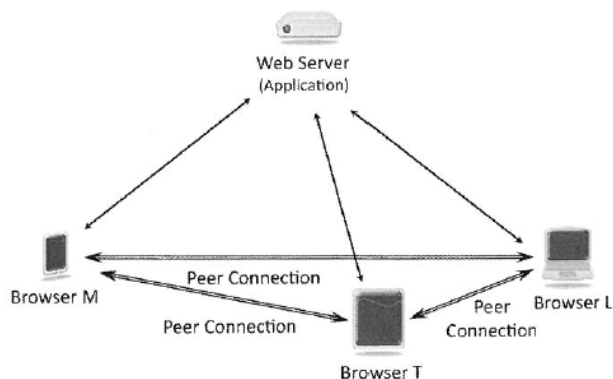
Slika 2. Elementi WebRTC okruženja

Najčešći scenario komunikacije jeste onaj u kome oba pretraživača pokreću istu WebRTC Web aplikaciju skinutu sa istog Web servera. Ovaj način komunikacije proizvodi tzv. WebRTC trougaoni model i on je prikazan na slici 3.



Slika 3. WebRTC trougaoni model

WebRTC takođe podržava konferencijske pozive koji uključuju veći broj krajnjih tačaka odnosno korisnika. Jedan način da se to uradi jeste da se uspostavi pir konekcija između svih Web pretraživača koji učestvuju u sesiji. Ovakav tip veze se još naziva 'puna mreža' ili 'potpuno distribuirana' konferencijska struktura i prikazana je na slici 4.



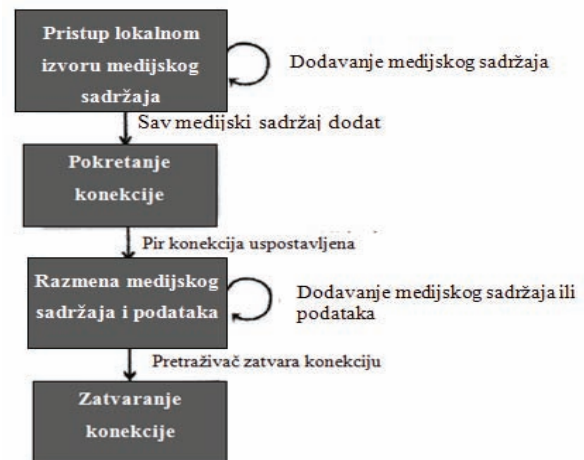
Slika 4. Veći broj pir konekcija između pretraživača

2. KAKO RADI WEBRTC

WebRTC je lak za korišćenje i samo je par lakih koraka potrebno da bi se uspostavila sesija. Jedan broj poruka se razmeni između Web pretraživača i servera, dok se druge

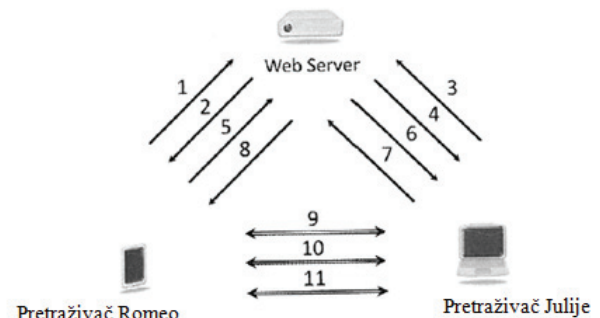
poruke razmene direktno između dva pretraživača koje možemo zvati i pirovi.

Prikaz svih koraka dat je na slici 5. Ovakav model uspostavljanja veze odgovara trougaonom modelu odnosno modelu koji odgovara slici 3.



Slika 5. Proces uspostavljanja sesije u WebRTC-u

Slika 6 daje primer kojim redom i kojim putem se vrši razmena podataka u tipičnoj WebRTC sesiji (trougaoni tip).



Slika 6. WebRTC uspostavljanje poziva

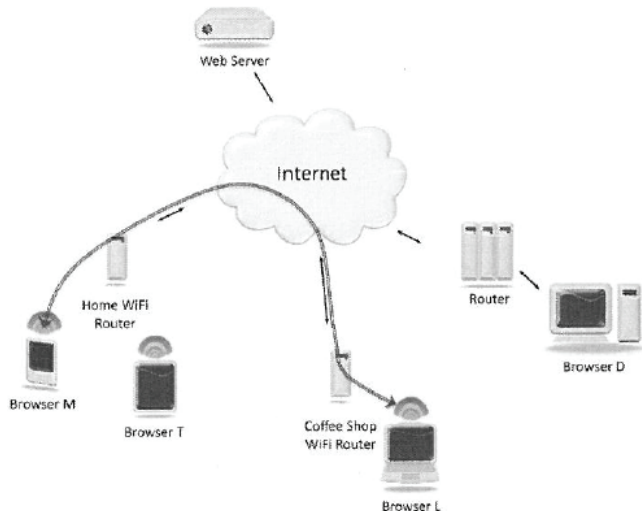
1. Pretraživač Romea zahteva Web stranu od servera
2. Server mu šalje Web stranu napisanu u JavaScript-u
3. Pretraživač Julije zahteva Web stranu od servera
4. Server mu šalje Web stranu napisanu u JavaScript-u
5. Romeo odlučuje da komunicira sa Julijom. JavaScript aplikacija pretraživača od Romea šalje SessionDescription (opis sesije) objekat odnosno 'ponudu' na server
6. Server šalje ponudu pretraživača od Romea JavaScript pretraživaču Julije
7. JavaScript pretraživač Julije šalje SessionDescription objekat odnosno 'odgovor' serveru
8. Server šalje odgovor pretraživača od Julije JavaScriptu pretraživača Romea
9. Romeo i Julija počinju proces 'bušenja rupe' da bi utvrdili najbolji način da dođu jedan do drugog
10. Nakon završetka, Romeo i Julija počinju razmenu ključeva radi uspostavljanja sigurnog protoka
11. Romeo i Julija počinju razmenu zvuka, slike i podataka.

Kada korisnik Romeo sa svog pretraživača odluči da pozove Juliju na njenom pretraživaču JavaScript aplikacija pretraživača Romea daje deskripciju medijskog

sadržaja koji hoće sa ograničenjima koja postoje, traži medijski sadržaj i dobija korisnikovu dozvolu.

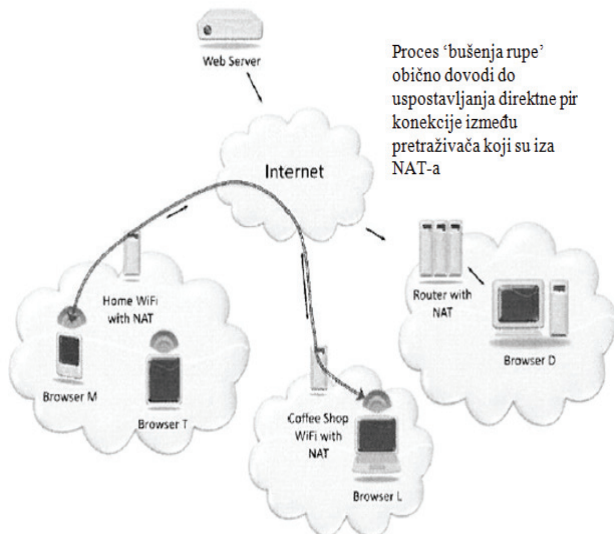
3. PEER-TO-PEER KOMUNIKACIJA U WEBRTC-U

Cilj *RTCPeerConnection* API-ja u WebRTC-u jeste da omogući uspostavljanje direktne peer-to-peer konekcije sa medijskim sadržajem između pretraživača, kao što je prikazano na slici 7.



Slika 7. Peer-to-peer protokol medijskog sadržaja koristeći WebRTC tehnologiju

Funkcija NAT-a je obično ugrađena u internet rutere, prekidače (switch) ili hubove (hub) koji mapiraju odnosno prevode jedno IP adresno polje u drugo. Ova funkcija se koristi da bi dozvolila da više uređaja koristi istu IP adresu, kao što je na primer firmin ili kućni ruter. NAT se takođe koristi od strane internet provajdera da se segmentira mreža radi lakše kontrole i administracije. Svaka mreža iza NAT-a je praktično ostrvo, i korisnici mreže na tom ostrvu se oslanjaju na NAT uređaj za pristupanje internetu.



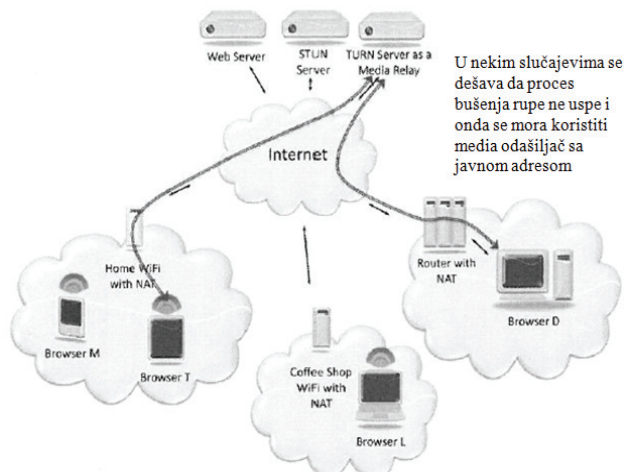
Slika 8. Protokol medijskog sadržaja kroz NAT korišćenjem WebRTC tehnologije

Uspostavljanje direktne peer-to-peer konekcije odnosno sesije predstavlja problem s NAT-om. Korišćenjem tehnike 'bušenja rupe' veza se može uspostaviti u čak 85%

slučajeva. Postoje mnoge pretpostavke odnosno stvari koje su potrebne da bi se moglo pristupiti ovom procesu a to su:

1. Dva pretraživača koja pokušavaju da uspostave direktnu vezu moraju u isto vreme poslati pakete koji služe za 'bušenje rupe'. Da bi se to postiglo oni moraju biti svesni da je uspostavljanje veze u toku i moraju posedovati IP adrese jedan od drugog.
2. Dva pretraživača moraju da imaju informacije o što više mogućih IP adresa koje se mogu iskoristiti za uspostavu veze. Ove adrese su privatne (unutar NAT-a), javne (izvan NAT-a) ili adresa odašiljača u zavisnosti od stepena želje za privatnošću.
3. Ako prva dva uslova nisu ispunjena onda se može koristiti server odašiljač koji ima javnu IP adresu i mogu mu pristupiti oba pretraživača.
4. Takođe se mora koristiti simetričan protokol strima medijskog sadržaja. To znači da UDP transport odnosno saobraćaj mora raditi slično kao i TCP konekcija.

U većini slučajeva, proces 'bušenja rupe' će napraviti direktnu peer-to-peer vezu. U nekim slučajevima ipak kada su NAT ili firewall jako restriktivni direktna veza neće moći da se uspostavi i jedini način za uspostavu veze jeste preko adrese TURN servera. To znači da će se medijski sadržaj odašiljati preko TURN servera do krajnjeg korisnika, kao što je prikazano na slici 9.



Slika 9. Konekcija preko TURN servera

4. PROTOKOLI U WEBRTC-U

Mnogi protokoli se koriste u WebRTC tehnologiji. Najvažniji su dati u tabeli 1.

Protokol	Puno ime	Specifikacija
HTTP	Hyper-Text Transport Protocol	RFC 2616
SRTP	Secure Real-time Transport Protocol	RFC 3711
SDP	Session Description Protocol	RFC 4566
ICE	Interactive Connectivity Establishment	RFC 5245
STUN	Session Traversal Utilities for NAT	RFC 5389
TURN	Traversal Using Relays around NAT	RFC 5766
TLS	Transport Layer Security	RFC 5246
TCP	Transmission Control Protocol	RFC 793
DTLS	Datagram Transport Layer Security	RFC 4347
UDP	User Datagram Protocol	RFC 768
SCTP	Stream Control Transport Protocol	RFC 2960
WebSocket	WebSocket Protocol	RFC 6455
IP	Internet Protocol, verzije 4 i 6	RFC 791, RFC 2460

Tabela 1. Protokoli u WebRTC-u

Specifikacija predstavlja dokument koji detaljno opisuje svaki ovaj protokol. Ovi dokumenti se nazivaju zahtevima za komentare RFC (Request for Comments) i zajedno ih izdaju organizacije IETF i ISOC (Internet Society) i predstavljaju glavna tela za tehnički razvoj i razvoj standarda na internetu.

Protokoli koji se koriste u WebRTC tehnologiji u stvari predstavljaju razmenu podataka na mreži koji omogućavaju komunikaciju između dva pretraživača ili između pretraživača i servera.

5. WEBRTC API

Aplikacioni programski interfejs (API) predstavlja sučelje za programiranje koje definiše načine na koje aplikacije mogu da zahtevaju usluge (servise) od biblioteka i/ili operativnih sistema (OS). API određuje rečnik i konvencije pozivanja koje programer treba da primeni kako bi koristio servise.

WebRTC implementira tri API-ja.

MediaStream Api predstavlja sinhronizovan strim medijskog sadržaja. To znači da audio i video strimovi preuzeti od kamere i mikrofona predstavljaju sinhronizovane audio/video zapise.

RTCPeerConnection predstavlja komponentu WebRTC API-ja odgovornu za stabilnu i efikasnu razmenu strimova između krajnjih tačaka u komunikaciji odnosno pirova.

RTCDataChannel API omogućava peer-to-peer razmenu podataka sa malim protocima i velikim brzinama.

6. EXTENSIBLE MESSAGING AND PRESENCE PROTOCOL (XMPP)

XMPP predstavlja komunikacijski protokol zasnovan na XML-u. Koristi se za razmenu poruka u približno realnom vremenu, davanje informacija o prisutnosti korisnika kao i o održavanju kontakt liste. Dizajniran da se može proširiti ovaj protokol se takođe koristi i kod sistema koji omogućavaju servise prijavljivanja /objavljivanja sadržaja (publish/subscribe), signalizaciju kod VoIP sistema, video prenos, razmenu fajlova, igranje, servise koje koriste društvene mreže.

Za razliku od većine protokola za razmenu poruka u realnom vremenu XMPP je definisan kao otvoreni standard i koristi pristup otvorenog sistema za razvoj i primenu. Na taj način bilo ko može implementirati XMPP servis i uskladiti ga tako da radi sa sistemima drugih organizacija.

Jingle predstavlja ekstenziju XMPP protokola koji daje kontrolu nad peer-to-peer sesijom (signalizacijom) za multimedijalne komunikacije kao što su WebRTC, VoIP ili video pozive sa drugim tehnologijama. Kreiran je u saradnji Google kompanije i XMPP organizacije.

7. ZAKLJUČAK

WebRTC poseduje na desetine različitih varijacija implementacije a sve zbog svoje svestranosti, od komunikacije pretraživač-pretraživač do raznih aplikacija i kompanijskih implementacija. Najčešće su aplikacije koje se pokreću u Web pretraživačima i koje služe za komunikaciju između pretraživača.

Sledeći korak jeste da se pretraživači ugrade u aplikacije za mobilne telefone.

Sa pojavom pametnih telefona (smartphone) poziv se prebacio sa servisa na aplikaciju. Danas već postoji veliki broj aplikacija na tržištu koje su dostupne korisnicima pametnih mobilnih telefona a koje nude uslugu multimedijalne komunikacije.

Posledica toga jeste da prihvati telefonskih kompanija počinju da stagniraju. Komunikacija se pomera na Web. Bilo koji uređaj se može osposobiti za komunikaciju u realnom vremenu odnosno prenos medijskog sadržaja (audio, video). Ova karakteristika se može dodati na bilo koju Web ili mobilnu aplikaciju.

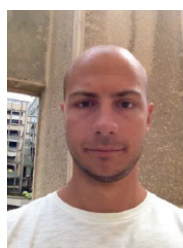
Telefonske kompanije moraju videti kako njihove trenutne usluge mogu da se povežu sa WebRTC tehnologijom i OTT (over-the-top) aplikacijama. Svakako je potrebno da kompanije pređu sa poslovanja koje je usmereno na uređaje na poslovanje koje je usmereno na pristup servisima. Umesto da korisnici koriste usluge samo na uređajima koje daju kompanije potrebno je preći na sistem gde se uslugama može pristupiti sa bilo kog uređaja.

WebRTC će bez sumnje uneti mnoge promene u način na koji komuniciramo i na način na koji posluju telefonske kompanije.

8. LITERATURA

- [1] Alan B. Johnston, Daniel C. Burnett, WebRTC. API i RTCWEB protokoli HTML5 mreže, First Edition
- [2] <http://www.webrtc.org/>, Preuzeto u avgustu 2014.
- [3] <http://www.html5rocks.com/en/tutorials/webrtc/basic/>, Preuzeto u avgustu 2014.
- [4] <http://en.wikipedia.org/wiki/WebRTC>, Preuzeto u avgustu 2014.
- [5] <http://dev.w3.org/2011/webrtc/editor/webrtc.html>, Preuzeto u avgustu 2014.
- [6] <http://www.webrtcworld.com/>, Preuzeto u avgustu 2014.
- [7] <http://www.realtimeweekly.com/issues/33>, Preuzeto u avgustu 2014.
- [8] <https://github.com/ESTOS/strophe.jingle>, Preuzeto u avgustu 2014.

Kratka biografija:



Boris Popratnjak rođen je u Bačkoj Topoli 1987. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Energetika, elektronika i telekomunikacije odbranio je 2014.god.



Željen Trpovski rođen je u Rijeci 1957. godine. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 1998. god. Oblast interesovanja su telekomunikacije i obrada signala.

ПРЕГЛЕД ПРИМЕНЕ СИНХРОНИХ МАШИНА СА СТАЛНИМ МАГНЕТИМА У ЕЛЕКТРИЧНИМ И ХИБРИДНИМ АУТОМОБИЛИМА**REVIEW OF APPLICATION OF PERMANENT MAGNET SYNCHRONOUS MACHINES IN ELECTRIC AND HYBRID VEHICLES**

Синиша Ђурић, Факултет Техничких Наука, Нови Сад

Област – ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И РАЧУНАРСТВО

Кратак садржај – У раду ће бити приказана улога и преглед примене синхроних машина са сталним магнетима на ротору у електричним возилима. Тенденције на глобалном енергетском нивоу су такве да је у задње време примена електричних и хибридних аутомобила све заступљенија. Данас су електрични аутомобили у комерцијалној употреби све чешће и самим тим улазе у жижу истраживања. Данас се користе различите врсте електричних мотора у погону електричних и хибридних аутомобила. У овом раду ће бити фокус на синхроне машине са сталним магнетима. Биће представљен математички модел као и векторско управљање истих. Направљено је поређење између различитих врста ротора, како би видели који од њих су најоптималнији.

Abstract – This paper presents a review of application of permanent magnet synchronous machines in electric and hybrid vehicles. Today the use of electric and hybrid vehicles expands on a daily basis. Because of that research of electric and hybrid vehicles is extensive today. In this paper, focus will be on permanent magnet synchronous machines with mathematical model and vector control. Here is presented comparison of different rotor types, because the main goal is to decide which type of rotor is optimal in electric and hybrid vehicles drive.

Кључне речи: Синхроне машине са сталним магнетима, електрична и хибридна возила, векторско управљање.

1. УВОД

Последњих деценија свет се све више окреће ка очувању животне средине и фокус на чистијим изворима енергије постаје све већи. Дошло је до наглог смањења броја објеката у производњи електричне енергије који за последицу имају велику емисију CO_2 и других штетних гасова у земљину атмосферу као би се кориговале климатске промене и умањило ефекат стаклене баште.

У смислу еколошке свести, употреба електричне енергије у свим сферама живота и индустрије има оправдану улогу. Она сама по себи не емитује загађења и веома је практична због разноврсности облика енергије који је неопходан данашњем човечанству па је самим тим електрична енергија у предности.

НАПОМЕНА:

Овај рад произтекао је из мастер рада чији ментор је био др Дарко Марчетић.

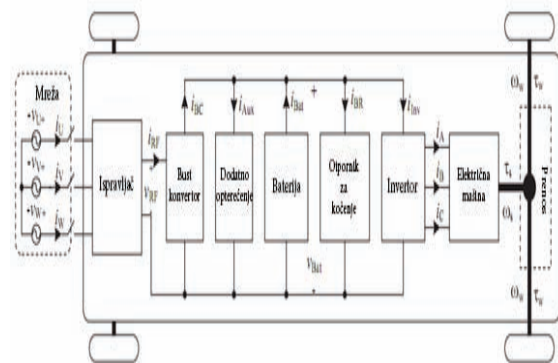
Када је у питању свера транспорта, у складу са еколошким тенденцијама од интереса све више постаје тема возила са електричним погоном, како би се заменила возила која користе фосилна горива као погонска и тиме вишеструко загађују околину. Из тог разлога последњих година су све интензивнија истраживања у овој области како би се омогућила комерцијална употреба електричних возила који би заменили данашња возила са моторима са унутрашњим сагоревањем.

2. МОДЕЛ ЕЛЕКТРИЧНОГ АУТОМОБИЛА

У овом делу приказан је модел свих релевантних чинилаца једног електричног аутомобила [2].

2.1 Архитектура електричног аутомобила

Једна од могућих конфигурација електричног аутомобила дата је на слици 2.1. Погон је базиран на трофазној синхроним мотору са сталним магнетима. Момент се преноси до предњих точкова преко диференцијала. Брзина и момент се регулишу помоћу инвертора. Приказани су и елементи који не учествују директно у траси преноса енергије, мрежа-батерија-електрична машина, као што су систем осветљења, сигурносни систем, одређени комфор итд.

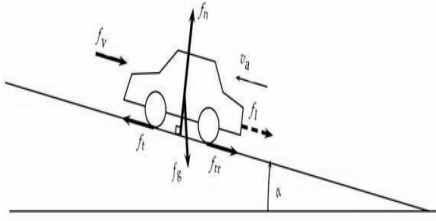


Слика 2.1 – Архитектура ел. аутомобила са једним погонским електричним мотором

2.2 Модел механичких сила

Модел електричног аутомобила би био некомплетан ако се не обрати пажња на механичку страну.

Силе које електрична машина у аутомобилу мора да савлада су: гравитација, ветар, трење точкова и ефекат инерције. Деловање тих сила на аутомобил је приказано на слици 2.2.



Слика 2.2 – Приказ сила које делују на ел. аутомобил

Вучна сила возила може бити описана помоћу следеће две једначине:

$$f_v = m_a \frac{dv_a}{dt} + m_a \cdot g \sin(\alpha) + \text{sign}(v_a) \cdot m_a \cdot g \cdot \cos(\alpha) \cdot c_{\tau\tau} + \text{sign}(v_a + v_v) \frac{1}{2} \rho_v c_{drag} A_{front} (v_a + v_v)^2$$

$$\text{где су, } c_{\tau\tau} = 0,01 \left(1 + \frac{3,6}{100} v_a\right), \quad f_1 = m_a \frac{dv_a}{dt}, \quad f_g = m_a \cdot g, \quad f_n = m_a \cdot g \cdot \cos(\alpha), \quad f_{rr} = m_a \cdot g \cdot \cos(\alpha) \cdot c_{\tau\tau},$$

$$f_{wind} = \frac{1}{2} \rho_v c_{drag} A_{front} (v_a + v_v)^2. \quad (2.1)$$

и важи m_a [kg] маса аутомобила, v_a [m/s] брзина аутомобила, $g = 9,81$ [m/s²], $\rho_v = 1,2041$ [kg/m³] густина сувог ваздуха на 20°C, $c_{\tau\tau}$ коефицијент приликом обртања гума на точковима, c_{drag} аеродинамички коефицијент, A_{front} [m²] површина предњег дела аутомобила, v_v [m/s] брзина ветра.

3. Синхроне машине са сталним магнетима

Синхрони мотори са сталним магнетима данас налазе широку примену у погонима високих перформанси и серво погонима [3]. У новије време, ови погони се замењују погонима који као извршни орган користе асинхрони или синхрони мотор. Магнетско коло статора код синхроних машина се не разликује од магнетског кола асинхроне машине. Разлика је што код синхроних мотора постоје стални магнети на ротору, постоје две групе синхроних машина са сталним магнетима које су овде нама од интереса: Синхроне машине са површински постављеним магнетима (Surface, SPMSM и Синхроне машине са утиснутим магнетима (Interior, IPMSM). Суштинска разлика је појава угаоне зависности матрице индуктивности статора код IPMSM и појаве релуктантног момента.

3.1 Математички модел синхроне машине

Пошто смо навели неке главне карактеристике синхроних машина са сталним магнетима, време је да се посветимо математичком моделу ових машина [4]. Следећим једначинама је представљен математички модел синхроне машине са сталним магнетима. Модел је представљен у обртном dq координатном систему, који је најзгоднији за реализацију управљања овим машинама:

$$u_q^r = \left(r_s + \frac{d}{dt} L_q\right) i_q^r + \omega_r L_d i_d^r + \omega_r \psi_{pm} \quad (3.1)$$

$$u_d^r = \left(r_s + \frac{d}{dt} L_d\right) i_d^r + \omega_r L_q i_q^r \quad (3.2)$$

$$m_e = \frac{3P}{4} \left((L_d - L_q) i_q^r i_d^r - \psi_{pm} i_q^r \right) \quad (3.4)$$

$$J \frac{d\omega}{dt} = m_e - m_m \quad (3.5)$$

Ове једначине чине модел синхроне машине у координатном систему везаном за ротор машине.

3.2 Векторско управљање синхроних машина

Регулација статорског флукса и момента

Када је реч о векторском управљању синхроних машина са сталним магнетима, треба рећи да се заправо ради на регулацији магнетопобудне силе. Ово се остварује употребом напонског инвертора, који се регулише струјно, он постаје струјно регулисан напонски инвертор CRVSI (current regulated voltage source inverter). Напоследку је потребно написати напонске једначине које важе када су SPMSM у питању:

$$u_{sd} = R_s i_{sd} + L_s \frac{di_{sd}}{dt} - \omega_r L_s i_{sq} \quad (4.1)$$

$$u_{sq} = R_s i_{sq} + L_s \frac{di_{sq}}{dt} + \omega_r L_s i_{sd} + \omega_r \psi_{pm} \quad (4.2)$$

Уколико обртни dq координатни систем поставимо тако да је d оса поравната са магнетом, као што је већ речено. Добија се да момент важи искључиво од струје у q оси, пошто је флукс у тој оси једнак нули јер се стални магнет налази у d оси. Сада ће израз за момент бити:

$$m_{el} = \frac{3}{2} P \psi_{pm} i_{sq} \quad (4.3)$$

Из горњег израза се може видети да сада постоји линеарна зависност момента од струје у попречној оси.

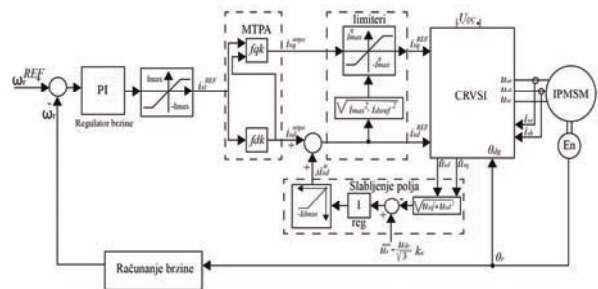
3.2 Стратегија остварења потребног момента уз минималну струју статора

У SPMSM мшинама струја d осе се држи на нули док код IPMSM се налази оптималан однос релуктантног и магнетног момента, то се остварује за следећу струју d осе [3].

$$i_{sd}^{MTPA} = \frac{\psi_{pm} - \sqrt{\psi_{pm}^2 + 8(L_d - L_q)^2 i_s^2}}{4(L_d - L_q)}. \quad (4.11)$$

3.3 Управљање PMSM у широком опсегу брзина

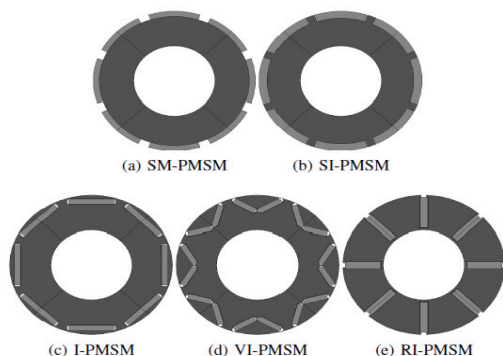
Све што је речено о управљању синхроним машинама са сталним магнетима постављеним у унутрашњост ротора претстављено је на слици 3.2.



Слика 3.1 – Шема управљања IPMSM [3].

4. АНАЛИЗА И ПОРЕЂЕЊЕ РАЗЛИЧИТИХ ТИПОВА РОТОРА КОД СИНХРОНИХ МАШИНА СА СТАЛНИМ МАГНЕТИМА У КОНТЕКСТУ ПОГОНА ЕЛЕКТРИЧНОГ ВОЗИЛА

Типови ротора који међу којима је извршена компарација су следећи: ротор са површински постављеним магнетима (SM-PMSM), ротор са магнетима утиснутим по површини (SI-PMSM), ротор са магнетима у својој унутрашњости (I-PMSM), v-shaped унутрашњи магнети (VI-PMSM) и ротор са радијално постављеним магнетима у унутрашњости (RI-PMSM). Ротори су приказани на слици 4.1.



Слика 4.1 – Типови ротора синхроних машина са сталним магнетима

5. РЕЗУЛТАТ НУМЕРИЧКИХ ПРОРАЧУНА

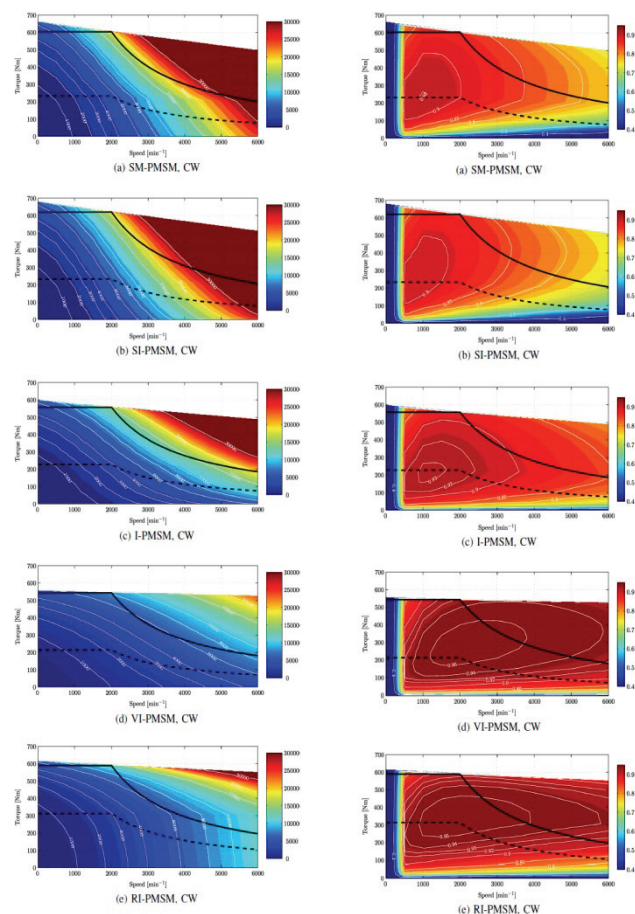
На сликама 5.1 и 5.2 приказане су мапе губитака и мапе ефикасности респективно, за све типове ротора, за концентрисан намот и за $p=8$. Када је реч о губицима овде је посматрана снага губитака по спољашњој површини статора. Пвршинска густина губитака, представљена у табелама 5.1 и 5.2, је одређена за две радне тачке. Прва радна тачка се односи на номиналну брзину $n = 2000 \text{ min}^{-1}$ и номинални момент. Док је друга радна тачка за максималну брзину $n = 6000 \text{ min}^{-1}$ и машина ради неоптерећена.

У табелама 5.1 и 5.2 представљени су сви типови машина како би се направило њихово међусобно поређење у контексту свега реченог до сада. Све карактеристике машина су оцењене оценама од 1 до 5. Када је у питању маса магнета, треба напоменути да је најбољи случај када је маса магнета најмања.

Када се погледа табела 4.3, за све могуће типове ротора за $p=4$, може се примеити да је најбоље оцењена машина са v-shaped (VI-PMSM) утиснутим магнетима.

Такође ова машина је најбоље оцењена и када је у питању табела 4.4 $p=8$, посебно када је у питању расподељени намот.

Када су у питању машине са већим бројем пари полова, RI-PMSM су најлошије оцењене и то искључиво због лоше магнетске искористивости.



Слика 5.2 – Мапа губитака (лево) и мапа ефикасности (десно)

	SM-PMSM		SI-PMSM		I-PMSM		VI-PMSM		RI-PMSM	
	C	D	C	D	C	D	C	D	C	D
Макс. струја оптерећења (I/I_n)	3	3	1	3	3	4	3	5	3	3
Номинални момент (Nm)	5	3	5	3	5	3	5	3	4	1
Максимални момент (Nm)	5	4	2	4	5	4	5	5	3	1
Маса магнета (kg)	1	4	1	4	1	4	1	4	1	5
Магнетска искоришћеност	1	5	2	5	3	5	2	4	2	3
Магнетска искоришћеност	3	4	1	4	3	5	3	5	2	3
Макс. брзина n_{max}/n_n	5	1	5	3	5	5	5	5	5	5
Таласност момента	5	4	3	1	4	4	4	5	2	1
Густина површинских	1	3	1	3	4	5	4	4	4	4
Магнетска искоришћеност	1	3	1	3	3	4	4	4	5	4
Макс. ефикасност	1	1	2	2	3	5	5	5	5	5

Табела 5.1 - Оцене за различите типове ротора, $p=4$

Када се погледа табела 5.1, за све могуће типове ротора за $p=4$, може се применити да је најбоље оцењена машина са v-shaped (VI-PMSM) утиснутим магнетима. Такође ова машина је најбоље оцењена и када је у питању табела 5.2 $p=8$, посебно када је у питању расподељени намот. Када су у питању машине са већим бројем пари полва, RI-PMSM су најлошије оцењене и то искључиво због лоше магнетске искористивости

После ове евалуације, потребно је истаћи да није нужно најбоље оцењен тип ротора и најбољи уопштено када је у питању погон електричног возила. Једноставно је потребно одредити неки критеријум за оцењивање па тек онда сагледати који је тип ротора најбоље применити. Критеријум зависи од сврхе и концепта самог електромобила, његове идеје и наше жеље када је у питању природа његовог функционисања.

Овде је представљено неколико типова ротора када су у питању синхроне машине са сталним магнетима и направљено је њихово међусобно поређење у контексту максималног момента, снаге, густине снаге, њихове ефикасности, губитака, перформанси у области слабљења поља, могућностима преоптерећења и таласности момента. Поређење је прављено по табелама, што нам даје добар преглед како би одабрали одговарајући тип мотора за електрично возило, у зависности од типа електричног возила и његових жељених спецификација.

	SM-PMSM		SI-PMSM		I-PMSM		VI-PMSM		RI-PMSM	
	C	D	C	D	C	D	C	D	C	D
Макс. струја оптерећења (I/I_n)	4	5	1	5	5	5	5	5	5	5
Номинални момент (Nm)	3	3	3	3	3	2	2	1	5	4
Максимални момент (Nm)	5	4	5	4	3	3	2	1	4	2
Маса магнета (kg)	4	4	4	4	4	4	4	5	1	1
Магнетска искоришћеност	4	5	4	5	3	4	3	4	2	1
Магнетска искоришћеност	5	5	5	5	4	5	4	5	1	5
Макс. брзина n_{max}/n_n	3	1	3	2	5	2	5	4	2	1
Таласност момента	3	5	2	1	2	2	3	4	2	1
Густина површинских	1	3	1	3	4	4	5	4	3	3
Магнетска искоришћеност	2	3	1	3	3	4	5	4	4	4
Макс. ефикасност	2	4	1	4	3	5	5	5	5	5

Табела 5.2 - Оцене заразличите типове ротора, $p=8$

6. ЗАКЉУЧАК

Иако опширна тема, у овом раду су у први план стављене есенцијалне ствари, које говоре не само о самој примени већ и о различитим могућностима исте. Кључно питање које се прожимало кроз цеолокупан рад је било зашто користити баш синхроне машине са сталним магнетима у погону

електромобила? И ако се евентуално одлучимо на ту солуцију, пред нам се поставља питање који тип и конструкцију синхроне машине са сталним магнетима употребити за ову врсту погона?

Као што смо могли да се уверимо, солуција је много, али нису све праве. Пре свега, сам принцип управљања синхроним машином са сталним магнетима је векторски. Тај начин управљања се намеће сам по себи као тренутно најбољи када је ова врста погона у питању. Даље, потребно је сагледати енергетску ефикасност таквог погона и да ли ове машине задовољавају услове у погледу енергетске ефикасности. С обзиром на непостојање намотаја на ротору, и када се из једначине губитака избаце губици у бакру ротора долазимо до закључка да је енергетска ефикасност појам који иде у прилог овим машинама у односу на остале.

Даље, одговор на претходно постављено питање није директан. Када размишљамо о томе коју врсту машине употребити за одређени погон, у проблематику треба уврстити и питање шта желимо од тог погона? Да ли је једини критеријум којим се водимо перформанса или је можда енергетска ефикасност и цена? Такође паметно балансирање овим променљивима је од кључног значаја.

Оно што је очигледно је да синхроне машине са утиснутим магнетима на ротору имају предност у односу на машине са сталним магнетима постављеним на површину ротора. Поготово када се узме у обзир понашање машина у области слабљења поља. У одговору на ово питање доста помаже и поглед на табеле 5.1 и 5.2 и само шареноликост оцена које су добиле машин говори о томе да питање употребе одређеног типа синхроне машине са сталним магнетима нема само по себи егзактан одговор.

7. ЛИТЕРАТУРА

[1] Владимир А. Катић, Золтан Чорба, Борис Думнић, Драган Милићевић, Бане Попадић, Мали електрични аутомобили-испитаивање основних погонских карактеристика, Универзитет у Новом Саду, Нови Сад, Србија 2013.

[2] ELECTRIC VEHICLES – MODELLING AND SIMULATIONS, WWW.INTTECHWEB.ORG

[3] Дарко Марчетић, Микропроцесорско управљање енергетски претварачима, Нови Сад 2012.

[4] David Ocen, Direct Torque Control of a Permanent Magnet synchronous Motor, Master's Degree Project, Stockholm, Sweden 2005

Кратка биографија аутора:

Синиша Ђурић рођен је у Бугојну 1988. год. Основне академске – бечелор студије завршио је на Факултету техничких наука у Новом Саду из области електротехнике и рачунарства – на смеру електроенергетике 2013. године. Завршава мастер студије 2014. године на Факултету техничких наука у Новом Саду на смеру електричне машине и енергетска електроника.

PREPOZNAVANJE GESTOVA U REALNOM VREMENU NA BAZI SEGMENTACIJE PO BOJI I POKRETU**REAL-TIME GESTURE RECOGNITION BASED ON COLOUR AND MOTION SEGMENTATION**

Oskar Marko, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast - ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – Cilj ovog rada jeste razvitak sistema za prepoznavanje gestova u realnom vremenu korišćenjem OpenCV-a i C/C++-a. Video snimak sa veb kamere se obrađuje korišćenjem tehnike segmentacije slike na osnovu boje i pokreta, kako bi se detektovala šaka. U cilju eliminisanja mogućnosti „hvatanja“ korisnikovog lica umesto šake, takođe se koriste alati za detekciju lica. Kontura šake se izdvaja iz segmentovane slike i računaju se obeležja konture, na osnovu kojih probabilistički algoritam klasifikuje različite gestove. Prepoznati gestovi se dalje koriste za upravljanje grafičkim okruženjem razvijenim u FreeGLUT-u. Ono se sastoji od četiri 3D objekta koji mogu da budu izabrani, pomerani i obrtani u prostoru.

Abstract – The purpose of this thesis was to develop a real-time gesture recognition system using OpenCV and C/C++. Video provided by a simple web camera is processed using motion and colour segmentation techniques, so that the user's hand could be captured. Face detection tools are also used in order to eliminate the possibility of misinterpreting a person's face as his/her hand. Hand contour is extracted from the segmented image allowing for contour properties to be calculated and a probabilistic decision making algorithm is applied for classifying different gestures. Recognised gestures are further used for controlling a simple graphical environment developed in FreeGLUT. It is constituted of four 3D objects that can be selected, moved and rotated in space.

Cljučne reči: Digitalna obrada slike, prepoznavanje oblika, kompjuterska vizija, prepoznavanje gestova, OpenCV, C/C++, FreeGLUT

1. UVOD

U proteklih nekoliko decenija čovečanstvo beleži ubrzan rast obima interakcije između čoveka i mašina. Da bi se komunikacija učinila što prirodnijom, potrebno je najpre analizirati komunikaciju između ljudi.

Smatra se da u međuljudskoj komunikaciji govor tela ima udeo od čak 55% - više od reči i tona glasa zajedno [1]. Stoga nije začuđujuća velika popularnost tehnologije prepoznavanja gestova.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Vladimir Crnojević, vanr. prof.

Sistemi ovakve prirode zasnivaju se na 3D snimanju, merenju tenzije mišića podlaktice, radio signalima itd. i ugrađuju se u najnovije laptope, igračke konzole i televizore. Sistem razvijen u ovom radu koristi samo jednostavnu veb kameru, što ga čini potencijalno primenljivim na veoma širokom spektru uređaja.

2. SEGMENTACIJA ŠAKE

Prvi korak u prepoznavanju gestova je segmentacija šake u slici. Korišćenjem nekoliko ručno segmentovanih frejmova obučen je model boje kože i model boje pozadine. Ispostavlja se da je kanal U sistema boja YUV veoma diskriminativan, tj. da je u njemu moguće postaviti prag koji klasifikuje piksele na piksele boje kože i piksele pozadine (Slika 1).



Slika 1. Segmentacija na osnovu boje; belo – pikseli boje kože; crno – ostali pikseli

Kako u slici postoje i drugi objekti koji su boje kože segmentacija na osnovu boje nije dovoljna. Drugi način da se pristupi ovom problemu je segmentacija slike na osnovu pokreta.

Tehnika koja se pokazala najefektivnijom jeste oduzimanje trenutnog frejma od prethodno izračunate prosečne slike pozadine. Ukoliko je razlika veća od određenog praga, piksel se klasifikuje kao pokretan, dok se u suprotnom smatra statičkim (Slika 2).

Problem kod segmentacije na osnovu pokreta jeste to što u slici postoje i drugi pokretni delovi osim šake. Rešenje je kombinovanje dve metode segmentacije, odnosno segmentovanje slike po pokretu i boji, pri čemu se šaka izdvaja iz slike kao pokretni objekat boje kože (Slika 3).



Slika 2. Segmentacija slike na osnovu pokreta



Slika 3. Segmentacija slike na osnovu boje i pokreta

Iz ovako segmentovane slike se šaka izdvaja kao najveća povezana komponenta. Ipak, postoji realna mogućnost da lice usled pomeranja glave bude izdvojeno kao najveći pokretni objekat boje kože. Zbog toga se korišćenjem Harovog klasifikatora [2] sprovodi detekcija lica u blobu. Ukoliko on sadrži lice (zeleni pravougaonik, Slika 4), zanemaruje se i traži se sledeći najveći blob, koji u normalnim okolnostima zaista sadrži šaku (crveni pravougaonik, Slika 4).

3. IZDVAJANJE OBELEŽJA

Nakon hvatanja šake u slici potrebno je prepoznati pokazani gest. Funkcijama integrisanim u OpenCV se najpre izdvajaju kontura (zelena linija, Slika 4), konveksna obvojnica šake (plava linija, Slika 4) i lokacije najvećih konveksnih odstupanja (plave tačke, Slika 4).

Prvo obeležje koje se računa jeste odnos površina šake i kruga opisanog oko nje (Slika 5). Ovo obeležje veoma dobro klasifikuje pesnicu čiji opisan krug je jedva veći od nje.

Naredno obeležje je broj konveksnih odstupanja, koje je u velikoj korelaciji sa brojem pokazanih prstiju, ali ne obavezno i direktno proporcionalno, kao što je moguće приметiti na Slici 5.

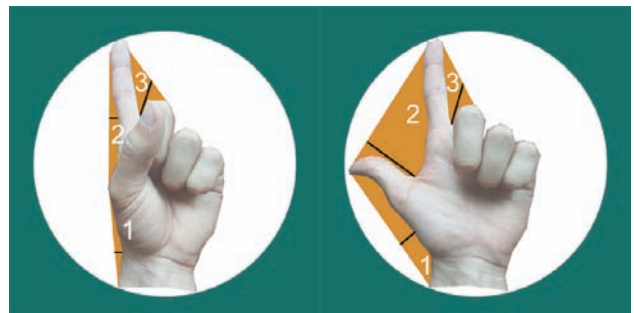


Slika 4. Lice i šaka detektovani, izdvojeni kontura, konveksna obvojnica i locirana konveksna odstupanja



Slika 5. Odnos površina i broj konveksnih odstupanja

Kako je moguće da npr. kažiprst i „pištolj“ imaju sličan odnos površina i isti broj konveksnih odstupanja (Slika 6), računa se i treće obeležje – suma konveksnih odstupanja. Suma konveksnih odstupanja „pištolja“ je mnogo veća od sume odstupanja kažiprsta, što omogućava sistemu da uspešno razlikuje ova dva gesta.

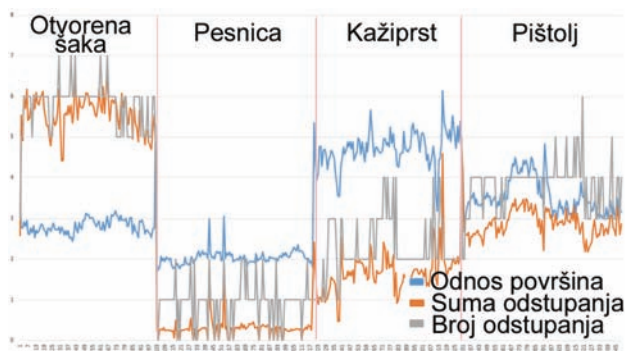


Slika 6. Suma konveksnih odstupanja

4. DONOŠENJE ODLUKE

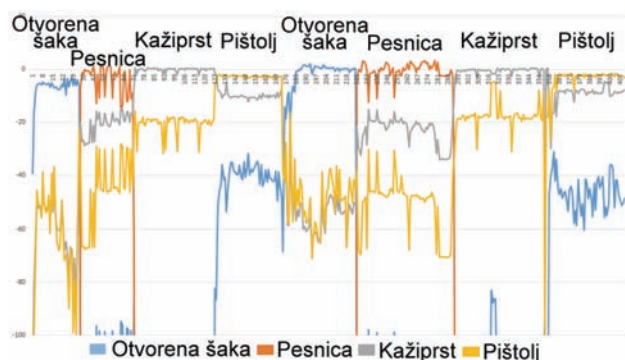
Kada se obeležja izdvoje stvaraju se uslovi za klasifikaciju gestova. Na Slici 7 su prikazane vrednosti obeležja u sekvenci gestova.

Primećuje se da postoje vrednosti obeležja karakteristične za više od jednog gesta. Stoga nije moguće koristiti tvrdi odluku, odnosno postaviti pragove za klasifikaciju gestova, već se koristi meka odluka. Model svakog gesta se obučava računanjem srednje vrednosti i odstupanja za svako njegovo obeležje.



Slika 7. Sekvenca gestova

Raspodela obeležja se aproksimira Gausovom i u onlajn fazi se računa verovatnoća da skup obeležja novog uzorka pripada svakom modelu. Odluka pada na najizgledniji gest (Slika 8).

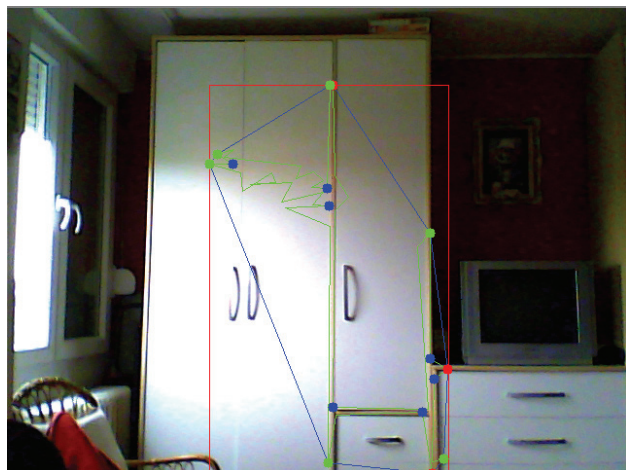


Slika 8. Izglednosti gestova u vremenu; odluka pada na gest sa najvećom izglednosti

5. POTISKIVANJE GREŠAKA

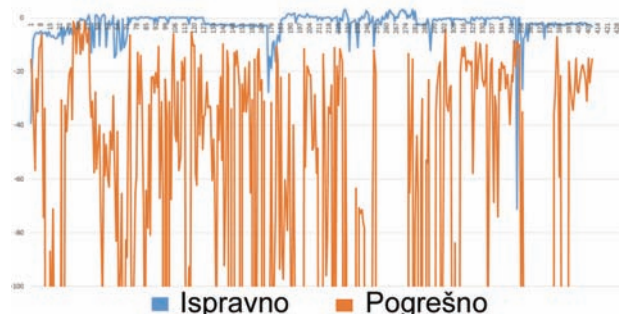
Informacije dobijene iz semantičke obrade slike moguće je koristiti za ispravljanje grešaka segmentacije. Na Slici 9 prikazan je primer greške segmentacije.

Boja ormara slična je boji kože, a ormar je pogrešno klasifikovan i kao pokretni objekat zbog drmanja kamere ili promene osvetljaja u sceni.



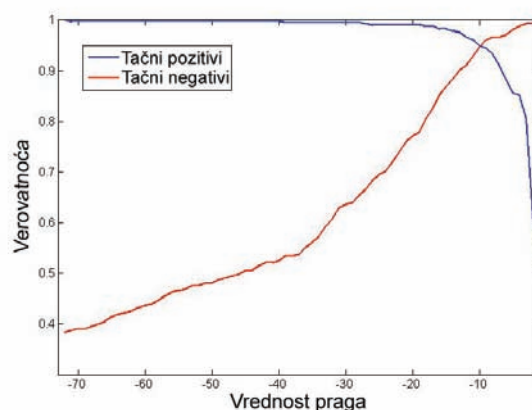
Slika 9. Pogrešno hvatanje šake

Ipak, s obzirom na to da je izglednost da ovakav objekat pripada ijednom modelu gesta veoma mala, on se zanemaruje. Da bi se postavio odgovarajući prag za izglednost potrebno je najpre analizirati vrednosti koje se pojavljuju u praksi. Na Slici 10 su prikazane maksimalne izglednosti da skup obeležja uzorka pripada nekom modelu gesta.



Slika 10. Poređenje maksimalne izglednosti prilikom ispravno i pogrešno segmentovane šake

Vrednost praga je inženjerski kompromis između tačnog klasifikovanja legitimnih gestova i tačnog klasifikovanja nelegitimnih gestova (Slika 11).



Slika 11. Tačni pozitivni i tačni negativni u zavisnosti od vrednosti praga

Odabrana je vrednost praga koja zadržava tačne pozitivne skupa za obuku iznad 95%, klasifikujući pritom tačne negativne sa odličnim uspehom od 92,7%.

Ako je izglednost da uzorak pripada dvaju ili više modela približno ista odluka se može menjati iz frejma u frejm. Međutim, fizički je nemoguće da korisnik menja gest svake petnaestine sekunde¹. Imajući to na umu, u odlučivanju se primenjuje varijanta NF filtra. NF filtar je u suštini blok memorije od 5 slotova koji se sastoji od četiri prethodna gesta i novoprepoznatog gesta. Svaki slot memorije daje glas gestu koji sadrži i gest sa najviše glasova se proglašava „pobednikom“ (Slika 12).

¹ Sa veb kamerom koja radi na učestanosti od 15fps, što je i najčešći slučaj

0	PESNICA	NEMA GESTA	0
1	OTV. ŠAKA	OTV. ŠAKA	3
2	OTV. ŠAKA	PESNICA	1
3	PIŠTOLJ	KAŽIPRST	0
4	OTV. ŠAKA	PIŠTOLJ	1
		POBEDNIK:	
		OTVORENA ŠAKA	

Slika 12. NF filtriranje odluka

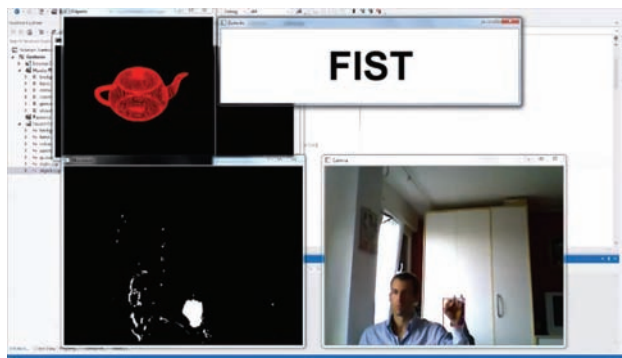
6. IZLAZNO OKRUŽENJE

3D izlazno okruženje (Slika 13) je dizajnirano u FreeGLUT-u i sastoji se od četiri 3D objekta – kocke, piramide, čajnika i torusa. Kocka i piramida su nacrtani od strane autora, dok su čajnik i torus iscrtani koristeći funkcije integrisane u FreeGLUT-u.



Slika 13. 3D izlazno okruženje

3D okruženjem se upravlja jednostavnim korisničkim komandama. Vodoravnim i uspravnim pomicanjem pesnice se objekat vrti oko uspravne odnosno vodoravne ose. Pomicanjem šake dok je pokazan kažiprst se pomera objekat u ravni ekrana. „Pištolj“ se koristi za prebacivanje između objekata u predefinisanoj redosledu i, na kraju, otvorena šaka je neutralni gest koji nema nikakvog efekta na 3D objekat.



Slika 14. Sistem u pokretu

7. ZAKLJUČAK

Sistem za prepoznavanje gestova dizajniran u ovom projektu zaista radi, uz samo povremene greške. Ipak, veoma je ograničen svojom zavisnošću od uslova osvetljaja u sobi u kojoj je razvijen i testiran, boje odeće i boje kože korisnika na kom je treniran. Greške se takođe događaju kada korisnik nije licem okrenut tačno prema kameri. Tada nije moguće detektovati ga i izostaviti iz segmentovane slike. Da bi se postigao visok nivo robusnosti potrebno je unaprediti originalni dizajn korišćenjem obučenog aktivnog modela oblika ili formiranjem 3D modela šake.

8. LITERATURA

- [1] A. Mehrabian, Silent Messages, Belmont, Canada: Wadsworth, 1971.
- [2] P. Viola and M. Jones, "Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple," Accepted Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2001.

Kratka biografija:



Oskar Marko rođen je u Novom Sadu 1990. godine. Master rad iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Obrada signala je odbranio 2014. godine na Fakultetu tehničkih nauka, gde je i zaposlen kao istraživač.

IMPLEMENTACIJA I POREĐENJE LINEARNIH REGULATORA I REGULATORA SA KLIZNIM REŽIMIMA

IMPLEMENTATION AND COMPARISON OF LINEAR AND SLIDING MODE CONTROL REGULATORS

Mile Kovačević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – Ovaj rad predstavlja matematičku osnovu potrebnu za implementaciju linearnih regulatora i regulatora sa kliznim režimima. Sadrži opštu teoriju o uslovima postojanja kliznih režima rada sistema, kako bi se razumeo postupak implementacije kliznih regulatora.

Abstract – This project represents basic mathematical necessity for implementation of linear and sliding mode control regulators. It contains general theory about conditions of existence of systems based on sliding mode control, so that we could understand the procedure of implementation of sliding mode control regulators.

Ključne reči: SUPS, Klizni režim rada, Linearni regulator, PID regulator, Klizni regulator.

1. UVOD

Zadatak upravljanja procesima svodi se na održavanje vrednosti određene fizičke veličine u dozvoljenim granicama. Skup radnji kojima se to postiže naziva se regulacija. Uređaj koji obavlja taj zadatak naziva se regulator.

U sistemima automatskog upravljanja postoji više tipova regulatora. Zavisno od načina formiranja upravljačkog zakona, delimo ih na: linearne regulatore po stanjima, klasične PID regulatore, regulatore sa kliznim režimima i druge. Teorijska osnova potrebna za projektovanje linearnih regulatora po stanjima i klasičnih PID regulatora je prilično poznata i o njoj u ovom radu neće biti mnogo reči. U ovom radu ćemo se prvenstveno baviti kliznim režimima upravljanja.

2. OSNOVNI POJMOVI O KLIZNIM REŽIMIMA

2.1. Uvod

Pojam klizni režim rada (Sliding Mode Control) prvobitno se spominje u kontekstu sistema sa promenljivom strukturom (Variable Structure System). Sistem sa promenljivom strukturom u osnovi je skup proizvoljnog broja kontinualnih podsistema koji se naizmenično uključuju po određenoj logici. Koja će od struktura biti aktivirana u pojedinom trenutku određeno je krivom preključenja, čije definisanje je glavni zadatak sistema sa kliznim režimom rada[1].

Karakteristika sistema u kliznom režimu rada je robusnost na promene parametara i delovanje spoljašnjeg poremećaja, te mogućnost primene kod velikog broja nelinearnih sistema[1].

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio prof dr Milan Rapačić.

Iako je algoritam kliznog režima rada u osnovi jednostavan, zbog diskontinualnog upravljačkog signala pojavljuju se problemi u realizaciji i primeni ovog načina upravljanja. Stoga se vrši linearizacija upravljačke funkcije u određenom pojasu oko krive preključenja pri čemu se traži kompromisno rešenje između zadovoljavajuće tačnosti i dovoljno filtriranog upravljačkog signala koji neće prouzrokovati oscilacije u sistemu i oštećenje izvršnih organa.

2.2. Pojam sistema upravljanja promenljive strukture (SUPS)

Gotovo svi pregledani radovi, teze i disertacije iz oblasti SUPS-a izlaganje počinju primenom sistema [2], koji sledi:

$$\dot{x}_1 = x_2,$$

$$\dot{x}_2 = a_1 x_1 + u; 0 \leq a_1 \leq a_{1m},$$

$$y = x_1.$$

Sa upravljanjem oblika:

$$u = -\Omega x_1,$$

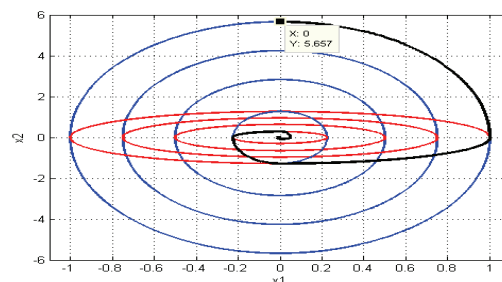
gde je Ω operator upravljačkog podsistema. Cilj je da sistem iz bilo kog početnog stanja $x \neq 0$, dovede u nulto stanje ravnoteže $x=0$ u konačnom vremenu, tj. da sistem bude asimptotski stabilan. Sa proporcionalnim upravljanjem $\Omega=k>0$, karakteristična jednačina sistema imaće imaginarna rešenja. Ovakav sistem ne može biti asimptotski stabilan [2].

Razmotrimo sada fazne portrete sa dva različita koeficijenta pojačanja k_1 i k_2 , $0 < k_1 < k_2$. Na slici 1 fazni portret za k_1 prikazan je crvenim linijama, a za k_2 plavim linijama.

Uvodeći upravljanje sa koeficijentom povratne sprege zavisnim od stanja oblika:

$$\Omega = \begin{cases} k_1 & \text{za } x_1 x_2 > 0, \\ k_2 & \text{za } x_1 x_2 < 0, \end{cases}$$

dobija se fazni portret prikazan crnom linijom, koji je asimptotski stabilan [2].



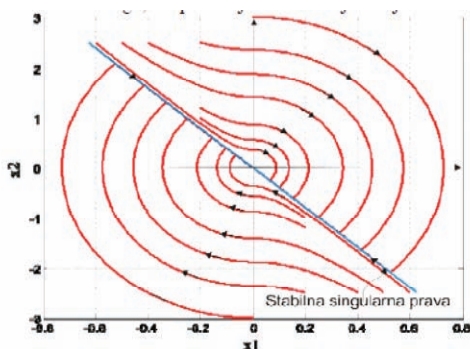
Slika 1. Fazni portreti struktura sistema i fazni portreti SUPS-a [2]

Razmotrimo dalje slučaj kombinovanja dva sistema različitog tipa, jedan tipa centra $\Omega=ka>0$ i drugi tipa sedla $\Omega=kb<0$. Kombinacijom prethodne dve strukture opisanim operatorom:

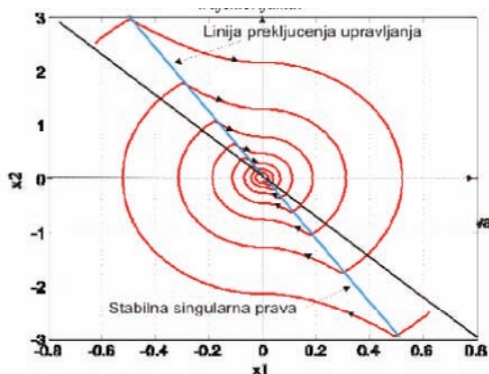
$$\Omega = \begin{cases} k_a \text{ za } (x_2 + cx_1)x_1 < 0, k_a > 0 \\ k_b \text{ za } (x_2 + cx_1)x_1 > 0, k_b < 0 \end{cases}$$

mogu se dobiti tri različita sistema u zavisnosti od odnosa koeficijentaa c i parametra a .

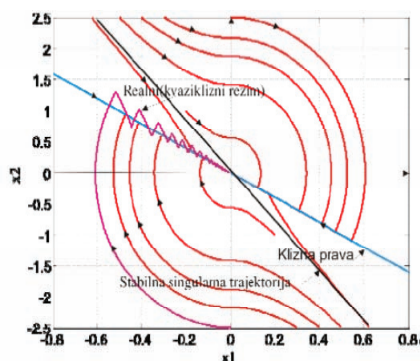
1. Za $c=a$, dobija se fazni potret kao na slici 2. Tada se sistem na završnoj etapi kreće po stabilnim singularnim trajektorijama.
2. Ako je $c>a$, tada sistem ima fazni portret kao na slici 3. Kretanje sistema se tada odvija sa preključenjima.
3. Za $c<a$, fazni portret je kao na slici 4. Takvo kretanje se naziva kliznim režimom. Vrednost pojačanja menja se sa jedne vrednosti na drugu što prikazuje cik-cak trajektorija.



Slika 2. Fazni portret sistema sa završnim kretanjem po stabilnim singularnim trajektorijama [2]



Slika 3. Kretanje sistema sa preključenjima [2]



Slika 4. Kretanje sistema u kliznom režimu [2]

Kao što se vidi iz faznih portreta na slikama 2-4, u sva tri slučaja imamo asimptotski stabilne sisteme. Dakle, kombinacijom različitih struktura sistema, čak i nestabilnih, ostvaruje se asimptotski stabilan sistem.

Nama najzanimljiviji slučaj je kada se sistem kreće u kliznom režimu. Uočimo trajektoriju nazvanu kvaziklizni režim. Ova trajektorija nastaje ako u sistemu postoje neidealnosti (transportna i inercijalna kašnjenja i sl.). Kada nema neidealnosti, frekvencija preključivanja je teorijski beskonačna, trajektorija se nalazi na liniji preključenja, nazvanoj klizna prava. Takvo kretanje se naziva idealni klizni režim [2].

S obzirom da se kretanje na završnoj etapi odvija duž prave c u kliznom režimu bliskom idealnom, jednačina kretanja ista je kao i jednačina klizne prave.

$$x_2 = -cx_1 \text{ ili } \dot{x}_1 = -cx_1 \text{ ili } x_1(t) = x_1(0)e^{-ct} \quad (1)$$

Iz (1) se vidi da kretanje, opisano diferencijalnom jednačinom prvog reda ne zavisi od parametra objekta (u datom slučaju od parametra a), da je karakter kretanja unapred poznat, te da za sintezu upravljanja nije neophodno tačno poznavanje parametara upravljanog procesa već samo mogući opseg promena istih.

Zbog toga se upravljanje sa kretanjem u kliznom režimu može uzeti kao najpodesniji način upravljanja posmatranim sistemom [2].

4. IMPLEMENTACIJA I TESTIRANJE

Upravljanje je vršeno nad laboratorijskim modelom čiji model nije u potpunosti poznat.

Da bi uspešno implementirali gore navedene regulatore potrebno je znati ili pretpostaviti model upravljanog procesa. U našem primeru pretpostavlja se da je model sistema oblika:

$$G(z) = \frac{b_1z+b_0}{z^2+a_1z+a_0} \quad (2)$$

Nepoznate parametre procesa odredićemo ako na stvaran sistem primenimo postupak identifikacije sistema. Postupak identifikacije zasniva se na merenju ulaza i izlaza objekta u konačnom broju trenutaka i procesiranju rezultata. Na osnovu tih rezultata formira se procenjeni model sistema.

Pošto imamo procenjeni model možemo realizovati gore navedene regulatore za potrebe upravljanja.

3.1. Linearni regulator po stanjima i estimator

Upravljački zakon ovog regulatora formira se kao linearna kombinacija promenljivih stanja.

$$u(k) = -[k_1 \ k_2]x(k) + k_r r(k) \quad (3)$$

Parametre k_1 i k_2 biramo tako što zadamo željeno ponašanje sistema kada se zatvori povratna sprega po stanjima. Parametar k_r biramo tako da statičko pojačanje bude jednako jedan.

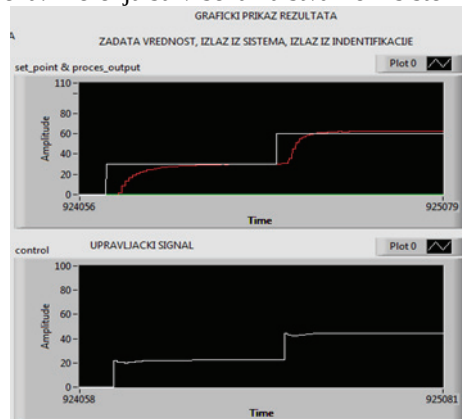
U praksi često sva stanja sistema nisu merljiva, što može predstavljati ozbiljan problem pri konstrukciji ovog tipa regulatora. Da bi izbegli ovaj problem pribegava se proceni tih vrednosti. Blok koji obavlja ovaj zadatak naziva se estimator (procenitelj). Zadatak estimatora je da na osnovu poznatog ili procenjenog modela i izlaza iz sistema (jedne merene promenljive stanja) proceni sve promenljive stanja. Jednačina estimatora je:

$$\hat{x} = A\hat{x} + Bu + L(y - C\hat{x}) \quad (4)$$

Parametre estimatora L biramo tako što zadamo željeno ponašanje ovog estimatora.

Na slici 5 prikazan je proces upravljan ovim regulatorom. Primer procesa kojim se upravlja je proces gde je upravljana veličina pritisak.

Napomena: Merenja su vršena na stvarnom sistemu.



Slika 5. Linearni regulator po stanjima i estimator

3.2. Linearni regulator po stanjima i estimator uz pretpostavku dejstva konstantnog poremećaja

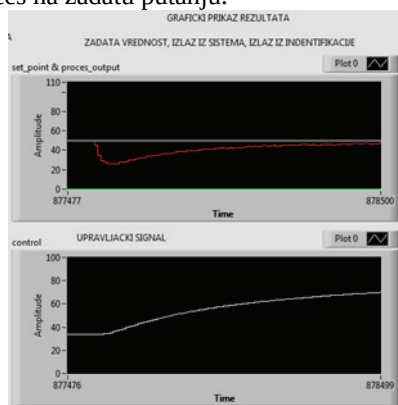
Mana prethodnog regulatora je što ne može da vrati sistem na željenu putanju ako na taj sistem deluje poremećaj. Da bi uspeali da eliminišemo dejstvo poremećaja potrebno je upravljački signal regulatora proširiti sa procenjenim poremećajem d :

$$u = -[k_1 \ k_2]x(k) - d + k_r r(k) \quad (5)$$

Glavna razlika u odnosu na prethodnu implementaciju regulatora je u tome što se blok estimatora proširuje sa mogućnošću estimacije poremećaja.

Da bi estimirali poremećaj potrebno je pretpostaviti kog je oblika. Ukoliko se radi o konstantnom poremećaju jednačina estimatora se proširuje sa jednom promenljivom stanja koja predstavlja dati poremećaj. Vrednost ove promenljive stanja u sledećem trenutku jednaka je vrednosti u prethodnom sa dodatkom korekcije estimatora.

Na slici 6 prikazan je proces upravljan ovim regulatorom pri dejstvu poremećaja. Vidimo da regulator uspešno vraća proces na zadatu putanju.



Slika 6. Linearni regulator po stanjima i estimator uz pretpostavku poremećaja pri delovanju istog

3.3. Klasični PID regulator

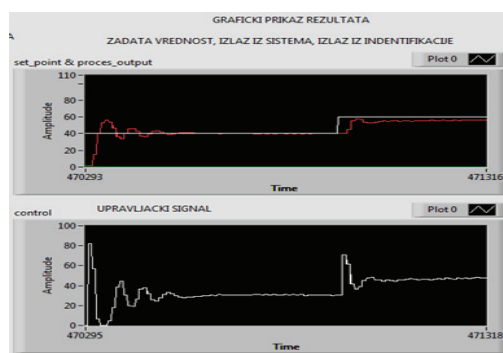
Klasični PID regulatori spadaju u grupu regulatora gde se upravljački zakon formira kao kombinacija linearnog, integralnog i diferencijalnog dejstva greške. Zbog implementacije upravljačkog zakona na računaru funkcija prenosa PID-a mora biti predstavljena u diskretnom

domenu, tj. upravljački zakon PID-a mora biti predstavljen diferencnom jednačinom (6).

$$u(k) = u(k-1) + K_p(e(k) - e(k-1)) + K_i T(e(k)) + K_d/T(e(k) - 2e(k-1) - e(k-2)) \quad (6)$$

Parametri K_p , K_i i K_d predstavljaju parametre ovog regulatora. Odgovarajućim izborom ovih parametara možemo dobiti željeno ponašanje sistema. Iz jednačine (6) vidimo da vrlo lako možemo odstraniti određeno dejstvo greške i na taj način dobiti manje složene regulatore (P, PI, PD).

Slika 7. prikazuje proces upravljan PID regulatorom. U ovom slučaju parametri su birani tako da zadovoljavaju uslov stabilnosti bez većeg naglaska na tačnost i performanse sistema.



Slika 7. PID regulator

3.4. Klizni regulator1

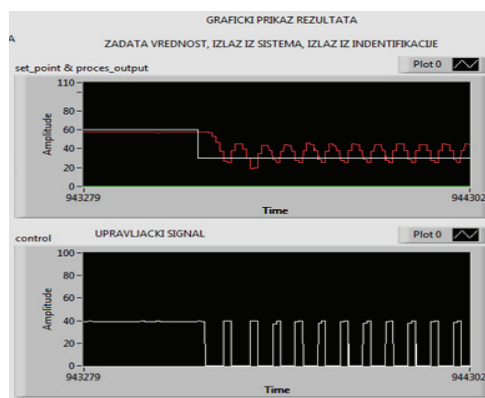
Klizni regulator1 predstavlja najjednostavniji oblik ovog tipa regulatora. Upravljački zakon ovog regulatora se formira kao u jednačini (7):

$$u = K_1 \text{sign}(r - y) \quad (7)$$

gde je K_1 pojačanje regulatora, r zadata vrednost, y izmerena vrednost, a sign znak funkcija.

Klizni regulator sa ovako implementiranim upravljačkim zakonom predstavlja jedan običan on-off regulator kod koga upravljački signal može da ima samo dve vrednosti, $+K_1$ ili $-K_1$.

Slika 8 predstavlja sistem upravljan ovim regulatorom. Upravljanje procesom na ovaj način posle određenog vremena izazvalo bi oštećenja na aktuatoru zbog veoma grubog upravljačkog signala.



Slika 8. Klizni regulator1

3.5. Klizni regulator2

Kod konstrukcije ovog regulatora usvaja se teorija za krivu preključenja u prostoru stanja. Pri realizaciji ovog

regulatora potrebno je odrediti promenljive stanja i kliznu pravu pa na osnovu toga formirati upravljački zakon.

$$x_1 = r - y$$

$$\dot{x}_1 = x_2 = (x_1(k) - x_1(k-1))/0.1$$

$$s = mx_1 + x_2$$

$$u = K1 \tanh(s) \quad (8)$$

Gde je s prava preključenja, m koeficijent nagiba prave, a $\tanh$ funkcija signum.

Slika 9 predstavlja proces upravljan ovim regulatorom. Sa slike vidimo da finim podešavanjem nagiba i pojačanja možemo dobiti sasvim lepo upravljan process.



Slika 9. Klizni regulator2

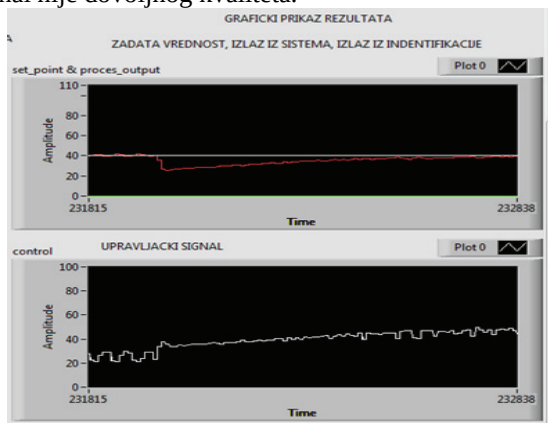
3.6. Klizni regulator3

Ovaj tip regulatora predstavlja proširenje prethodnog tipa, tako što upravljački zakon sadrži integralno dejstvo (integral znaka greške).

$$I = I(k-1) + \text{sign}(s)$$

$$u = K1 \text{sign}(s) \sqrt{|s|} + K2 * I * 0.1 \quad (9)$$

Gde je I integral znaka greške a $K2$ pojačanje integralnog dejstva. Na slici 10 prikazan je sistem upravljan ovim regulatorom. Vidimo da ovaj regulator pri dejstvu poremećaja uspešno vraća sistem na zadatu putanju ali veoma nepovoljno sa stanovišta aktuatora jer upravljački signal nije dovoljnog kvaliteta.



Slika 10. Klizni regulator3

4. ZAKLJUČAK

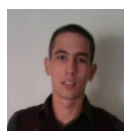
Ovim radom uspeli smo da u kratkim crtama opišemo način implementacije različitih tipova regulatora i njihov odziv u slučaju realizacije na jednom stvarnom sistemu. Dodatak ovog rada je teorijska osnova potrebna za razumevanje načina formiranja upravljačkog zakona kliznih regulatora.

Ovaj rad može poslužiti kao određena osnova u slučaju upoznavanja sa kliznim režimima, načinima implementacije različitih tipova regulatora i njihovom primenom.

5. LITERATURA

- [1] Pero Jeleč, "Diplomski rad-Upravljanje zasnovano na kliznim režimima", Sveučilište u Zagrebu, Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb, 2000.
- [2] Čedomir Milosavljević, Branislava Peruničić-Draženić, Boban Veselić, "SUPS-sistemi upravljanja promenljive strukture 50 godina istraživanja kliznih režima", Infoteh-Jahorina, Jahorina, 2010.
- [3] Milan Rapaić, Zoran Jelić, "Projektovanje linearnih regulatora i estimatora u prostoru stanja", FTN Izdavaštvo, Novi Sad, 2014.

Kratka biografija:



Mile Kovačević rođen je u Zrenjaninu 1990. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Automatika i upravljanje sistemima odbranio je 2014.god.

Cloud-based personalization framework for end-user set-top box applications

Veljko Mihailović, Saša Mirković
RT-RK Institute for Computer Based
Systems
Novi Sad, Serbia

Milan Z. Bjelica, Dejan Stefanović
Faculty of Technical Sciences, University
of Novi Sad
Novi Sad, Serbia

Danijel Spasojević
RT-RK Institute for Computer Based
Systems
Novi Sad, Serbia

Abstract— The concept of cloud computing allowed for integration of vast variety of devices and services towards the provision of enhanced experience for consumers. In this paper techniques and a framework for the provisioning of personalization information to the users of set-top box applications are presented and evaluated. To provide personalized services, the framework utilizes cloud-computing concept and online profile of the user. Evaluation is performed within a personalized electronic program guide application.

Index Terms — cloud, personalization, set-top box, personalized EPG, PEPG, electronic program guide, DTV

INTRODUCTION

In today's world the evolution of electronic devices progresses rapidly. Modern connected technologies allow for a flood of information from various sides (broadcasters, web, advertising companies etc.) to be pushed on to consumers. Sifting through the vast amount of information has become extremely difficult; therefore, user-oriented delivery and presentation of services is essential. Providers require means of selecting the most accurate and personalized information for their users. Personalization techniques would enable users to live and work more efficiently [1], and the possibility for them to be unsatisfied with services would be much more unlikely.

In this paper we propose a cloud-based personalization framework, allowing the consumer devices to obtain personalization information according to user profile. Information provided by the server residing in the Cloud, to the consumer devices, range from personalized user settings, favorite choices, search keywords, etc. The proposed solution for set-top boxes enables the creation of personalized electronic program guides (PEPG), containing information on recommended TV programming for the specific user.

Proposed framework focuses on the information gathered from the usage of a consumer device, such as the set-top box. Information which can be extracted from the system can range from something as simple as preferred time of watching certain TV show, to more complex information such as the favorite movie genre.

This paper is supported in part by the Ministry of Education and Science of the Republic of Serbia under the project No. 32014, 2011.

NAPOMENA:

- Ovaj rad proistekao je iz master rada Veljka Mihailovića. Mentor je bio doc. dr Milan Bjelica.
- Rad je prethodno publikovan na konferenciji TELFOR, Beograd, novembar 2013.

SYSTEM ARCHITECTURE

The proposed personalization framework relies on the TR-069 [4] communication protocol with a personalization data model defined for each specific consumer device. Every consumer device whether it is VoIP, NAS, FAP, IPTV, gateway, set-top-box (STB) etc. has its own data model, defined by the Broadband Forum. Main use for TR-069 communication protocol is to provide standardized ways for managing and supervision of end-user devices. Two types of devices are defined by TR-069: CPE (Customer Premises Equipment) and ACS (Auto-Configuration Server).

For the case of a set-top box, TR-135 [5] data model is used. TR-135 is a data model specifically designed to cover relevant features of the STB. Besides features defined by the standard, data model may be extended by the specific user-related information. Extended version of TR-135 data model, implemented within this paper, allows STB to report currently watched TV show, show type and genre, time of the day when TV show is watched, user reminders, visited web pages (for hybrid STBs) etc. On the other hand, cloud server can also fill values for many of these parameters. User profile is generated on the server, based on user online activity (e.g. on social networks and blogs) and user interests posted online. Server further aggregates this profile with the information fed by the STB, to provide recommendations that can be accessed by 3rd party applications (which, again, may reside in the STB, as in the case of PEPG). For STBs with sophisticated operating systems (e.g. Android), personalization functionalities are provided by the personalization service, which can be accessed from any running application on the STB.

Overall architecture of the solution is shown in Figure 1.

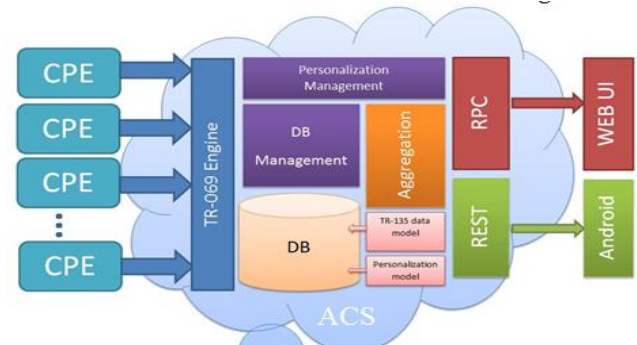


Figure 1. Overview of the personalization framework

The *DBM* is the only module that can manipulate the database (DB) containing information on each CPE, monitoring history and user profiles. DBM is designed to provide fast response to data inquiry, so that effects to system performance are reduced to the minimum. For this purpose, DBM uses cache mechanism and writes data back to the actual database periodically.

The *TR-069 Engine* is the server-side module in charge of communication with CPEs. This module receives information about user activity (which is previously collected and stored by the CPE) and current state of a CPE and passes it through to the *Database Management module* (DBM). This module provides scalability in order to sustain handling of vast numbers of CPEs. All information that is provided by the STB within TR-135 data model, is fed to the database by the TR-069 engine.

The *Personalization management module* provides information regarding user profile collected online and mostly based on user activity in social networks. Extended version of TR-135 data model, allows for the configuration of access parameters for social networking websites. In the case these access information are provided, the personalization management module uses APIs of the social portals to access personal user information and feed it to the DBM.

The *Aggregation module* uses data stored in the DB and performs calculation upon the collected data. This calculation provides several different outputs such as history of watched channels/genres, favorite TV shows etc., in order to provide personalized information to CPEs. Aggregation routines are periodically invoked to perform calculation on the new set of data. Calculation results are stored in the DB. Personalization management module ensures that all the results of aggregation calculations and the additional parameters stored in the DB are combined to a personalization package accessible by each CPE.

Personalization package is requested through TR-069 API, whereas data from the package is further used to filter out information and to provide personalized views in different target applications (e.g. Personalized EPG, Personal Wall Garden) or to deliver targeted information (such as the advertising window). Also, the same personalization package can be delivered to service providers. The package is made available via RPC (Remote Procedure Calls) to the Web UI. Using provided data service, providers can derive statistics with the goal to improve the quality of services they provide. REST module is used if providers want to create personalized applications for consumer electronic devices, allowing the users to access and edit their personal settings, notes or reminders on various end devices (set-top boxes, mobile phones, tablets etc.). These settings may be included in derivation of personalized packages. One of the possibilities is that user can access their history of watched channels, names of the TV shows, and various statistics. All of these data may be provided by using services of the DBM.

USE-CASE: PERSONAL EPG (PEPG)

The proposed framework was evaluated for a use case of PEPG application. CPE personalization service logs user behavior, such as channel switching, TV shows watched or user rating and shares that information with the personalization server. Server, within its feedback, provides favorite lists, recommended shows and related information of interest to the user. This information is used by the PEPG application.

When user clicks on PEPG button, PEPG is shown on the screen. The information shown is similar to the traditional EPG, but further filtered according to personalization data. Channel list is refined so that most frequently watched channels appear on top of lists, whereas shows with genres of interest are highlighted. With simple navigation from the remote, user can filter the content of PEPG in any way desirable, including the genre, day of the week and/or some part of the day, duration of the show etc.

PEPG application was integrated to the existing set-top box based on *Android4TV* [6] solution. Most frequently watched channels and favorite genres are distinguished with different colors (the most watched channels highlighted in pink, the most watched genres highlighted in green), as in Figure 2.

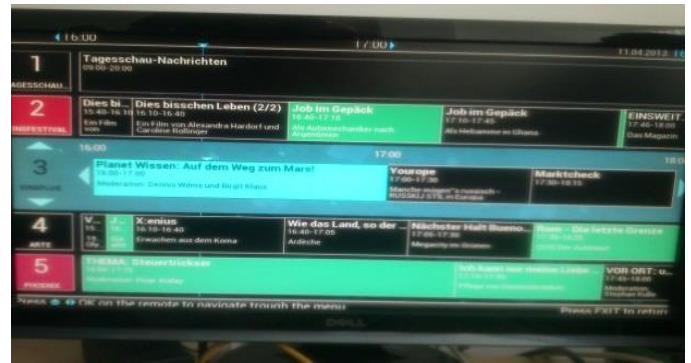


Figure 2: PEPG. Pink – favorite channel, green favorite shows

Evaluation was conducted to measure the overhead when personalization functionalities are introduced, which is best expressed as the UI response time. Two evaluation STBs with different characteristics were used (one was a high-end STB, whereas the second was a low-end STB). With personalization, UI response time increases by approximately 20% (Figure 3). These results are expected not to significantly affect user experience.

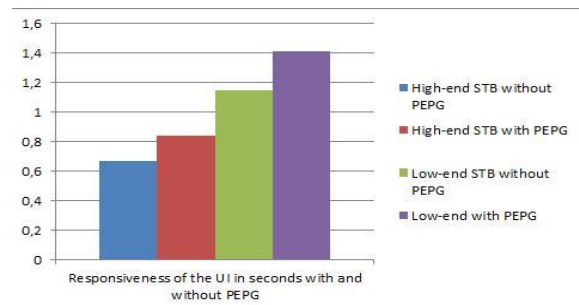


Figure 3: Results of responsiveness shown in seconds

RELATED WORK

Some significant work has already been discussed on the subject of PEPG subject. iFanzzy [1] is one of the commercial releases, which combines set-top box EPG, Web application and prototype mobile device [1]. The proposed system is less resource demanding than iFanzzy, with the ability to run on set-top box devices with DTV middleware and data related to broadcast streams. The structure of EPG is discussed in another research [2], emphasizing on readability and intuitiveness. For example, for European EPG, it is proposed that services are shown in columns, whereas each row holds the timeline of shows for the service.

In the area of personalization and recommender systems, Chorianopoulos proposes two ways of personalization: Collaborative Filtering (CF) and Content-based Filtering (CBF) [3], whereas the latter is being used in this paper. Content-based filtering (CBF) is an information retrieval technique that makes predictions upon the assumption that a user's previous preferences are reliable indicators for future behavior. Milan Bjelica in his paper [7], says that the most important factors that determine the design of TV recommender systems, are demand of unobtrusiveness, scarce user interface, and the absence of return channel. He discusses how these factors impact on the design of the recommender system. To the best of our knowledge, there have been no works that considered the provision of personalization functionalities for the set-top box by utilizing cloud-based aggregation of collected information.

CONCLUSION

This paper proposes a framework for the provision of personalized information for application on consumer electronic device. Main advantages of the solution include seamless integration to the device and the availability of personalized information across a variety of devices. The system is designed to provide personalization even on low-cost set-top boxes, given the lightweight design of CPE service. In future research, server-side personalization would be extended to include user profile from additional social networking services and online portals.

REFERENCES

- [1] Bellekens, P., Van Kerckhove, G., Kaptein, A. "iFanzzy: A ubiquitous approach towards personalized EPG", EuroITV2009 Leuven, Belgium, June 3-5 2009
- [2] Mark van Setten, "A Goal-Based Personalized Electronic TV GuideDemonstrator", TV'04, 2004
- [3] Chorianopoulos, K. "Personalized and mobile digital TV applications", Multimedia Tools and Applications Journal, Volume 36, Issue 1-2, January 2008
- [4] TR-069 (CPE WAN Management Protocol), Broadband Forum
- [5] TR-135 Data Model for a TR-069 Enabled STB, Broadband Forum
- [6] Vidakovic M., Teslic N., Maruna T., Mihic V. "Android4TV: A proposition for integration of DTV in Android devices", Consumer Electronics (ICCE), 2012 IEEE International Conference on, Las Vegas NV, January 2012
- [7] Milan Bjelica, "Towards TV Recommender System: Experiments with User Modeling", IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. 56, No. 3, August 2010

PROJEKAT VIŠESPRATNE ARMIRANOBETONSKE ZGRADE PREMA DOMAĆIM PROPISIMA I EVROKODU**DESIGN PROJECT OF MULTI – STORY REINFORCED CONCRETE BUILDING ACCORDING TO NACIONAL STANDARDS AND EUROCODE**

Goran Džever, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – U radu je dat kratak prikaz projekta konstrukcije AB stambene zgrade Su+Pr+4+Pk i prikazana je uporedna analiza dimenzionisanja i armiranja po domaćim standardima i Evrokodu.

Abstract – The paper gives a brief overview of the project of a RC residential building (basement +ground floor+4 floors+attic) and comparative analysis of the dimensioning and reinforcement according to national standards and Eurocode.

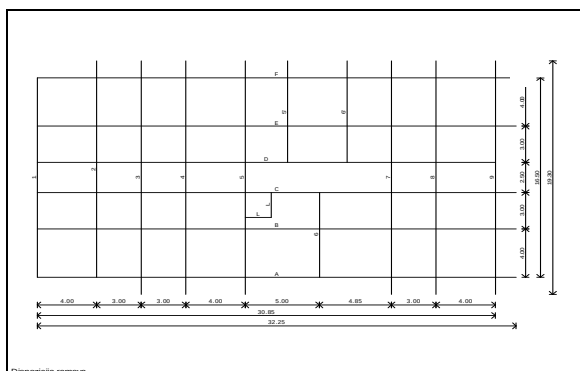
Ključne riječi: armirani beton, zgrada, skeletni sistem, uporedna analiza.

1. UVOD

Projektnim zadatkom predviđeno je projektovanje višespratne armiranobetonske stambene zgrade Su+Pr+4+Pk, pravougaone osnove prikazane na *Slici 1*. Definisani su gabariti, rasteri stubova, namjena površina, lokacija zgrade i konstruktivni sistem. Objekat se nalazi u Novom Sadu.

2. OPIS PROJEKTA**2.1. Projektni zadatak i arhitektonsko riješenje**

Konstrukcija zgrade se izvodi kao armiranobetonski skeletni sistem ukrućen potrebnim zidovima za ukrućenje. Ramovi obilježeni brojnim oznakama 1, 2, 3, 4, 5, 5', 6, 6', 7, 8, 9 se pružaju u pravcu zapad – istok sa rasterima: 2,85 m, 3,0 m, 4,0 m, 4,85 m i 5,0 m.



Slika 1. Šema ramova

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Đorđe Ladinović, red. profesor

Ramovi obilježeni slovnim oznakama A, B, C, D, E, F sa međusobnim rasterima: 2,5 m, 3,0 m i 4,0 m pružaju u pravcu sjever – jug.

Podrumska etaža je višenamjenska, veći dio je predviđen za parking mjesta pa slijedi dio planiran za kotlatnicu i ostave. Prizemlje i četiri etaže su namjenjene za stambeni prostor dok je u potkrovlju predviđena mogućnost nadogradnje i prilagođavanja za stambeni prostor.

Spratna visina podruma je 2,70 m, prizemlja 2,90 m, spratova 2,90 m, dok su armiranobetonske krovne grede (predviđene za oslonac drvenoj krovnoj konstrukciji) na visini 2,95 m i 5,15 m iznad krovne ploče. Ukupna visina zgrade, sa krovnom konstrukcijom, iznad površine tla je ~ 22,26 m. Za vertikalnu komunikaciju služiće lift i dvokrako stepenište.

Podne površine u stanovima su obložene parketom i keramičkim pločicama, stepeništa i hodnici između stanova su obloženi teracom. Keramičke pločice su u sanitarnim prostorijama postavljene do plafona a u kuhinjama do visine od 1,5 m.

Zidovi i plafoni u stanovima se malterišu i završno obrađuju poludisperznom bojom, dok se isti u prostorijama skloništa samo boje.

Fasadni zidovi se izvode od giter bloka i DEMIT fasade (giter blok $d = 25$ cm + DEMIT fasada), a na dijelu uz zidna platna radi izravnavanja fasade se postavlja samo DEMIT fasada. Unutrašnji zidovi su od giter bloka ($d = 25$ cm) i šuplje opeke ($d = 12$ cm).

2.2. Konstruktivni sistem zgrade

Glavni konstruktivni sistem zgrade, prema obliku nosećih elemenata, je skeletni sistem koji se sastoji od armiranobetonskih ramova postavljenih u međusobno upravnim pravcima i armiranobetonskih zidova za ukrućenje ramova.

Međuspratna konstrukcija je projektovana kao kontinualna, krstasto armirana ploča. Debljina ploče je $d = 12$ cm. Stepenište se sastoji od dvije kose ploče debljine 14 cm, uklještene u zidna platna i ploče sprata.

Rasponi greda u podužnom pravcu su 2,85, 3,0, 4,0, 4,85 i 5,0 m sa dimenzijama $b/d = 30/40$ cm i $b/d = 30/30$ cm a u poprečnom 2,5, 3,0 i 4,0 m i dimenzija $b/d = 30/40$ cm i $b/d = 30/30$ cm.

Dimenzije stubova se mijenjaju kroz etaže. Njihove vrijednosti su: podrum $b/d = 45/45$ cm, prizemlje $b/d = 40/40$ cm, spratovi $b/d = 40/40$ cm, dok su stubovi u potkrovlju (predviđeni za oslonac krovnoj konstrukciji) $b/d = 30/30$ cm. Stubovi se projektuju tako da zadovolje propisane uslove iz "Pravilnika o tehničkim normativima za izgradnju objekata u seizmičkim područjima" [3].

Raspoređivanje zidova za ukrućenje je izvršeno u skladu sa arhitektonskim riješenjem objekta i sa ciljem podjednakog ukrućenja zgrade u oba ortogonalna pravca, što je približno i postignuto. Uloga ovih elemenata konstrukcije je da prime i prenesu na temelj horizontalna seizmička opterećenja i doprinesu cijelokupnoj krutosti zgrade.

Zidna platna su u podužnom pravcu dimenzija $b/d = 15/300$ cm, u poprečnom $b/d = 15/400$ cm i $b/d = 15/300$ cm. Debljina zidova se u području podrumске etaže povećava i iznosi 25 cm. I zidovi za ukrućenje su porojektovani tako da zadovolje uslove date "Pravilnikom o tehničkim normativima za izgradnju objekata u seizmičkim područjima" [3]. U podrumu su projektovani armiranobetonski zidovi po obodu objekta. Oni zajedno sa temeljnom pločom i pločom prizemlja čine nedeformabilni podzemni dio konstrukcije. Debljina istih je 25 cm.

Fundiranje objekta je izvršeno na temeljnoj ploči od armiranog betona, debljine $d = 45,0$ cm. Ploča je prepuštena izvan osa rama za 50 cm. Ispod temeljne ploče nasipa se tampon sloj šljunka debljine 10cm i sloj mršavog betona debljine 5cm. Preko sloja mršavog betona se postavlja hidroizolacija. Dozvoljeni napon u tlu je dobijen geomehničkim ispitivanjima za lokaciju gradilišta i iznosi $\sigma_{doz} = 200$ kN/m². Stvarni naponi u tlu su manji od dozvoljenih.

Krovnna konstrukcija je četvorovodna. Pored uticaja od sopstvene težine konstrukcija je proračunata i na dejstvo vjetrova, snijega i od pokretnog opterećenja koje izaziva čovjek.

Opterećenje od krovnih ravni preuzimaju drveni rogovi postavljeni na maksimalnom osovinskom rastojanju od 80 cm.

Dimenzije rogova su $b/d = 10/12$ cm. Opterećenje sa rogova se prenosi na vjenčaničice dimenzija $b/d = 12/12$ cm, grebenjače $b/d = 12/14$ cm.

Dalje se opterećenje prenosi preko greda vjenčaničica ili drvenih stubova na armiranobetonsku konstrukciju. Stubovi dimenzija $b/d = 12/12$ cm. Krovna građa je izrađena od četinaru II klase.

2.3. Analiza opterećenja

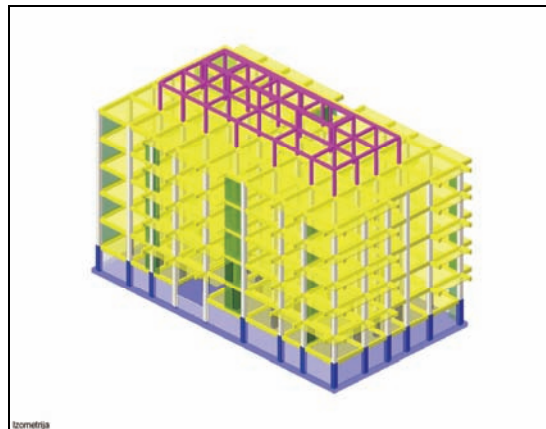
Analizirani su sledeći slučajevi opterećenja: stalno, korisno, opterećenje snijegom, opterećenje vjetrom, i seizmičko opterećenje.

Stalno opterećenje čine težine same konstrukcije, nekonstruktivnih elemenata, obloga i pritisak zemljišta. Korisno opterećenje je definisano standardom SRPS U.C7.121/1988 [3] u funkciji namjene prostora. Opterećenje snijegom je definisano Privremenim tehničkim propisima za opterećenje zgrada [3] i iznosi 0,60 kN/m² za nagib krova od $\sim 36^\circ$ i 0,75 kN/m² osnove krova za dio krova sa nagibom $\sim 0^\circ$.

Dejstvo vjetrova je sračunato prema Pravilniku [5] (zgrada spada u velike krute zgrade), seizmičko opterećenje je sračunato statički ekvivalentnom metodom po domaćim propisima, prema Pravilniku o tehničkim normativima za izgradnju objekata visokogradnje u seizmičkim područjima [3], (II kategorija objekta, II kategorija tla, VIII seizmička zona) i metodom bočnih sila po Evrokodu (klasa duktilnosti DCM, tip tla C, $a_g = 0,2g$ - projektno ubrzanje za tlo tipa C, tip elastičnog odgovora 1).

2.4. Proračun konstrukcije

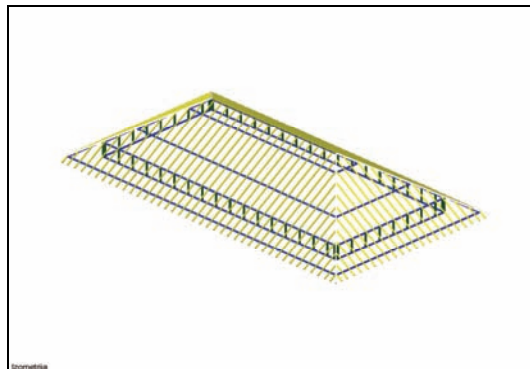
Konstrukcija je modelirana prostornim modelom u programskom paketu Tower 6.0 (slika 2), korišćenjem linijskih i površinskih elemenata. Korišćeni su konačni elementi veličine 50x50cm.



Slika 2. Izgled modela konstrukcije u izometriji

Sopstvena težina konstrukcije i seizmičko opterećenje generisani su softverski, pri tome koristeći vrijednosti sopstvenih perioda oscilovanja dobijenih modalnom analizom koja je takođe izvršena pomoću softvera. Ostala opterećenja su aplicirana kao linijski i površinski raspodijeljena, saglasno analizi opterećenja, posebno za svaki slučaj opterećenja.

Nakon nanošenja opterećenja, izvršen je proračun konstrukcije primjenom programa Tower 6.0, čime su dobijene veličine svih statičkih uticaja u elementima konstrukcije, pomeranja tačaka konstrukcije i dr. Model krova u izometriji je dat na slici 3.



Slika 3. Model drvene krovne konstrukcije u izometriji

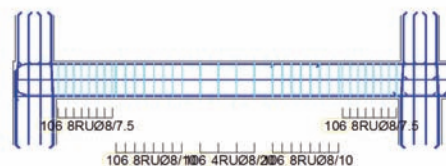
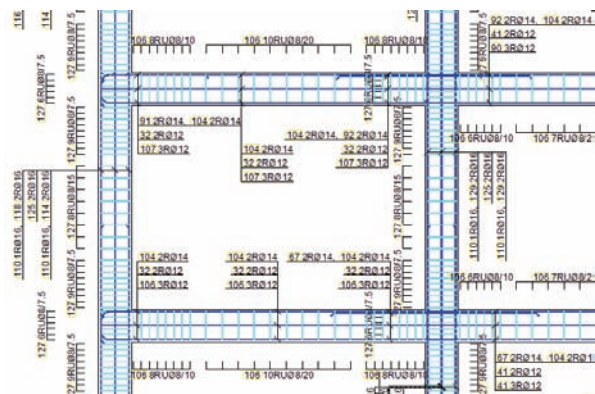
2.5. Dimenzionisanje i armiranje

Projektom je predviđena marka betona MB 35 za sve elemente konstrukcije i upotrebljava se jedna vrsta armature RA400/500.

Svi elementi su dimenzionisani saglasno važećim propisima [1], [3], prema uticajima mjerodavnih graničnih kombinacija opterećenja, za šta je iskorišćena opcija korišćenog softvera.

Grede su dimenzionisane kao jednostruko ili dvostruko armirane, dok su stubovi dimenzionisani kao koso savijani, obostrano simetrično armirani. AB zidovi su dimenzionisani saglasno Pravilniku [1] i [3]. Zidovi za ukrućenje su dimenzionisani kao visoke konzolne grede. U stubovima i zidovima za ukrućenje je izvršena kontrola dopuštenih normalnih napona definisanih Pravilnikom

Dimenzionisanje svih krovnih pozicija je izvršeno metodom dozvoljenih napona.



**ANALIZA UTICAJA PROMENE RASPOREDA AB ZIDOVA NA SEIZMIČKU
OTPORNOST ZGRADE****ANALYSIS OF INFLUENCE OF THE DIFFERENT POSITION OF RC WALLS ON
SEISMIC RESISTANCE OF BUILDING**Branka Popović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

Kratak sadržaj – U radu je analizirano ponašanje AB konstrukcije (12 spratova) pod dejstvom seizmičkih sila koje se menjaju u zavisnosti od položaja AB zidova (Y_2 i Y_3). Prilikom analize, seizmički AB zidovi (Y_2 i Y_3) su menjali svoj položaj tako što su pomerani sa korakom $\Delta=1\text{m}$ u desno i tako formirani novi modeli. Za svaki od modela izračunate su seizmičke sile a zatim je na osnovu dobijenih uticaja u konstrukciji izvršeno dimenzionisanje odgovarajućih zidova.

Abstract – This paper analyzes the behavior of reinforced concrete structure (12 floors) under the action of seismic forces that can change depending on the position of RC walls (Y_2 and Y_3). In the analysis of seismic RC walls (Y_2 and Y_3) have changed their position so they moved from step $\Delta = 1\text{ m}$ to the right and so formed the new models. For each of the models were calculated seismic forces and then on the basis of the impact of the construction was done from appropriate dimensioning of walls.

Ključne reči: Seizmičko opterećenje, DCH, odgovor konstrukcije

1. UVOD

Iako je pojavu zemljotresa nemoguće sprečiti, u izvesnoj meri je moguće predvideti njegovo mesto i intenzitet, pa se upravo pravilnim projektovanjem zgrade može uticati na vrstu odgovora konstrukcije usled pojave istog. Odnosno, način dimenzionisanja konstrukcije određuje stepen (ne)oštećenja konstrukcije.

Po pravilu svaka zgrada mora da izdrži seizmička dejstva manjeg intenziteta bez pojave većih oštećenja, a što se zemljotresnih dejstava većeg intenziteta tiče, mera izdržljivosti zgrade zavisi isključivo od procenjene racionalnosti konstrukcije i ekonomske moći zajednice. Generalno, uticaji jakih zemljotresa mogu biti prihvaćeni i elastičnim radom konstrukcije, ali je iz ekonomskih razloga, velika prednost na strani duktilnog.

Tako projektovanje zgrada prema DCH metodi obezbeđuje da se zgrada zemljotresima suprostavlja svojom visokom duktilnošću, tj. mogućnošću disipacije velike količine energije koja nastaje kao rezultat pomeranja tla.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio prof. dr Đorđe Ladinović

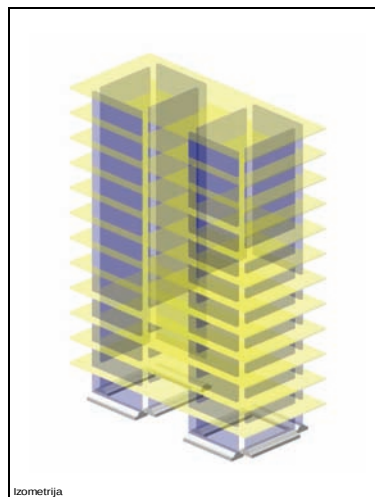
Projektovanje zgrada na ovaj način, konstrukciji se dopušta vrlo visok stepen plastifikacije pa su samim tim i strože mere za oblikovanje konstrukcijskih elemenata i detalja.

2. MODELIRANJE KONSTRUKCIJE

Konstrukcija je modelirana u programskom paketu Tower 6 koji je baziran na metodi konačnih elemenata. Modeliranje je izvršeno u skladu sa Evrokodom. Analizirana konstrukcija je pravougaone osnove dimenzija $22 \times 10\text{ m}$, ima 12 etaža pri čemu je visina svih etaža 3 m. Konstruktivni sistem se sastoji iz horizontalnih i vertikalnih elemenata.

Horizontalni elementi konstrukcije su pune AB ploče debljine $d = 20\text{ cm}$. Vertikalne elemente čine AB zidovi, kojisu pravougaonog poprečnog preseka, dužina im je ista (600 cm) dok je debljina $d = 30\text{ cm}$. Svi AB zidovi su linijski uklješteni.

Prilikom projektovanja korišćen je beton marke C25/30 i armatura klase S 400. Na slici 1 prikazan je prostorni izgled konstrukcije.



Slika 1. Prostorni model konstrukcije

3. ANALIZA OPTEREĆENJA

Prema Evrokodu, sva opterećenja su svrstana u nekoliko kategorija. Za ovaj objekat od značaja je da se odrede uticaji od stalnog, povremenog (korisno, sneg,) i seizmičkog opterećenja. Celokupna analiza opterećenja je urađena u skladu sa Evropskim standardima [3], [4].

3.1. Stalno opterećenje

Stalno opterećenje je površinsko opterećenje u koje je uračunata sopstvena težina svih konstruktivnih elemenata. Uopšteno je da su sve tavanice jednako opterećene pri čemu je opterećenje tipskog sprata 9 kN/m^2 a krovne ploče 10 kN/m^2 .

3.2. Korisno opterećenje

U članu 6.3.1 Evrokoda 1(EC 1991-1-1:2002) definisano je da korisna opterećenja u poslovnim zgradama iznose: za tipski sprat 3 kN/m^2 , a za krov 0.4 kN/m^2 .

3.2. Opterećenje snegom

Opterećenje snegom je aplicirano kao površinsko opterećenje intenziteta 1 kN/m^2 .

3.3. Seizmičko opterećenje

Određivanje seizmičkih dejstava je u svemu urađeno u skladu sa Evrokodom 8. Za potrebe ovog rada usvojena je kategorija tla C (tabela 1.), tip 1 elastičnog spektra odgovora, a projektno ubrzanje je $a_g = 0.2 \text{ g}$. Usvojena je visoka klasa duktilnosti DCH.

Tabela 1. Vrednosti parametara koji opisuju preporučeni tip 1 elastičnog spektra odgovora

Vrsta tla	S	$T_B(s)$	$T_C(s)$	$T_D(s)$
A	1.0	0.15	0.4	2.0
B	1.2	0.15	0.5	2.0
C	1.15	0.20	0.6	2.0
D	1.35	0.20	0.8	2.0
E	1.4	0.15	0.5	2.0

Za horizontalne komponente seizmičkog dejstva, u zavisnosti od perioda vibracija konstrukcije i faktora ponašanja q , projektni spektar $S_d(T)$ se određuje prema izrazu (1)

$$S_d(T_1) = a_g \cdot S \cdot (2.5/q) \cdot [T_C/T_1] \quad (1)$$

Faktor ponašanja q kojim se uzima u obzir kapacitet trošenja energije za svaki proračunski smer određuje se kao (2):

$$q = q_0 \times k_w \geq 1.5 \quad (2)$$

Prema zahtevu da se zgrade rade kao konstrukcije visoke duktilnosti (DCH), dobijena je vrednost faktora ponašanja $q = 4.4$.

3.4.1. Modalna analiza konstrukcije

Dinamička analiza vršena je modalnom analizom, u programskom paketu Tower 6.0. Prema EC 1998-13.2.4, pri dinamičkoj analizi, pored stalnog i opterećenja snegom koje se uzima u punom iznosu, u obzir moramo uzeti i verovatnoću da korisno opterećenje nije prisutno na celoj konstrukciji tokom zemljotresa. Vrednost korisnog opterećenja uzima preko koeficijenata Ψ_{Ei} .

Metoda ekvivalentnih bočnih sila se može primeniti na zgrade koje mogu da se analiziraju sa dva ravanska modela i čiji odgovor bitno zavisi samo od prvih svojstvenih oblika slobodnih vibracija, pri čemu period

oscilovanja konstrukcije mora biti u granicama datim izrazom (3):

$$T_1 < 4T_c \quad (4 \cdot 0.6 = 2.4) < 2.0 \text{ s} \quad (3)$$

Modalnom analizom konstrukcije dobijeni su periodi oscilovanja koji su sa ekscentricitetom odgovarajućeg modela dati u tabeli 2.

Tabela 2. Periodi oscilovanja i ekscentricitet odgovarajućih modela

Redni br. modela	e_x	T_1	T_2
Osn.model	0	0.715	0.623
$\Delta 1$	0.5	0.738	0.634
$\Delta 2$	1	0.775	0.645
$\Delta 3$	1.5	0.793	0.654
$\Delta 4$	2	0.785	0.661
$\Delta 5$	2.49	0.757	0.663

Seizmičko opterećenje konstrukcije je određeno metodom ekvivalentnih bočnih sila pošto su gore navedeni uslovi ispunjeni.

3.4.2. Smičuća sila u osnovi

Ukupna seizmička smičuća sila u osnovi F_b za svaki horizontalni pravac za koji se zgrada analizira, u ovom slučaju X i Y pravac, određena je prema izrazu (4).

$$F_b = S_d(T_1) \cdot m \cdot \lambda \quad (4)$$

Izračunate smičuće sile u osnovi za svaki model i za svaki odgovarajući pravac (X i Y) date su u tabeli 3.

Tabela 3. Smičuće sile u osnovi zgrade

	Os. model	$\Delta = 1$	$\Delta = 2$	$\Delta = 3$	$\Delta = 4$	$\Delta = 5$
X	2777.1	2690.4	2562.1	2503.9	2529.4	2623.0
Y	3187.2	3131.9	3078.5	3036.1	3003.9	2994.9

4. PROJEKTOVANJE ZA KLASU DUKTILNOSTI H

Dijagram proračunskog momenta savijanja po visini zida se uzima kao anvelopa dijagrama momenata savijanja dobijenog proračunom konstrukcije koja je vertikalno pomerena (pomeranje zatezanja) za dužinu jednaku visini kritične oblasti zida. Mora se u obzir uzeti povećanje transversalnih sila nakon pojave tečenja u osnovi primarnog seizmičkog zida.

Proračunska anvelopa smičućih sila V_{ed} po visini zida se određuje prema izrazu (5):

$$V_{ed} = \varepsilon \cdot V_{ed}' \quad (5)$$

gde je V_{ed}' vrednost smičuće sile određena na osnovu linearno elastične analize, a ε faktor povećanja ($\varepsilon \geq 1.5$). Kod seizmičkih zidova vrednost normalizovane aksijalne sile mora zadovoljiti izraz (6):

$$V_d = N_{ED} / A_c \times f_{cd} \leq 0.35 \quad (6)$$

4.1. Nosivost na savijanje i smicanje, i oblikovanje detalja za lokalnu duktilnost

Visina kritične oblasti h_{cr} iznad osnove zida se može proceniti prema izrazu (7):

$$h_{cr} = \max [l_w, h_w/6] \quad (7)$$

U ovom radu visinu kritične zone je $h_{cr} = 6$ m.

Da bi se obezbedila zahtevana duktilnost na nivou cele konstrukcije i tako opravdao koncept aseizmičkog projektovanja, potrebno je da se na nivou preseka elemenata obezbedi odgovarajuća duktilnost krivine.

4.2. Lom pritisnute dijagonale u rebru usled smicanja

Proračunska vrednost maksimalne sile smicanja koju element može da prihvati, ograničena lomom betona u pritisnutim štapovima, $V_{Rd,max}$, se određuje prema izrazu (8), s tim što se u kritičnoj oblasti uzima 40% vrednosti $V_{Rd,max}$ izvan kritične oblasti.

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} \cdot (\cot \theta + \tan \theta) \quad (8)$$

4.3. Dijagonalni zatežuci lom rebra usled smicanja

Proračun armature rebra za granično stanje loma pri smicanju mora uzeti u obzir odnos smicanja, dat izrazom (9):

$$\alpha_s = M_{Ed} / (V_{Ed} \cdot l_w) \quad (9)$$

Horizontalne šipke u rebru moraju zadovoljiti izraz (10).

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,c} + 0.75 \cdot \rho_h \cdot f_{yd,h} \cdot b_{w0} \cdot \alpha_s \cdot l_w \quad (10)$$

Vertikalna armatura rebra, odgovarajuće usidrena i nastavljena po visini zida prema EN1992-1-1:2004, mora da zadovolji uslov (11).

$$\rho_h \cdot f_{yd,h} \cdot b_{w0} \cdot z \leq \rho_v \cdot f_{yd,v} \cdot b_{w0} \cdot z + \min N_{ed} \quad (11)$$

4.4 Lom smicanjem usled klizanja

Površine sa potencijalnim ravnima klizanja, na primer konstruktivna spojnica unutar kritičnog područja treba zadovoljiti uslove date izrazom (12):

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,s} = V_{dd} + V_{id} + V_{fd} \quad (12)$$

5. DIMENZIONISANJE ZIDOVA X PRAVCA

Pri dimenzionisanju zidova ispoštovani su svi uslovi koje zahteva EN 1998-1:2004, [1] i EN 1992-1-1:2004, [2] a koji su vezani za minimalne i maksimalne količine armature kao i uslove vezane za međusobna rastojanja šipki.

Preseci su dimenzionisani na najnepovoljnije kombinacije opterećenja.

Usvojena količina armature u zidovima X pravca u kritičnoj oblasti prikazana je u tabeli 5 za svih pet modela.

Tabela 4. Usvojena armatura u zidovima X pravca

X pravac	osnovni model	$\Delta = 1$	$\Delta = 2$	$\Delta = 3$	$\Delta = 4$	$\Delta = 5$
ivična armatura	16R ϕ 16 32.17	16R ϕ 16 32.17	14R ϕ 16 28.15	16R ϕ 14 24.54	12R ϕ 16 24.13	12R ϕ 16 24.54
vertikalna armatura rebra	$\pm R\emptyset 8/15$	$\pm R\emptyset 8/15$	$\pm R\emptyset 8/15$	$\pm R\emptyset 8/15$	$\pm R\emptyset 8/15$	$\pm R\emptyset 8/15$
horizontalna armatura rebra	$\pm R\emptyset 8/15$	$\pm R\emptyset 8/15$	$\pm R\emptyset 8/15$	$\pm R\emptyset 8/15$	$\pm R\emptyset 8/15$	$\pm R\emptyset 8/15$
uzengije	UR $\emptyset 10/7.5$	UR $\emptyset 10/7.5$	UR $\emptyset 10/7.5$	UR $\emptyset 10/7.5$	UR $\emptyset 10/7.5$	UR $\emptyset 10/7.5$

6. DIMENZIONISANJE ZIDOVA Y PRAVCA

Najveci uticaji u konstrukciji su se pojavili upravo u Y pravcu, u zidu Y₄. Zidovi Y pravca dimenzionisani su po istom principu kao i zidovi X pravca i armatura je takođe usvajana na isti način kao i za zid X pravca i ukupne količine usvojene armature date su u tabeli 5.

Tabela 5. Usvojena armatura u zidovima Y pravca

Y pravac	osnovni model	$\Delta = 1$	$\Delta = 2$	$\Delta = 3$	$\Delta = 4$	$\Delta = 5$
ivična armatura	22 R $\emptyset$ 16 44.24	22 R $\emptyset$ 16 44.24	22 R $\emptyset$ 16 44.24	24 R $\emptyset$ 16 48.26	24 R $\emptyset$ 16 48.26	26 R $\emptyset$ 16 52.28
vertikalna armatura rebra	$\pm R\emptyset 8/15$	$\pm R\emptyset 8/15$	$\pm R\emptyset 8/15$	$\pm R\emptyset 8/15$	$\pm R\emptyset 8/15$	$\pm R\emptyset 8/15$
horizontalna armatura rebra	$\pm R\emptyset 8/15$	$\pm R\emptyset 8/15$	$\pm R\emptyset 8/15$	$\pm R\emptyset 8/15$	$\pm R\emptyset 8/15$	$\pm R\emptyset 8/15$
uzengije	UR $\emptyset 10/7.5$	UR $\emptyset 10/7.5$	UR $\emptyset 10/7.5$	UR $\emptyset 10/7.5$	UR $\emptyset 10/7.5$	UR $\emptyset 10/7.5$

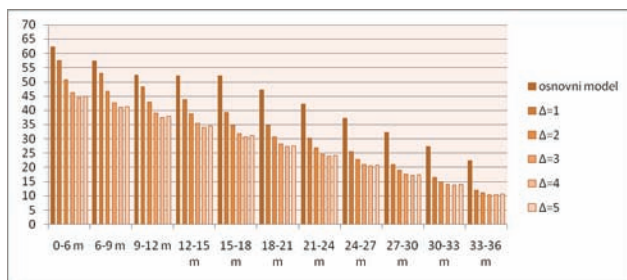
7. ZAKLJUČAK

Projektovanje zgrade prema DCH metodi obezbeđuje da se zgrada zemljotresima suprotstavlja svojom duktilnošću, tj. mogućnošću disipacije veće količine energije koja nastaje kao rezultat pomeranja tla. Projektovanjem zgrade na ovaj način, konstrukciji se dopušta viši stepen plastifikacije pa su samim tim i strože mere za oblikovanje konstrukcijskih elemenata i detalja. Vertikalna armatura usvojena je tako da zadovoljava kriterijum nosivosti, ali i da budu obezbeđeni svi zahtevi po pitanju minimalne količine armature u zidu, kao i maksimalnog rastojanja vertikalnih šipki armature. Horizontalna armatura za prijem smicanja direktno je proporcionalna sili smicanja. Kao kriterijum za usvajanje iste služila je kontrola dijagonalnog zatežućeg loma rebra usled smicanja. Pored nosivosti betonskog dela preseka na smicanje, u prijemu smicanja učestvuju upravo horizontalne šipke rebra. Tako smičuća sila u posmatranom preseku, uvećana za faktor ε , mora da bude manja od ukupne nosivosti na smicanje betonskog preseka i usvojene armature.

Pored spomenutih, usvojena je još i armatura za utezanje. Maksimalno rastojanje uzengija u kritičnoj zoni iznosi 8.3cm za sve tipove modela, pa su shodno tome usvojene

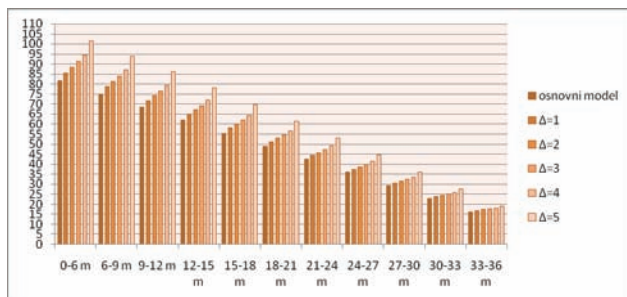
uzengije u kritičnoj oblasti $UR\phi 8/7.5$. U preseccima iznad kritične zone, usvojene su uzengije $UR\phi 8/15$.

Ivična armatura zidova X pravca se smanjuje do slučaja $\Delta = 5$ m (uticaji momenata savijanja opadaju a uticaji od normalnih sila rastu), a u slučaju $\Delta = 5$ m armatura počinje da neznatno raste (uticaji momenata savijanja i normalnih sila rastu). Maksimalna potreba za armaturom za prijem savijanja javlja se naravno u osnovnom modelu, kada je $e_x = 0$. Na slici 2. prikazano je kako se armatura menja u zavisnosti od tipa modela (tj. od ekscentriciteta e_x).



Slika 2. Zavisnost armature X pravca od ekscentriciteta

Armatura zidova Y pravca raste (uticaji od momenta savijanja rastu a normalne sile opadaju). Pomeranjem zidova (Y_2 i Y_3) povećava se ekscentricitet u podužnom pravcu e_x , samim tim i seizmičke sile odnosno momenti savijanja. Kako je moment savijanja direktno proporcionalan potrebnoj količini armature tako se ista i povećava. Na slici 3. prikazano je kako se količina armature menja u zavisnosti od tipa modela (tj. od ekscentriciteta e_x).



Slika 3. Zavisnost armature Y pravca od ekscentriciteta

7. LITERATURA

- [1] EN 1998-1:2004; Evrokod 8:Deo 1: Opšta pravila, seizmička dejstva i pravila za zgrade
- [2] EN 1992-1-1:2004; Evrokod 2: Deo 1-1: Opšta pravila i pravila za zgrade
- [3] EN 1991-1-1:2002 Evrokod 1; Dejstva na konstrukcije. Deo 1-1: Zapreminske težine, sopstvena težina, korisna opterećenja za zgrade. Beograd, novembar 2009.
- [4] EN 1990:2002: Evrokod 0: Osnove proračuna konstrukcija
- [5] Prof.dr Đ.Ladinović : Analiza konstrukcija zgrada na zemljotresna dejstva
- [6] Prof. dr Z. Brujić: Betonske konstrukcije - Višespratne zgrade (blog: brujic)

Kratka biografija:



Branka Popović rođena je u Vlasenici 1985. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Seizmička analiza konstrukcija odbranila je 2014.god.

**HIDROTEHNIČKI ASPEKT IZBORA OPTIMALNOG REŠENJA AUTOPUTA
BEOGRAD-JUŽNI JADRAN NA DEONICI KOD BEOGRADA****HYDRAULIC ASPECT OF SELECTING THE OPTIMAL ALTERNATIVE OF
CONSTRUCTION REGULATION OF BELGRADE-SOUTH ADRIATIC HIGHWAY**Igor Kolaković, Matija Stipić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

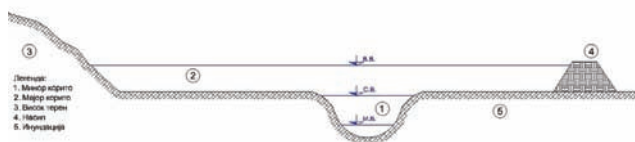
Kratak sadržaj – U radu se nalaze osnovna teorijska saznanja o regulacijama reka, obaloutvrdama i pravim paralelnim građevinama. Prikazano je hidrotehničko rešenje izgradnje nasipa za potrebe autoputa. Projektovana je regulaciona građevina u koritu reke iza koje je nasut pesak za izgradnju trupa autoputa. Za potrebe proširenja poprečnog profila projektovan je iskop i proširenje leve obale. Na kraju je izvršena analiza i rangiranje varijantnih rešenja.

Abstract – The paper discusses basic theoretical findings about river regulation, bank stabilizations and regulation structures. It includes a hydro technical solution of bank construction for the purposes of highway construction. The design represents a regulation structure situated in the river bed with the sand poured behind for the construction of the highway base course. Excavation and extension of the left bank has been designed as it is required for the cross-section. As a final point, an analysis and ranking of alternative solutions have been performed.

Cljučne reči: Regulacija reka, obaloutvrda, prava paralelna građevina, autoput

1. OPŠTI DEO**1.1. Uvod**

Regulacija reka je proces primene planskih aktivnosti na trasu, režim ili karakteristike vodotoka sa ciljem dostizanja određene koristi. Za rešavanje problema regulacije reka potrebno je poznavanje brojnih naučnih oblasti kao što su hidraulika, hidrologija, geologija, geodezija, mehanike fluida... Kod ravničarskih reka potrebno je razlikovati minor (osnovno) korito i major korito (Slika 1.).



Slika 1. Poprečni profil reke

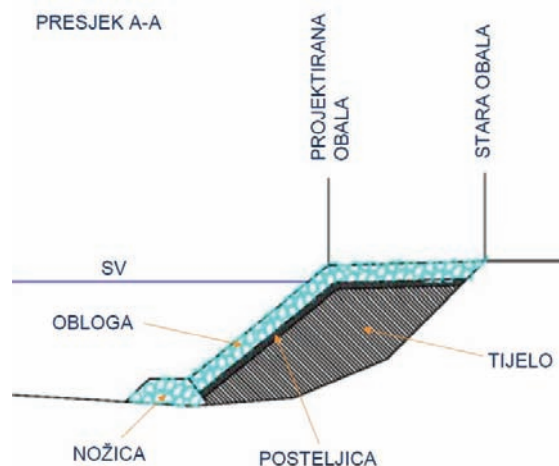
Sama fizika kretanja vode u otvorenim vodotocima dovodi do toga da reke stalno menjaju svoju trasu i pomeraju se ka konkavnoj obali usled helikoidnog strujanja.

NAPOMENA:

Ovaj rad je proistekao iz master rada čiji mentor je bio dr Matija Stipić, docent.

1.2. Obaloutvrda

Obaloutvrde su regulacione građevine koje štite obalu od erozije, umiruju vodotok i postižu pravilan geometrijski oblik obale. Grade se na konkavnoj obali do visine srednje velike vode. Postoje vertikalne i kose obaloutvrde. Vertikalne se izgrađuju kad je prostor ograničen ili u specijalnim slučajevima kao što su luke i pristaništa i znatno su skuplje od kosih. Kose obaloutvrde su znatno jednostavnije i jeftinije i sastoje se od nožice, podloge i obloge (Slika 2). Materijali koji se koriste za izradu obaloutvrda su od jednostavnih poput biljnih materijala do kamena, betona i čelika.



Slika 2. Profil kose obaloutvrde

1.3. Prava paralelna građevina

Prave paralelne građevine se izgrade paralelno sa maticom toka na konkavnim obalama gde je potrebno izvršiti suženje obale i izgrade se do nivoa srednjih voda. Sa obalom se spajaju sa traverzama koje služe da spreče pojavu stvaranja paralelnog toka a i omogućavaju brže taloženje nanosa. Građevina se sastoji od podloge i tela a kao materijali se koriste kamen, gabidoni i punjeni fašinski madraci.

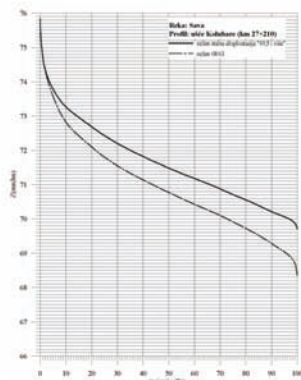
2. TEHNIČKO REŠENJE**2.1. Postojeće stanje**

Postoje dve varijante rešenja autoputa na ovoj deonici, jedna je varijanta pod imenom „Leva obala“ i ona predviđa izgradnju mosta preko reke Save i spajanje novog autoputa sa starim E-70 kod Surčina, a druga je „Desna obala“ kod koje je predlog da se izgradi trasa autoputa na desnoj obali reke od Obrenovca do Ostružnice gde bi se spojili autoput i već formirana Ostružnička petlja. Pošto u prvoj varijanti nema hidroteh-

ničkih radova sem nekih standardnih pri izgradnji mosta ovde će se više pažnje posvetiti drugoj varijanti. Deonica na kojoj treba da se vrše hidrotehnički radovi se nalazi u centru velikog meandra koji kontaktira sa velikim klizištem. Reka Sava na ovom delu ima suženo korito na čak 50 % od prosečnog i povećanu dubinu sa prosečnih 9 na 19 metara. Desnoobalna inundacija nije izražena dok je na levoj obali prosečne širine oko 500 metara.

2.2. Podloge za projektovanje

Za potrebe izrada geoloških podloga urađeno je preko 60 bušotina od kojih su pet, dubine 15 metara, na levoj obali u pojasu inundacije najznačajnije. Posle geoloških pribavljene su hidrološke podloge, za njihovu izradu potrebno je poznavanje hidrauličko-morfološke karakteristike vodotoka. Analizom je obuhvaćen dijapazon od malih voda do ekstremno velikih voda. Za realizaciju projekta izuzetno je značajno trajanje nivoa voda što je prikazano na Slici 3.



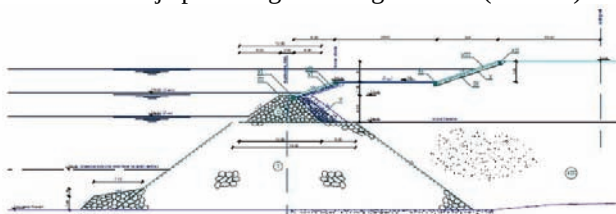
Slika 3. Kriva trajanja nivoa reke Save

2.3. Opis rešenja

Osnovni zadatak je stvaranje nove teritorije za potrebe izgradnja trupa autoputa što će se postići izgradnjom prave paralelne građevine u koritu reke na desnoj obali. Prostor između postojeće obale i regulacione građevine će se ispuniti materijalom koji će se dobiti iskopom leve obale.

Tako dobijeni prostor će služiti za izgradnju autoputa. Iskop leve obale se vrši da bi se povećao proticajni profil radi uspostavljanja istih hidrauličkih uslova posle gradnje kao onih pre.

Najznačajnija regulaciona građevina po dimenzijama i količini radova je prava regulacona građevina (Slika 4.).



Slika 4. Prava regulaciona građevina

Njenom izgradnjom se formira nova desna obala. Telo građevine se gradi direktnim istovarom kamena iz plovila do visine od približno 69,00 mm. Deo do krune građevine koja je na 73,00 mm izvodi se mašinskim i ručnim slaganjem. Nagib kosina je 3:4 koji se formira pri slobodnom padu kamena. Nožica se na pojedinim deonicama prostire i do 140 metara u odnosu na postojeću obalu. Količina kamena koja se ugrađuje iznosi 1,5

miliona m³ i doprema se plovnim putem iz kamenoloma Golubac.

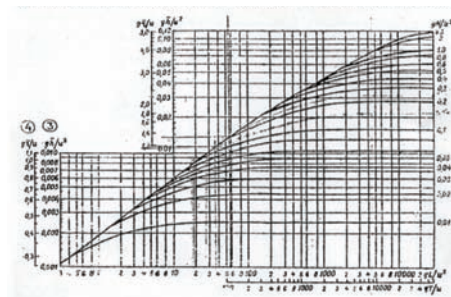
Na levoj obali se vrši iskop i proširenje korita. Iskop se sastoji iz dva dela. Prvi je iskop neupotrebljivog materijala debljine 6.5 m, odnosno količine od 4,4 miliona m³, koji će se deponovati u deponije formirane uz levoobalni odbrambeni nasip. Zatim sledi drugi deo koji čini iskop debljine od 4,5 m, količine 2,76 miliona m³, koji će poslužiti za izgradnju trupa autoputa. Od ove količine treba oduzeti gubitak od 20 % koji voda odnese nizvodno. Tako da će za završetak radova na izgradnji nasipa za potrebe autoputa biti potrebno da se dopremi određena količina materijala sa nekog drugog pozajmišta. Deponija koja se nalazi uz levoobalni odbrambeni nasip dugačka je oko 3,2 km i široka u rasponu od 100 do 200 metara, i krunu nasipa nadvišuje za čak 6 metara.

2.4. Proračuni

Za proračun talasa izazvanih vetrom potrebno je nabaviti ružu vetrova za posmatrano područje, dužine zaleta, merodavne nivoe vode za lokaciju. Proračun uticaja vetra izvršen je pomoću sledećih jednačina i nomograma:

$$g\bar{h}/u^2 = f_1(gT/u, gL/u^2) \quad (1)$$

$$g\bar{\tau}/u^2 = f_2(gT/u, gL/u^2) \quad (2)$$



Slika 5. Nomogram za određivanje parametara talasa

Visina penjanja talasa po kosini se računa po sledećem obrascu:

$$H_{pt} = K_r \times K_p \times K_{sp} \times K_{run} \times K_i \times K_\beta \times \bar{h} \quad (3)$$

Tabela 1. Rezultati proračuna visine penjanja talasa

IPABAI BETPA	U [m/s]	L [m]	H [m]	h [m]	h _{pt} [m]
N	24,6	760	14	0,40	0,38
NW	29,0	380	14	0,34	0,36
W	29,0	620	14	0,44	0,44
NNW	35,0	455	14	0,46	0,46
WNW	31,6	410	14	0,39	0,41

Određivanje krupnoće kamena za regulacionu građevinu se vršilo pomoću dva Šildsova obrasca i jednog Izbašija.

Obrasci Šildsa:

$$\left(\frac{d_{50}}{h_0}\right) = k * F_r \quad (4)$$

$$d > \left(\frac{\eta}{\Delta}\right) \cdot \left(\frac{V^2}{2g}\right) \quad (5)$$

Obrazac Izbašija:

$$dn_{50} \geq \frac{0,70 \cdot V_{\max}}{g \cdot \Delta \cdot k} \quad (6)$$

Primenom prikazanih formula izračunati su i usvojeni prečnici kamena od 200 mm do 1000 mm.

Kosinu autoputa treba zaštititi oblaganjem i predviđeno je dva tipa obloge, od betonskih ploča i betonskih kvadera. Za određivanje debljine betonskih ploča korišćena je metoda Šankina:

$$\delta = 0,10 h_t \sqrt{\frac{1}{\gamma_p - 1} \cdot \frac{\lambda}{m \cdot B_p}} \quad (7)$$

i metoda Lipinskog:

$$\delta = \frac{0,11 h_t \sqrt{(m^2 + 1)}}{B_p (\gamma_p - 1) m} \quad (8)$$

Tabela 2. Rezultati računanja debljine ploča

B _p (m)	1,0	1,2	1,5	1,7	2,0
Шанкин	0,20	0,185	0,165	0,155	0,145
Липински	0,12	0,10	0,08	0,07	0,06

Usvojeno je 2,0x2,0x0,2 metra.

Za betonske kvadere korišćena je isto metoda Šankina:

$$\delta = 0,28 \frac{h_t}{\gamma_p - 1} \frac{\sqrt{1 + m^2}}{m} \quad (9)$$

Za betonske kvadere usvojena je debljina od 0,3 metra.

Odabir filterskih slojeva je vršen pomoću više različitih uslova:

- a) Teragijev uslov na ispiranje

$$d_{15}^F < 5 \times d_{85}^B \quad (10)$$

- b) Uslov uniformnosti filtera

$$d_{60}^F / d_{10}^F \geq 4 \quad (11)$$

- c) USBR uslov dobrog granulometrijskog sastava

$$12 d_{50}^B < d_{50}^F < 50 d_{50}^B \quad (12)$$

- d) USBR uslov vodopropusnog filtera

$$12 d_{15}^B < d_{15}^F < 40 d_{15}^B \quad (13)$$

- e) Uslov sadržaja čestica manih od 0,074 mm

$$d_{\min} > 5\% \quad (14)$$

- f) Uslov zaštite kohezivnih materijala

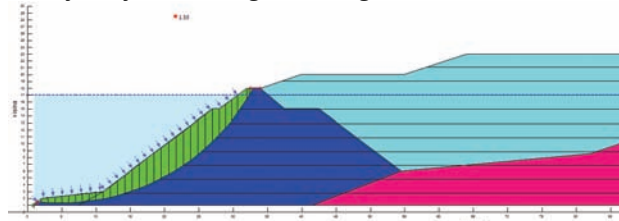
$$d_{15}^F < 0,40 \text{ mm} \quad (15)$$

Na osnovu ovih uslova usvojena su četiri različita tipa filterskog sloja:

1. Filter debljine D=60 cm, d=5-50 mm
2. Filter debljine D=30-100 cm, d=1-10mm
3. Filter debljine D=20-80 cm, d=0,06-2 mm
4. Filter debljine D=30cm, d=0,5-50 mm

Stabilnost kosina paralelne regulacione građevine proveravana je u softverskom programu SLOPE koji je deo paketa GeoStudio 2012. Treba naglasiti da je korišćena studentska verzija ovog programa koja u mnogome limitira polje rada. Prvi korak je crtanje geometrijskih karakteristika objekata a zatim definisanje materijala, nivoa vode i ostalih ulaznih parametara.

Kada se unesu svi podaci program izračunava i iscrtaava kritičnu kliznu ravan (Slika 6.). proračunom dobijamo vrednost koeficijenta sigurnosti veći od 1,5 koja nam ukazuje da je kosina regulacione građevine stabilna.

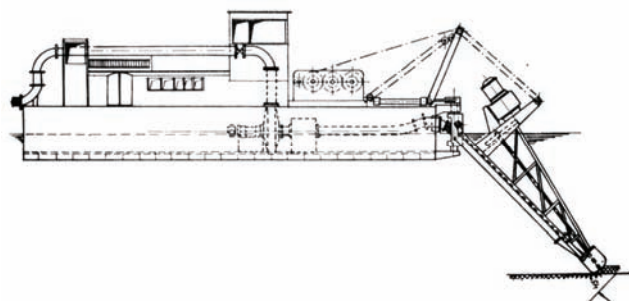


Slika 6. Prikaz kritične klizne ravni

2.5. Tehnologija izvođenja radova

Posebnu pažnju treba posvetiti tehnologiji izvođenja radova zbog prethodno zadatih uslova od nadležnih institucija. U tim uslovima se zahteva da u svakom trenutku radova mora da se obezbedi dovoljan proticajni profil, da srednje profilske brzine moraju da budu iste kao i pre radova, da plovidba bude nesmetana i da se posebna pažnja obrati na uticaj radova na objekte vodovoda u zoni izvorišta. Sami radovi će se vršiti od uzvodnog kraja ka nizvodnog u više istih ili sličnih faza.

Te faze se sastoje od izgradnje jednog dela prave regulacione građevine i traverze na desnoj obali pomoću koje se obrazuje kaseta za izgradnju trupa puta. Istovremeno se na levoj obali izgrađuje deponija za prijem nepovoljnog materijala. Zatim sledi iskop leve obale plovnim bagerima refulerima, (Slika 7.), gde se prvi sloj debljine 6,5 m nepovoljnog materijala odlaže u deponije a onda se sloj peska debljine 4,5 m odlaže u kasetu iza regulacione građevine.



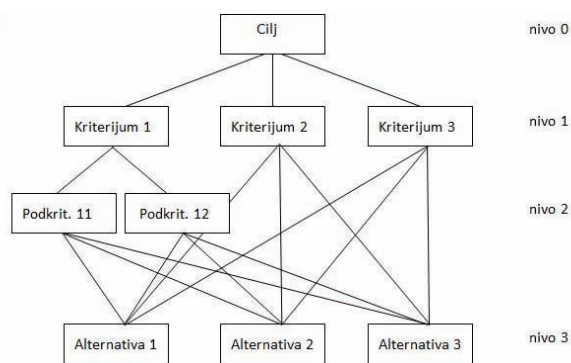
Slika 7. Plovni bager – refuler

Posle ove prve faze slede još 3 iste da bi se posle dospao pesak na celoj deonici da bi se postiglo potrebno nadvišenje. Zadnji radovi su na postavljanju obloge na kose obaloutvrde duž čitave trase regulacione građevine. Kad se uzme u obzir obim radova i kapacitet kamenoloma procenjuje se da će radovi na hidrotehničkom uređenju reke Save trajati dve građevinske sezone.

3. ANALIZA VARIJANTNIH REŠENJA

3.1. Metoda analitičkih hijerarhijskih procesa - AHP

Ovu metodu dao je T. Sati pre više od tri decenije i ona je jedna od najpoznatijih metoda. Ova metoda se zasniva na dekomponovanju problema na više manjih podproblema i tako u više nivoa. Ovo dekomponovanje se stavlja u hijerarhijsku strukturu prikazanu na Slici 8.



Slika 8. Prikaz hijerarhijske strukture

Po završetku struktuiranja prelazi se na sledeći korak a to je poređenje više različitih rešenja po definisanim podproblemima – kriterijumima.

Da bi se uporedila dva elementa potrebno je koristiti Satijevu skalu (Tabela 3.)

Tabela 3. Satijeva skala

Квантитативна вредност	Лингвистички исказ	Објашњење
1	Иста важност	Два елемента су идентичне важности у односу на елемент на вишем нивоу
3	Слаба доминантност	Незнатно фаворизовање једног елемента у поређењу са другим
5	Јака доминантност	Знатно фаворизовање једног елемента у поређењу са другим
7	Демонстрирана доминантност	Доминантно висока важност једног елемента у поређењу са другим
9	Апсолутна доминантност	Доминантност највишег степена
2, 4, 6, 8	Искази између два суседна исказа	

Za potebe ove analize definisali smo sedam kriterijuma i uporedili rešenja po njima. Za kriterijume složenost gradnje, logistika – snabdevanje materijalima, uticaj na okruženje tokom gradnje, uticaj na okruženje posle izgradnje i cena dobijamo isti rezultat (Tabela 4.)

Tabela 4. Rezultat upoređivanja

	DO	LO
DO	1	1/9
LO	9/1	1

Za kriterijume održavanje tokom eksploatacije i osetljivost na akcidente dobijamo iste rezultate samo sa odnosima 1/5 odnosno 1/3 za akcidente. Rezultati dobijeni ovom metodom ukazuju da je druga varijanta pod imenom „Leva obala“ optimalnije rešenje.

3.2. Metoda višekriterijumske optimizacije

Ova metoda se sastoji od kompromisnog rangiranja i višekriterijumskog rangiranja. Ovom metodom prvo se određuju rešenja koja u optimalna po pojedinim kriterijumima a zatim se određuje kompromisno rešenje. Početak metode je sličan metodi AHP, prvo se definišu kriterijumi i onda se vrši upoređivanje po njima. Na osnovu upoređivanja kriterijuma po varijantnim rešenjima formira se tabela ulaznih podataka. (Tabela 5.)

Nakon ove formiraju se mnoštvo drugih po definisanim matematičkim formulama i kriterijumima i svaka je pokazala da je druga varijanta optimalnija.

Tabela 5. Ulazni podaci

krit.fun/alter.	A1	A2	fi+	fi-	Di	jed
f1	4,596,045,683.00	182,664,604.00	182,664,604.00	4,596,045,683.00	-4,413,381,079.00	€
f2	1	0.11	0.111111111	1	-0.888888889	/
f3	1	0.11	0.111111111	1	-0.888888889	/
f4	1	0.11	0.111111111	1	-0.888888889	/
f5	1	0.20	0.2	1	-0.8	/
f6	1	0.33	0.333333333	1	-0.666666667	/
f7	1	0.11	0.111111111	1	-0.888888889	/

3. ZAKLJUČAK

Sagledavanjem svih činjenica dolazimo do zaključka da je druga varijanta rešenja pod imenom „Leva obala“ mnogo bolja i optimalnija od prve varijante iz više razloga. Pre svega cena radova je mnogo niža, složenost gradnje kod prve varijante je višestruko veća, logistika odnosno nabavka materijala je višestruko manja za drugo rešenje. Kad se uzme u obzir uticaj na okolinu za vreme radova i posle radova opet je druga varijanta optimalnija od prve jer ona ima neznatan uticaj, samo održavanje objekata u eksploataciji je višestruko manje za drugu opciju.

Jedino kad se pogleda osetljivost na akcidente ove dve varijante su skoro iste mada i tu druga varijanta ima blagu prednost.

Napominje se da je ova analiza rađena sa aspekta hidrotehničkih radova, ostali aspekti (saobraćajni, socio-politički, ...) nisu bili zastupljeni u njoj.

4. LITERATURA

- [1] Savić Ljubodrag, „Uvod u hidrotehničke građevine“, Građevinski fakultet, Beograd, 2003. godina.
- [2] Muškatirović Dragan, „Regulacija reka“, Građevinski fakultet, Beograd, 1991. godina.
- [3] Barbačić Zoran, „Rečna hidroehnika“, Gradjevinski fakultet, Sarajevo, 1989. godina.
- [4] Babić-Mladenović Marina, „Regulacija reka“, Arhitektonsko-građevinski fakultet, Banja Luka, 2013. godina.
- [5] Kuspilić Neven, „Regulacija vodotoka“, Građevinski fakultet, Zagreb, 2009. godina.
- [6] Đurić Duško, „Skripte za predavanja iz predmeta Regulacije reka“, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

Kratka biografija:



Igor Kolaković rođen je u Bačkoj Palanci 1988. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstvo – Hidrotehnika odbranio je 2014.god.



Matija Stipić rođen je u Somboru 1964. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 2009. god., a od 2011. god. je u zvanju docenta. Oblast interesovanja su hidraulika i komunalna hidrotehnika.

ODRŽIVOST POŠTANSKOG SAOBRAĆAJA NA PODRUČJU OPŠTINE TITEL
SUSTAINABILITY OF POSTAL TRAFFIC IN THE MUNICIPALITY OF TITELDragana Spasojević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – SAOBRAĆAJ**

Kratak sadržaj – U ovom radu izvršena je analiza stanja poštanskog saobraćaja na području opštine Titel, kroz kapacitete, organizacionu i strukturu poštanske mreže. Prikazane su: produktivnost, ekonomičnost i rentabilnost pošta. Na osnovu prikupljenih podataka predložene su mere za racionalizaciju poštanske mreže Titela u cilju njene održivosti.

Abstract – In this paper the analysis of the state postal services in the municipality of Titel is presented through the capacity and organizational structure of the postal network. The following details are presented: productivity, efficiency and profitability of the postal network. Based on the collected data the procedures for rationalization, to ensure sustainability, of postal network in the municipality Titel are presented.

Ključne reči: Jedinice poštanske mreže, Poštanska mreža, Racionalizacija poštanske mreže

1. UVOD

Pošta Srbije je značajan deo strukture naše zemlje tj. predstavlja vrlo složen tehničko-tehnološki i organizacioni sistem, definisan svojim ciljevima i komponentama, čije ostvarivanje podrazumeva postojanje odgovarajuće infrastrukture, od koje medju najvažnije spadaju jedinice za pružnje poštanskih usluga korisnicima. U ruralnim i nerazvijenim područjima poštanske jedinice u velikoj meri doprinose svojim lokalnim zajednicama, iznad svega ulogom koju imaju u obavljanju transakcija. S tim u vezi analiza stanja poštanskog saobraćaja je od šireg društvenog značaja. Kao glavni problem ističe se definisanje mehanizama za održanje i dalji razvoj univerzalne poštanske usluge i postavlja se pitanje da li iz prihoda ostvarenih od univerzalne poštanske usluge mogu pokriti njeni troškovi.

Cilj istraživanja je da se na osnovu izvršene analize poštanske mreže Titela sagleda efikasnost rada JPM, uz analizu faktora koji utiču na obavljanje univerzalne poštanske usluge i daju predlozi rešenja za održivost poštanskog saobraćaja.

2. OPŠTE INFORMACIJE O OPŠTINI TITEL

Opština Titel se nalazi u Južnobačkom okrugu, prema veličini teritorije (270 km²) spada u grupu manjih opština u Vojvodini. Administrativna opština sastoji se od šest naselja: Titel, Šajkaš, Lok, Vilovo, Gardinovci i Mošorin.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je doc. dr Dragana Šarac.

Sva naselja su ruralnog karaktera izizev Titela, koji je i centar opštine.

Na osnovu poslednjeg popisa stanovništva iz 2011. godine u opštini živi 15.554 stanovnika, a u centru opštine čak 33.8% stanovnika.

Tabela 1. Kretanje ukupnog broja stanovnika

Naseljeno mesto	Broj stanovnika (popis1991)	Broj stanovnika (popis2002)	Broj stanovnika (popis 2011)	P.stopa rasta (2002/2011)
Titel	6017	5894	5247	-1.29
Šajkaš	3827	4550	4337	-0.53
Mošorin	2557	2763	2563	-0.83
Gardinovci	1442	1485	1282	-1.63
Lok	1301	1255	1112	-1.34
Vilovo	1078	1103	1013	-0.95
Ukupno	16222	17050	15554	-1.02

Analiza kretanja ukupnog broja stanovnika za period od 2002. do 2011. godine, ukazala je na trend opadanja broja stanovnika po prosečnoj stopi -1.02%. Ukupan broj stanovnika manji je za čak 1496. Prosečna starost stanovnika na opštini je 41.2 godina. Titel ima prilično nepovoljnu obrazovanu strukturu, jer od 13361 stanovnika starijih od 15 godina samo njih 423 (3.16%) ima visoku i 355 (2.65%) višu školsku spremu. Većinski deo stanovništva ima srednju stručnu spremu (46.94%). Nalazi se u takozvanoj trećoj grupi po stepenu razvijenosti u Republici Srbiji (čiji je stepen razvijenosti u rasponu od 60% do 80% republičkog proseka), ali sa druge strane, spada u red privredno nedovoljno razvijenih opština u Vojvodini. Stanovništvo se pretežno bavi poljoprivredom, stočarstvom i trgovinom.

3. KAPACITETI, ORGANIZACIONA I STRUKTURA POŠTANSKE MREŽE OPŠTINE TITEL

Mreža poštanskog saobraćaja na području opštine Titel sastoji se od šest jedinica za pružanje usluga korisnicima tj. pošta:

21240 Titel,
21244 Šajkaš,
21245 Mošorin,
21247 Gardinovci,
21248 Lok i
21246 Vilovo.

Od posebnih organizacionih oblika za pružanje usluga korisnicima postoji: 145 rejonu užeg dostavnog područja, 95 šireg i 7 rejonu najšireg područja dostave. Sve jedinice poštanske mreže su klasične pošte, automatizovane su i pripadaju radnoj jedinici Novi Sad. Svi zaposleni u JPM imaju srednju stručnu spremu, kojih je ukupno 17(od čega je 5 šalterskih radnika, 5 dostavljača, 3 radnika istovremeno obavljaju posao upravnika, šalterskog radnika i dostavljača, 2 radnika u isto vreme obavljaju posao i

šalterskog radnika i upravnika, 1 upravnik i 1 tehničar dostave). Prispjeće-otprema pošiljaka je organizovana svakodnevno u radne dane, tako da Šajkaš i Titel vrše takozvanu redovnu razmenu a pošte Vilovo, Mošorin, Gardinovci i Lok obostranu razmenu.

Tabela 2. Karakteristični podaci za poštanske jedinice

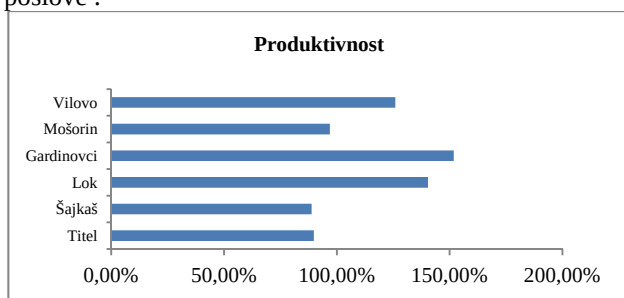
Naselje	Broj radnika	Broj šaltera	Dostavno područje	Broj dostavnih rejona		
				Br. Domaći.	Uži	Sri
21246 Vilovo	1	1	345	0	23	1
21245 Mošorin	2	1	823	0	22	2
21247 Gardinovci	1	1	509	0	32	2
21248 Lok	1	1	459	0	15	2
21240 Titel	8	4	2019	107	3	0
21244 Šajkaš	4	2	1264	38	0	0

4. PRODUKTIVNOST JPM

Merenjem radnog učinka zaposlenih daje nam mogućnost da utvrdimo pojedinačnu ili kolektivnu produktivnost rada, koja inače predstavlja jedan od najvažnijih pokazatelja organizovanosti odnosno iskorišćenosti ljudskih resursa i kao takav je konstantno predmet praćenja. Produktivnost radne jedinice izražava se kroz odnos ostvarenih norma-minuta po jedinici u odnosu na ukupno radno vreme svih zaposlenih. Produktivnost rada jedne jedinice poštanske mreže, odnosno pojedinca izračunava se po formuli: $P = (BNM / (BRD * 400)) * 100$.

- $400 = 8h(\text{radno vreme radnika}) \times 60\text{min} - 30\text{min}(\text{topli obrok}) - 50\text{min}(\text{priprema}) = 480 - 30 - 50 = 400 \text{ min}$,
- BNM- broj norm- minuta,
- BRD-broj radnih dana.

Od jednog radnika se očekuje da ostvari 400 norma-minuta dnevno kako bi produktivnost iznosila 100%. Norme za sve usluge ili delove procesa rada u poštama iskazane su u ukupnom vremenskom trajanju što omogućava da se svi poslovi u poštama iskažu preko ostvarenih norma-minuta. Pod ovim poslovima se podrazumevaju poslovi manipulacije i dostave, bez poslova kontrole i upravnčkih poslova izuzev u poštama u kojima isti zaposleni obavlja normirane, upravnčke i kontrolne poslove.



Grafikon 1. Produktivnost JPM

Ono što je uočljivo u prvi mah iz priloženog grafika je da sve pošte koje figurišu na području opštine Titel ostvaruju veliku produktivnost. Pošta u Mošorinu ima najbližu produktivnost idealnoj (96,89%), pošte u Šajkašu i Titelu ostvaruju visok nivo produktivnost 88.82% i 89.79%. Poštanske jedinice u Loku, Gardinovcima i Vilovu imaju izrazito visoku produktivnost, a to su upravo one pošte u kojima ima samo jedan zaposleni koji obavlja u isto vreme posao šalterskog radnika, dostavljača i upravnika. U poštama u kojima produktivnost prelazi 120% treba razmotriti mogućnost angažovanja novog radnika (ne obavezno sa punim radnim vremenom, već u zavisnosti od konkretnih potreba) kako bi se produktivnost našla u zadovoljavajućim granicama.

5. EKONOMIČNOST JPM

Ekonomičnost u poslovanju preduzeća predstavlja nastojanje da se ostvari štednja gde god je to moguće. Izražava se kao odnos između troškova i obima proizvodnje. Prilikom određivanja ekonomičnosti jedinica poštanske mreže za pružanje usluga korisnicima potrebno je utvrditi poslovni prihod koji se ostvari u posmatranoj jedinici i ukupni rashod, sagledan sa aspekta poslovnog rashoda jedinice poštanske mreže. Elementi poslovnog rashoda su: materijalni troškovi (održavanje, transport, komunalije i reprodukcioni materijal), troškovi zaposlenih (bruto zarade), nematerijalni troškovi (osiguranje, porezi, itd.). Koeficijent ekonomičnosti pomoću kojeg se izračunava nivo ekonomičnosti u datom periodu može biti trojak:

- >1 poslovanje je ekonomično
- <1 poslovanje je neekonomično
- $=1$ poslovanje je na granici ekonomičnosti.

Ekonomičnost jedinice poštanske mreže izražava se po opštoj formuli: $E = Up / T$

- Up- ukupni prihodi
- T -ukupni troškovi

Tabela 3. Ekonomičnost JPM

Naziv pošte	Prihodi	Troškovi	Ekonomičnost [E]
Titel	510.529,80	467760.52	1.09
Šajkaš	267199,76	235669.30	1.13
Lok	72.940,51	60368.69	1.20
Gardinovci	63.224,38	60518.69	1.04
Mošorin	119.766,08	117840.35	1.02
Vilovo	44.351,26	59914.69	0.74

Iz priložene tabele se vidi da pošte u Titelu, Loku i Šajkašu posluju ekonomično. Pošte Gardinovci i Mošorin posluju na granici ekonomičnosti. Poštanska jedinica 21246 Vilovo posluje neekonomično.

6. RENTABILNOST JPM

Rentabilnost pokazuje koliko je neki kapital unosno uloženo u neki posao. Cilj merenja rentabilnosti je kvantificiranje efikasnosti upravljanja ukupnom

imovinom preduzeća. Tako da ako je prihod veći od rashoda, ostvarena je dobit pa se može reći da je preduzeće poslovalo rentabilno. Opšta formula za izračunavanje rentabilnosti je određena kao odnos dobiti i kapitala tj. $R = \text{DOBIT} / \text{KAPITAL}$, gde je:

- DOBIT-poslovni rezultat tj. $D = \text{Up-T}$
- KAPITAL-uloženi kapital.

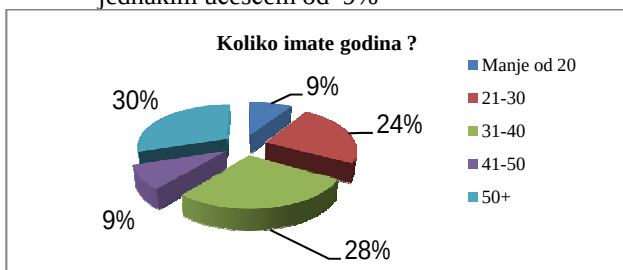
Veličina dobiti se može uvrstiti kada se od ukupno ostvarenih prihoda odbiju ostvareni troškovi i ukoliko je ta razlika veća, preduzeće je ostvarilo dobit. Pošte Titel, Šajkaš, Mošorin, Gardinovci i Lok posluju rentabilno, za razliku od pošte Vilovo koja je nerentabilna.

7. ANALIZA KVALITETA POŠTANSKOG SAOBRAĆAJA- PUTEM ANKETIRANJA

Anketiranje korisnika izvršeno je u prostorijama jedinica poštanske mreže na području opštine Titel. Cilj anketiranja bio je da se dobiju što preciznije informacije od korisnika o obimu pojedinih usluga u poštama, potrebama korisnika za uslugama, kao i osnovni podaci o korisnicima usluga. Ovakav tip ispitivanja korisnika omogućuje: realno, kvantitativno i kvalitativno sagledavanje stavova korisnika.

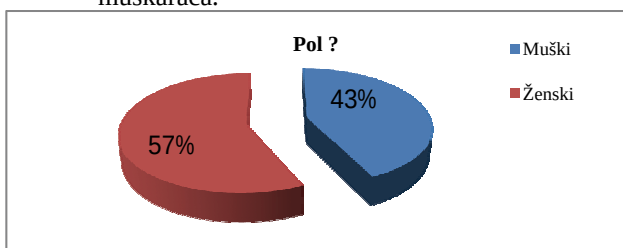
Rezultati do kojih sam došla na osnovu sprovedene anketa su sledeći:

- Ispostavilo se da su u pošti najzastupljenije starosne grupe od 50+ godina sa učešćem od 30%, zatim 31-40 godina sa učešćem od 28% i 23-30 godina sa učešćem od 24%. Slede starosne grupe manje od 20 godina i 41-50 godina sa jednakim učešćem od 9%.



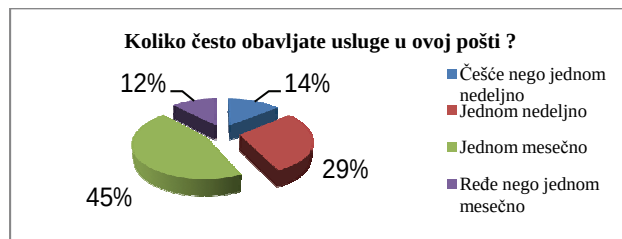
Grafikon 2. Starosna grupa korisnika poštanskih usluga

- Učešće korisnika poštanskih usluga prema polu je takvo da je nešto više žena 57%, naspram 43% muškaraca.



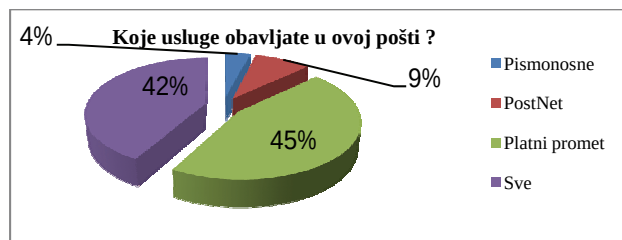
Grafikon 3. Struktura korisnika prema polu

- Najveći broj ispitanika koristi usluge pošte jednom mesečno (45%) i to najčešće u periodu plaćanja računa. Slede ispitanici koji koriste poštanske usluge jednom nedeljno (29%), češće nego jednom nedeljno (14%) i ređe nego jednom mesečno (12%).



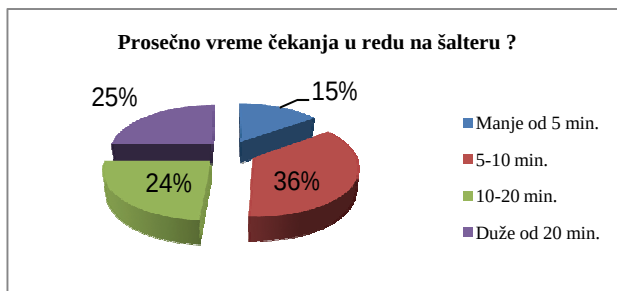
Grafikon 4. Učestalost obavljanja usluga u poštama

- Sa grafikona 5. se vidi da čak 45% korisnika poštanskih usluga koristi usluge platnog prometa u poštama, njih 42% je navelo da koristi sve usluge u pošti, pismonosne usluge koristi najmanji broj korisnika svega 4% i PostNet usluge koristi 9% od ukupno ispitanih. Ovo je pokazatelj da najviše pažnje treba obratiti na očuvanje korisnika koji koriste usluge platnog prometa, ali isto tako motivisati i informisati korisnike da koriste i druge usluge u poštama.



Grafikon 5. Zastupljenost usluga u poštama

- Ispitanici koji su odgovorili da prosečno provedu ispred šaltera 5-10min. zauzimaju 36%, duže od 20min. 25%, 10-20min. 24% i manje od 5min. 15%.



Grafikon 6. Dostupnost poštanskih šaltera

Gledano sa aspekta dostupnosti poštanskih šaltera, gde se kao kriterijum uzima prosečno vreme čekanja korisnika u redu ispred šaltera (smatra se da je dostupnost poštanskih šaltera zadovoljavajuća ukoliko je prosečno vreme čekanja korisnika ispred šaltera manje od 10min) reklo bi se da je dostupnost vrlo niska jer je 24% ispitanih odgovorilo da čeka u redu ispred šaltera 10-20min. i 25% korisnika je reklo da čeka u redu duže od 20 min. Ali treba uzeti u obzir ono što pokazuju predhodna dva grafika, a to je da najveći broj ispitanika koristi usluge platnog prometa u poštama, jednom mesečno i to najčešće u periodu plaćanja računa kada je koncentracija korisnika najveća, što znatno utiče na produženje čekanja u redu.

8. PREDLOG RACIONALIZACIJE POŠTANSKE MREŽE TITELA U CILJU ODRŽIVOSTI POŠTANSKOG SAOBRAĆAJA

Kao osnovni uzrok gubitka u poslovanju javnog operatora navode se troškovi organizacije poštanske mreže i pružanja univerzalnih usluga u nerentabilnim područjima. Sa ciljem da smanji troškove i održi poštanski saobraćaj, javni operator je izvršio reorganizaciju poštanske mreže, ali dalje smanjenje troškova i ukidanje nerentabilnih pošta bi imalo veliki uticaj na kvalitet univerzalnog servisa i smanjenje društvene koristi posebno u ruralnim područjima.

Poštanska mreža na području opštine, odnosno svake mesne kancelarije može biti organizovana na više načina, tj. jedinica poštanske mreže može se organizovati kao:

- Zajedničke kancelarije lokalne samouprave i pošte(troškovi se dele na učesnike, a svako ostvaruje prihode od svoje nadležnosti),
- Mesne zajednice i mesne kancelarije kao jedinice pošte(obavljaju usluge pošte, ostvaruju određeni prihod od toga i snose sve troškove tog poslovanja),
- Pošta kao mesna kancelarija(pošta obavlja obavlja poslove iz nadležnosti mesne kancelarije i ostavlja prihod od svojih i usluga koje obavlja za državnu upravu),
- Pošta u vlasništvu javnog operatora
- Ugovorna pošta ili franšiza

Poštanske jedinice Mošorin, Šajkaš i Titel sa brojem stanovnika od 2563 do 5247 ostvaruju određeni profit, automatizovane su, nalaze se u vlasništvu JP PTT saobraćaja "Srbija", obavljaju celokupan asortiman poštanskih usluga, vrše svakodnevnu dostavu (Titel i Šajkaš) i imaju visoku produktivnost što znači da mogu ostati otvorene za korisnike sa načinom poslovanja koji je zastupljen trenutno. Poštanske jedinice Lok i Gardinovci su takođe ostvarile neznatan profit, automatizovane su i u vlasništvu su pošte. Ostvaruju previsoku produktivnost (140.38% i 151.82%) što predstavlja indikator velikog opterećenja radnika, pa bi ovim JPM trebalo razmotriti mogućnost angažovanja novog radnika kako bi se produktivnost rada našla u odgovarajućim granicama (idealna produktivnost iznosi 100%). Gledano sa strane ekonomičnosti, za poštu ovo ne bi bilo isplativo jer bi dodatno povećalo troškove i pošte bi u tom slučaju bile nerentabilne. Poštanska jedinica 21246 Vilovo je jedina pošta na teritoriji opštine koja posluje sa gubitkom, ostvaruje izuzetno visoku produktivnost po zaposlenom (125.90%), ali je nerentabilna. U ovom obliku u kojem posluje trenutno ne može da zaradi ni za troškove zaposlenog radnika. Stoga je neophodno za ovu JPM uvesti neki novi vid poslovanja. Predlažemo da se u mestima: Vilovo, Lok i Gardinovci (gde je broj stanovnika od 1013 do 1282) organizuje **pošta u sklopu mesne kancelarije u ovom mestu.**

Ovaj vid poslovanja datih JPM bi znatno doprineo povećanju prihoda pošte i smanjenju troškova lokalne samouprave. Pošta bi pored svojih usluga obavljala i usluge državne uprave (izdavanje ličnih dokumenata građanima, poreskih i drugih rešenja).

Rešilo bi se pitanje izolovanosti građana od vladinih usluga (mesne kancelarije u ovim naseljima su otvorene samo dva, odnosno tri radna dana u nedelji). Lokalna samouprava bi mogla da izvrši racionalizaciju zaposlenih administrativnih radnika koji imaju mali obim posla. Dostavljači zaposleni u lokalnoj samoupravi (3 dostavljača) bili bi angažovani u dostavi pošiljaka za poštu u periodima kada je visoko opterećenje. Na ovaj način bi se rešilo i pitanje previsoke produktivnosti u spomenutim poštama.

9. ZAKLJUČAK

Poštanski saobraćaj je oblast koja se neprekidno menja i širi. Iz godine u godinu se uvode novi načini poslovanja i nove usluge. Ruralna područja su upravo ona područja koja Pošti Srbije predstavljaju najveći problem jer stavljaju najveće troškove koje je pomoću prihoda koje poštanske jedinice u ovom području ostvare gotovo ne moguće pokriti. Do sada javni poštanski operator nije razmatrao druge alternative za obezbeđivanje javne poštanske mreže na teritoriji opštine Titel jer su pošte bile rentabilne, ali sa povećanjem ekonomske krize, usled odgovarajućih demografskih kretanja (migracije, starenje, obrazovana struktura i dr.), izumiranjem sela i pod uticajem novih načina komunikacija smanjivao se obim poštanskih usluga u pojedinim poštama a povećavali su se troškovi održavanja istih. Na osnovu ovih činjenica zaključujem je neophodno izvršiti reorganizaciju poštanske mreže u cilju njene održivosti. Predloženi model organizacije je dosta bolji od modela ugovornih pošta ili franšiza (koje imaju za cilj da smanje troškove javne poštanske mreže) jer je efikasniji u pogledu optimizacije troškova i povećanju prihoda mesnih kancelarija, lokalne samouprave i poštanske mreže.

10.LITERATURA

- [1] Kujačić M., "Poštanski saobraćaj", Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2005.
- [2] Kujačić M., "Poštanske usluge i mreža", Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2010.
- [3] ARHIVA POŠTE RJ Novi Sad
- [4] Službeni ptt glasnik „Pravilnik o statistici i normama“, JP PTT saobraćaja "Srbija", 2006.

Kratka biografija:

Dragana Spasojević rođena je 1983. godine u Tesliću, R.Srpska. Diplomski-master rad odbranila je 2014. godine na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Saobraćaj-Poštanski saobraćaj i telekomunikacije.

WI-MAX TEHNOLOGIJA**WI-MAX TECHNOLOGY**

Dejan Srećković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA

Kratak sadržaj – U ovom radu opisujemo dve tehnologije za bežični pristup internetu: Wi-Fi i Wi-Max. U daljem tekstu navedena je njihova uporedna analiza kao i mane i prednosti svake od tehnologija. Posebnu pažnju posvećujemo Wi-Max tehnologiji. Wi-Max je još uvek nova tehnologija kod nas i cilj ovog rada je da istu približi korisniku i da preispita njeno korišćenje, isplativost i ostale bitne parametre. Wi-Max je rešenje za bežični širokopojasni pristup internetu koji ima veliki broj dobrih osobina, a neke od njih su opisane u ovom radu. Ova tehnologija ima mnogo fleksibilnosti po pitanju mogućnosti daljeg razvoja, a ne smemo zaboraviti ni široku ponudu mogućih servisa. Navedene su moguće primene Wi-Max tehnologije i njene mnogobrojne prednosti. Kao posebnu celinu obradili smo uticaj Wi-Max tehnologije na zdravlje ljudi, jer je čest slučaj da korisnici u savremeno doba posvećuju veliku pažnju baš ovom segmentu.

Abstract – In this paper-work we describe two technologies for wireless internet access: Wi-Fi and Wi-Max. We pay special attention on their comparative analysis, as well as advantages and disadvantages of each technology. Particular attention is paid to Wi-Max technology. Wi-Max is still a new technology in our country and the goal of this paper is to reconsider its use, cost effectiveness and other relevant parameters. Wi-Max is the solution for wireless broadband Internet access which has many good features, some of which are described in this paper. This technology has a lot of flexibility in terms of the possibilities of further development, and we must not forget the wide range of possible services. We have listed possible applications of Wi-Max technology and its many benefits. As a separate entity, we dealt with the impact of Wi-Max technology on human health, because people in the modern era pay much attention to this segment.

Ključne reči: Wi-Fi, Wi-Max, bežični internet

1. UVOD

Wi-Fi (Wireless fidelity) je standard za bežično povezivanje računara preko radio talasa koji se nalaze na slobodnim frekvencijama (nelicencirani opsezi). Radio komunikacija kod WLAN-ova se obavlja u tzv. ISM (Industrial, Scientific & Medical) opsegu frekvencija koji je svuda u svetu prihvaćen kao opseg za čije korišćenje nije potrebna licenca – FTA (Free to Air) spektar.

NAPOMENA:

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

Ova tehnologija omogućava povezivanje računara bez potrebe za kablovima što omogućava povezivanje tamo gde fizički nije izvodljivo da se postavljaju kablovi, ili gde to jednostavno nije isplativo. Ova tehnologija je idealna za mreže koje se postavljaju privremeno, poput nekih gradskih zona, festivala i slično [7].

WiMAX tehnologija je nova usluga pružanja bežičnog internet pristupa korisnicima. Glavne karakteristike ove tehnologije su velika brzina, dobar signal jednostavna montaža sistema što je ujedno i jedna od najosnovnijih prednosti WiMAX tehnologije.

WiMAX tehnologija radi na zaštićenoj frekvenciji od 2,5 GHz do 3,5 GHz i to je jedna od velikih razlika u odnosu na druge standardne bežične tehnologije koje imaju na raspolaganju slobodne frekvencije. Pomenuta karakteristika pruža bezbedniji rad mreže bez mogućnosti pojave interferencija. WiMAX pruža veoma kvalitetan i bezbedan signal, a povezivanje je moguće i bez optičke vidljivosti. S obzirom da je ovo novija tehnologija u svetu telekomunikacija, područje koje WiMax sistem može da pokrije signalom je veoma veliko, reda i do nekoliko desetina kilometara u radijusu.

Velika pokrivenost signalom nije jedina prednost WiMax tehnologije. Upotrebom ovog sistema omogućeni su i mnogo veći protoci, bezbednost korisnika u mreži je dovedena na viši nivo i manja je osetljivost na smetnje.

WiMAX tehnologija je najbolje rešenje za mesta na kojima ne postoji infrastruktura za kablovske operatore ili je postavljanje infrastrukture neisplativo.

2. WI-FI TEHNOLOGIJA

Wi-Fi je lokalna bežična mreža zasnovana na IEEE 802.11 standardu. Uređaji koji su povezani na ovu vrstu mreže moraju biti u neposrednoj blizini uređaja, odnosno antene, koja prima i predaje potrebne signale. Na slici 1 je prikazan prepoznatljiv logo Wi-Fi tehnologije.



Slika 1. Prepoznatljiv logo Wi-Fi tehnologije

Wi-Fi odnosno u punom nazivu Wireless-Fidelity predstavlja bežičnu mrežu gde se podaci između dva ili više uređaja prenose pomoću radio-frekvencija i odgovarajućih fizičkih komponenti sistema. Najčešće se koristi u lokalnim mrežama. Wireless-Fidelity je brend Wi-fi alijanse koja određuje standarde i izdaje sertifikate

za sve Wi-Fi uređaje. Ovu tehnologiju je 1991. godine izumela NCR Korporacija/AT&T u Nieuwegeinu, Holandija. Prva mreža sa imenom WaveLAN radila je sa brzinama od 1 do 2 Mbit/s.

Radio komunikacija kod WLAN-a se obavlja u ISM (Industrial, Scientific & Medical) opsegu frekvencija za čiji opseg nije potrebna licenca jer se nalazi u slobodnom spektru (Free to air). ISM čine sledeći opsezi frekvencija: 902 - 928 MHz, 2400 - 2483,5 MHz i 5728 - 5750 MHz. Danas se najčešće koristi opseg od 2,4 do 2,48MHz.

Ove mreže koriste „Spread Spectrum“ modulaciju koja signal rasprostire po širokom opsegu frekvencija. Ovo omogućuje da više korisnika u istom vremenskom intervalu koristi potpuno isti frekvencijski opseg bez međusobne interferencije. Ovakav pristup omogućava mnogo veću otpornost na prisluškivanje i smetnje u poređenju sa modulacijama sa užim spektrom.

Mnogo bolje je slati signal sa malom snagom i širokim frekvencijskim opsegom, nego obrnuto, da se signal velike snage šalje preko znatno manjeg opsega. Neuporedivo veća verovatnoća je da će se, usled snažne smetnje na frekvenciji iz opsega, signal tačno primiti zato što će najveći deo signala biti prenet van opsega gde smetnja postoji.

Ova tehnologija je razvijena pre oko 50 godina. Kao i većina drugih, novih, tehnologija i ova je razvijena u vojne svrhe sa ciljem da bude maksimalno otporna na smetnje, interferencije signala i što je najvažnije – prisluškivanje.

3. WI-MAX TEHNOLOGIJA

Posle nekoliko godina razvoja pojavilo se rešenje za bežični širokopojasni pristup Internetu. Industrijski konzorcijum pod nazivom „WiMAX Forum“ bavi se širokopojasnim, bežičnim pristupom. WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) spada pod IEEE 802.16 grupu standarda za WMAN (Wireless Metropolitan Area Networking) umrežavanje. Ovaj standard je usvojen od strane IEEE kao i od ETSI HIPERMAN grupe.

Rešenje za širokopojasni bežični pristup (Broadband Wireless Access – BWA) odnosno WiMAX je jedan od novijih standarda koji predstavlja rešenje za pristup do „poslednje milje“ (last mile) kao alternativa DSL tehnologiji i kablovskom sistemu. WiMAX pruža širokopojasnu bežičnu konekciju fiksnim i portabl, odnosno nomadskim korisnicima. Standardi na kojima se temelji ova tehnologija baš zbog toga predstavljaju najbitnije standarde za bežične komunikacije koje je donela IEEE. Munjevitom prodoru WiMax tehnologije na tržište najviše je doprineo WiFi zasnovan na familiji standarda 802.11. Pojedini stručnjaci kažu da je WiFi samo trasirao put WiMAX-u, a potom je ova tehnologija zahvaljujući svojim karakteristikama omogućila provajderima servisa da ostvare svoj cilj – ekonomičan širokopojasni prenos podataka, govora i multimedije do fizičkih i pravnih lica širom planete. Mobilni WiMAX je širokopojasno bežično rešenje, koje omogućava konvergenciju mobilnih i fiksnih širokopojasnih mreža pomoću tehnologije širokopojasnog radio pristupa i fleksibilne arhitekture mreže. U odnosu na prethodne bežične tehnologije, WiMAX nudi sledeća poboljšanja: interoperabilnost, poboljšanja u pogledu cene baznih

stanica i korisničkeopreme, licencirani i nelicencirani spektri, visok kvalitet servisa QoS, korišćenje smart antena, velike bitske brzine, ne zahteva se optička vidljivost, veliko područje pokrivanja itd.

WiMAX je u pogledu strukture sličan mobilnim mrežama tipa tačka - više tačaka. Osnovnu strukturnu i funkcionalnu jedinicu WiMAX-a predstavljaju dve komponente: WiMAX bazna stanica i WiMax prijemnik odnosno korisnički terminal. Korisnički terminal se često smatra kao korisnička oprema (Customer Premise Equipment - CPE) [1] [5] [9].

4. OSOBINE WI-MAX-a

Kao što smo već pomenuli WiMAX je rešenje za bežični širokopojasni pristup koji ima veliki broj osobina. Ova tehnologija ima mnogo fleksibilnosti po pitanju mogućnosti daljeg razvoja i širokom ponudom mogućih servisa. Poseban pregled zaslužuju sledeće osobine:

Fizički sloj baziran na OFDM: WiMAX fizički sloj (PHY) zasniva se na OFDM multipleksu, šemi koja pruža dobru višelinijisku otpornost i omogućava WiMAX-u da funkcioniše u NLOS uslovima. OFDM je prepoznatljiv kao metod koji olakšava višeputnost kod širokopojasnog bežičnog pristupa.

Veliki bitski protoci: WiMAX je u mogućnosti da podrži velike protoke podataka. Maksimalni bitski protok na fizičkom sloju može dostići 74 Mbps za prijem podataka kada se koristi spektar širine 20MHz. Korišćenjem spektra od 10MHz i TDD dupleksa sa odnosom prijempredaja od 3:1 je mnogo značajnije, bitski protok na fizičkom sloju je oko 25 Mbps za prijem i 6.7 Mbps za slanje podataka. Ovi protoci se postižu upotrebom 64 QAM modulacije sa kodovanjem korekcije grešaka odnosa 5/6. Ako je veoma dobar signal, može se doći i do većih protoka podataka korišćenjem prostornog multipleksiranja i višestrukim antenama.

Promenljivi propusni opseg/podrška brzom prenosu podataka: WiMAX poseduje promenljivu arhitekturu fizičkog sloja koja dozvoljava da se brzina prenosa podataka menja na jednostavan način u zavisnosti od veličine dostupnog propusnog opsega kanala. Ova promenljivost podržana je u OFDMA načinu rada, gde veličina FFT (*Fast Fourier Transform*) može da se menja u zavisnosti od slobodnog opsega kanala. WiMAX sistem može koristiti 128-, 512-, ili 1024-bitsku FFT u zavisnosti od toga da li je propusni opseg kanala 1.25MHz, 5MHz, ili 10MHz. Ova promenljivost se može uraditi dinamično omogućujući korisnički roaming kroz različite mreže koje možda imaju različite dodele propusnog opsega.

Adaptivna modulacija i kodiranje (AMC): WiMAX podržava jedan broj modulacija i FEC (*Forward Error Correction*) korekciju grešaka i dozvoljava promenu šeme po korisniku u zavisnosti od uslova u kanalu. AMC je koristan mehanizam za maksimizovanje propusnosti u vremenski-promenljivom kanalu. Adaptivni algoritam se obično koristi za šeme modulacije i kodiranja koje pružaju zadovoljavajuće odnose signal-šum i interferenciju na strani prijema tako da svaki korisnik ima najveći mogući bitski protok koji može biti podržan kroz njegov link.

Retransmisije na sloju pristupa medijumu: Za konekcije koje zahtevaju veliku pouzdanost, WiMAX podržava zahteve za ponovno slanje ARQ (*Automatic Retrans-*

mission Requests) na sloju pristupa medijumu. Konekcije koje sadrže ARQ zahtevaju da se svaki poslati paket potvrdi od strane primaoca; pretpostavlja se da su nepotvrđeni paketi izgubljeni i ponovo se šalju. WiMAX takođe podržava hibridni ARQ, koji predstavlja koristan hibrid između FEC i ARQ.

Podrška za TDD i FDD: IEEE 802.16-2004 i IEEE 802.16e-2005 podržavaju vremenski dupleks TDD i frekvencijski dupleks FDD, kao i poludupleksni FDD, koji omogućava jeftiniju implementaciju sistema. TDD je naklonjeniji većini implementacija zbog svojih prednosti: fleksibilnost u izboru odnosa prijem-predaja kod protoka podataka, mogućnost upotrebe reciprociteta kanala, sposobnost implementacije u neuparenom spektru i jednostavnija konstrukcija primopredajnika.

Svi osnovni WiMAX profili su zasnovani na TDD, osim dva kod fiksnog WiMAX-a na 3.5 GHz.

OFDMA tehnika pristupa: Mobilni WiMAX koristi OFDMA kao tehniku za višestruki pristup, pomoću koje različitim korisnicima mogu biti dodeljeni različiti podskupovi OFDM tonova.

Fleksibilna i dinamička dodela resursa: Program planer koji se nalazi u baznoj stanici, kontroliše dodelu resursa i kod slanja i kod prijema podataka. Kapacitet je podeljen između korisnika na osnovu zahteva, koristeći otvorenu TDM šemu. Kada se koristi OFDMA-PHY mod rada multipleksiranje se dodatno vrši u frekvencijskom domenu tako što se korisnicima dodeljuju različiti podskupovi OFDM podnosilaca. Resursi mogu biti dodeljivani i u prostornom domenu kao kada se koriste opciono napredni antenski sistemi (AAS). Standard omogućuje respořeđivanje propusnog opsega kako u frekvenciji i prostoru tako i u vremenu i ima fleksibilni mehanizam za prenošenje informacija o dodeljivanju resursa na bazi frejm-po-frejm.

Podrška za napredne antenske tehnike: WiMAX ima veliki broj dodataka na fizičkom sloju, koji omogućavaju korišćenje tehnika višestrukih antena, kao što su formiranje snopova, kodovanje tipa prostor-vreme i prostorni multipleks. Ove šeme se mogu koristiti za unapređenje celokupnog kapaciteta sistema i spektralne efikasnosti razvijanjem višestrukih antena na predajniku i/ili prijemniku.

Podrška za kvalitet servisa (QoS): WiMAX MAC sloj ima konekcijski orijentisanu arhitekturu koja je napravljena tako da podrži široki spektar usluga, uključujući multimedijalne servise kao i govor. Sistem nudi podršku za promenljivi protok, konstantni protok, prenos u realnom vremenu i van istog kako bi se postigao najbolji protok podataka. WiMAX MAC sloj je napravljen da podrži veliki broj korisnika sa višestrukim konekcijama po priključku, gde svaka konekcija ima svoj sopstveni zahtev za kvalitet servisa.

Čvrsta sigurnost: WiMAX podržava snažno kriptovanje, koristeći AES standard (*Advanced Encryption Standard*) i poseduje tajnost podataka na visokom nivou i protokol za upravljanje ključem. Sistem takođe nudi veoma fleksibilnu arhitekturu za identifikaciju zasnovanu na EAP protokolu (*Extensible Authentication Protocol*) koja omogućuje raznovrsne korisničke dokumente tipa digitalni potpis, korisničko ime/šifra i smart kartice.

Podrška mobilnosti: Mobilna izvedba WiMAX sistema ima mehanizme za podršku pouzdanim handoverima za

usluge potpune mobilnosti sa odloženom tolerancijom, kao što je VoIP (Voice over IP). Sistem takođe poseduje ugrađenu podršku za mehanizme čuvanja energije koji produžavaju trajanje baterije na mobilnim uređajima. Poboljšanja na fizičkom sloju kao što su kontrola energije, procena višefrekventnog kanala i podkanalisanje za slanje podataka, takođe su naznačeni u podršci za mobilne servise.

IP-bazirana arhitektura: WiMAX Forum je odredio referentnu mrežnu arhitekturu koja je u potpunosti bazirana na IP platformi. Svi servisi sa kraja na kraj (*end-to end*) isporučeni su preko IP arhitekture, zasnovane na IP protokolima za transport, kvalitet servisa, sigurnost, upravljanje sesijom i mobilnost. Oslanjanje na IP protokol pruža WiMAX-u niske cene IP procesiranja, olakšava konvergenciju sa drugim mrežama i upotrebljavanje velikog broja rešenja koja već postoje kod ovakvih protokola [2] [6].

5. POREĐENJE WI-MAX I WI-FI TEHNOLOGIJE

Poređenja i zabune između ove dve tehnologije su veoma česte, verovatno zato što se radi o sličnim, a sa druge strane i veoma različitim tehnologijama.

Ono što je zajedničko ovim standardima jeste da se povezuju uz pomoć bežične mreže i tako pristupaju internetu.

WiMAX je prvenstveno razvijen za bežična područja kojima je dovoljan domet prenosa, reda veličine, od nekoliko kilometara.

Wi-Fi standard je razvijen za lokalne bežične mreže, pa je prema tome domet prenosa samo do 100 m.

Ova dva standarda imaju i različite QoS (Quality of Service) mehanizme. WiMAX koristi mehanizme koji se baziraju na konekciji između bazne stanice i korisničkog uređaja.

Svaka konekcija je bazirana na specifičnom rasporedu algoritama. Sa druge strane Wi-Fi koristi mehanizme slične fiksnom Ethernetu, gde paketi imaju različite prioritete zavisno od njihovih oznaka. Recimo, VoIP odnosno prenos govora može imati veći prioritet nego prenos podataka usled korišćenja web pretraživača. Wi-Fi radi na MAC CSMA/CA protokolu, dok WiMAX funkcioniše na spoljno orijentisanom MAC.

6. PRIMENA WI-MAX TEHNOLOGIJE

WiMax je tehnologija koju odlikuje velika pokrivenost signalom od nekoliko pa sve do 50 kilometara što zavisi od optičke vidljivosti i drugih uslova. WiMax takođe ima i veliku propusnu moć. WiMAX može biti alternativna tehnologija kad nije moguć pristup javnoj govornoj usluzi, odnosno tamo gde ista nije izgrađena jer nije isplativo ili nije dovoljan broj korisnika da bi se gradnja žičane mreže opravdala. WiMAX-u ne treba telefonski ili kablovski priključak, već samo posebni WiMAX uređaj, koji se priključuje na utičnicu sa strujnim naponom, a zatim se spaja s računarom i telefonom. Putem ove tehnologije korisnik može dobiti usluge širokopojasnog bežičnog pristupa internetu kao i govorne i podatkovne usluge. Teoretske brzine prenosa podataka iznose i do 70 Mbit/s ali su trenutno u praksi ove brzine na nižem nivou.

Osnovna namena WiMax sistema jeste pružanje pristupa lokalnim mrežama, internetu, video-telefonija, prenos video zapisa, IP telefonija i slično. WiMAX ima određene prednosti vezane uz širokopojasni pristup internetu. Na primer, omogućuje uvođenje širokopojasnog pristupa internetu na području gde je gradnja žičane infrastrukture komplikovana ili neisplativa, a s druge strane omogućuje konkurentskim operatorima da ponude širokopojasni pristup internetu po nižim cenama i uz mnogo veće brzine. Bežične tehnologije nisu uvek udovoljavale komercijalne zahteve iz razloga jer nisu omogućavale uslugu u uslovima NLOS (non-line-of-sight) – optička vidljivost, odnosno postojala je prepreka između bazne stanice i prijemnika. WiMAX najbolje funkcioniše u uslovima LOS (line of sight situations) što je i logično, ali za razliku od ranijih tehnologija, poput WiFi tehnologije, nudi prihvatljiv domet i zadovoljava propusnost svojim korisnicima koji ne ispunjavaju uslove NLOS. Objekti, odnosno prepreke između bazne stanice i korisnika smanjuju domet i propusni opseg, ali u takvim urbanim sredinama signal i dalje ostaje dovoljno snažan za pružanje usluge korisnicima [3] [4].

7. UTICAJ WI-MAX-a NA ZDRAVLJE LJUDI

WiMAX lični uređaji emituju niske nivoe radio talasa poznata kao radiofrekvencijska elektromagnetna polja, i to samo kada se uređaji koriste. Upotreba radio talasa nije prisutna samo kod WiMax-a već je postala deo naše svakodnevnice i ona nam pruža mnoge prednosti, a sigurnost se intenzivno proučava skoro pola veka. Sve organizacije su došle do istog zaključka, a to je da ne postoji osnovan dokaz o bilo kakvim negativnim posledicama po zdravlje prilikom izloženosti radio talasima. WiMAX lični uređaji podležu istim standardima koji se primenjuju i na druge radio proizvode, kao što su mobilni telefoni i bazne stanice. Svetska zdravstvena organizacija (*The World Health Organizations*) preporučuje standarde koje su zdravstvene organizacije širom sveta usvojile. To su standardi vezani za granične vrednosti izloženosti koje proizvodi moraju da zadovoljavaju, a sve u cilju zaštite korisnika.

Uređaji koji koriste WiMAX tehnologiju su predmet bezbednosnih standarda koje podržavaju zdravstvene agencije. Ti uređaji moraju da osiguraju procenu bezbednosti radio-frekvencijske emisije i to u granicama koje su usvojile agencije širom sveta. Ove procene su izvedene u skladu sa različitim propisima i preporukama regulatornih agencija.

Zaključak Svetske zdravstvene organizacije, na osnovu prikupljenih istraživačkih rezultata i s obzirom na veoma nizak nivo izlaganja radiofrekvencijskim talasima, jeste da ne postoje ubedljivi naučni dokazi da radiofrekvencijski signali, ove jačine, baznih stanica i bežične mreže uzrokuju nepovoljne zdravstvene efekte na čoveka [8].

8. ZAKLJUČAK

WiMAX tehnologija je standardizovana tehnologija, koja se brzo i lako postavlja, a najbolju primenu ima na terenima koji nisu pogodni za implementaciju bilo koje druge tehnologije. Montaža sistema je veoma jeftina, u odnosu na druge sisteme, a postavka traje samo segment

vremena koji je potreban da se druge tehnologije implementiraju.

Ova tehnologija poseduje veliku spektralnu efikasnost i radio pokrivenost, a da pritom ne zahteva optičku vidljivost između korisničke i bazne stanice. Takođe, pokriva mnogo veće teritorije od popularne wi-fi tehnologije i lako je prenosiva sa mesta na mesto u okviru iste preplate. Kvalitet servisa, velika bezbednost i protok podataka su veoma bitni za korisnike, a to WiMax pruža. Servisi koje nudi su najpopularniji servisi koje prosečan korisnik koristi.

Primena WiMAX tehnologije se zasniva na upotrebi komunikacionih servisa poput pristupa Internetu, digitalnoj televiziji, VoIP-u, servisima za video nadzor itd. U Srbiji je budućnost WiMAX-a još uvek pod znakom pitanja zbog regulativa koje treba da se donesu i od volje provajdera usluga koji će odlučiti da li žele da ponude ovu tehnologiju pored već postojećih konkurentnih tehnologija ili će je možda koristiti kao dopunu tim tehnologijama radi podizanja usluga na viši nivo.

9. LITERATURA

- [1] Jaffrey G. Andrews, Arunabha Ghosh and Rias Muhamed, “*Fundamentals of WiMAX: understanding broadband wireless networking*”, Part 1, February 2007.
- [2] Daniel Sweeney, *WiMAX Operator's Manual: Building 802.16 Wireless Networks*, Apress, 2006.
- [3] Zerihun Abate, *WiMAX RF Systems Engineering*, Artech House, 2009.
- [4] Loutfi Nuaymi, *WiMAX: Technology for Broadband Wireless Access*, John Wiley and Sons, 2007.
- [5] Marcos D. Katz, Frank H. P. Fitzek, *WiMAX Evolution: Emerging Technologies and Applications*, John Wiley and Sons, 2009.
- [6] <http://www.wimaxforum.org/>
- [7] <http://www.wikipedia.org/>
- [8] <http://www.elitesecurity.org/>
- [9] <http://wimax-made-simple.blogspot.com/>

Kratka biografija:



Dejan Srečković rođen je u Novom Sadu 1987. god. Master rad odbranio je 2014. godine na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Saobraćaja – Poštanski saobraćaj i telekomunikacije. Dva puta je bio stipendista Evropske unije.

**ANALIZA RASTOJANJA SLEĐENJA VOZILA PRILIKOM
PRETICANJA U REALNOM SAOBRAĆAJNOM TOKU****ANALYSIS OF THE HEADWAY IN REAL TRAFFIC FLOW DURING
THE OVERPASSING**

Prof. dr Vuk Bogdanović, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Trg Dositeja Obradovića 6, Novi Sad, vuk@uns.as.rs

Ass. bsc Nemanja Garunović, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Trg Dositeja Obradovića 6, Novi Sad, garunovic@uns.as.rs

Ass. dr Nenad Ruškić, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Trg Dositeja Obradovića 6, Novi Sad, nruskic@uns.as.rs

Ass. mr Biljana Ivanović, Univerzitet Crne Gore, Građevinski fakultet, Cetinjski put bb, Podgorica, biljana.ivanovic@viaproject.me

Sažetak: Rastojanje sleđenja između vozila predstavlja put koji pretičuće vozilo mora da pređe prilikom vršenja manevra preticanja. U zavisnosti od teorijskog modela rastojanje sleđenja prilikom proračuna indirektno ili direktno utiče na dužinu puta preticanja, odnosno preticajne preglednosti. U većini modela koji su poznati u teoriji saobraćajnog toka, dužina puta preticanja je u funkciji vremena vršenja radnje preticanja, brzine pretičućeg, odnosno preticanog vozila ili razlike između njihovih brzina. Prilikom proračuna rastojanja sleđenja vrednost parametara na osnovu kojih se vrši proračun je konstantna. Iz tog razloga veoma često vrednost rastojanja sleđenja na početku i kraju puta preticanja ne odgovara osobenostima realnog saobraćajnog toka. U okviru rada prezentovani su rezultati istraživanja i analiza rastojanja sleđenja između vozila na početku puta preticanja u realnom saobraćajnom toku, na deonicama dvosmernih dvotračnih puteva.

Ključne reči: preticanje, put preticanja, rastojanje sleđenja, preglednost

Abstract: Headway or distance between vehicles represents the path which the overtaking vehicle has to cross when performing the act of overtaking. Depending on the theoretical model of distance succession during the calculation indirectly or affects the length of time overtaking or overtaking visibility. In majority of models which are well known in the theory of traffic flow, the length of time of passing is the function of the timing the action of overtaking, speed of the vehicle being overtaken, or the difference between their speed. When calculating distances succession the value of parameters on which the calculation is done is constant. For this reason, very often the value of distance succession at the start and end times of overtaking does not correspond to the real characteristics of traffic flow. This paper presents the results of research and analysis of the distances between the succession of vehicles at the start time of overtaking in real traffic flow, at the sections of two-directional, two-lane roads.

Key words: overtaking, overtaking way, distance between vehicles, sight distance

1. UVOD

Prema zvaničnim statističkim podacima u zemljama članicama OECD se oko 60% saobraćajnih nezgoda dogodi na dvosmernim dvotračnim putevima [2], na kojima preticanje predstavlja najsloženiju i potencijalno najzahtevniju radnju. Na većini dvosmernih dvotračnih puteva puteva preticanje se zbog karakteristika trase dozvoljava samo na pojedinim

NAPOMENA:

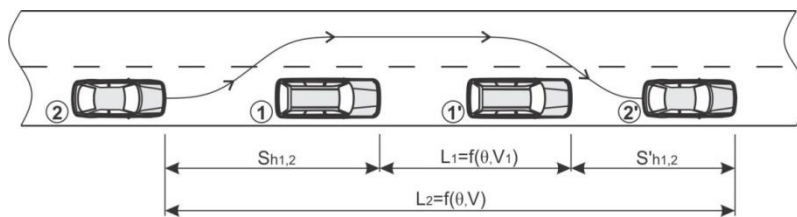
a) Ovaj rad proistekao je iz master rada Nemanje Garunovića. Mentor je bila dr Vesna Bogdanović.

b) Rad je prethodno publikovan na V međunarodnom savetovanju: Savremeni trendovi u saobraćaju, logistici i ekologiji u funkciji održivog razvoja, Travnik-Vlašić, maj 2014. god.

deonicama. Iz tog razloga procenat zona dozvoljenog preticanja na dvotračnim putevima predstavlja jedan od parametara koji presudno utiču na uslove odvijanja saobraćaja, odnosno na nivo usluge [1]. Preticanje je zahtevan manevar koji je karakterističan po tome što vozilo koje vrši preticanje u određenom periodu zauzima traku koja je namenjena kretanju vozila iz suprotnog smera [3]. Iz tog razloga preticanje se dozvoljava samo na deonicama koje omogućavaju vozaču vozila koje vrši preticanje bezbedan završetak ovog manevara ili odustajanje od preticanja i vraćanje na svoju desnu saobraćajnu traku. Ovo rastojanje koje omogućava bezbedno preticanje naziva se preticajna preglednost koja se sastoji od puta preticanja i puta koje vozilo iz suprotnog smera pređe za vreme preticanja [4]. Za utvrđivanje preticajne preglednosti, pre svega za određivanje dužine puta preticanja, definisan je značajan broj teorijskih modela. Dužina puta preticanja i vreme preticanja, odnosno ulazni elementi u postupku proračuna zavise od primenjenog teorijskog modela. Svi teorijski modeli imaju određena ograničenja, s obzirom da se ne može uzeti u obzir ponašanje vozača koje zavisi od karakteristika i osobenosti saobraćajnog toka i karakteristika puta. Pored toga, svi teorijski modeli podrazumevaju konstantan režim vožnje svih vozila u saobraćajnom toku, što ne karakteriše uslove realnog saobraćajnog toka. Većina teorijskih modela zanemaruje rastojanje između preticanog i pretičućeg vozila na početku i na kraju puta preticanja, odnosno rastojanje sleđenja vozila [4]. Jedan od modela koji prilikom proračuna preticajne preglednosti uzima u obzir rastojanje sleđenja vozila, na početku i kraju puta preticanja, su 1989. godine razvili Y. Wang i M. Carmell [5]. U ovom radu su prikazani rezultati istraživanja rastojanja sleđenja vozila koji su sprovedeni u realnom saobraćajnom toku prilikom preticanja.

2. KARAKTERISTIKE PRETICANJA VOZILA

U realnom saobraćajnom toku potreba za preticanjem nastaje u situaciji kada se vozilo, koje je dostiglo određenu brzinu V_2 (vozilo 2), počinje da prilazi vozilu koje se kreće manjom brzinom $V_1 < V_2$ (vozilo 1) zbog čega se smanjuje rastojanje sleđenja. Nakon izvesnog vremena rastojanje između vozila 2 i vozila 1 se smanjuje do minimalnog bezbednog, kada se javlja potreba da vozač vozila 2 pretekne vozilo 1 koje se nalazi ispred njega.



SLIKA 1. ŠEMA PRETICANJA U USLOVIMA KONSTANTNIH BRZINA [3]

Potreba da neko vozilo u saobraćajnom toku izvrši preticanje proporcionalna je pojavi minimalnih rastojanja sleđenja vozila u tom toku, a sama mogućnost preticanja zavisi od postojanja prihvatljivog intervala sleđenja u toku iz suprotnog smera koji je dovoljan da bi se preticanje izvršilo na bezbedan način [3].

Tokom preticanja vozilo 2 prelazi određeno rastojanje koje predstavlja put preticanja, a za vreme preticanja vozilo 3 koje se kreće u susret vozilu 2, takođe prelazi određeni put. U skladu sa tim minimalno rastojanje za bezbedno preticanje predstavlja zbir puta preticanja vozila 2 tokom preticanja vozila 1 i puta koje za to vreme pređe vozilo 3. Da bi se preticanje na nekom dvotračnom putu dozvolilo potrebno je da uslovi horizontalne i vertikalne trase omogućavaju uočljivost vozila na ovom rastojanju koje se zove preticajna preglednost. Preticanje se na dvotračnim putevima dozvoljava u situaciji kada je preglednost na putu veće

od minimalno potrebne dužine puta za bezbedno izvršenje preticanja, odnosno preticajne preglednosti.

Jedan od prvih postupaka za utvrđivanje preticajne preglednosti zasnovan je na istraživanjima iz četrdesetih godina prošlog veka je AASHTO model iz 1954 [6]. Naredna istraživanja u vezi preticajne preglednost bila su bazirana na već utvrđenom AASHTO kriterijumu i predstavljala su varijante postojećeg modela preticajne preglednosti, a publikovana su u izdanjima od 1984 [7]. Prema ovim modelima manevar preticanja je opisan kroz dve faze:

- **prva faza**, koja traje od trenutka kada se vozač odluči za preticanje pa do trenutka kada se čelo preticanog i pretičućeg vozila nađu u istoj ravni;
- **druga faza**, koja traje od trenutka kada se završi prva faza pa do potpunog povratka pretičućeg vozila u svoju traku.

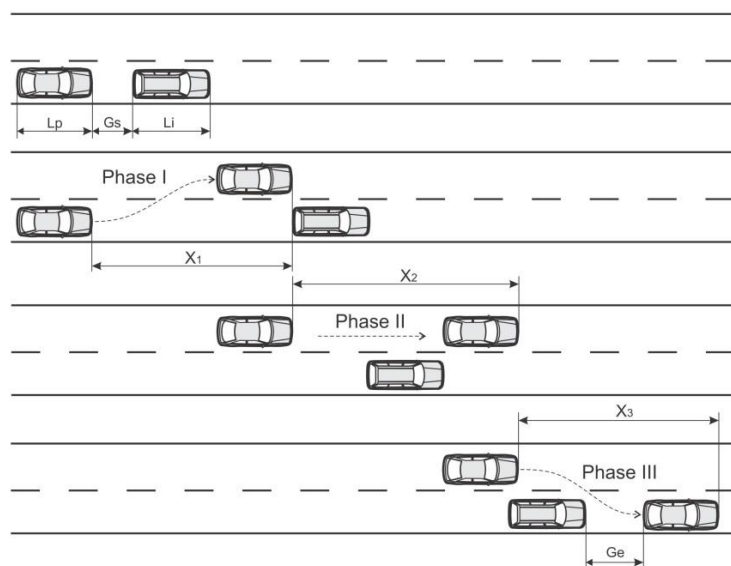
Dužina puta preticanja prema AASHTO kriterijumu predstavlja funkciju ubrzanja pretičućeg vozila, brzine preticanog vozila, razlike u brzinama vozila koja se pretiču i vremena za izvršenje manevra preticanja [4].

Krajem dvadesetog veka, Y. Wang i M. Cartmell razvili su novi model kojim je na kompleksniji način opisana preticajna preglednost odnosno dužina puta preticanja. Ovaj model je preticanje opisao kroz tri faze i to:

Faza 1: put koji vozilo pređe od trenutka kada započne preticanje do trenutka kada pređe u susednu traku, paralelno sa vozilom koje pretiče, tako da se prednja ivica vozila koje pretiče i zadnja ivica vozila koje se pretiče nađu u istoj ravni;

Faza 2: put koji vozilo pređe od trenutka kada se završi prva faza, do trenutka kada se zadnja ivica vozila koje vrši preticanje nađe u istoj ravni sa prednjom ivicom vozila koje se pretiče;

Faza 3: put koji vozilo pređe od trenutka kada se završi druga faza do trenutka dok se ne vrati u sopstvenu traku.



SLIKA 2. ELEMENTI PUTA PRETICANJA PREMA WANG AND CARTMELL MODELU

Prema ovom modelu, dužina puta preticanja (L) se opisuje kao zbir rastojanja između vozila na početku (G_s) i na kraju puta preticanja (G_e), dužine vozila koje vrši preticanje (L_p) i dužine vozila koje se pretiče (L_i), i isključivo od brzine vozila koje se pretiče (V_i), pri čemu se smatra

da brzina vozila koje vrši preticanje može maksimalno da ima vrednost maksimalne dozvoljene brzine na deonici na kojoj se vrši preticanje

$$L = L_p + L_i + G_s + G_e + V_i \cdot (T_1 + T_2 + T_3) \quad (1)$$

U skladu sa ovim modelom, u radu su analizirani rastojanje između vozila na početku preticanja (G_s) i rastojanje između vozila na kraju puta preticanja (G_e). Prema ovom modelu rastojanje G_s kreće se u intervalu od 8,0 m do 10,4 m, dok se rastojanje G_e kreće se u intervalu od 3,5 m do 5,9 m [5].

3. METOD I LOKACIJA ISTRAŽIVANJA

Podaci na osnovu kojih je vršena analiza rastojanja između vozila dobijeni su obradom video snimka realnog saobraćajnog toka na tri različite deonice dvotračnog dvosmernog puta. Istraživanje realnog saobraćajnog toka obradom video zapisa [8], [9], [10] pokazala se kao jednostavan, efikasan i precizan metod, pa je iz tog razloga on primenjen i prilikom ovog istraživanja. Snimanje saobraćajnog toka na izabranim deonicama vršeno je sa određene udaljenosti a učesnici u saobraćaju sa time nisu bili upoznati, pa je ponašanje vozača bilo uobičajeno.

Obradom sačinjenih video zapisa realnog saobraćajnog toka na tri različite deonice dvotračnog puta formiran je uzorak od ukupno 104 preticanja, u kojima su i preticano i pretičuće vozilo bili automobili. Ovakav uzorak formiran je iz razloga što se preticajna preglednost definiše upravo za preticanje automobila. Za obradu video snimaka i analizu podataka korišćeni su odgovarajući softverski alati za obradu video snimaka i za statističku obradu podataka. Odabrani softveri su u mogućnosti da sa visokim stepenom preciznosti mere i analiziraju video zapise.

3.1. Opis deonica na kojima je vršeno snimanje

Snimanje realnog saobraćajnog toka izvršena su na tri deonice, na državnim putevima prvog reda u Crnoj Gori i to dve deonice na putu Podgorica – Nikšić i jedna na putu Podgorica – Cetinje. Na izabranim deonicama dvotračnih dvosmernih puteva preticanje je dozvoljeno u većoj dužini, a ostale karakteristike podužnog i poprečnog profila omogućavaju neometano preticanje. Projektovana brzina na svim deonicama iznosi 80 km/h, a PGDS preko 7000 voz/dan.

Prva deonica na kojoj je vršeno snimanje nalazi se na magistralnom putu Podgorica-Nikšić. Put je u horizontalnoj krivini radijusa 2500 m, sa malim skretnim uglom, sa podužnim nagibom od 0,05 %. Širina kolovoza iznosi $2 \times 3,75 \text{ m} + 2 \times 0,5 \text{ m}$. Bankina, odnosno berma je široka 1,5 m. Kolovoz je u dobrom stanju, bez mrežastih pukotina. Put je u zaseku, s tim što je kosina useka značajno udaljena od puta. Ukupna dužina isprekidane linije na ovoj dionici iznosi 600 m. Dužina zone puta prve dionice koja ulazi u opseg analiziranog video zapisa iznosi $L=250 \text{ m}$ [11].

Druga deonica nalazi se na magistralnom putu Podgorica-Cetinje. Put je u blagoj horizontalnoj krivini, sa podužnim padom koji iznosi 0,6 %. Širina kolovoza iznosi $2 \times 3,5 \text{ m} + 2 \times 0,35 \text{ m}$, a bankine na posmatranoj dionici puta su široke 1,5 m. Kolovoz je u dobrom stanju, bez mrežastih pukotina. Put se nalazi u useku, a kosine useka formirane su sa blagim nagibom. Ukupna dužina isprekidane linije na ovoj dionici je 400 m. Dužina zone puta druge dionice koja ulazi u opseg analiziranog video zapisa iznosi $L=250 \text{ m}$ [11].

Treća deonica nalazi se na magistralnom putu Podgorica-Nikšić. Na ovom delu trase put je u pravcu, dok nagib nivelete iznosi 3,25%. Širina kolovoza iznosi $2 \times 3,5 \text{ m} + 2 \times 0,35 \text{ m}$. Put je u

zaseku pri čemu je kosina useka blago izvedena, a kosina nasipa iznosi 1:1,5. Berme, odnosno bankine su široke 1,5m, kolovoz je u dobrom stanju, bez mrežastih pukotina i oštećenja. Ukupna dužina isprekidane linije na ovoj dionici iznosi 600 m. Dužina zone puta treće deonice koja ulazi u opseg analiziranog video zapisa iznosi $L=320$ m.

4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

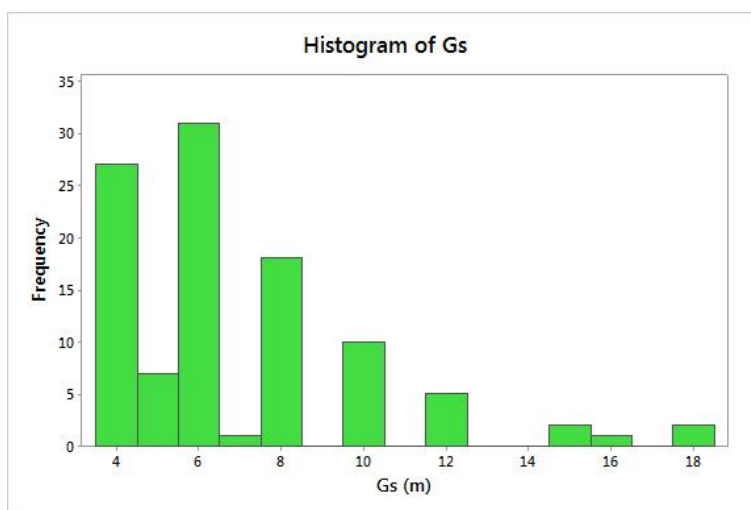
Obradom video snimaka realnog saobraćajnog toka na pomenutim deonicama evidentirana su rastojanje između vozila na početku preticanja (G_s) i rastojanje između vozila na kraju puta preticanja (G_e). Kao rastojanje na početku preticanja (G_s) usvojena je udaljenost između prednje ivice pretičućeg vozila i zadnje ivice preticanog vozila u trenutku kada pretičuće vozilo kreće da izvršava preticanje, odnosno prelazi u saobraćajnu traku namenjenu za vozila iz suprotnog smera. Kao rastojanje na kraju preticanja (G_e) usvojena je udaljenost između prednje ivice preticanog vozila i zadnje ivice pretičućeg vozila u trenutku kada se manevar preticanja završi, odnosno kada se pretičuće vozilo potpuno vrati u svoju traku.

Analizom video snimka dobijeni su sledeći rezultati minimalnog, maksimalnog i prosečnog rastojanja između vozila na početku i kraju puta preticanja, koji su prikazani u tabeli 1.

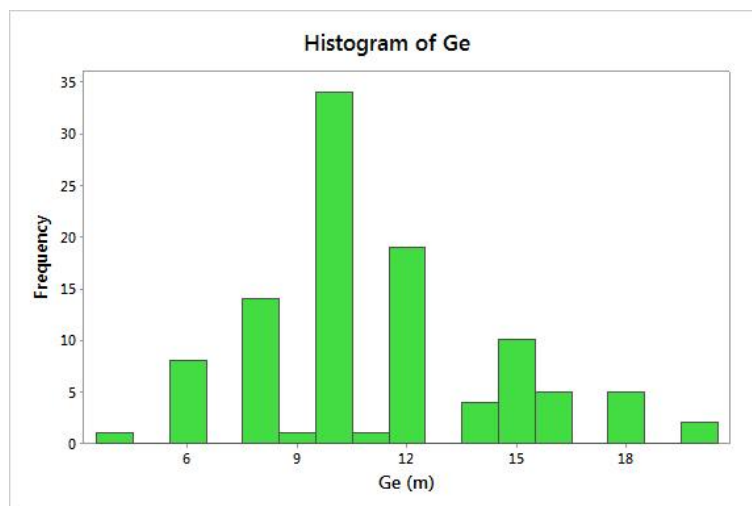
TABLICA 1. RASTOJANJA SLEĐENJA NA POČETKU I NA KRAJU PUTA PRETICANJA

	Rastojanje sleđenja između vozila	
	na početku preticanja (G_s)	na kraju preticanja (G_e)
Minimalno izmereno	4,0 m	4,0 m
Maksimalno izmereno	18,0 m	20,0 m
Srednja vrednost	6,9 m	11,2 m
Wang & Cartmell model [5]	9,0 m	4,5 m

Rezultati istraživanja prikazani u tabeli 1 pokazuju da se rastojanje između vozila na početku preticanja kreće u granicama od minimalno izmerenih 4,0 m do maksimalno izmerenog rastojanja sleđenja koje iznosi 18,0 m. Minimalno zabeleženo rastojanje na kraju preticanja iznosi takođe 4,0 m, dok je maksimalno zabeleženo rastojanje na kraju puta preticanja nešto veće od onog zabeleženog na početku preticanja i iznosi 20,0 m.



GRAFIK 1. RASPODELA RASTOJANJA SLEĐENJA NA POČETKU PUTA PRETICANJA (G_s)



GRAFIK 2. RASPODELA RASTOJANJA SLEĐENJA NA KRAJU PUTA PRETICANJA (GE)

Prema rezultatima istraživanja proizilazi da je rastojanje sleđenja na početku puta preticanja manje od rastojanja sleđenja na kraju puta preticanja. U poslednjem redu tabele date su vrednosti koje su dobijene kao izlazni rezultat modela koji su razvili Wang i Cartmell, za projektnu brzinu od 80 km/h.

TABLICA 2. RASPODELA DUŽINE RASTOJANJA NA POČETKU I NA KRAJU PRETICANJA

Rastojanje (m)	%		Rastojanje (m)	%		Rastojanje (m)	%	
	Gs	Ge		Gs	Ge		Gs	Ge
1,0	0,0%	0,0%	8,0	17,3%	13,5%	15,0	1,9%	9,6%
2,0	0,0%	0,0%	9,0	0,0%	1,0%	16,0	1,0%	4,8%
3,0	0,0%	0,0%	10,0	9,6%	32,7%	17,0	0,0%	0,0%
4,0	26,0%	1,0%	11,0	0,0%	1,0%	18,0	1,9%	4,8%
5,0	6,7%	0,0%	12,0	4,8%	18,3%	19,0	0,0%	0,0%
6,0	29,8%	7,7%	13,0	0,0%	0,0%	20,0	0,0%	1,9%
7,0	1,0%	0,0%	14,0	0,0%	3,8%	21,0	0,0%	0,0%

U tabeli 2 prikazano je procentualno učešće rastojanja između putničkih automobila na početku, odnosno na kraju preticanja. Iz ove tabele vidi se da najveći broj vozača (29,8%) započinju preticanje na rastojanju sleđenja od oko 6,0 m. Prema rezultatima analize u preko 80 % preticanja, rastojanje sleđenja na početku puta preticanja kreće u granicama od 4,0 m do 8,0 m. Isto tako, u oko 80 % preticanja rastojanje sleđenja na kraju puta preticanja se kreće u granicama od 8,0 m do 15,0 m, odnosno najveći broj vozila preticanje završava rastojanjem sleđenja od oko 10 m.

5. ZAKLJUČAK

U okviru ovog rada izvršeno je istraživanje rastojanja sleđenja između vozila na početku i na kraju puta preticanja na tri odabrane lokacije. Cilj istraživanja je bio da se u realnom saobraćajnom toku utvrde rastojanja sleđenja između vozila na početku i na kraju preticanja i uporede sa preporukama teorijskih modela. Rastojanja sleđenja predstavljaju deo puta preticanja koji predstavlja osnov za određivanje preticajne preglednosti. Prilikom utvrđivanja rastojanja sleđenja u realnom saobraćajnom toku korišćen je verifikovan metod koji se bazira na analizi obrade video snimaka. Obradom rezultata istraživanja formiran je uzorak od 104 preticanja u kojima su učestvovali putnički automobili. Analizom je utvrđeno da se oko 80 % vozila pre započinjanja radnje preticanja kreću iza vozila koje pretiču na rastojanju od 4,0 m

do 6,0 m. Isto tako, rezultati analize pokazali su da oko 80% vozila nakon završetka preticanja zauzima rastojanje sleđenja od 8,0 m do 15 m u odnosu na vozilo koje ga sledi.

LITERATURA

- [1] Transportation Research Board: *Highway Capacity Manual (HCM) 2010*, Transportation Research Board, Washington D.C., 2011.
- [2] OECD, *Safety Strategies for Rural Roads*, Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris, 1999.
- [3] Kuzović, Lj., Bogdanović, V.: *Teorija saobraćajnog toka*, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2010.
- [4] Transportation research board: *NCHRP report 605 - Passing Sight Distance Criteria*. Transportation research board of the National Academies, Washington D.C., 2008.
- [5] Wang, Y., Cartmell, M.: New Model for Passing Sight Distance, *ASCE Journal of transportation engineering*, 124 (1998), 6, pp 536-545.
- [6] *A Policy on Geometric Design of Rural Highways*, American Association of State Highway and Transportation Official, Washington D.C., 1954.
- [7] *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets - Green Book*, American Association of State Highway and Transportation Official, Washington D.C., 1984.
- [8] Bogdanović, V., Papić, Z., Ruškić, N., Jeftić, A.: Karakteristike brzina na signalisanim raskrižjima, *Suvremeni promet*, 31 (2011), 3-4, pp 196-200.
- [9] Bogdanović, V., Saulić, N., Ruškić, N., Ivanović, B., Ilin, V.: Analiza karakteristika vremenskog intervala sleđenja na semaforisanim raskrsnicama, *Put i saobraćaj* 59 (2013), 1, pp 19-24.
- [10] Bogdanović, V., Ruškuć, N., Kulović, M., Han, L.: Toward a Capacity Analysis Procedure for Nonstandard Two-Way Stop-Controlled Intersections, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2395 (2014), pp 132-138.
- [11] Ivanović, B., Basarić, V., Garunović, N., Mitrović, J., Saulić, N.: Istraživanje brzina u preticanju, *Put i saobraćaj*, 60 (2014), 1, 39-44.

UNAPREĐENJE BEZBEDNOSTI SAOBRAĆAJNOG OKRUŽENJA DECE NA RASKRŠNICAMA SA POSEBNIM OSVRTOM NA ISKUSTVA ŠVEDSKE**TOWARDS A METHOD TO IMPROVE ROAD SAFETY FOR PEDESTRIANS AND CYCLISTS, ESPECIALLY IN CHILD PEDESTRIAN ENVIRONMENTST IN SWEDEN**

Ivan Radulović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – SAOBRAĆAJ

Kratak sadržaj – Ponašanje učesnika u saobraćaju ima najveći potencijal za unapređenje bezbednosti na putevima. Na globalnom nivou se čine značajni naponi na razvoju i primeni mera koje za cilj imaju promenu ponašanja pojedinih učesnika u saobraćaju. U radu su analizirani načini unapređenja bezbednosti saobraćaja u okruženju dece na raskršnicama, sa posebnim osvrtom na iskustva Švedske.

Abstract – Behavior of road users has the greatest potential for improving road safety. At the global level to make a considerable effort to development needs and the implementation of measures aimed at changing the behavior of individual participants. The paper analyzes a Method to Improve Road Safety for Pedestrians and Cyclists, Especially in Child Pedestrian Environments in Sweden.

Ključne reči: Bezbednost saobraćaja, ponašanje učesnika u saobraćaju.

1. UVOD

Okruženje u kojem se odvija saobraćaj je projektovano da više odgovara odraslim osobama nego deci. Prema Konvenciji Ujedinjenih nacija (UN) o dečjim pravima, ono što je najbolje za decu treba biti smernica prilikom donošenja odluka Vlada koja se tiče dece. Stoga, Švedska nacionalna administracija za puteve je pokrenula istraživanje kao osnovu za razvoj smernica "Ka bezbednijoj okolini za decu". Neophodno je naglasiti da saobraćajno okruženje koje je bezbedno za decu, kao ranjivu grupu korisnika, treba biti bezbedno za ljude svih uzrasta. Kada se projektuju putevi, neophodno je naglasiti da deca različitih uzrasta imaju različite potrebe i mogućnosti. Najmlađi su u većini slučajevi pod nadzorom odraslih kada se kreću, dok malo starija deca se obično kreću slobodnije, čak i izvan granica komšiluka. Ova deca, čiji vid, sluh, intelekt i razumevanje nisu u potpunosti razvijeni su obično niska.

Stariji tinejdžeri možda imaju mogućnost rasuđivanja u situacijama kao odrasli, ali njihov stav je obično različit; oni se izlažu većim rizicima i neiskusni su u saobraćaju. Deca trebaju biti sposobna da budu deo saobraćaja i to na bezbedan način.

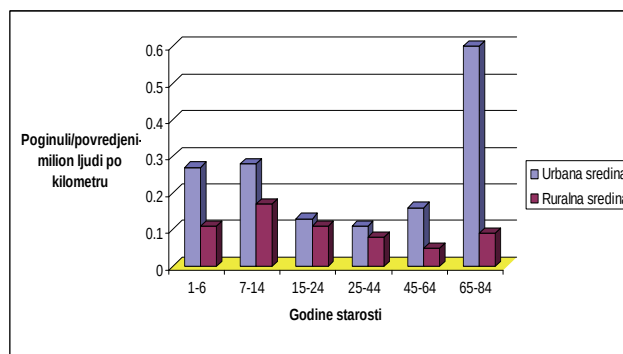
Saobraćajna okolina treba biti projektovana za decu. Stariji takođe mogu imati problema da se priviknu na komplikovanu saobraćajnu situaciju.

NAPOMENA:

Ovaj rad je proistekao iz master rada čiji mentor je bio dr Dragan Jovanović, vanr. prof.

2. BEZBEDNOST SAOBRAĆAJA I PONAŠANJE KORISNIKA PUTEVA

Deca i stariji su disproporcijalno zastupljeni u podacima o nezgodama za ranjive grupe korisnika kada se poredi njihova izloženost u saobraćaju. Epidemiološka analiza u SAD pokazuje da karakteristike i okolnosti povreda kod pešaka zavise od godina starosti (Malak et al., 1990). Stariji se obično povređuju tokom dana, obično na raskršnicama blizu mesta u kome borave. Deca mlađa od 15 godina se obično povređuju u vreme igre blizu svojih kuća. Odrasli između 15 i 65 godina starosti se obično povređuju tokom noći, kada su žrtve obično pod dejstvom alkohola. Šablon povređivanja kod pešaka se ne može razumeti bez proučavanja izloženosti dece u saobraćaju. Podaci o švedskom istraživanju putovanja i samoprijavljenim nezgodama su upoređeni sa podacima o nezgodama Švedske uprave za puteve. Podaci su korišćeni da se izračuna rizik za ranjive korisnike puteva različitih godina starosti koji su poginuli ili teško povređeni po milion pređenih kilometara (Grafik 1.)



Grafik 1. Rizik od nezgoda i ozbiljnih povreda

Sposobnost da bezbedno prelaze ulicu se kod dece razvija sa godinama; internacionalna statistika o nezgodama na putevima jasno pokazuje da su deca pešaci izložena najvećem riziku od smrti ili povrede (MacGregor et al., 1999; Connely et al., 1998).

Mek Gregor (MacGregor et al., 1999) je otkrio razlike između ponašanja muške i ženske populacije među decom tri starosne grupe i to od 5 do 7 godina, 8 do 10 godina, i od 11 do 12 godina starosti kada prelaze ulicu na nesignalisanim raskršnicama. Jedna razlika se odnosi na stajanje na ivičnjaku pre prelaska ulice. Starija deca će ređe zastati na ivicu trotoara odnosno ivičnjaku pre prelaska ulice. Pre prelaska na raskršnici 21 % proverava i levu i desnu stranu puta. Tokom prelaska na raskršnici 32 % gleda u oba smera. Deca koja se kreću samostalno će ređe zastati na ivici trotoara nego ona koju prati neko i

drži za ruku ili jednostavno prati. Deca koja se samostalno kreću će češće vizuelno osmotriti kretanje vozila nego deca koje neko vodi odnosno imaju pratnju.

Korišćenje observacionih studija, Knoblah i dr. (Knoblauch et al., 1996) su proučavali vreme polazanja pešaka iz stanja mirovanja i brzinu pešačenja na signalisanim raskrsnicama sa obeleženim pešačkim prelazima – takozvanim zebama. Pešaci su podeljeni u starosne grupe i to oni mlađi i stariji od 65 godina. Deca starosti ispod 13 godina nisu uzeta u obzir. Mlađi pešaci muškog pola su imali najveću brzinu pešačenja, 1,56 m/s. Starije žene su bile najsporije, 1,19 m/s. Mlađe žene se kreću 0,1 m/s sporije nego mlađi muškarci, a starije žene su 0,12 m/s sporije nego muškarci istih godina. Pešak, koji se sam kreće, obično se kreće brže nego pešaci koji hodaju u grupi. Pešaci koji kreću ili završavaju prelazak izvan trotoara obično se kreću brže. Brzina kojom se kreću mlađi pešaci je 1,46 m/s, a kod 15 % je ona 1,19 m/s. Kod starijih pešaka brzina pešačenja je 1,21 m/s dok je kod 15 % ona 0,94 m/s. Vreme za polazak je definisano kao vreme koje prođe od trenutka od kada se pojavi zeleni signal za pešake pa do momenta kada pešak zakorači sa trotoara na kolovoz i krene da ga prelazi. Kod mladih pešaka ovo vreme je 1,93 s dok je ono kod starijih 2,5 s. Kako bi se doneo zaključak na osnovu prethodnih poglavlja, ponašanje vozača nije uvek zaslužno za bezbednost pešaka i biciklista. Deca se trebaju obučavati kako da se ponašaju bezbedno u saobraćaju, iako deca nemaju kognitivne veštine koje su neophodne za bezbedno ponašanje u saobraćaju. Fizičke i kognitivne sposobnosti kod starijih opadaju sa godinama.

3. HIPOTEZE I METODE

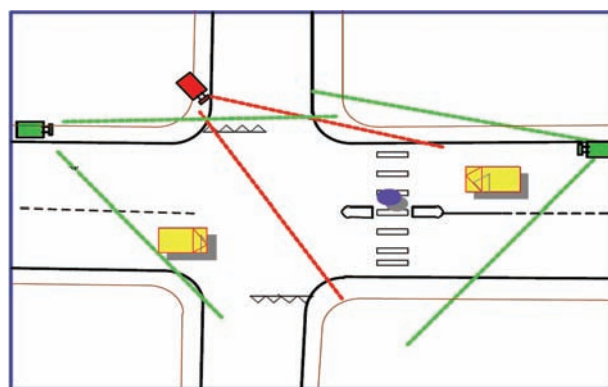
Osnovne hipoteze su:

1. Manji broj situacija sa teškim posledicama konfliktima nakon rekonstrukcije i promene Koda.
2. Pre rekonstrukcije više dece se zaustavljalo na ivičnjak zbog vozila nego nakon.
3. Manji broj pokreta glave kod dece nakon rekonstrukcije. Jednostavnije je za decu da se nose sa interakcijom.
4. Dečji tempo je promenjen nakon rekonstrukcije kako bi deca manje pretrčavala preko prve i druge trake.
5. Tempo dece je veći kada ulaze u raskrsnicu nakon rekonstrukcije.
6. Više dece gleda preko ramena nakon rekonstrukcije kako bi videla sva vozila koja nailaze u raskrsnicu sa sporednih puteva, jer je lakše za decu da se nose sa interakcijom nakon rekonstrukcije.
7. Rekonstrukcija i promena Koda je poboljšala mobilnost za decu pešake i to više nego kod drugih starosnih grupa. Mobilnost predstavlja prednost koju vozači daju pešacima.
8. Protok pešaka koji prelaze na glavnom putu nakon rekonstrukcije.
9. Preticanje se javlja ispred pešačkih prelaza u prethodnim situacijama. Ovo nije moguće nakon rekonstrukcije.
10. Nakon rekonstrukcije brzine vozila su niže nego pre.
11. Nakon rekonstrukcije vozači automobila pružaju prvenstvo prolaza deci i drugim pešacima.
12. Vozači automobila koji skreću udesno iz sporednih puteva pomeraju glavu ranije u desno i češće, nakon

rekonstrukcije jer je tako jednostavnije da se proceni saobraćaj sa leve strane usled nižih brzina.

13. Vozači automobila koji voze pravo okreću glavu ranije i češće nakon rekonstrukcije jer je tako jednostavnije da se proceni saobraćaj usled nižih brzina.
14. Grupa ljudi obično dobija češće prednost od strane vozača autobila nego da je samo jedna osoba.
15. Nakon promene Koda više vozača automobila daje prednost pešacima.

Raskrsnice su snimane Sony Hi8 sistemom video kamera. Prednost ovih kamera je ta što su lagane i male. Najbitnije je to što je kvalitet bolji nego kod konvencionalnog VHS sistema. Kada se snima saobraćajna situacija najbitnije je da korisnici puteva ne primete kamere lako. Ako korisnici puteva primete kamere to može uticati na njihovo ponašanje. Stoga, kamere se postavljaju na stubovima i zidovima kuća za koje se misli da su nevidljive vozačima kao i pešacima i biciklistima. Do pet kamera se koristi da se pribeleži ponašanje svih korisnika puteva. Slika 1 pokazuje mesta postavljanja pojedinih kamera na raskrsnici. Deo kamera se koriste za snimanje pešačkih prelaza i puteva na pešačkim prelazima, a druge kamere se koriste za snimak cele raskrsnice.



Slika 1. Primer postavljanja kamera

Saobraćajna situacija sa pešacima i biciklistima zabeležena na videokasetama se manuelno analizira i kodira. Ponašanje podrazumeva ponašanje biciklista i pešaka i ponašanja vozača automobila prema pešacima i biciklistima.

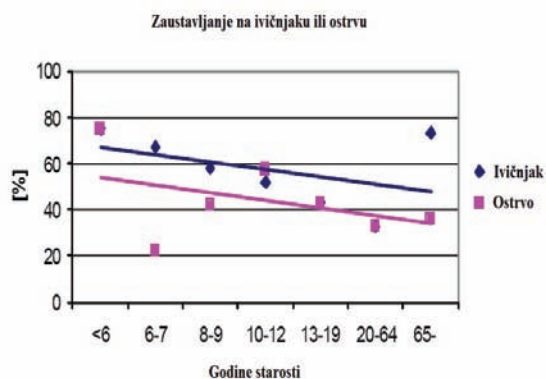
Hajden (Hydén, 1987) je razvio Švedsku tehniku konflikta. Konflikta su proučavani na različitim mestima koršćenjem Švedske tehnike konflikta. Jedna ili dve osobe rukovode snimanjem, merenjem brine, i samom studijom na svakom od mesta proučavanja. Prednost je u tome što su troškovi niži, nedostaci su u tome što se merenja brzine ne mogu raditi uporedno sa studijom konflikta kada se vrši proveravanje i briga o video kamerama. Stoga, obučeni posmatrači procenjuju manuelno TA-vrednosti, brzine, i razdaljine gledajući video snimke.

Drugi detaljan način da se izmeri kako se saobraćajna situacija promenila, pored konfliktnih tehnika, je da se analiziraju brojači kada je automobil veoma blizu pešaka ili bicikliste. Ove veoma ozbiljne situacije su obično manje ozbiljne od ozbiljnih konflikta, ali mogu dati veoma važne tragove koji bi opisali saobraćajnu situaciju, videti rad Svensona (Svensson, 1998). Čak i kada konfliktni korisnici puteva nemaju kretanje koje dovodi do nezgode, brojači ih mogu definisati kao Veoma

ozbiljne situacije. Interakcije se kodiraju kao „Automobil nadolazi ka ranjivom korisniku puteva“ i posebno se analiziraju.

4. REZULTATI

Navika da pešaci zastanu na ivičnjaku ili na ostrvu ima tipičnu starosnu strukturu. Procenat onih koji staju i čekaju opada sa godinama dok grupa sa starijima od 65 godina, se onda povećava (Grafik 2).



Grafik 2. Frekvencija kod različitih starosnih grupa pešaka koji staju na ivičnjaku ili ostrvu

Druga studija je sprovedena na tri mesta: Hultagatan, Sjobotorgatan i Trandaredsgatan u Borasu. Poređenje prelaza koji se zove Kalbackstridsgatan je takođe proučavano. Razlike o tome kako deca, odrasli i stariji komuniciraju sa motorizovanim saobraćajem na pešačkim prelazima je analizirano. Ponašanje pešaka, biciklista i vozača automobila je proučavano. Proučavani prelazi, osim onog za poređenje, su bili rekonstruisani u cilju poboljšanja bezbednosti saobraćaja i mobilnost pešaka i biciklista. Međutim, dva prelaza Trandaredsgatanu su rekonstruisani ranih 90-ih godina. Svrha promene zakona se tiče davanja prednosti pešacima kako bi se povećala bezbednost i mobilnost pešaka. U daljem tekstu se nalazi analiza kako je na ponašanje pešaka, biciklista i vozača automobila uticala rekonstrukcija i primena novog zakona.

Neke interakcije koje su uočene između vozača automobila i pešaka, i vozača i biciklista su kodirani kao Veoma opasne situacije. To podrazumeva da su ili vozač automobila ili pešak/biciklista ili oboje izvršili manevar izbegavanja kako bi izbegli sudar, ili gde je PET-vrednost bila niska (<1 s.). Ako je postojao kurs sudara između dva korisnika puta definiše se kao konflikt, u suprotnom se definiše kao Veoma opasna situacija.

5. DISKUSIJA

Ovaj istraživački projekat je, sve do danas, imao praktičan pristup sa ciljem da razvije metodu kako bi prikupili podatke o pešacima i biciklistima, sa fokusom na bezbednost dece pešaka. Prikupljeni podaci i, posebno, podaci o kodiranju su iskorišćeni.

U početku su neke hipoteze iznete. Mnoge hipoteze su izjave o rezultatima pre i nakon rekonstrukcije. Stoga, rezultati sa dva pešačka prelaza u Trandared nisu komentarisani u svim hipotezama. Kratak opis hipoteza i rezultata su dati dole u tekstu. Različiti rezultati su

predstavljeni ako variraju između različitih mesta koja su proučavana. Ponekad je dat i kratak komentar.

1. Manji broj Veoma opasnih situacija i konflikata nakon rekonstrukcije i promene Koda. Na mestima Hulta i Sjöbo broj situacija po času posmatranja se smanjio nakon rekonstrukcije. Ovaj broj se takođe smanjio nakon promena Koda u Hulti i Sjöbo, i na dva prelaza u Trandared.

2. Pre rekonstrukcije više dece je čekalo na ivičnjaku da vozila prođu nego nakon. U Hulti i Sjobu deca su češće čekala na ivičnjaku pre rekonstrukcije nego nakon. Pre rekonstrukcije brzine vozila su bile više, a pešake su manje propuštali vozači nakon rekonstrukcije, a pešaci su morali da se zaustavljaju na ivičnjaku. Niže brzine kretanja vozila su omogućile lakše prelaženje ulice između dva uzastopna nailaska vozila, a vozači su propuštali pešake u većem obimu. Pešaci su morali da se zaustavljaju u manjem obimu. Deca pešaci u Sjobu su se češće zaustavljala nego deca u Hulti.

3. Manji broj pokreta glave dece nakon rekonstrukcije. Lakše je bilo deci da se nose sa interakcijom. U mestu Hulta bilo je manje pokreta glave kod dece nakon rekonstrukcije. Međutim, u Sjobu bilo je više pokreta glave kod dece, ali to može biti usled činjenice da su deca češće prelazila ulicu van pešačkog prelaza. Nije jasno kako će korisnici međusobno komunicirati, pa je stoga, veoma bitno da se skenira ulica i drugi korisnici puteva pre nego što pređu ulicu.

4. Tempo dece je promenjen nakon rekonstrukcije kako bi manje pretrčavala preko prve i druge saobraćajne trake. Manje se pretrčavalo preko prve i druge saobraćajne trake na ulici u Hulti i Sjobu. Rama (1998) je izneo da deca koja pretrčavaju preko ulice, posebno drugu ulicu, su pokazatelj nesigurnosti, i manje su pretrčavala ulicu nakon rekonstrukcije, a to je znak da su se deca osećala sigurnije kada su prelazila ulicu. Rezultat u ovoj studiji je taj da su nakon rekonstrukcije samo malobrojna deca pretrčavala ulicu. Rekonstrukcije su smanjile osećaj nesigurnosti kod dece što je pokazalo da je Rama bio u pravu.

5. Tempo pešačenja dece je veći kada dolaze na raskrsnicu nakon rekonstrukcije. Tempo je niži na oba mesta. Tempo dece pre prelaska ulice se nije promenio nakon rekonstrukcije.

6. Više dece gleda preko ramena nakon rekonstrukcije kako bi ugledala vozila koja nadolaze na raskrsnicu sa sporednih puteva, a i lakše je deci da se nose sa interakcijom sa okolinom nakon rekonstrukcije. Nije bilo moguće sa trenutnom metodom da se procene pokreti glave tako precizno.

7. Rekonstrukcija i promena Koda su poboljšali mobilnost više kod dece nego kod drugih pešaka drugih starosnih grupa. Parametar kada vozač daje prednost pešaku opisuju mobilnost. Na mestu Hulta došlo je do povećanja broja vozača koji su propuštali decu na prelazima i on je veći nego kod svih ostalih starosnih grupa, i nakon rekonstrukcije i nakon promene Koda. U Sjobu decu su vozači više propuštali na prelazima nakon rekonstrukcije i promene Koda, ali povećanje nije bilo veće nego kod drugih starosnih grupa. Zapravo, deca i stariji su imali najmanje povećanje u frekvencijama kada su u pitanju vozači koji su ih propuštali.

8. Protok pešaka preko prelaza na glavnom putu se povećao nakon rekonstrukcije. Na oba mesta, i u Hulti i u Sjobu, protok pešaka se povećao nakon rekonstrukcije, međutim protok pešaka je ostao nepromenjen u Sjobu nakon rekonstrukcije. Protok pešaka se povećao nakon rekonstrukcije, međutim protok pešaka je praktično nepromenjen u Sjobu nakon rekonstrukcije. Protok pešaka se povećao za 4% na jednom mestu i 34% na drugom mestu nakon rekonstrukcije. Promene Koda su verovatno imale uticaj na protok pešaka, ali u Trandaredu, gde nije bilo rekonstrukcije, protok pešaka se povećao za 9% na jednom prelazu, a na drugom je opao za 12% tako da nema jasnih dokaza o efektu. Nakon promene Koda nije bilo jasnih promena protoka vozila.

9. Preticanje se javlja na pešačkim prelazima u situacijama pre izmena. Ovo nije bilo moguće nakon rekonstrukcije. Sjobo je jedino mesto na kome je bilo situacija sa preticanjem u prethodnim situacijama, tačnije tri, ili drugim rečima veoma malo. Nakon rekonstrukcija samo jedno preticanje je zabeleženo.

10. Nakon rekonstrukcije brzina vozila je niža nego ranije. Na oba mesta i u Hulti i u Sjobu, brzina vozila je bila niža nakon rekonstrukcija. U Hulti 90 % vozila je smanjilo brzinu za oko 27 km/h ujutru i za 23 km/h poslepodne. U Sjobu 90 % je smanjilo ujutru brzinu za 15 km/h i 20 km/h u poslepodnevnim časovima. U mestu Kalbaksrid 90 % brzina je smanjeno za 5 km/h. Vareli (Varhelyi, 1998) je pokazao da vozači automobila ubrzavaju, odnosno imaju veću brzinu kretanja, kada pešaci imaju nameru da pređu ulicu preko pešačkog prelaza kada bi automobil i pešak imali putanju koja dovodi do nezgode, ako se poredi sa brzinama automobila kada nema pešaka u blizini.

11. Nakon rekonstrukcije više vozača je propuštalo decu i druge pešake. Više vozača automobila je davalo prednost odnosno propuštalo je decu i druge pešake u Hulti i Sjobu.

12. Vozači koji skreću udesno sa sporednog puta pomeraju glavu u desno ranije i češće nakon rekonstrukcije dok je jednostavnije da se proceni saobraćajna situacija sa leve strane zbog nižih brzina kretanja. Nije bilo moguće sa trenutnom metodom utvrditi pokrete glave tako precizno.

13. Vozači automobila koji su vozili pravo su pomerili glavu ranije i češće nakon rekonstrukcije dok je bilo jednostavnije proceniti saobraćaj usled nižih brzina kretanja. Nije bilo moguće sa trenutnom metodom utvrditi pokrete glave tako precizno.

14. Grupi ljudi vozači češće daju prednost na prelazima, odnosno češće propuštaju, nego samo jednoj osobi. Na svim mestima, grupe ljudi su često dobijale prednost u odnosu na automobile nego jedna osoba.

15. Nakon promene Koda više vozača je propuštalo pešake. Rezultat pokazuje da vozači češće propuštaju pešake na svim mestima. Od komentara do hipoteza utvrđeno je da postoje razlike u efektima različitih kontramera koje su implementirane na različitim mestima.

6. ZAKLJUČAK

Podaci prikupljeni i predstavljeni u ovoj temi su sa mesta sa nekim specifičnim tipovima fizičkih mera koje su sprovedene u cilju poboljšanja mobilnosti, sigurnosti i bezbednosti za pešake i bicikliste. Pouzdanost i validnost

metoda je veoma važna tema za istraživanje u budućnosti. Ekspertska anketa se može videti kao prvi pokušaj da se proceni validnost metode. Više podataka treba biti prikupljeno na mestima sa drugim tipovima fizičkih mera, npr. kružnim tokovima i četvorokrakim raskrsnicama. Efekat preostalih pešačkih prelaza ili uklonjenih prelaza prilikom smirivanja saobraćaja na raskrsnicama treba biti detaljnije prostudiran.

Na osnovu rezultata analiza podataka i ekspertskih upitnika postoji razlog da se veruje da metoda za kodiranje ponašanja korisnika puteva može biti još efikasnija u budućnosti. Kodiranje ponašanja korisnika puteva može se koncentrisati na manjem broju parametara. Najvažniji su brzina vozila, pešaka i biciklista, da li su ili nisu pešaci ili biciklisti stali na ivičnjaku, i da li je pešak ili biciklista pogledao na saobraćaj pre nego što je stupio na kolovoz.

7. LITERATURA

Connely, M.L., Conaglen, H.M., Parson, B.S., Isler, R.B. (1998). Child Pedestrians Crossing Gap Thresholds . Accident Analysis and Prevention. Vol. 30, No. 4, pp.443-453.

Hydén, C., (1987). The development of a method for traffic safety evaluation: The Swedish Traffic Conflicts Technique. Bulletin 70. Lund Institute of Technology, Department of Traffic Planning and Engineering.

Knoblauch, R., Pietrucha, M.T., Nitzburg, M. (1996) Field Studies of Pedestrian Walking Speed And Start-Up time. Transportation research Record 1538, Nov 1996, pp.27-38.

MacGregor, C., Smiley, A., Dunk, W. (1999). Identifying Gaps in Child Pedestrian Safety. Comparing What Children Do with What Parents Teach. Transportation research record 1674. Paper no. 99-0724.

Malek, M., Guyer, B., Lescohier, I. (1990). The Epidemiology and Prevention of Child Pedestrian Injury. Accident Analysis and Prevention. 1990 Aug. Vol22 (4):pp.301-313.

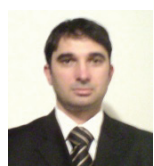
Svensson, Å. (1998). A Method for Analysing the Traffic Process in a Safety Perspective. University of Lund, Department of traffic planning and engineering, Bulletin 166.

Várhelyi, A. (1998). Drivers' Speed Behaviour at a Zebra Crossing: A Case Study. Accident Analysis and Prevention. Vol 30, N06. pp. 731-743.

Kratka biografija:



Ivan Radulović rođen je 1989. godine u Negotinu. Osnovne akademske studije završio je 2012. godine, a master akademske studije 2014. godine na Fakultetu tehničkih nauka. Diplomski-master rad iz oblasti Saobraćaj - Bezbednost saobraćaja odbranio je 2014.



Dragan Jovanović rođen je u Zrenjaninu 1974. godine. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 2005. godine, a od 2011. godine je u zvanju vanredni profesor. Oblast interesovanja je bezbednost saobraćaja.

СТАВОВИ ЈАВНОСТИ О ПРИМЕНИ АУТОМАТСКИХ СИСТЕМА ЗА ПРАЋЕЊЕ ПОНАШАЊА УЧЕСНИКА У САОБРАЋАЈУ**PUBLIC ATTITUDES TOWARDS THE APPLICATION OF AUTOMATED SYSTEMS FOR MONITORING THE BEHAVIOR OF ROAD USERS**

Ђорђе Грлић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област – САОБРАЋАЈ

Кратак садржај – Контрола саобраћаја помоћу сигурносних камера садржи обимну концепцију засновану на информационој технологији и хијерархији поступак управљања опремом и добијеним подацима. У раду је анализирана улога коју сигурносне камере имају у контроли саобраћаја, као и њихов утицај на креирање стратегије безбедности саобраћаја.

Abstract – Traffic control by using security camera contains a comprehensive concept-based information technology and hierarchy management procedures, and equipment to the obtained data. This paper analyzes the role that security cameras are used in traffic control, as well as their influential creating road safety strategy.

Кључне речи: Безбедност саобраћаја, сигурносне камере.

1. УВОД

Све бржи развој науке и технологије доноси велике промене у живот човека. Експлозиван развој човечанства и саобраћаја као његовог неутуђивог дела донео је неконтролисани и штетне последице природи и самом човеку. Човек је „крхко“ биће у чијој природи није кретање великим брзинама и излагање огромним силама.

Истраживање саобраћајних незгода, узрока њиховог настајања, услова, појавних облика, последица и других фактора има превентиван карактер за њихово настајање. Знајући све наведене параметре може се приступити лакшој контроли и повећаној безбедности саобраћаја.

На путевима имамо на хиљаде опасних места које односе животе и само анализом настајања саобраћајних незгода се може аргументовано приступити проблему. Када се ова трагична бројка сведе на минимум, тек тада можемо рећи да смо нешто постигли.

Развој компјутерске и информационе технологије је дубоко зашао у сферу безбедности, тако да се данас ниједна метода контроле саобраћаја не може ни замислити без одговарајућих софтвера.

Важан елемент је анализирати прихватање програма од стране јавности уз јасну ноту доказивања валидности добијених података о овим камерама.

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Драган Јовановић, ванр.проф.

2. УЛОГА И ЗНАЧАЈ СИГУРНОСНИХ КАМЕРА У КОНТРОЛИ САОБРАЋАЈА

Сигурносне камере имају вишеструку улогу у контроли саобраћаја. Наиме, примарна улога јесте безбедније учешће људи у саобраћају, у смислу смањења броја саобраћајних незгода, ублажавања жестине незгода, смањења броја погинулих на путевима и повређених. Сигурносне камере од самог почетка примене, како су показала истраживања, су оствариле значајне резултате. Бележе драстично смањење броја незгода и наставак таквог тренда, затим броја погинулих, као и оних са тешким телесним повредама. Овакво стање доводи до повећања броја лакших телесних повреда и материјалне штете, као природну последицу смањења тешко настрадалих у незгодама.

Примена сигурносних камера утиче на смиривање саобраћајног тока, на поштовање ограничења брзине код учесника, поштовање прописа у саобраћају. Многе студије пријављују друге проценте смањења броја саобраћајних незгода. Стварна ефикасност сигурносних камера зависи од много фактора, као што је почетна брзина кретања, ниво безбедности саобраћаја, врсте и висине подршке јавности сигурносним камерама. Камере се могу поставити на видљивим и невидљивим местима за возаче моторних возила.

Када су камере видљиве, веома мали број учесника у саобраћају крши саобраћајна правила и прекорачује брзину кретања, док на деоницама са скривеним камерама и даље постоји велики број учесника у саобраћају који крше саобраћајна правила. С друге стране, видљивост камера је лоша, јер може довести возаче у искушење да после проласка уочене камере опет повећају брзину кретања возила, када су камере скривене они не долазе у таква искушења јер нису сигурни где се тачно камера налази.

У близини места где су постављене камере, смањење броја саобраћајних незгода се креће у распону од 8 до 49 % за све врсте саобраћајних незгода, а број повређених је смањен у распону од 8 до 50 %. Од укупног броја повређених смањење броја погинулих и тешко повређених лица кретао се у распону од 11 до 44 %. Ефекти у широј области сигурносних камера показали су смањење броја саобраћајних незгода у распону од 9 до 35 %, а у већини студија тај опсег је у распону од 11 до 27 %. Саобраћајне незгоде са погинулим и тешко повређеним лицима смањиле су се у распону од 17 до 58 %, а већина студија су извештавале да је смањење у распону од 30 до 40 %.

Истраживања у Аустралији и Новом Зеланду су показала да су већи ефекти скривених мобилних камера на већој дужини пута него код фиксних сигурносних камера.

Иако основна позиција камере може често да има бољи ефекат на одређеној локацији, скривена сигурносна мобилна камера може да обухвата много већу површину посматрања.

Испитивање које је вршено у Холандији, на експерименталној деоници и упоређивано са сличним деоницама без камера у градовима Gelderland, Utrecht, Noord-Brabant и Overijssel, вршило је испитивање на путевима са дозвољеном брзином кретања од 80 km/h. Испитивање је показало да је просечна брзина на експерименталној деоници пала са 78 на 72 km/h, а стандардна девијација је пала са 10 на 8 km/h, а проценат возача који су прекорачивали дозвољену брзину кретања смањено се са 38 на 11 % на експерименталној деоници пута. Број саобраћајних незгода на експерименталној деоници пута смањено се за 35 %.

3. ИСТРАЖИВАЊЕ ЈАВНОГ МЊЕЊА О СИГУРНОСНИМ КАМЕРАМА У НОВОМ САДУ

У Новом Саду не постоји системски приступ увођења камера за праћење учесника у саобраћају. На територији града не постоји ни једна сигурносна камера која мери брзину кретања возила. У Новом Саду постоје одређене камере на значајним местима у граду, првенствено на прометним раскрсницама, али њихова улога је сасвим другачија.

У циљу истраживања јавног мњења о сигурносним камерама и у циљу откривања ставова возача према сигурносним камерама, спроведено је истраживање. Истраживање је спроведено на територији Новог Сада.

Истраживање је вршено путем анкетирања возача у Новом Саду. Укупно је анкетирано 60 возача.

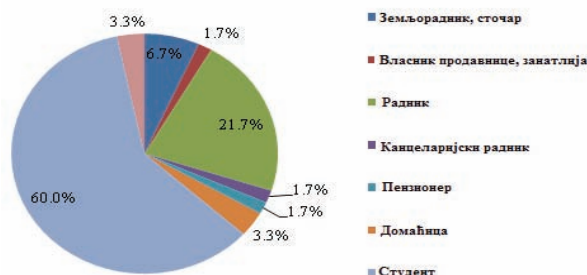
Од укупног броја анкетираних, 81,67 % су мушкарци, док је само 18,33 % анкетираних жена. Већина анкетираних је од старосне доби од 20 до 25 година, укупно њих 46,67 %.

Ако посматрамо појединачно, очекивано је и било да највише има анкетираних возача старости 23, односно 24 године, по 13, јер је предходно наглашено да већина анкетираних возача су студенти (графикон 1.).



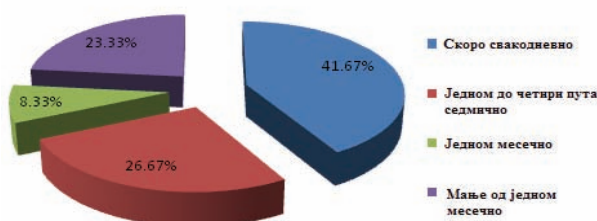
Графикон 1. Старосна структура анкетираних возача

На основу резултата анкетирања, може се видети да већина анкетираних возача су студенти, њих 60 %, следећа група анкетираних према запослености су радници, укупно 21,7 % (графикон 2.).



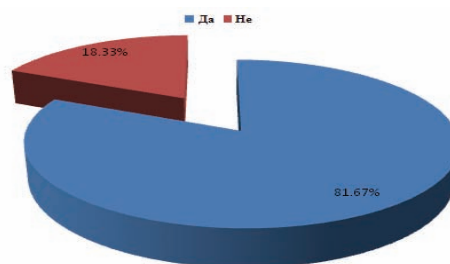
Графикон 2. Структура анкетираних возача према занимању

Анкетирани скоро свакодневно путују аутомобилом као возачи у последњих годину дана, укупно 41,7 %. Затим углавном путују једном до четири пута седмично, њих 26,7 % и мање од једном месечно, укупно њих 23,3 % (графикон 3.).



Графикон 3. Просечно путовање аутомобилом као возач у протеклих 12 месеци

Одговор на питање: „Сигурносним камерама називамо камере за мерење брзине и камере за приказивање пролазака када је на семафору црвено светло да би се уочило возило које крши прописе. Да ли је то оно што Ви подразумевате под сигурносним камерама?“ углавном је био потврдан, јер потврдни одговор је дало 81,7 % анкетираних, графикон 4.

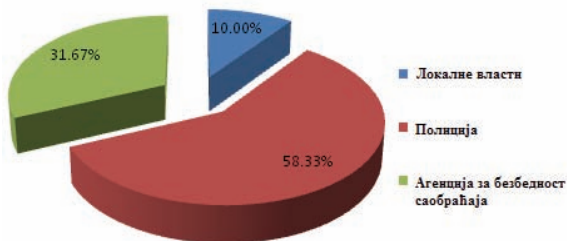


Графикон 4. Одговор на питање: „Сигурносним камерама називамо камере за мерење брзине и камере за приказивање пролазака када је на семафору црвено светло да би се уочило возило које крши прописе. Да ли је то оно што Ви подразумевате под сигурносним камерама?“

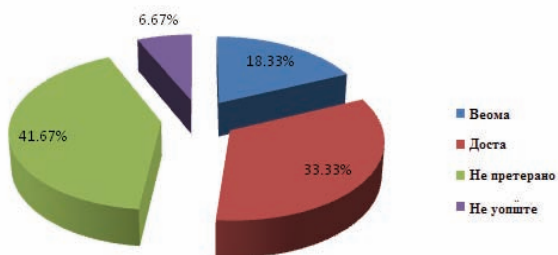
Већина анкетираних мисли да је полиција та која је одговорна за рад сигурносних камера, укупно њих 58,3 % анкетираних. Мора се напоменути да чак 31,67 % анкетираних сматра да је Агенција за безбедност саобраћаја одговорна за рад сигурносних камера (графикон 5.).

Возачи имају подељено мишљење око ефикасности сигурносних камера у смањењу брзине. Највећи део њих, укупно 41,7 % је изјавило да сигурносне камере

по питању смањења брзине нису претерано ефикасне, док 33,3 % њих сматра да камере доста помажу у смањењу брзине саобраћаја (графикон 6.).

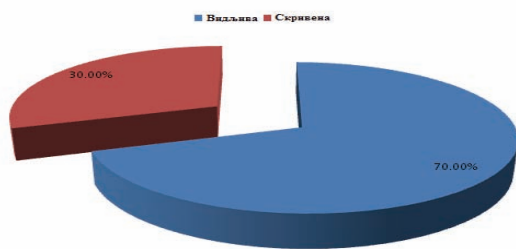


Графикон 5. Одговорност за рад сигурносних камера



Графикон 6. Ефикасност сигурносних камера у смањењу брзине кретања

Са графикона 7. се види да већина анкетираних возача сматра да сигурносне камере треба да буду видљиве и са оваквим ставом се слаже 70 % анкетираних возача.

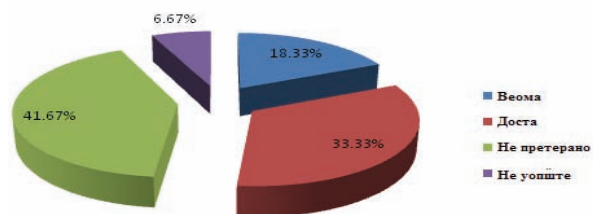


Графикон 7. Резултати анкетираних који сматрају да ли камере треба да буду видљиве или скривене

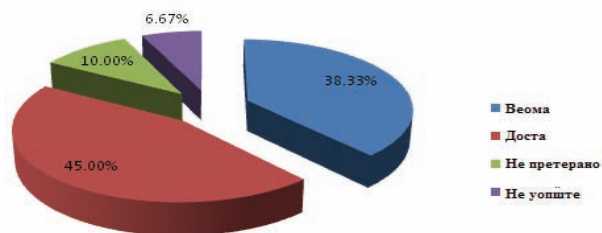
На изјаву: „Мање саобраћајних незгода ће се догодити на путевима где су постављене камере.“, већина је одговорила да се слаже са овом изјавом (60 %). Ако погледамо појединачне одговоре највише је одговорило са „Не претерано“ њих 38,3 % (графикон 8.), затим са одговором „Доста“, укупно 33,3 % и са одговором „Веома“ 26,7 % анкетираних возача.

Од укупног броја анкетираних, чак њих 80,33 % (графикон 9.) се слаже са изјавом: „Примарни циљ сигурносних камера је да се смањи број саобраћајних незгода и спасу животи.“. Ако погледамо појединачне одговоре већина је одговорила са „Доста“, њих 45 %, а са „Веома“ одговорило је 38,3 % анкетираних возача. Анализом одговора на питање колико се испитаници слажу са изјавом: „Опасна вожња ће пре бити санкционисана применом сигурносних камера.“, види се да је већина одговорила са „Веома“, укупно 46,7 % анкетираних возача.

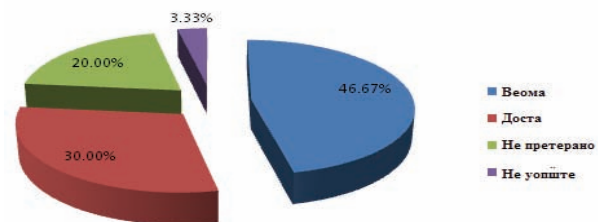
Од укупног броја анкетираних возача, њих 30,0 % је одговорило са „Доста“, а њих 20 %, са „Не претерано“ (графикон 10.).



Графикон 8. Резултати одговора на изјаву: „Мање саобраћајних незгода ће се догодити на путевима где су постављене камере.“

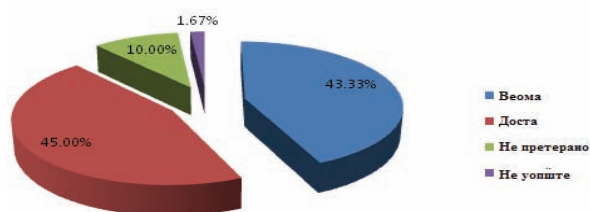


Графикон 9. Резултати одговора на изјаву: „Примарни циљ сигурносних камера је да се смањи број саобраћајних незгода и спасу животи.“



Графикон 10. Резултати одговора на изјаву: „Опасна вожња ће пре бити санкционисана применом сигурносних камера.“

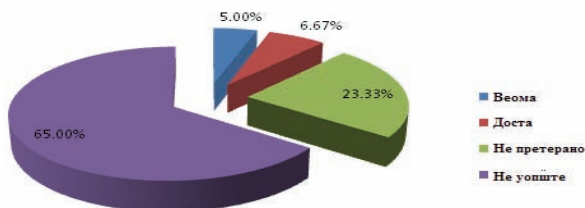
Анализом одговора на питање колико се испитаници слажу са изјавом: „Употреба камера треба да буде подржана као метод за смањење броја саобраћајних незгода.“, може се видети да чак 88,53 % анкетираних возача се слаже са овом изјавом. Ако погледамо појединачне одговоре највише је одговорило са „Доста“ њих 45,0 %, одмах затим са одговором „Веома“ са 43,3 % (графикон 11.).



Графикон 11. Резултати одговора на изјаву: „Употреба камера треба да буде подржана као метод за смањење броја саобраћајних незгода.“

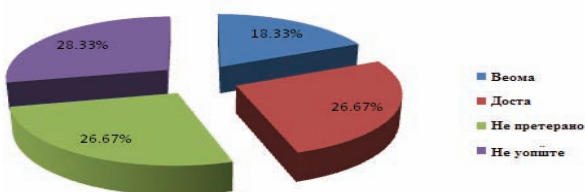
Већина анкетираних возача је изјавило да се не слаже са изјавом да: „Сигурносне камере су непотребне“, укупно њих 88,33 %. Ако посматрамо појединачне

оговоре, анкетирани су највише одговорили са „не уопште“, укупно њих 65 %, а затим са „не претерано“ њих 23,3 % (графикон 12.). Само седам анкетираних се сложило у потпуности или делимично око тога да су сигурносне камере непотребне.

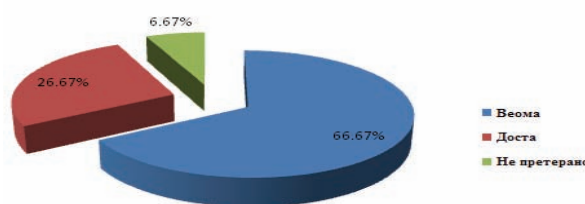


Графикон 12. Резултати одговора на изјаву:
„Сигурносне камере су непотребне“

Одговори на изјаву да: „Сигурносне камере су постављене како би власт зарадила новац.“ су веома уједначени. Највише анкетираних возача је одговорило са „Не уопште“, њих 28,3 %, затим са „Доста“ и „Не претерано“, по 26,7 % (графикон 13.). Ови одговори показују да већина се не слаже са овом изјавом, али да нису баш сигурни и не сматрају да то није примаран циљ наших власти. Већина је свесна да су сигурносне камере ту ради безбедности саобраћаја, али нису сигурни да власт не покушава да искористи сигурносне камере како би зарадила новац.



Графикон 13. Резултати одговора на изјаву:
„Сигурносне камере су постављене како би власт
зарадила новац.“



Графикон 14. Ефикасност сигурносних камера у
смањењу брзине кретања

Одговори на питање које се односило на изјаву: „Возачи ће пре поштовати прописе и неће пролазити на црвено светло на семафору, ако знају да их „гледају“, указују на то да сигурносне камере делују на психу човека и када човек зна да било који прекршај који направи може да се санкционише. Одговори на ово питање указују да већина људи се слаже са датом изјавом, чак њих 93,33 %. Од појединачних одговора, највише је било одговора

„Веома“, њих 66,7 %, затим одговора „Доста“ са 26,7 % (графикон 14.).

4. ЗАКЉУЧАК

Извесно је да сигурносне камере утичу на безбедност у саобраћају, дижући безбедност учесника на виши ниво.

Иако сигурносне камере имају локално дејство, фактор "заstraшивања" има снажан и дугорочан утицај на понашање учесника. Сигурносне камере су битан елемент у креирању саобраћајне културе. Истраживање које је спроведено показује да су људи и даље скептични по питању улоге сигурносних камера код нас, али увођење оваквог начина контроле саобраћаја мења свест возача и позитивно утиче на смањење броја незгода и тежине њених последица. Као што је истраживање и показало већина возача, када зна да у близини постоји сигурносна камера, много опрезније вози и придржава се ограничења брзине.

Велики број анкетираних возача се слаже да сигурносне камере могу бити један од начина да се смањи број саобраћајних незгода и показало се да већина возача примећује сигурносне камере и да су свесни њиховог присуства. Када знају да су сигурносне камере у близини они прилагођавају своју вожњу. Јако је битно да се сигурносне камере позиционирају на правим местима, да што више могу да обухвате и да се постављају искључиво на местима где за то има потребе.

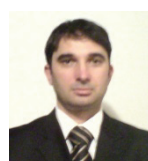
5. ЛИТЕРАТУРА

- [1.] Corbett, C., & Simon, F., The effects of speed cameras: How drivers respond. Department of the Environment, Transport and the Regions, Road Safety Division, 1999.
- [2.] Gains, A., Humble, R., Heydecker, B., & Robertson, S., A cost recovery system for speed and red-light cameras-two year pilot evaluation, 2003.
- [3.] Silcock, D., Smith, K., Knox, D., & Beuret, K., What limits speed? Factors that affect how fast we drive. Interim Report. AA Foundation for Road Safety Research, Hampshire, 1999.
- [4.] Taylor, M. C., Baruya, A., & Kennedy, J. B., The relationship between speed and accidents on rural single-carriageway roads. Victorian Auditor-General's Office based on data from the Australian Bureau of Statistics and the Federal Department of Infrastructure and Transport, 2002.

Кратка биографија:



Ђорђе Грлић рођен је у Новом Саду 1989. год. Дипломски-мастер рад на Факултету техничких наука из области Саобраћај – Друмски саобраћај одбранио је 2014. год.



Драган Јовановић рођен је у Зрењанину 1974. Докторирао је на Факултету техничких наука 2005. год., а од 2011. је у звању ванредни професор. Област интересовања је безбедност саобраћаја.

LOGISTIČKI PROVAJDERI U UPRAVLJANJU OTPADOM**LOGISTICS PROVIDERS IN WASTE MANAGEMENT**

Vladimir Knežević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – SAOBRAĆAJ

Kratak sadržaj – U radu je analiziran logistički *outsorsing* u tokovima otpada u našem okruženju. U tom smislu, istražene su osnovne karakteristike tokova i operatera – nosilaca logističkih usluga u upravljanju otpadom u Republici Srbiji. Na osnovu raspoložive baze podataka o operaterima koji imaju dozvolu za upravljanje otpadom, izvršena je analiza postojećeg stanja u Republici Srbiji. Na osnovu opisa osnovnih karakteristika operatera, utvrđeni su mesto, ulogu i značaj logističkog *outsorsinga* u upravljanju otpadom, kao i specifičnosti koje karakterišu pružanje logističkih usluga u upravljanju otpadom u našem okruženju.

Abstract – In this paper, logistics outsourcing in waste flows in our country is analyzed. Actually, here are explored the basic characteristics of operators – providers of logistics services in waste management in the Republic of Serbia. Based on the available database on licensed operators in waste management, an analysis of the current situation in the Republic of Serbia has been performed. According to the main characteristics of the operators, the position, role and importance of logistics outsourcing in waste management are determined.

Cljučne reči: Logistika otpada, provajderi usluga, logistički *outsorsing*.

1. UVOD

Zbog sve većih količina i štetnosti po okolinu, otpad se smatra jednim od najznačajnijih ekoloških problema savremenog sveta. Civilizacija koja proizvodi sve više otpada nastavlja u istom pravcu i ništa ne ukazuje na skore promene. Ipak, zahvaljujući naučno-tehnološkom napretku i razvoju ekološke svesti, borba protiv otpada postaje mnogo uspešnija, jer počinje da se zasniva na sveobuhvatnom sistemu upravljanja otpadom.

Jedan od osnovnih koncepata koji je doprineo ostvarivanju primarnog cilja preduzeća, to jest maksimizacije profita, je logistika. Sa daljim razvojem lanca snabdevanja i logistike javio se novi koncept nazvan povratna logistika. Povratna logistika predstavlja proces planiranja, implementacije i kontrole efikasnog, isplativog toka sirovog materijala, inventara, gotovih proizvoda i odgovarajućih informacija od tačke njihove potrošnje do tačke njihovog porekla u cilju ponovnog dobijanja vrednosti ili adekvatnog odlaganja. Jedan od bitnih segmenata povratne logistike je logistika u upravljanju otpadom. Upravljanje otpadom uključuje aktivnosti sakupljanja, transporta, skladištenja i tretmana otpada.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila doc. dr Đurdica Stojanović.

Povratni tokovi mogu da se realizuju sredstvima za sopstvene potrebe i spoljnim kapacitetima. Slično kao i u direktnim tokovima, kompanije koje se bave premeštanjem materijala za potrebe drugih kompanija predstavljaju logističke provajdere, a usluge koje pružaju uz nadoknadu spadaju u domen logističkog *outsorsinga*. Logistički *outsorsing* se može definisati kao korišćenje spoljnih kompanija za realizaciju aktivnosti i funkcija koje su tradicionalno obavljali zaposleni preduzeća, koristeći kapacitete za sopstvene potrebe preduzeća.

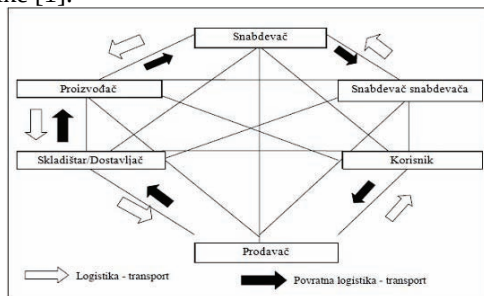
Outsorsing je našao sve veću primenu u relativno novoj oblasti kao što je upravljanje otpadom. Brojna preduzeća svoje poslovne procese koje ne predstavljaju ključne (eng. "core") procese u upravljanju otpada poveravaju svojim izvršiocima (operaterima) usluga izvan matične organizacije kako bi unapredili pokazatelje poslovanja.

2. POVATNA LOGISTIKA I AUTSORSING U LOGISTICI**2.1. Povratna logistika**

Koncept povratne logistike našao je primenu u unapređenju pružanja usluga potrošačima i recikliranju resursa. Prilikom kontrole kvaliteta, neispravne komponente i gotovi proizvodi vraćaju se njihovim proizvođačima kroz sisteme povratne logistike. Danas je došlo do ubrzanog razvoja povratne logistike u cilju povećanja konkurentnosti industrija, unapređenja nivoa pružanja usluga potrošačima i reciklaže materijala koji se mogu koristiti više puta. Na taj način, porast značaja povratne logistike stvara jedno novo tržište u logističkoj industriji [1].

Povratna logistika se može definisati kao: „proces planiranja, implementacije i kontrole efikasnog, isplativog toka sirovog materijala, inventara, gotovih proizvoda i odgovarajućih informacija od tačke njihove potrošnje do tačke njihovog porekla u cilju ponovnog dobijanja vrednosti ili adekvatnog odlaganja” [1]. Na Slici 1 prikazana je struktura logističkih sistema, koja se sastoji od klasične logistike, povratne logistike i protoka informacija. Crnim strelicama je prikazan tok povratne logistike, koja ima suprotan smer u odnosu na klasičnu logistiku, čiji je smer prikazan belim strelicama. Protok informacija isprepleten je između raznih učesnika u procesu u okviru sistema. Svaki učesnik u procesu može direktno da komunicira sa ostalima u cilju postizanja maksimalne profitabilnosti. Povratna logistika će dobiti različite oblike i stepen primene u budućnosti zbog svoje efikasnosti i prednosti koje ima u zaštiti životne sredine. Dva osnovna razloga za brzi razvoj povratne logistike su globalizacija tržišta i politika u odnosu na zaštitu životne sredine. Uspešna povratna logistika može pomoći da se poveća nivo usluge i da se smanje troškovi proizvodnje. Sve više kompanija nastoji da izgradi sistem povratne logistike. Međutim, ovaj sistem zahteva profesionalno

znanje u domenu logističkog menadžmenta i zahteva specijalne objekte. Stoga se osnivaju i razvijaju specijalističke logističke kompanije koje omogućavaju da male i srednje kompanije imaju svoj sistem povratne logistike [1].



Slika 1. Struktura (korisnici) lanca isporuka [1]

2.2. Outsorsing u logistici

Autsorsing se može definisati kao strateško korišćenje spoljnih kompanija za realizaciju funkcija koje je tradicionalno obavljali interni kadrovi koristeći interne resurse. Predstavlja proces kupovine logističkih usluga od specijalizovanih kompanija, odnosno nekih spoljnih izvora, kao što i sama kovanica na engleskom jeziku kaže (*out + source* - koji se nalaze izvan kompanije koja kupuje usluge) [2].

Ako kompanija obavlja svoje logističke aktivnosti jeftinije nego kada bi angažovala nekog za izvršavanje istih, te aktivnosti treba da ostanu u okviru same kompanije i tada je to označeno pojmom *insorsing*. To znači da kompanija poseduje transportna sredstva, skladišta, opremu za rukovanje materijalima i ostale resurse potrebne za odvijanje logističkih aktivnosti za sopstvene potrebe. Međutim, ako se kompaniji više isplati da iznajmi nekog za obavljanje logističkih aktivnosti, treba da se odluči za *outsorsing*. To, u stvari, predstavlja proces kupovine logističkih usluga od specijalizovanih kompanija, odnosno nekih spoljnih izvora.

Te specijalizovane logističke kompanije za pružanje logističkih usluga zovu se logistički provajderi. *Logistički provajderi* su kompanije, koje su u mogućnosti da realizuju sve logističke zahteve korisnika i pruže kompletnu logističku uslugu [2].

2.3. Osnovne karakteristike logističkih provajdera u povratnim tokovima

Subjekti koji učestvuju u tokovima otpada se razlikuju od subjekata u povratnim tokovima proširenih lanaca snabdevanja. Svaki učesnik u povratnom lancu ima različite ciljeve u okviru svoje uloge u lancu i često se dešava da se ispoljava sukob interesa između njih. Veoma je bitna koordinacija između učesnika u povratnom lancu, odnosno pouzdan protok informacija radi njegovog uspešnog funkcionisanja. Od velike važnosti je i to da kompanije koje se bave povratnim tokovima nastoje da implementiraju što efikasnije ove procese u cilju poboljšanja sopstvenog funkcionisanja [3].

Postoje tri osnovna koncepta vezana za razvoj funkcije povratne logistike: ne radi se ništa, razvijanje interne povratne logistike, ili angažovanje provajdera i razvoj saradnje sa njim. Mnoge maloprodaje angažuju provajdera za primenu programa povratne logistike napravljenih da održe vrednost proizvoda tako što će

vratiti proizvod nazad u što kraćem roku i po najnižoj ceni, tako da proizvodi mogu brzo da budu ponovo distribuirani i tako zadovolje potrebe korisnika.

3. ANGAŽOVANJE TREĆIH LICA U TOKOVIMA OTPADA

Danas se funkcionisanje savremenih kompanija gotovo ne može zamisliti bez novog načina poslovanja, koje podrazumeva uključivanje provajdera koji pružaju nove mogućnosti na tržištu. Zakonski okviri, konkurencija i potreba da se postigne poslovni uspeh motivisali su preduzeća da angažuju provajdere logističkih usluga u tokovima otpada da im izvrši posao sakupljanja, transporta ili skladištenja na efikasan način jer te kompanije nisu specijalizovane za date poslove.

Savremeni, integralni sistem upravljanja otpadom podrazumeva šest funkcionalnih elemenata: nastajanje otpada, privremeno odlaganje, sakupljanje, transfer i transport, preradu i korišćenje i konačno odlaganje. U okviru njih se mogu identifikovati logistički procesi sakupljanja, transporta, pretovara i skladištenja otpada. Stoga je logistika od vitalnog značaja za uspešno funkcionisanje sistema upravljanja otpadom, a realizacija efikasnog integralnog sistema upravljanja otpadom je nemoguća bez integralnog logističkog pristupa. Logistički provajderi, kao specijalizovani nosioci logističkih usluga, stalno moraju da unapređuju svoje logističke usluge i zauzimaju sve veće učešće na tržištu upravljanja otpadom, a njihove aktivnosti treba da se posmatraju u okviru ukupne logističke strategije upravljanja otpadom. Oni zauzimaju sve veći značaj u upravljanju otpadom, jer upravo u ovo današnje vreme efikasnost i efektivnost upravljanja otpadom u celini dosta zavisi od njih.

Neke oblasti na koje provajderi u tokovima otpada treba da usmere pažnju [4]:

- ✓ treba da imaju ponudu osnovnih usluga (sakupljanje, pakovanje, transport, skladištenje, itd.) i odgovarajuću tehničko-organizacionu bazu,
- ✓ da budu orijentisani na određene privredne grane i oblasti,
- ✓ da imaju geografsku pokrivenost i uspostavljanje poslovne infrastrukture,
- ✓ potrebno je da raspolažu savremenim tehnologijama koje se vrlo lako mogu integrisati u korisnikov privredni i poslovni sistem.

4. KARAKTERISTIKE OPERATERA ZA UPRAVLJANJE OTPADOM U REPUBLICI SRBIJI

U Srbiji je još uvek zastupljen tradicionalan način upravljanja otpadom, koga karakteriše nizak nivo selekcije, sortiranja i kontrole otpada na izvoru i veoma mali procenat njegovog recikliranja. Da bi Srbija napredovala, mora da primeni modele savremenog logističkog sistema koji su primenjeni u državama Evropske Unije.

U današnje vreme, da bi se upravljalo otpadom, mora da se dobije dozvola za sakupljanje, transport, skladištenje i tretman otpada od nadležnih institucija. Jedan od indikatora poboljšanja stanja upravljanja otpadom u poslednjih nekoliko godina u Republici Srbiji, i sve veće

zainteresovanosti preduzeća za obavljanje logističkih procesa, je činjenica da nadležni organi izdaju sve više dozvola za sakupljanje, transport i skladištenje otpada.

U ovom poglavlju prikazani su rezultati istraživanja o karakteristikama operatera koji su dobili dozvolu za upravljanje otpadom.

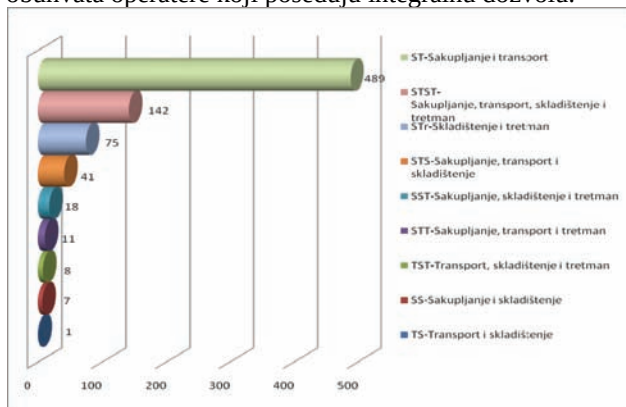
U cilju utvrđivanja karakteristika operatera za upravljanje otpadom, korišćena je javna baza podataka o operaterima koji su dobili dozvole za upravljanje otpadom u periodu od 2010. do kraja 2012. godine u Republici Srbiji.

4.1. Struktura operatera u tokovima otpada u Republici Srbiji

Operateri koji učestvuju u upravljanju otpadom mogu da budu samo preduzeća koja su ovlašćena za upravljanje otpadom. Oni moraju da poseduju dozvolu za sakupljanje, transport, skladištenje i tretman. Dozvolom se utvrđuju obavezne mere postupanja prilikom sakupljanja, transporta, skladištenja i tretmana otpada.

Stanje upravljanja otpadom u Republici Srbiji nije na zavidnom nivou. O otpadu koji se generiše u Republici Srbiji ne postoje precizni i tačni podaci, ali postoje podaci o operaterima koji vrše sakupljanje, transport, skladištenje i tretman otpada i podaci o broju izdatih dozvola po godinama. Broj dozvola koji je izdat 2011. godine znatno je veći u odnosu na 2010. godinu, a 2012. godine opada broj izdatih dozvola u našoj zemlji.

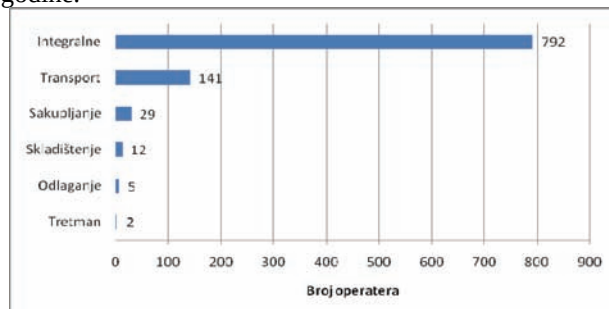
Na Grafikonu 1 predstavljen je broj operatera koji vrši kompletnu uslugu odnosno sakupljanje, transport, skladištenje i tretman, kao i broj operatera koji vrši dve ili tri funkcije u okviru upravljanja otpadom od ukupnog broja operatera koji su dobili dozvolu u periodu od 2010. do kraja 2012. godine. Ova analiza baze podataka obuhvata operatere koji poseduju integralnu dozvolu.



Grafikon 1. Broj i struktura operatera koji poseduju integralnu dozvolu (2010 - 2012. godine)

Na osnovu analize dostupne baze podataka o izdatim integralnim dozvolama, može se zaključiti da najveći broj operatera poseduje dozvolu za sakupljanje i transport. Mnogo je više operatera koji vrše sakupljanje i transport u odnosu na operatere koji vrše kompletnu uslugu, odnosno sakupljanje, transport, skladištenje i tretman. Može se zaključiti da su mala i srednja preduzeća prepoznala da je bolje da vrše jednu ili dve aktivnosti, jer je mnogo efikasnije da budu usko specijalizovana. Istovremeno, danas sve više i više pojavljuju i preduzeća koja će da outsorsuju posao za koji matična kompanija nije specijalizovana. Na taj način podiže se efikasnost i produktivnost preduzeća. Na sledećem Grafikonu 2 prikazani su operateri koji poseduju integralne dozvole i

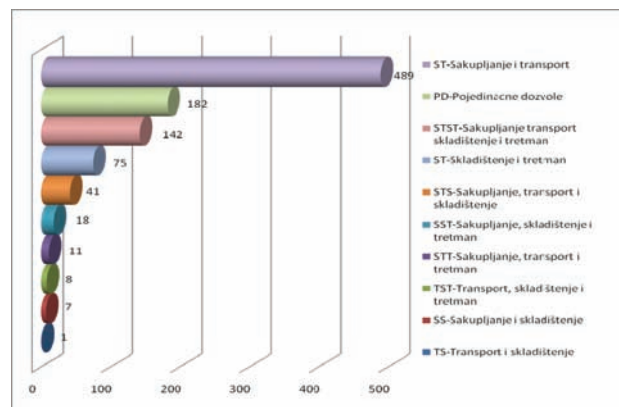
operateri koji su dobili dozvole samo za jednu funkciju u upravljanju otpadom, odnosno samo dozvolu za transport (141), sakupljanje (29), skladištenje (12), odlaganje (5) i tretman (2) u periodu od 2010. godine do kraja 2012. godine.



Grafikon 2. Broj operatera koji poseduju pojedinačne i integralne dozvole (2010 - 2012. godine)

4.2. Odnos insorsinga i autsorsinga

U ovom delu analiziran je broj preduzeća koja za sopstvene potrebe (tretmana) vrše i logističke aktivnosti, preduzeća koja poseduju pojedinačnu dozvolu (sakupljanje, transport i skladištenje) i broj preduzeća koja poseduju integralnu dozvolu sa dve ili tri logističke aktivnosti. Osnovni rezultat prikazan je na Grafikonu 3.



Grafikon 3. Prikaz broja operatera koji poseduju pojedinačnu dozvolu i operatera koji poseduju integralnu dozvolu (od 2010 - 2012. godine)

Na osnovu Garfikona 3 može se zaključiti da preduzeća koja vrše tretman obavljaju jednu, dve ili tri logističke operacije (sakupljanje, transport i skladištenje) u okviru kompanije. Broj pojedinačnih dozvola i integralnih dozvola sa dve ili tri logističke aktivnosti u odnosu na integralne dozvole (tretman i neka logistička aktivnost) nam govori da u Srbiji preovlađuje autsorsing u odnosu na insorsing.

Na Grafikonu 3 može se videti da postoji 254 operatera koji vrše tretman i neku logističku aktivnost, a 720 operatera poseduje pojedinačnu i integralnu dozvolu sa dve ili tri logističke aktivnosti. To znači da ima mnogo manje preduzeća koja vrše tretman i tretman i neku logističku aktivnost, u odnosu na broj logističkih provajdera. Ovaj grafikon nam prikazuje i to da postoji mali broj operatera koji pružaju integrisanu logističku uslugu sakupljanja, transporta i skladištenja (41 operater). Može se zaključiti da je ovo početak prelaza od 2PL ka višim nivoima, još uvek je većim delom 2PL zastupljen u Srbiji.

5. KRITIČKA ANALIZA

5.1. Analiza stanja i utvrđeni problemi prilikom istraživanja

Logistički outsorsing u Srbiji nalazi sve veću primenu u ovoj relativno novoj oblasti kao što je upravljanje otpadom. Brojna preduzeća svoje poslovne procese koje ne predstavljaju ključne (eng. "core") procese u upravljanju otpada poveravaju svojim izvršiocima usluga izvan matične organizacije.

Analizom je utvrđeno da je broj dozvola koji je izdat 2011. godine znatno veći u odnosu na 2010. godinu što nam pokazuje da se javila velika zainteresovanost za relativno novu oblast za upravljanje otpadom u našoj zemlji. U toku 2012. godine opada broj operatera u našoj zemlji. Jedan, mada verovatno ne i jedini razlog je taj, da dolazi do određenih promena u proceduri izdavanja dozvola. Tačnije, dolazi do ukidanja Ministarstva životne sredine i prostornog planiranja i ono se pripaja Ministarstvu energetike, razvoja i zaštite životne sredine. To dovodi do izvesnog zastoja u izdavanju dozvola za upravljanje otpadom, što je sigurno uticalo na opadanje broja operatera koji su dobili dozvolu u tom periodu.

O otpadu koji se generiše u Republici Srbiji ne postoje precizni i tačni podaci. Pouzdani podaci o količinama neopasnog i opasnog otpada ne postoje, zna se samo da postoje nasleđene količine opasnog otpada zbog nedostatka brige o otpadu u prethodnom periodu. Međutim, izvesno je da sadašnji način života, povezan sa velikom međunarodnom razmenom dobara i tehnološkim razvojem, neminovno nameće ubrzano generisanje opasnog otpada, pogotovo električnog i elektronskog.

5.2. Predlog mera

Ovim radom obuhvaćen je jedan period analize raspoložive baze podataka operatera koji su dobili dozvolu za upravljanje otpadom. Predlaže se nastavak istraživanja i analize u budućnosti. Na osnovu prethodnog izučavanja i čitanjem literature predlažu se neka rešenja za problemske tačke prilikom upravljanja otpadom:

1. sistemsko i kontinualno planiranje rada državnih institucija i administrativnih procedura vezanih za izdavanje dozvola i rad operatera u upravljanju otpadom i
2. formiranje sveobuhvatne baze podataka o količinama otpada, posebno opasnog otpada.

6. ZAKLJUČAK

U ovom radu je prikazano istraživanje o operaterima koji su dobili dozvolu za upravljanje otpadom po godinama, prema vrsti dozvole i otpada koji sakupljaju, transportuju, skladište i vrše tretman, kao i njihovoj lokaciji.

Analizom raspoložive baze podataka operatera integralnih i pojedinačnih dozvola (provajdera logističkih usluga) utvrđeno je koliko su logističke funkcije bitne za uspešno funkcionisanje upravljanja otpadom. Njih realizuju kako operateri za sopstvene potrebe, tako i preduzeća kojima je logistika osnovna delatnost. Dobijeni rezultati istraživanja pokazuju da najveći broj operatera poseduje integralnu dozvolu i da veliki broj operatera u okviru integralnih dozvola poseduje dozvolu za sakupljanje i transport, što nam daje realnu sliku uloge logističkog sistema u okviru upravljanja otpadom. Samim tim, njima treba da se da odgovarajući značaj u efikasnom planiranju i upravljanju otpadom.

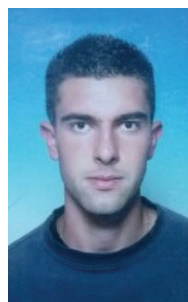
Logistički outsorsing, na osnovu analize raspoložive baze podataka, zauzima vodeću ulogu u upravljanju otpadom. Broj pojedinačnih dozvola i integralnih dozvola sa dve ili tri logističke aktivnosti u odnosu na integralne dozvole tretman i neka logistička aktivnost nam govori da u Srbiji preovlađuje outsorsing u odnosu na insorsing. Tako u upravljanju otpada provajderi logističkih usluga najčešće poseduju dozvolu za obavljanje sledećih usluga: sakupljanje, transport i skladištenje.

U odnosu na broj kompanija koje vrše tretman i tretman i neku logističku aktivnost, utvrđeno je da postoji značajan broj provajdera logističkih usluga u Srbiji.

7. LITERATURA

- [1] Taylor, P., Michael A., Wen Long, Y., i Yung-yu, T., „The Role of Transportation in Logistics Chain, Uloga transporta u logističkom lancu”, 2005.
- [2] Knežević, V., „Karakteristike davalaca (provajdera) logističkih usluga” Bečelorski diplomski rad, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2011.
- [3] Bajić, D., „Pravni i strateški okviri oblikovanja logističkih procesa u tokovima otpada u Republici Srbiji”, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2013.
- [4] Bulatović, M., „Logistika”, Inženjerska komora Crne Gore, Podgorica, 2013.

Kratka biografija:



Vladimir Knežević rođen je u Loznicima 1988. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Saobraćaj – Saobraćaj i transport odbranio je 2014. god.

**EFIKASNOST ADSORBENASA ZA UKLANJANJE JONA METALA
IZ RAZVIJAČA ZA OFSET ŠTAMPARSKJE FORME****EFFICIENCY OF ADSORBENTS FOR REMOVAL METAL IONS
FROM DEVELOPER FOR OFFSET PRINTING FORMS**Igor Bačkalić, Jelena Kiurski, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN**

Kratak sadržaj – U radu su za uklanjanje metalnih jona iz otpadnog razvijача za ofset štamparske forme procesom adsorpcije korišćeni različiti adsorbensi: aktivni ugalj, prirodni zeolit, smeša aktivnog uglja i prirodnog zeolita, bentonit i pečena glina. Dobijeni rezultati su obrađivani primenom statističke metode, t test, u cilju utvrđivanja maksimalne efikasnosti adsorbenasa.

Abstract – In this paper, the different adsorbents were used for metal ions removal from waste printing developer: activated carbon, natural zeolite, mixture of activated carbon and zeolite, bentonite and fired clay. In order to determine the maximum adsorbent efficiency the obtained results were analyzed by a statistical method, t-test.

Ključne reči: adsorpcija, ofset štampa, razvijач, adsorpciona efikasnost

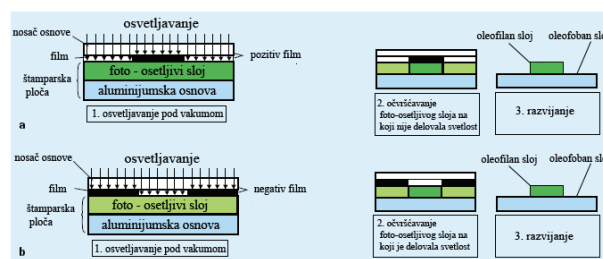
1. UVOD

Grafička industrija obuhvata širok spektar tehnologija koje predstavljaju potencijalne izvore zagađenja sa obzirom na to da koriste čvrste materijale i hemikalije sa toksičnim dejstvom, kao i da proizvode otpad. Zbog toga je grafička industrija pri vrhu industrijskih zagađivača prema količini zagađujućih materija emitovanih u ekosistem.

Danas se najzastupljenijim postupkom ofset štampe može proizvesti cela paleta štampanih proizvoda visokog kvaliteta. Ofset štampa je najznačajniji postupak ravne štampe i pokriva 85% štamparske delatnosti u celom svetu, pa je samim tim i najštetnija po okolinu najviše zbog pristupstva boja i rastvarača koji sadrže štetne supstance.

U procesu pripreme ofset ploče za štampu koristi se razvijач. Naime, dejstvom ofset razvijача se uklanjaju neočvršli elementi (štampani ili neštampani, zavisno od vrste osvetljavanja) sa štamparske forme pod uticajem sledećih parametara: temperature, koncentracije razvijача, vremena trajanja proizvodnje i hidro-dinamičkih faktora. Nakon razvijanja otpadni razvijач sadrži osnovne komponente (silikate, karbonate i sulfite natrijuma, silikate, bromide i hidrokside kalijuma, D-sorbitol, metol i hidrohlinom), ali i komponente sa površine tretirane ofset štamparske forme tokom procesa razvijanja koje prelaze u ofset razvijач (fotosenzitivna jedinjenja, polimerna

veziva, teški metali, novolak i drugi). Tretiranje otpadnog ofset razvijача je neophodno pre odlaganja u životnu sredinu.



Slika 1. Razvijanje ofset ploča:

a) pozitivno razvijanje, b) negativno razvijanje [1]

Zbog toga su otpadne vode zagađene neorganskim i organskim zagađujućim materijama prisutne i u štamparskoj industriji. Međutim, u Srbiji postoji veliki nedostatak adekvatnih postrojenja za preradu otpadnih voda iz pogona štamparija. Neprerađene otpadne vode se direktno ispuštaju u kanalizaciju, preteći da ugroze kvalitet pijaće vode zbog potencijalnog povećanja koncentracije toksičnih metala i organskih polutanata.

Cilj ovog rada je da se utvrdi statistička značajnost primene različitih adsorbenasa za uklanjanje metalnih jona iz otpadnog razvijача i oceni adsorpciona efikasnost u procesu prečišćavanja otpadnog razvijача za ofset štamparske forme. Da bi se definisani cilj rada realizovao postavljena je sledeća hipoteza istraživanja: Moguće je da postoji statistički značajna razlika među različitim adsorbensima u postupku prečišćavanja otpadnog razvijача i uklanjanju metalnih jona.

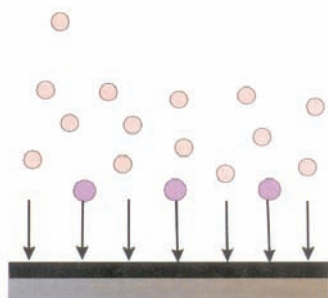
1.1. Adsorbensi

Adsorbens je porozna supstanca u formi praha, cevi ili monolita sa velikom specifičnom površinom, po sastavu homogena i veličine zrna od 8 µm do 1,2 µm. Imaju veliku otpornost na abraziju, visoku termičku stabilnost i mali prečnik mikropora, jer kapacitet adsorbensa zavisi od veličine njegove površine. To je materija jako razvijene površine sa velikom sposobnošću da adsorbuje molekule gasa ili molekule rastvorene supstance.

Osnova adsorpcije leži u energiji površine materijala. U većini materijala, svi atomi i molekuli imaju određene veze (jonske, kovalentne ili metalne prirode) sa drugim atomima i molekulama. Izuzetak predstavljaju atomi koji se nalaze na površini materijala, jer nisu potpuno okruženi sa drugim atomima. Iz tog razloga, ti atomi imaju afinitet (veći ili manji) da formiraju veze sa nekim drugim atomom koji se nađe u blizini (slika 2).

NAPOMENA:

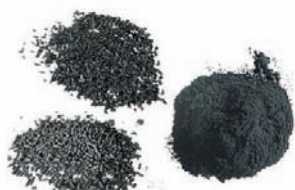
Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Jelena Kiurski, red.prof.



Slika 2. Početak adsorpcije na površini čvrstog tela [2]

Za uklanjanje metalnih jona iz ofset razvijača u grafičkoj industriji mogu da se koriste adsorbensi kao što su: aktivni ugalj, zeoliti, bentonit i glina.

Aktivni ugalj se intenzivno koristi za uklanjanje mirisa, obojenja, neprijatnog ukusa i raznih neorganskih i organskih nečistoća prisutnih u vodama namenjenim domaćinstvima ili industrijskoj upotrebi (slika 3). Takođe, značajna je njegova primena za prečišćavanje vazduha u objektima gde se proizvodi hrana, u hemijskoj industriji, pri uklanjanju boja iz sirupa i farmaceutskih proizvoda, u kontroli zagađenja vazduha u naseljenim i industrijskim zonama, u hidrometalurgiji, za regeneraciju zlata, srebra i drugih metala koji su korišćeni kao katalizatori ili nosači katalizatora i slično [3].



Slika 3. Aktivni ugalj

Zeoliti su kao adsorbensi veoma dragoceni zbog svojih izuzetnih osobina bitnih za fenomene adsorpcije, a to je pre svega mikroporozna kristalna struktura sa veoma razvijenom unutrašnjom površinom koju čine pravilno sređeni kanali i šupljine različitih veličina, koji omogućuju preciznu separaciju i diskriminaciju molekula (slika 4). Zahvaljujući svojim polifunkcionalnim svojstvima zeoliti danas nalaze značajnu primenu, pored efikasnih katalizatora za niz industrijskih procesa, i u ekologiji i farmaciji [4].

Klinoptilolit, kao najčešći prirodni zeolit, odlikuje visok kapacitet adsorpcije i selektivnosti, što proizilazi iz njegove poroznosti.



Slika 4. Zeolit

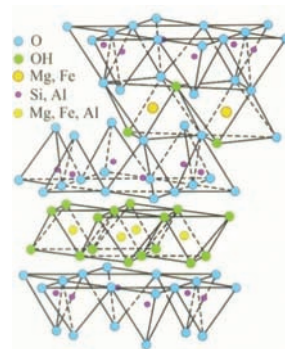
Bentoniti (slika 5) su gline koje sadrže više od 60% minerala montmorilonita. Bentoniti imaju izvredna koloidna svojstva i raznovrsnu primenu, koja je posledica njegovih osobina. Pripadaju grupi prirodnih slojevitih

alumosilikata koji zahvaljujući svojim adsorpcionim svojstvima imaju široku primenu u industrijskim procesima prečišćavanja vode, uklanjanju štetnih i opasnih materija, kao i skladištenju radioaktivnog otpada [5].



Slika 5. Bentonit

Glineni minerali se ubrajaju u grupu filosilikata i imaju slojevitú strukturu. Osnovne gradivne jedinice filosilikata su silikatni tetraedri $[\text{SiO}_4]^{4-}$ i oktaedri AlOOH ili MgOOH , koji se međusobno slažu na nekoliko načina, tako da su razmaci periodičnog ponavljanja slojeva u smeru z-ose karakteristični za svaku grupu glinenih minerala (na primer struktura montmorilonita, slika 6).



Slika 6. Struktura montmorilonita

Tetraedri i oktaedri su međusobno kovalentno povezani dajući alumosilikatne slojeve. Ovi slojevi se međusobno povezuju jonskim vezama preko vodonikovih ili metalnih katjona [6].

1.2. Metode uklanjanja metalnih jona iz otpadnog ofset razvijača

U grafičkoj industriji otpad se generiše iz tri osnovne faze tehnološkog procesa: pripreme za štampu, štampe i završne grafičke obrade.

Proces pripreme za ofset štampu obuhvata složene operacije koje uključuju upotrebu mnogih toksičnih i opasnih materija među kojima je i razvijač ofset štamparskih formi.

Za uklanjanje jona teških metala iz otpadnih voda je dostupno više metoda, kao što su taloženje, flotacija, jonska izmena, ekstrakcija rastvarača, adsorpcija i elektrolitičke metode. Od svih navedenih metoda za uklanjanje teških metala iz otpadnog ofset razvijača adsorpcija na jeftinim adsorbensima je jedna od najpopularnijih i trenutno najefikasnijih i ekonomski najisplativijih metoda za prečišćavanje tečnog otpada. Adsorpciona sposobnost određenog broja jeftinih adsorbenasa (zeolit, glina, aktivni ugalj, mulj, poljoprivredni otpad i biomasa) je utvrđena za uklanjanje teških metala iz otpadnih voda [7].

Istraživanja sprovedena u protekle dve decenije su bila usmerena na korišćenje jeftinih adsorbenasa, poput

prirodnog zeolita i aktivnog uglja, za uklanjanje teških metala [8].

2. EKSPERIMENTALNI DEO

Uzorak otpadnog razvijača za razvijanje štamparskih formi je uzet iz jedne ofset štamparije na teritoriji Novog Sada.

Aktivni ugalj (AC), prirodni zeolit - klinoptilolit (NZ), smeša aktivnog uglja i prirodnog zeolita (AC+NZ), bentonit (B) i pečena glina (C) su izabrani kao adsorbensi za adsorpcioni proces.

Adsorpcioni eksperiment je izveden u laboratorijskim uslovima mućkanjem 0,04 - 0,24 g svakog adsorbensa sa 25 ml otpadnog razvijača pri brzini mućkanja od 160 o/min i tokom 75-90 minuta. Nakon mućkanja rastvori su centrifugirani 10 minuta na 3000 o/min i filtrirani kroz kvantitativni filter papir.

Koncentracije Zn(II) jona su određene u zakišljenom filtratu sa koncentrovanom azotnom kiselinom metodom indukovan kuplovane plazme sa masenom spektrometrijom (ICP-MS) pomoću PerkinElmer Elan 5000 masenog spektrometra.

Adsorpcione efikasnosti korišćenih adsorbenasa za adsorpciju Zn(II) jona su izračunate na osnovu jednačine (1):

$$E = \frac{100(C_0 - C_e)}{C_0} \quad (1)$$

gde je:

E adsorpciona efikasnost (%),

C_0 početna koncentracija jona (mg l^{-1}) i

C_e ravnotežna koncentracija jona (mg l^{-1}).

Dobijeni eksperimentalni rezultati su podvrgnuti t testu za nezavisne male uzorke, koji predstavlja najjednostavniji i najčešće upotrebljavan parametrijski test značajnosti za testiranje nulte hipoteze.

Da bi se testirala hipoteza istraživanja potrebno je sprovesti sledeću proceduru [9]:

- formulisati nultu i alternativnu hipotezu,
- odrediti nivo značajnosti (α -nivo),
- odabrati odgovarajući test (t test),
- izračunati empirijsku vrednost testa (statistika testa) na osnovu primenjene formule,
- odrediti teorijsku vrednost testa (oblast odbacivanja), tj. granične vrednosti,
- doneti statističke zaključke.

Ovom metodom se izračunava razlika aritmetičkih sredina dve nezavisne grupe uzoraka, na osnovu koje je moguće utvrditi da li se aritmetičke sredine za dve nezavisne grupe uzoraka značajnije međusobno razlikuju. Za izračunavanje razlike aritmetičkih sredina malih nezavisnih uzoraka primenjuje se jednačina (2):

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\left(\frac{(n_1 - 1)s_d^2 + (n_2 - 1)s_d^2}{n_1 + n_2 - 2} \right) \cdot \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}} \quad (2)$$

gde je:

n_1 veličina prve grupe uzoraka,

n_2 veličina druge grupe uzoraka,

$n_1 + n_2 - 2$ broj stepeni slobode posmatranog skupa uzoraka,

$\bar{x}_1$ aritmetička sredina prve grupe uzoraka,

$\bar{x}_2$ aritmetička sredina druge grupe uzoraka,

s_d^2 varijansa populacije prve grupe uzoraka,

s_d^2 varijansa populacije druge grupe uzoraka.

3. REZULTATI I DISKUSIJA

Adsorpciona efikasnost Zn(II) jona raste sa porastom mase adsorbensa, tabela 1. Razlog tome je porast negativnog naelektrisanja površine, kao i pad elektrostatičkog potencijala u blizini čvrste površine koja favorizuje interakcije adsorbat-adsorbens.

Tabela 1. Adsorpciona efikasnost uklanjanja Zn(II) jona

?	Adsorpciona efikasnost (%)				
	Adsorbent				
	AC	NZ	AC+NZ	B	C
1	47,7	42,1	26,1	85,2	87,1
2	59,2	51,7	39,4	87,2	88,1
3	64,0	56,2	43,8	88,2	88,6
4	68,3	60,2	49,0	89,0	89,1
5	71,0	62,3	54,3	89,4	89,8
6	73,6	63,2	55,6	89,8	90,6

Adsorbensi, aktivni ugalj, prirodni zeolit, smeša aktivnog uglja i prirodnog zeolita, bentonit i pečena glina, su postigli maksimalnu efikasnost adsorpcije Zn(II) jona u rasponu od 55,6 do 90,6%. Poređenje vrednosti adsorpcione efikasnosti ukazuje da se upotrebom pečene gline u procesu uklanjanja Zn(II) jona iz otpadnog razvijača za ofset štamparske forme postiže najveća adsorpciona efikasnost od 90,6%, tabela 1.

Dobijene vrednosti adsorpcione efikasnosti su podvrgnute t testu za nezavisne male uzorke da bi se ispitala značajnost razlike po adsorpcionoj efikasnosti korišćenih adsorbenasa. Rezultati t testa su prikazani u tabeli 2.

Tabela 2. $|t|$ -vrednosti za odabrane adsorbente

Adsorbent	$ t $ -vrednost				
	Adsorbent				
	AC	NZ	AC+NZ	B	C
AC	-	1,584	3,254	6,155	6,396
NZ		-	2,027	9,627	9,956
AC+NZ			-	9,569	9,788
B				-	0,870
C					-

Dobijene apsolutne vrednosti $t_{\text{empirijsko}}$ za AC - NZ ($|t| = 1,584$), NZ - AC + NZ ($|t| = 2,027$) i B - C ($|t| = 0,870$) su manje od $t_{\text{kritično}}$ (2,228) za dvosmerno testiranje, broj stepeni slobode 10 i nivo značajnosti 0,05. U ovom slučaju nulta hipoteza $H_0: \mu_1 = \mu_2$ je prihvaćena i na osnovu toga se zaključuje da ne postoji statistički značajna razlika u efikasnosti pomenutih adsorbenasa.

Obrnuto statističko tumačenje može da se primeni kod svih ostalih kombinacija adsorbenasa (AC - AC + NZ, AC - B, AC - C, NZ - B, NZ - C, AC + NZ - B, AC + NZ - C). U tom slučaju $|t|$ -vrednost je bila veća od $t_{\text{kritično}}$, što potvrđuje da je nulta hipoteza odbačena a alternativna hipoteza $H_1: \mu_1 \neq \mu_2$ prihvaćena.

Bentonit i glina su pokazali najveću statističku značajnost u poređenju sa ostalim adsorbensima, što ukazuje i na njihovu veću efikasnost u uklanjanju jona cinka iz otpadnog razvijača za ofset štamparske forme.

4. ZAKLJUČAK

Za uklanjanje metalnih jona iz otpadnog razvijača za ofset štamparske forme procesom adsorpcije korišćeni su različiti adsorbensi: aktivni ugalj, prirodni zeolit, smeša aktivnog uglja i prirodnog zeolita, bentonit i pečena glina. Analiza rezultata je pokazala da je uklanjanje Zn(II) jona najefikasnije pri vremenu kontakta od 90 min (aktivni ugalj, prirodni zeolit i njihova smeša), odnosno 75 minuta (bentonit i pečena glina). Takođe je utvrđeno da Freundlich model adsorpcione izoterme daje najbolje rezultate u odnosu na ostale primenjene adsorpcione modele (koeficijent korelacije $R^2 > 0.932$).

Za uklanjanje Zn(II) jona je postignuta maksimalna adsorpciona efikasnost primenom aktivnog uglja (73,6%), prirodnog zeolita (63,2%), smeše aktivnog uglja i prirodnog zeolita (55,6%), bentonita (89,8%) i pečene gline (90,6%). Ustanovljeno je da adsorpciona efikasnost raste sa porastom mase adsorbenta, jer su interakcije adsorbat-adsorbens favorizovane usled porasta negativnog naelektrisanja površine, kao i pada elektrostatičkog potencijala.

Dobijeni rezultati su obrađivani primenom statističke metode t test, a u cilju ispitivanja značajnosti razlike adsorbenasa po adsorpcionoj efikasnosti. Najveća efikasnost bentonita i pečene gline u poređenju sa ostalim korišćenim adsorbensima je potvrdila i njihovu najveću statističku značajnost. Vrednosti parametra $t_{empirijsko}$ koje su bile manje od $t_{kritično}$ su ukazale da je nulta hipoteza prihvaćena, odnosno da statistički značajna razlika između ispitivanih adsorbenasa ne postoji. Ovako ponašanje je ustanovljeno kod AC - NZ, NZ - AC + NZ i B - C. Kod svih ostalih kombinacija adsorbenasa (AC - AC + NZ, AC - B, AC - C, NZ - B, NZ - C, AC + NZ - B, AC + NZ - C) vrednosti parametra $t_{empirijsko}$ su bile veće od $t_{kritično}$ što ukazuje na prihvatanje alternativne a odbacivanje nulte hipoteze.

5. LITERATURA

- [1] Lozier M., *Negative and Positive Working Offset Plates*, 2013. Dostupno na: <http://www.printpedia.info/articleviewer.php?id=158>
- [2] J. Kiurski, "Fizičko-hemijske osnove izrade štamparskih formi", Univerzitet u Novom Sadu, FTN izdavaštvo, Novi Sad, 2006.

- [3] Momčilović Z.M., "Kinetički i ravnotežni parametri adsorpcionih procesa pri uklanjanju pojedinih štetnih katjonskih sastojaka iz vodenih rastvora aktivnim ugljevima dobijenih hemijsko-termičkom obradom srži ploda divljeg kestena i šišarke crnog bora", Univerzitet u Nišu, Niš, 2012.
- [4] Sladojević S., Penavin-Škundrić J., Lazić D., Krnetić S., Čegar N., Škundrić B., "MFI zeoliti kao adsorbens kiselih i baznih primjesa u vodenom mediju", Banja Luka, 2009.
- [5] Hanka, D., Z. Azi, S. Ait Hocine, O. Chaalal and A. Hellal, "Optimization of phenol adsorption onto bentonite by factorial design methodology", J. Ind. Eng. Chem. 20: 2256–2263, 2014.
- [6] Koldžić E., Duraković J., Jovanović M., Mujkanović A., "Opeka: od sirovine do gotovog proizvoda", Univerzitet u Zenici, 2010.
- [7] Babel S. and Kurniawan T.A., "Low-cost adsorbents for heavy metals uptake from contaminated water: a review", Journal of Hazardous Materials, 97, 219–243, 2003.
- [8] Genc Fuhrman, H., P.S. Mikkelsen and A. Ledin, "Simultaneous removal of As, Cd, Cr, Cu, Ni and Zn from stormwater: Experimental comparison of 11 different sorbents". Water Res. 41: 591–602, 2007.
- [9] Bukumirić Z, *Testing of significant differences - Z-test and T-test*, Beograd, 2012., Dostupno na: mfub.edu.rs/dotAsset/52810.pdf

Kratka biografija:



Igor Bačkalić rođen je u Zrenjaninu 1986. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Grafičko inženjerstvo i dizajn odbranio je 2014. god.



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.

**АНАЛИЗА ЛИНИЈСКИХ ЕЛЕМЕНАТА И ТОНСКИХ ВРЕДНОСТИ НА
ДИГИТАЛНИМ ФЛЕКСО ШТАМПАРСКИМ ФОРМАМА**
**ANALYSIS OF LINEAR ELEMENTS AND TONE VALUE ON DIGITAL FLEXO
PRINTING FORMS**

Ненад Јованов, Живко Павловић, *Факултет техничких наука, Нови Сад*

Област-ГРАФИЧКО ИНЖЕЊЕРСТВО И ДИЗАЈН

Кратак садржај: – У оквиру рада представљена су истраживања из области израде и контроле квалитета CtP флексо штампарске форме. Основни циљ овог рада била је анализа линијских елемената и тонских вредности три CtP флексо штампарске форме израђене на различитим уређајима, чиме се показало који метод осветљавања је погоднији за израду CtP флексо штампарске форме.

Кључне речи: дигитална флексо штампарска форма, тонска вредност, линијски елементи.

Abstract – Research results from the plate making procedure as well as quality control of the CtP flexo printing form are presented in this paper. The main aim of this paper was analysis of line elements and tone value of three samples of the same CtP flexo printing forms generated on different devices, thus proved which method of exposure are suitable of making CtP flexo printing forms.

Key words: CtP flexo printing form, tone value, line elements

1. УВОД

Флексо штампа је једна од најраспрострањенијих техника штампе (по статистици је одмах иза офсет штампе) и има велики утицај у индустрији и другим делатностима. Флексо штампа је погодна за штампање амбалажа, налепница, еластичних и тврђих подлога, а коришћењем дигиталне технологије (CtP) израде штампарске форме отвара се нова могућност за бољи квалитет оштампаних производа.

CtP је технологија осликовања штампарских плоча која се користи у савременим штампарским процесима. Код ове врсте технологије монтирани табак добијен у дигиталном радном току се осветљава помоћу осветљивача плоча и слика се преноси на плочу без употребе филма као преносиоца информација.

Изостављањем филма као преносника информација повећава се оштрина и могуће је репродуковати финије детаље односно бољу тонску вредност.

Штампарске форме се израђују знатно брже, квалитетније и са мање трошкова. CtP технологија побољшава тачност у регистру, омогућава боље

позиционирање слике према ивицама и смањује пораст тонске вредности који се јавља приликом осветљавања негатив филмом. Процес израде флексографских штампарских форми знатно је унапређен применом CtP система. Данас се у флексографској штампи користе три различита система осликовања плоча CtP технологијом:

- 1.Ласерско осликовање помоћу ЛАМС технологије (високи квалитет)
- 2.Ласерско гравирање/аблација
- 3.Директно осликовање УВ светлошћу високог интензитета

Предности CtP технологије су добро познате. Могућност да се произведу отисци изузетно доброг квалитета, брзо и уз ниске трошкове израде, користећи хемикалије које су максимално прилагођене захтевима за заштиту околине, представља јак аргумент у прилог било којег процеса штампе.

2. МЕТОД ИЗВОЂЕЊА ЕКСПЕРИМЕНТА

Експеримент обухвата израду штампарске форме применом уређаја за осветљавање и развијање Nyloflex Combi F1 Super, Esko CDI Spark 4835 и Concept DEGRAF 305 DW, мерење развијених форми на VIPFLEX 333 уређају применом одговарајућих функција у оквиру софтвера FLEXO EYE и IMAGEJ-a. Све дигиталне флексо штампарске форме су осликане у штампарији Алпак на уређају Esko CDI Spark 4835, са тим да је једна форма комплетно израђена (Узорак 1), друга форма је предосветљена на уређају Concept DEGRAF 305 DW и осликана на Esko CDI Spark 4835 (Узорак 2), а трећа је само осликана на Esko CDI Spark 4835.

Експеримент је урађен на Факултету техничких наука, у лабораторији смера за графичко инжењерство и дизајн “ГРИД” у Новом Саду и у предузећу “AL PASK” у Суботици.

3. РЕЗУЛТАТИ МЕРЕЊА

Резултати спроведених мерења приказани су графички. На графицима дат је приказ средњих вредности. Вредности су поређене са идеалним вредностима.

Резултати спроведених мерења су урађена за:

1. Репродукцију тонских вредности од 3% до 97%

Напомена:

Овај рад произтекао је из мастер рада чији ментор је био др Живко Павловић, доцент.

2. Површину поља тонских вредности за 10%, 20% и 40%

3. Површину линијских елемената у величинама од 0.05mm, 0.1mm и 0.4mm

4. Површину тачака у величинама од 0.1mm, 0.2mm, 0.3mm и 0.4mm

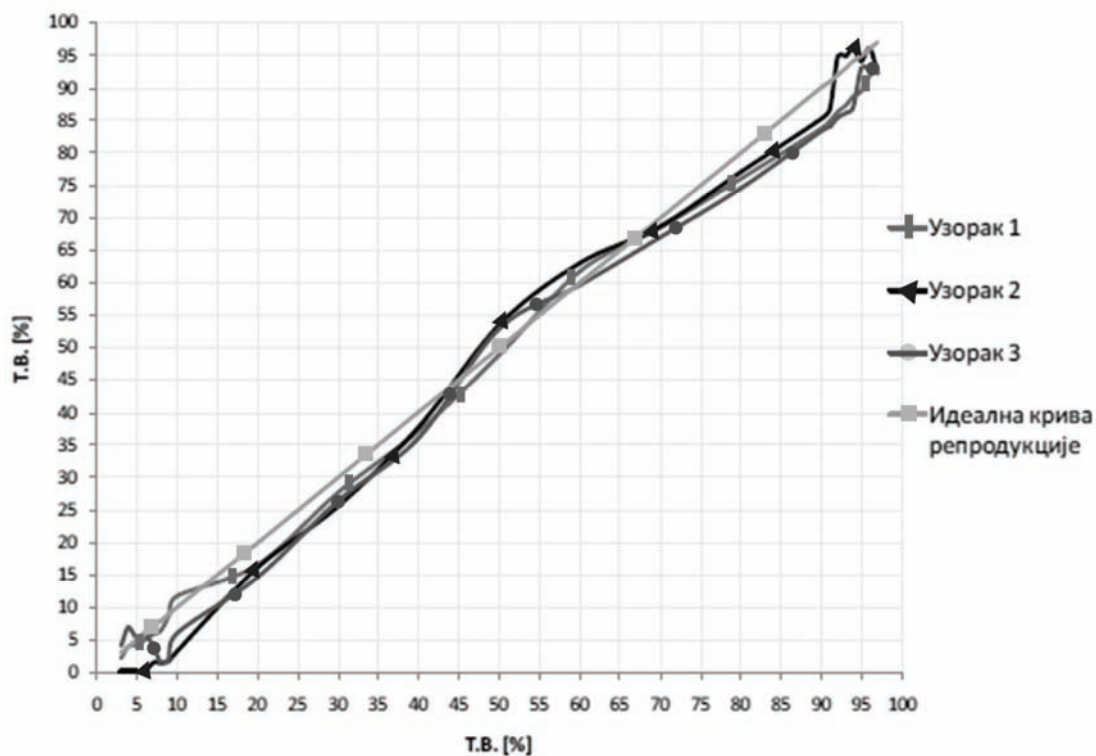
Репродукција тонских вредности

У овом раду су измерене тонске вредности од 3% до 97% за сваку тест форму по 5 пута. Средње вредности су се међусобно упоредили са идеалном кривом

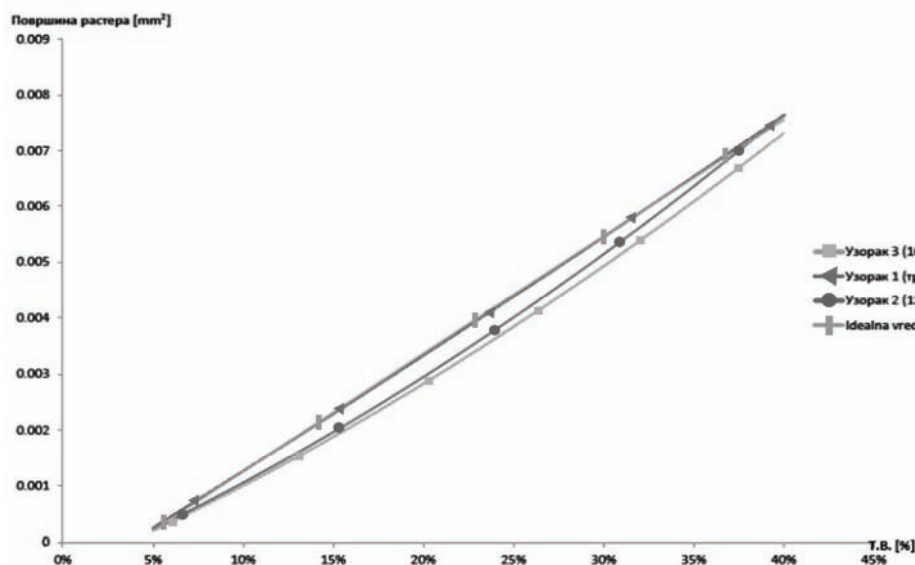
репродукције. На слици 1. приказане су изабране средње вредности три StP флексо штампарске форме које су поређене са идеалном вредношћу.

Површина поља тонских вредности од 10%, 20% и 40%

Поступак упоређивања је исти као и за репродукцију тонских вредности, с тим да су у овом мерењу узете само поља тонских вредности од 10%, 20% и 40%. Резултати су приказани у mm^2 (слика 2).



Слика 1. График поређења репродукције тонских вредности штампарских форми са идеалном кривом репродукције



Слика 2. График поређења изабраних (средњих) вредности три StP флексо штампарске форме са идеалном кривом репродукције

Површина линијских елемената

Површина линијских елемената су, такође, приказана графички где су се поредили са идеалном вредношћу. Измерене су површине за тачке у величинама од 0.05mm, 0.1mm и 0.4mm.

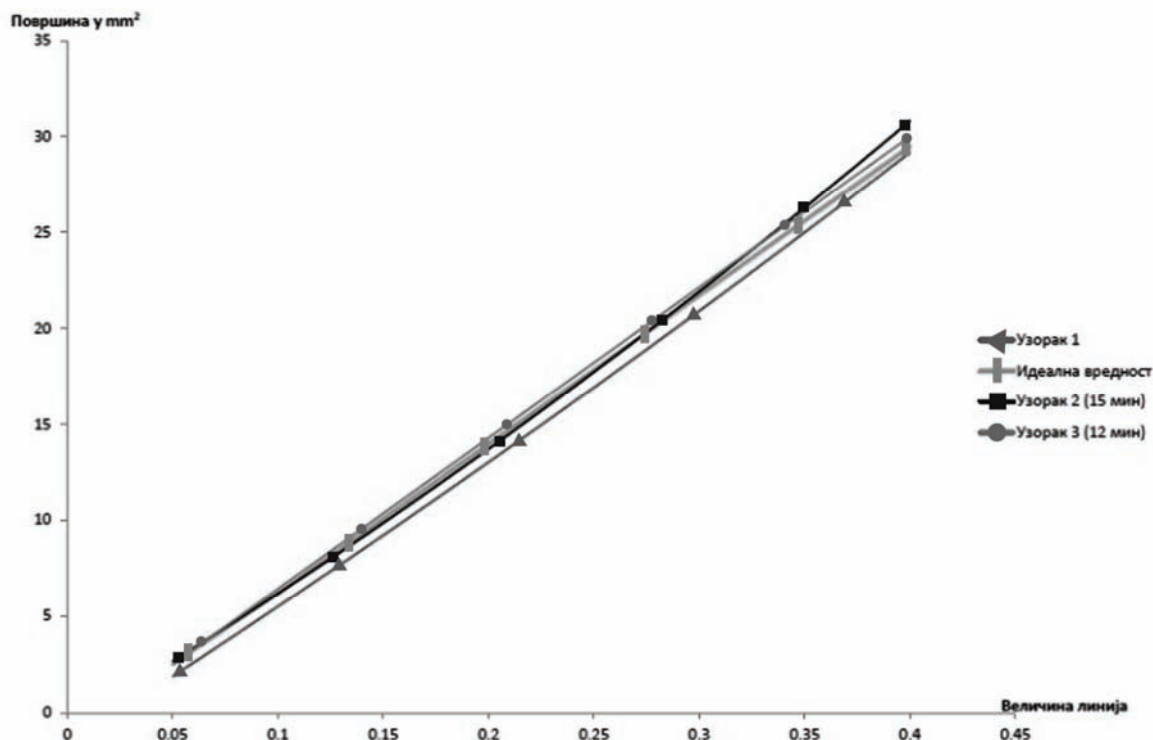
Резултати су добијени у mm^2 .

На слици 3. приказан је график поређења најприближнијих вредности површина линијских

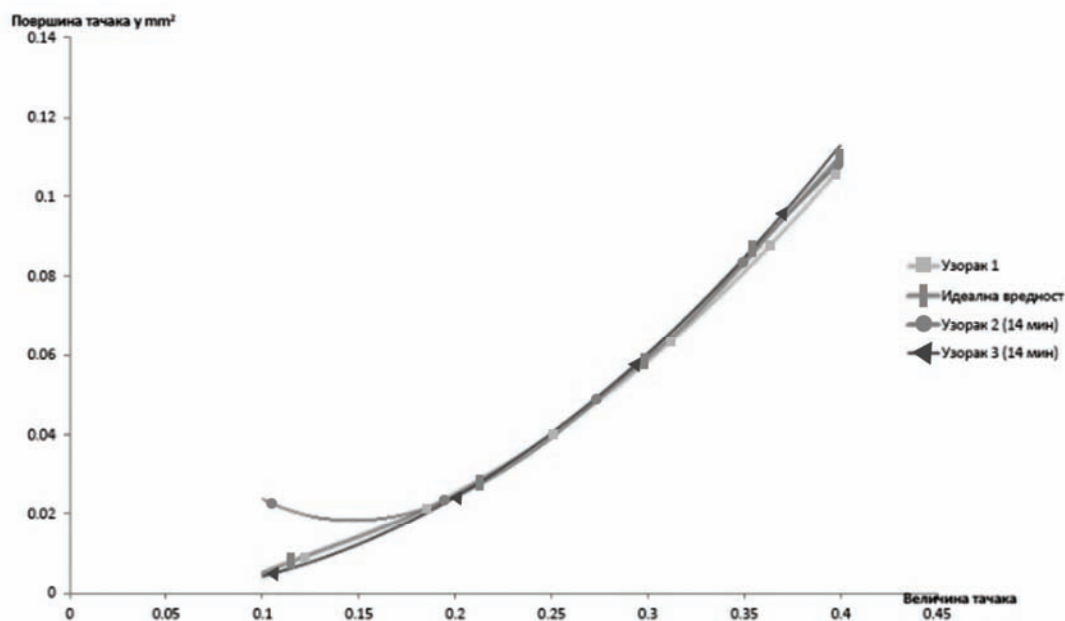
елемената за три StP флексо штампарске форме са идеалном кривом репродукције.

Површина појединачних елемената (тачке)

Урађено је мерење површина тачака у позитиву за величине од 0.1mm, 0.2 mm, 0.3mm и 0.4m. Изабране вредности су поређене са идеалном кривом репродукције (слика 4.).



Слика 3. График поређења површина линијских елемената штампарских форми са идеалном кривом репродукције



Слика 4. График поређења појединачних елемената три StP штампарске форме са идеалном кривом репродукције

4. ЗАКЉУЧАК

Експериментални део рада упоређује три дигиталне флексо штампарске форме марке MacDermid Digital Rave које су израђене на различитим уређајима.

Вредности које су поређене за сваку тест форму тј. штампарску форму су поља тонских вредности од 3% до 97%, површине поља тонских вредности од 5%, 10%, 20% и 40%, површина појединачних елемената (тачака) за величину 0.1mm, 0.2mm, 0.3mm и 0.4mm, и површина линијских елемената за величину 0.05mm, 0.1mm и 0.4mm.

На основу урађене анализе мерењем средњих вредности за сваку тест форму, издвојене су према идеалној вредности најбоље осветљене тест форме. Изабране тест форме су упоређене са идеалном кривом чиме се показало да је квалитет израде MacDermid Digital Rave различит за Basf Nyloflex Combi F1 Super и Esko Cdi Spark 4835.

Дошло се до закључка да је један од битних фактора тај да се тонске вредности разликују за све три штампарске форме због интензитета УВ светла уређаја за осветљавање који се разликује за Basf Nyloflex Combi F1 Super и Esko Cdi Spark 4835, као и сам поступак осветљавања форме. Форма Узорак 2 је предосветљена у штампарији Алпак, а затим осветљена у лабораторији ГРИД-а, а форма Узорак 3 је предосветљена и осветљена у лабораторији ГРИД-а где се може приметити да је дубина рељефа тј.дебљина носећег слоја различита јер је интензитет осветљена УВ лампи различит. Форма Узорак 1 се показала као најбоља од ове три штампарске форме. Мора се напоменути да брзина развијања такође има удео у разлици ових штампарских форми, као и време накнадног осветљавања форми.

Такође, поређене су вредности површина поља тонских вредности за сваку тест форму у пољима од 5%, 10%, 20% и 40% која су приказана графиком у функцији тонске вредности и површине растера. На основу урађене анализе мерењем средњих вредности за сваку тест форму, издвојене су према идеалној вредности најбоље осветљене тест форме. Изабране тест форме су упоређене са идеалном кривом чиме се показало да је квалитет израде MacDermid Digital Rave различит за Basf Nyloflex Combi F1 Super и Esko Cdi Spark 4835. И у овој анализи форма Узорак 1 се показала као најбоља од ове три штампарске форме.

Површине линијских елемената за величине од 0.05mm, 0.1mm и 0.4mm приказане су графиком у функцији површине у mm² и величине линија. Као у предходним анализама, и овде су узете средње вредности за сваку тест форму тј. штампарску форму где су издвојене најбоље осветљене тест форме.

Изабране тест форме су упоређене са идеалном кривом.

Дошло се до резултата да је форма Узорак 2 најприближнија идеалној криви репродукције тј, дала је најбоље резултате.

Вредности за површине појединачних елемената (тачака) су, такође, поређене за сваку тест форму тј. штампарску форму. На основу урађене анализе мерењем средњих вредности тачака у величинама од 0.1mm, 0.2mm, 0.3mm и 0.4mm за сваку тест форму, издвојени су према идеалној вредности најбољи резултати. Дошло се до закључка да у овој анализи форма Узорак 3 даје најбоље резултате.

Коначни закључак је да се у многим анализама најбоља репродуковала форма Узорак 1 која је израђена у штампарији "Алпак".Узорак 1 је дала најбоље резултате јер је прошла кроз фазе израде препоручене од стране произвођача користећи одговарајућу опрему за предосветљавање, осветљавање и развијање.

Даљи корици у истраживању могло би се сводити на понашање ових дигиталних флексографских плоча у самом поступку штампе.

5. ЛИТЕРАТУРА

- [1] H. Kipphan, „*Handbook of Print Media: Technologies and Production Methods*”, Springer, Berlin, 2004
- [2] Foundation of Flexographic Technical Association *Flexography: Principles & Practices, 5th Edition*, 900 Marconi Avenue, Ronkonkoma NY 11772, 2000.
- [3] MacDermid Printing Solutions Europe *MacDermid Digital Rave plates*, Rue de l'industrie - BP70 - 68702 Cernay Cedex, France, 2006.
- [4] Pavlović Ž. (2012) *Microsoft PowerPoint - 9_Forme _visoka_ I deo_2012*, Нови Сад, Графичко инжењерство и дизајн, Факултет техничких наука.
- [5] D. Novaković, Ž. Pavlović, I. Karlović, Č. Pešterac, „*Reprodukciona tehnika – priručnik za vežbe*“, Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad , 2008
- [6] Pešterac С., *Репродукциона техника, скрипта за графичко инжењерство и дизајн*, едиција Факултет техничких наука, Нови Сад, (година непозната).

Кратка биографија:



Ненад Јованов рођен је у Кикинди 1988. год. Дипломски – мастер рад на Факултету техничких наука из области Графичко инжењерство и дизајн одбранио је 2014. год.

**ISPITIVANJE ČITLJIVOSTI QR KODOVA ODŠTAMPANIH NA TEKSTILNIM
MATERIJALIMA INK JET TEHNIKOM ŠTAMPE****TESTING READABILITY QR CODE ON TEXTILE MATERIALS INK JET PRINTED**Bojan Jurišić, Dragoljub Novaković, Nemanja Kašiković *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN**

Kratak sadržaj – Rad obuhvata sagledavanje velikog broja parametara koji utiču na brzinu i kvalitet očitavanja QR kodova sa odštampanih tekstilnih uzoraka. QR kodovi svojom malom veličinom omogućavaju skladištenje velike količine podataka. Postoji više vrsta QR kodova kao što su: mikro QR, iQR, logoQ i SQRC kodovi.

Prilikom ispitivanja korišćeni su različiti tekstilni materijali, ukupno 5 (pet). Kodovi su na svim materijalima identični i štampani su identičnom tehnikom, tehnikom digitalne štampe. Cilj rada je da se utvrdi uticaj različitih faktora na brzinu očitavanja koda (FRR) uz pomoć kamere mobilnog telefona sa različite udaljenosti.

Ključne reči: QR kod, očitavanje, tekstil, brzina očitavanja QR kodova

Abstract – This publication contains viewing of a large number of parameters which affect the speed and quality of the reading of the QR codes from printed textile samples. QR codes are small in size, but the codes are still available to generate a huge quantities of data. There are a few kinds of QR codes, including micro QR, iQR, logoQ, SQRC codes, etc. During the testing phase, five different kinds of textile were used. Every codes are identical, and the codes were printed using identical technique (digital press). One of the goals of this study is to determine influence of multiple different factors on the speed of reading QR codes (FRR), while using the Cell Phone camera and changing the distance between the camera and the code.

Keywords: QR code, reading of the QR codes, textile, first read rate

1. UVOD

QR kodovi su kodovi koji nisu potisnuli bar kodove iz upotrebe, ali po količini informacija koje mogu da sadrže predstavljaju budućnost komunikacije u trgovini i marketingu širom sveta. Ovi kodovi se u tim poljima koriste kako bi preko male površine od svega par kvadratnih centimetara omogućili korisniku ili potrošaču da dobije mnogo više informacija od onih koje može i sam da vidi na određenoj ambalaži ili proizvodu. Upotreba tekstilnih materijala je sve veća, te stoga i potreba za štampanjem QR kodova upravo na ove materijale postaje sve veća. Od tehnika štampe koje se

koriste za štampu na tekstilnim materijalima u poslednje vreme najistaknutije su: Ink Jet i sito štampa. Trenutno na tržištu, postoji veliki broj tekstilnih materijala, koji se mogu razlikovati prema svojim karakteristikama, kao što su površinska masa, sirovinski sastav, gustina pletenja i tkanja itd.

Upravo zbog toga su u eksperimentu korišćene različite vrste tekstilnih materijala, pri čemu je cilj rada da se utvrdi uticaj različitih faktora na brzinu očitavanja QR kodova (FRR) odštampanih Ink Jet tehnikom štampe korišćenjem pet različitih tekstilnih materijala, uz pomoć kamere mobilnog telefona sa različite udaljenosti.

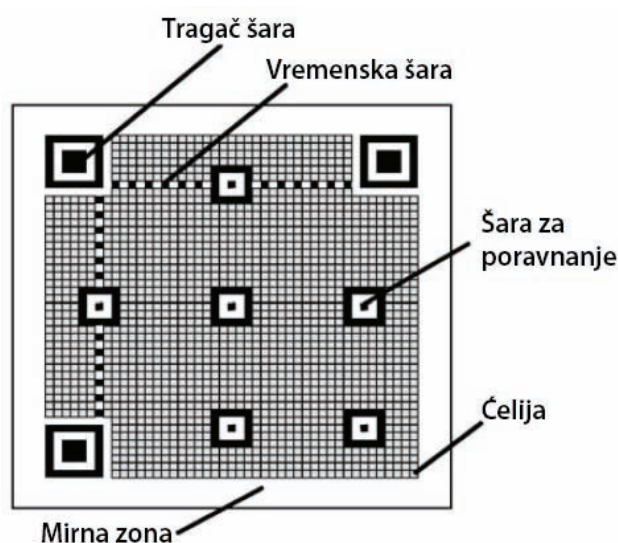
2. QR BAR KOD

Godine 1994., kompanija The Denso Wave stvorila je dvodimenzionalan bar kod koji su nazvali The Quick Response Code, poznatiji kao QR Code.

Ovi jedinstveni kodovi postaju veoma popularni zbog njihove sposobnosti da se skladišti do nekoliko stotina puta više podataka nego u tradicionalni bar kod.

QR kod je matični simbol sa ćelijskom strukturom raspoređenom unutar kvadratne forme.

Sastoji se od funkcionalnih šara koje omogućavaju brzo očitavanje i polja u kojima su skladišteni generisani podaci. QR kod sadrži “tragač šaru”, “šaru poravnanja”, ćelije, “vremensku šaru” i takozvanu “mirnu zonu” (slika 1) [1].



Slika1. Struktura QR koda

Po standardu ISO/IEC18004 jedan modul treba da je minimalne veličine od 4 x 4 tačaka (eng. pixels -px) pri rezoluciji štampe od 300 dpi (eng. dot per inch) [2].

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Dragoljub Novaković, red.prof.

Postoji 40 veličina kodova, povećanje se vrši za 4×4 modula koji čine matricu, pa tako matrica 1 se sastoji od 21×21 modula, pa sve do najveće 177×177 modula. Kapacitet informacija QR koda je u direktnoj vezi sa veličinom modula. Figurativno rečeno, QR kodovi su poput balona, postaju veći sa povećanjem broja informacija koje se generišu u njih. Baš kao i baloni i oni imaju određenu granicu količine podataka koju mogu da sadrže [3].

QR kodovi imaju sposobnost da se pored oštećenja i dalje koriste bez ikakvih posledica na čitljivost.

Upravo to se postiže korišćenjem "Reed-Solomon Error Correction" algoritma za ispravljanje grešaka. To omogućava algebra koja se dešava u pozadini kada je kreiran QR kod. Izvorni podaci u QR kodu se pretvaraju u polinome.

Broj jedinstvenih tačaka potrebnih za definisanje polinoma je određen, i zatim se te tačke dodaju nazad u QR kod, tako da one predstavljaju originalne podatke izražene kroz polinome.

Postoje 4 vrste nivoa ispravljanja grešaka kod QR kodova. Svaki od nivoa dodaje određenu vrednost rezervnih podataka, u zavisnosti kolika šteta se očekuje u datom okruženju. Nivoi ispravljanja greške: nivo L – do 7 % oštećenja, nivo M – do 15 % oštećenja, nivo Q – do 25 % oštećenja, nivo H – do 30 % oštećenja.

3. METOD IZVOĐENJA EKSPERIMENTA

Svaki QR kod generisan je pomoću aplikacije Goqr.me koja je dostupna na sajtu <http://goqr.me/> [4].

Prilikom generisanja kodova izabrani su različiti nivoi korekcije greške i to L (7 %), M (15 %), Q (25 %) i H (30 %).

Takođe, prilikom preuzimanja kodova, odabrana je veličina koda i to u tri dimenzije 10×10 cm, 5×5 cm i 2.5×2.5 cm.

Podaci koji su generisani na svim kodovima predstavljaju URL adresu departmana (www.grid.uns.ac.rs).

Primer generisanih QR kodova prikazan je na slici 2.



Slika 2. Primer (umanjenih) generisanih QR kodova

Testiranje čitljivosti QR koda izvedeno je na 60 različitih uzoraka.

Kodovi su štampani na 5 vrsta tekstilnog materijala (keper, šifon, viskoza, trevira i saten).

Za štampu kodova na tekstil korišćena je digitalna Ink Jet mašina za štampu Epson 4880 [5].

Proces štampanja kodova na tekstil se sastoji iz nekoliko koraka. Prvi korak svakako predstavlja pravilno pozicioniranje i zatezanje materijala na ram. Nakon zatezanja materijala, ram se pozicionira u mašinu za štampu i štampa može da počne.

Da bi se štampa fiksirala, korišćena je mehanička termo presa Difol TP4040s. Dužina i temperatura dejstva prese

na materijal zavise isključivo od broja nanešenih slojeva na materijal.

Da bi se izmerila tačna površinska masa tekstilnog materijala korišćena je tehnička vaga Radwag PS 2100/C2 sa tačnošću $\pm 0,01$ g. Pre početka merenja vaga je kalibrisana i podešena na nultu vrednost radi preciznosti i efikasnosti merenja.

Radi obezbeđivanja kontrolisanog uslova svetlnog izvora korišćena je kabina za posmatranje Agile Radiant CVC5-2E [6].

Tokom očitavanja, uzorci su izloženi simulaciji svetla u prodavnicama TL84 sa 4100 K.

Osnova istraživanja je analiza stope čitljivosti (first-read rate - FRR), na različitim tekstilnim materijalima svakog od uzoraka, uzorci su očitavani 50 puta.

Vreme očitavanja razvrstavano je u tri vremenska intervala (< 2 sec, $2-7$ sec i > 7 sec).

Takođe, ispitivan je uticaj udaljenosti uređaja za očitavanje kodova od samog QR koda putem analize stope čitljivosti (first-read rate - FRR) svakog od uzoraka. Stopa čitljivosti (First Read Rate - FRR) je korišćena kao jedna od najpopularnijih metoda za ispitivanje čitljivosti 2D bar kodova.

FRR se računa pomoću formule (1):

$$FRR = \frac{\text{Broj uspešnih očitavanja}}{\text{Ukupan broj očitavanja (50)}} \quad (1)$$

Analiza stope čitljivosti daje merljive rezultate, odnosno mogućnost da se posmatra kako, i da li čitljivost QR bar kodova zavisi od veličine simbola, količine (gustine) informacija koje su kodirane, nivoa korekcije greške, određene udaljenosti, kao i uticaja vrste tekstilne podloge na kojoj je štampan [7].

Čitljivost odštampanih uzoraka je proveravana pomoću mobilnog telefona marke Samsung, modela N7100 (operativni sistem Android) sa kamerom rezolucije 8 Mpx uz autofokus i LED blic [8].

Aplikacija koja je instalirana radi čitanja QR kodova zove se "QR Code Reader" i dostupna je na Google Play®-u [9].

Zahvaljujući vakuum držaču za mobilni telefon, obezbeđena je konstantna udaljenost uređaja od uzoraka. Ugao pomeranja 180° napred-nazad i 180° levo-desno.

4. REZULTATI I DISKUSIJA

Veličina koda, gustina kodirane informacije i materijal na kom su štampani su identifikovani kao ključni faktori koji utiču na čitljivost 2D bar kodova.

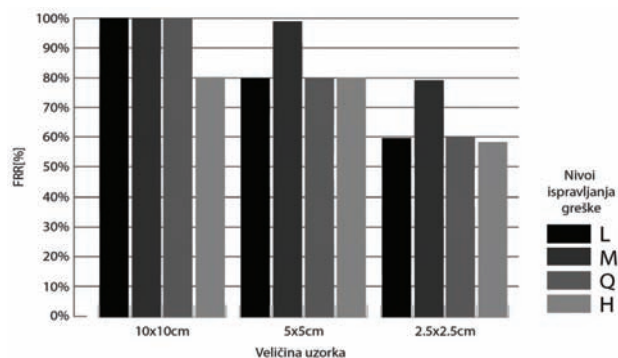
Prilikom očitavanja koda koji je pravilno generisan i reprodukovano, uz pomoć kamere mobilnog telefona, sa male udaljenosti (5 cm) stopa očitavanja (FRR) je 0 %, bez obzira na vrstu koda, tip osvetljenja, veličinu koda i nivo korekcije greške.

Ukoliko je QR kod pravilno generisan i reprodukovano na materijal, on će svakako biti očitano posle izvesnog vremena i na izvesnoj udaljenosti.

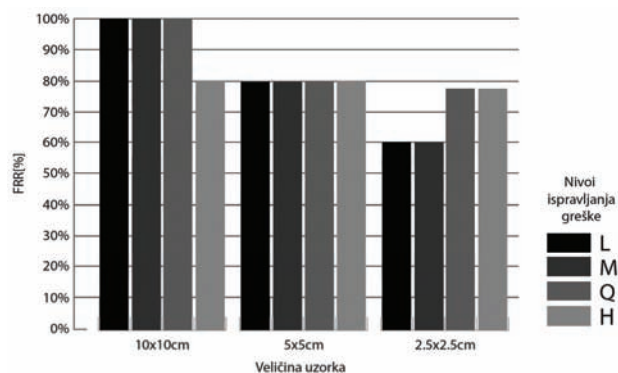
Faktor brzine očitavanja (FRR) se koristi radi dobijanja relevantnih rezultata očitavanja. Kod očitano preko 7 sekundi smatra se neuspešno očitanim kodom.

Kodovima od 2.5×2.5 cm, sa udaljenosti očitavanja od 25 cm i 15 cm je značajno umanjen procenat očitavanja, bez obzira na vrstu tekstilnog materijala i gustinu informacije.

Veći kodovi (10 x 10 cm i 5 x 5 cm) sa istom gustinom informacije, očitavani sa istih udaljenosti (25 cm i 15 cm), daju rezultate od 100 % čitljivosti, osim u slučajevima gde zbog vrste tekstilnog materijala reprodukcija koda nije u potpunosti uspešna (Grafikon 1 i 2).



Grafikon 1. Stopa čitljivosti u zavisnosti od veličine simbola sa udaljenosti od 15 cm na svim tekstilnim materijalima



Grafikon 2. Stopa čitljivosti u zavisnosti od veličine simbola sa udaljenosti od 25 cm na svim tekstilnim materijalima

Upoređivanjem grafikona jasno se može videti da je stopa čitljivosti sa obe udaljenosti kod uzoraka veličine 10 x 10 cm u sva četiri nivoa korekcije greške identična. Odnosno po 100 % za L, M i Q, a 80 % za H nivo korekcije greške. Sličan trend se vidi i na uzorcima 5 x 5 cm. Razlika je u tome što se u ovom slučaju nivo korekcije greške M znatno bolje očitavao kod udaljenosti od 15 cm nego kod udaljenosti od 25 cm.

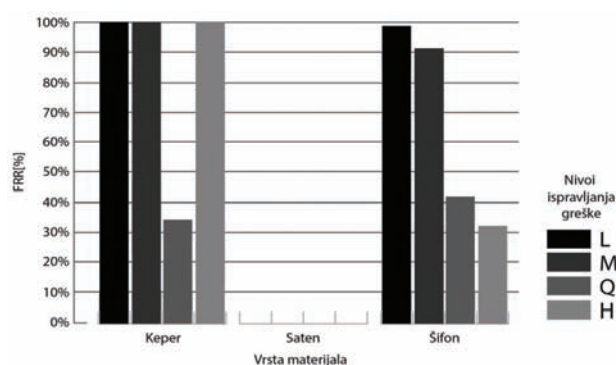
Kod uzoraka 2.5 x 2.5 cm situacija je znatno drugačija kod različitih udaljenosti kamere i uzorka. Može se uvideti identični procenat očitavanja L nivoa ispravljanja greške u oba slučaja i to je jedino što je identično u ovom području (uzoraka sa 2.5 x 2.5 cm).

Dalje vidi se da se očitavanje M nivoa ispravljanja greške kod udaljenosti od 15 cm znatno popeo u odnosu na udaljenost od 25 cm. Potpuno drugačija situacije je kod Q i H nivoa korekcije greške. Naime, u ovim slučajevima, čitljivost je smanjena za nešto manje od 20 % kod udaljenosti od 15 cm nego pri istim očitavanjima na udaljenosti od 25 cm.

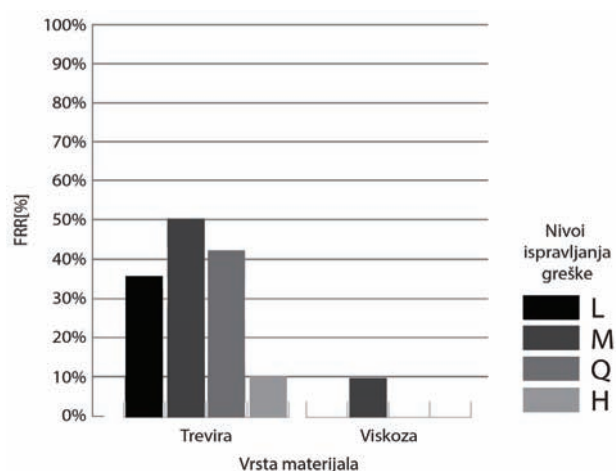
Keper se pokazao kao tekstilna podloga sa najviše uspešno očitanih kodova, zatim trevira, nakon trevire šifon i na samom kraju su viskoza i saten.

Saten kao materijal za štampu QR kodova dimenzije 2.5 x 2.5 cm treba izbegavati jer je čitljivost kodova na tom materijalu 0 % u oba slučaja rastojanja (25 cm i 15 cm). Na grafičkom prikazu 3 i 4 predstavljene su srednje

vrednosti najkraćeg vremena očitavanja kodova od 2.5 x 2.5 cm na svim tekstilnim materijalima pri udaljenosti od 25 cm.

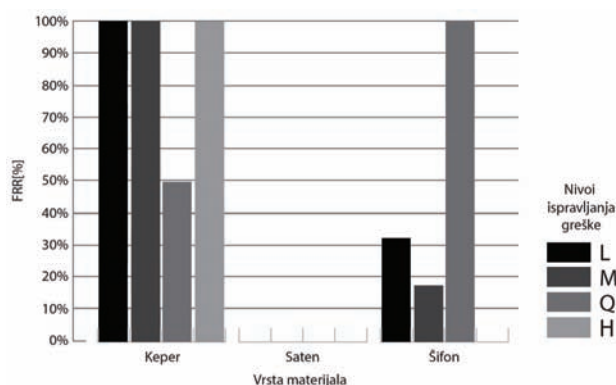


Grafikon 3. Srednje vrednosti najkraćeg vremena očitavanja kodova od 2.5 x 2.5 cm na tekstilnim materijalima keper, saten i šifon pri udaljenosti od 25 cm



Grafikon 4. Srednje vrednosti najkraćeg vremena očitavanja kodova od 2.5 x 2.5 cm na tekstilnim materijalima trevira i viskoza pri udaljenosti od 25 cm

Na grafikonima 5 i 6 se nalaze prikazi srednje vrednosti najkraćeg vremena očitavanja kodova od 2.5 x 2.5 cm na svim tekstilnim materijalima pri udaljenosti od 15 cm.

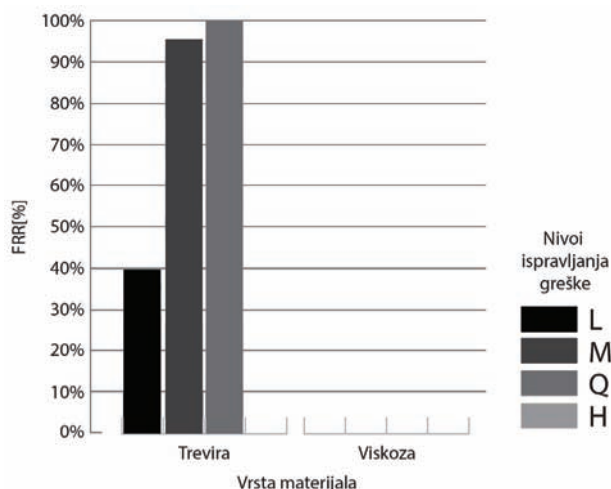


Grafikon 5. Srednje vrednosti najkraćeg vremena očitavanja kodova od 2.5 x 2.5 cm na tekstilnim materijalima keper, saten i šifon pri udaljenosti od 15 cm

Sa poslednjih grafičkih prikaza se takođe uočava ogroman uticaj podloge na očitavanje uzoraka bez obzira na njihov nivo korekcije greške i na udaljenost mobilnog telefona od podloge.

Ozbiljnu promenu u brzini očitavanja kodova moguće je primetiti na podlozi šifon gde kodovi sa nivoom

ispravljanja greške Q imaju dominaciju pri udaljenosti podloge 25 cm od kamere, dok se pri istim uslovima na 15 cm razdaljine njena uticajnost smanjuje i do 70 % u odnosu na udaljenost od 25 cm.



Grafikon 6. Srednje vrednosti najkraćeg vremena očitavanja kodova od 2.5 x 2.5 cm na tekstilnim materijalima trevira i viskoza pri udaljenosti od 15 cm

Isti slučaj je i kod trevira gde je moguće primetiti značajan trend rasta FRR na udaljenosti 25 cm u odnosu na 15 cm udaljenosti uzoraka i kamere.

Keper daje izuzetne rezultate pri očitavanju kodova sa sva četiri nivo korekcije greške (L, M, Q i H).

Saten kao materijal za štampu je vrlo nepouzdan za štampanje QR kodova što se može videti iz dobijenih rezultata.

Šifon se takođe kao i keper pokazao kao veoma pouzdan materijal za štampu jer je brzina očitavanja kodova u oba slučaja (15 cm i 25 cm) dosta visoka pri svim veličinama koda i pri svim nivoima ispravljanja greške, osim kod veličina 2.5 x 2.5 cm, gde je prosečna brzina bila između dve i sedam sekundi.

Trevira daje srednje prosečne (2-7 sekundi) rezultate merenja za mernu udaljenost od 15 cm.

Viskoza daje rezultate merenja za mernu udaljenost od 15 cm vrlo slične kao i trevira, a to su prosečne vrednosti brzine očitavanja između dve i sedam sekundi. Pri merenju na rastojanju 25 cm, znatno se ističe brzina kraća od dve sekunde pri dimenzijama 10 x 10 cm i 5 x 5 cm, isključujući H nivo korekcije greške gde je kod nečitljiv. U slučajevima gde je veličina koda 2.5 x 2.5 cm gotovo je kod nečitljiv.

5. ZAKLJUČAK

Tematika ovog master rada bila je utvrđivanje stope čitljivosti (FRR) QR kodova sa tekstilnog materijala u zavisnosti od različitih faktora: veličine koda, udaljenost QR koda od uređaja za očitavanje (u ovom slučaju mobilni telefon), nivoa korekcije greške i vrste podloge za štampu.

Od svih ispitivanih faktora koji su bili uključeni u eksperiment, vrsta tekstilnog materijala i veličina koda su se izdvojile kao ključne za čitljivost QR kodova.

Veličina koda je izuzetno bitna prilikom brzine očitavanja istog. Iz dobijenih rezultata svakako je moguće zaključiti da je udaljenost od 25 cm mnogo efektivnija od druge ispitivane udaljenosti bez obzira na veličinu QR koda i njegov nivo ispravljanja greške.

Nivo ispravljanja greške svakako igra bitnu ulogu u okviru samog generisanja QR koda i brzini njegovog očitavanja.

Uticaj vrste podloge za štampu se u ovom eksperimentu pokazao kao najbitniji faktor koji utiče ne samo na brzinu očitavanja QR kodova već i na sam kvalitet reprodukcije kodova na podlogu.

QR kodovi odštampani na satenu i viskozu su prilično zamrljani, naročito pri manjim dimenzijama (5 x 5 cm i 2.5 x 2.5 cm).

Najviše vrednosti stope očitavanja (FRR) su pokazali uzorci štampani na belom keperu, 100 % pamuk.

Na osnovu urađenih analiza i dobijenih rezultata može se zaključiti da veličina koda od 2.5 x 2.5 cm reprodukovana na tekstil u mnogim slučajevima predstavlja problem. Dobijeni rezultati pokazuju da je u proseku najbrže vreme očitavanja kodova dobijeno u slučaju kada je QR kod veličine 5 x 5 cm, bez velikog uticaja udaljenosti od kamere kao i nivoa ispravljanja greške.

6. LITERATURA

- [1] Tan S., "QR Code", Isynthesis Journal, 2008. <http://qrbcn.com/imatgesbloc/Three_QR_Code.pdf> [pristup jul 2014.]
- [2] Čihal, I., Milhović, M., Kosić, T., "Komparativna analiza direktnog i indirektnog digitalnog tiska na tekstil", Veleučilište u Varaždinu, Varaždin, Hrvatska: <http://www.google.rs> [pristup septembar 2014.]
- [3] Lovrić I., (2012) Tehnografija. <<http://tehnografija.net/web-kultura/qr-kod/>> [pristup jul 2014.]
- [4] Goqr.me, QR code generator. <<http://goqr.me/>> [pristup jul 2014]
- [5] IBF, (Ynon). Epson 4880: <<http://www.ibf.com.br/imgs/artigo/20120420123617Epson%20Stylus%20Pro%204880.jpg>> [pristup avgust 2014.]
- [6] Cherlyn, "AglieRadiantCVC52E": <<http://www.cherlyn.co.uk/colour/view/agile.html>> [pristup avgust 2014.]
- [7] Grover, A. et al., "Parametres Effecting 2D Barcode Scanning Reliability": <<http://www.berghel.net/publications/2d-bar/2d-bar.pdf>> [pristup septembar 2014.]
- [8] GsmArena, <http://www.gsmarena.com/samsung_galaxy_note_ii_n7100-4854.php> [pristup avgust 2014.]
- [9] Google Play (2014). QR code reader: <<https://play.google.com/store/apps/details?id=me.scan.android.cli>> [pristup avgust 2014.]

Podaci za kontakt:

Bojan Jurišić jurismic90@hotmail.com

Dr Dragoljub Novaković novakd@uns.ac.rs

Dr Nemanja Kašiković knemanja@uns.ac.rs

**UTICAJ PROCESA PRANJA NA KVALITET OTISAKA NA TEKSTILNIM
MATERIJALIMA ŠTAMPANIM TEHNIKOM SITO ŠTAMPE****THE INFLUENCE OF THE WASHING PROCESS ON THE QUALITY OF SAMPLES
PRINTED WITH SCREEN PRINTING TECHNIQUE ON TEXTILE MATERIALS**Dragan Obradović, Nemanja Kašiković, Rastko Milošević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN**

Kratak sadržaj – U radu je predstavljen uticaj procesa pranja na kvalitet otiska na tekstilnim materijalima štampanim tehnikom sito štampe. Za proces štampanja korišteno je svileni sito koje je postavljeno na drveni ram formata A3. Tip boje koje su korišćene za otiskivanje su boje italijanskog proizvođača Texiplast 7000 PROCESS. Samo istraživanje je obuhvatilo analizu uticaja procesa pranja na tri različita tipa tekstilnih podloga za štampu i tri različite gustine sita, pri čemu su odštampani uzorci podvrgnuti procesu pranja prema standardu SPRS EN ISO 105-C06:2012. Uzorci su analizirani vizuelnom, spektrofotometrijskom, kolorimetrijskom i mikroskopskom metodom, kako bi se utvrdile promene na otiscima.

Ključne reči: Sito štampa, promena obojenja uzoraka, simuliranje procesa pranja

Abstract – This paper presents the impact of cleaning process to print quality on textile materials printed by screen printing technique. The printing process used is silk screen set in a wooden A3 frame. Types of colours, which are used for printing, are from Italian manufacturer- Texplast 700 Process. This research includes analysis of the cleaning process impact on three different types of textile surface for printing and three different screen density. Printed samples were subjected to washing process according to SPR EN ISO 105-C06:2012 standard. After that treatment, samples were analyzed visually, colorimetric, spectrophotometric and microscopic in order to determine if any change has occurred.

Keywords: Screen printing, colour differences, washing process simulation

1. UVOD

Sve su veće potrebe preduzeća i ustanova, za određenim uslugama i proizvodima iz oblasti grafičke industrije. Zavisno od toga koje je preduzeće ili ustanova u pitanju, zahtevi mogu biti takvi da se mogu zadovoljiti korišćenjem relativno prostih, pa do upotrebe veoma složenih štamparskih tehnika i postupaka. Veliki broj raznih vrsta preduzeća, ustanova i samostalnih zanatskih radnji, svoje potrebe mogu zadovoljiti sa jednom relativno prostom štamparskom tehnikom poznatom pod nazivom sito štampa [1]. Sito štampa je tehnika propusne štampe

kod koje se otisak dobija tako što se boja potiskuje kroz delimično propustljivu mrežu koja je zategnuta na ram. Štamparsku formu predstavlja šablon sastavljen iz mreže koja propušta boju i mreže prekrivene nepropusnom emulzijom čije površine predstavljaju neštampanje elemente. Pritiskom gumenog ili silikonskog rakela boja prolazi kroz propustljiva okna direktno na podlogu za štampu [2]. Velika je primena sito štampe u području štampe na tekstilne materijale, pri čemu odštampani uzorci ovom tehnikom štampe u procesu eksploatacije mogu biti izloženi različitim uticajima, kao što su na primer, procesi pranja, starenja, toplotnog dejstva itd. Cilj rada jeste da se utvrdi koliko će proces pranja uticati na postojanost otisaka odštampanih na tri različita tekstilna materijala sa tri različite gustine sita.

2. METOD IZVOĐENJA EKSPERIMENTA

U eksperimentalnom delu rada za proces štampe upotrebljena su tri sita različite gustine i to: 42, 100 i 140 niti/cm. Mreža sita je izrađena od svile dok je okvir sita izrađen od drveta formata A3. Prilikom izrade rada korišćene su Texiplast 7000 PROCESS boje italijanskog proizvođača. Karakteristike koje sam proizvođač boja nalaže je da se u procesu štampe koriste sita maksimalne gustine do 120 niti/cm, kao i da su ove boje idealne za pamučne ili materijale koji su mešavina pamuka i sintetike.

Sirovinski sastav odabranih tekstilnih materijala bele boje utvrđen je standardom SRPS F.S2.112, a površinska masa SRPS F.S2.01 standardom (tabela 1.) [3].

Tabela 1. Karakteristike materijala korištenih u eksperimentu

Tekst. materijal	Sirovinski sastav	Povr. masa
Materijal 1	95,3 % viskoza 4,7 % elastin	213,56 g/m ²
Materijal 2	100 % pamuk	192,8 g/m ²
Materijal 3	81,2 % lan 18,8 % svila	202,84 g/m ²

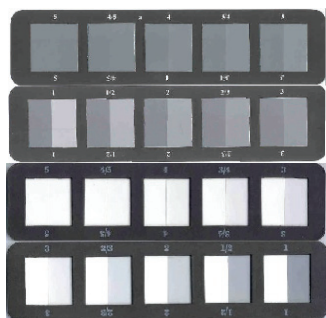
Veličina odštampanih polja iznosi 5 x 5 cm u skladu sa veličinom uzoraka neophodnih pri procesu pranja. Analizirana su četiri polja, sa sledećim bojama: prvo polje (C = 100 %, M = 0 %, Y = 0 %, K = 0 %), drugo polje (C = 0 %, M = 100 %, Y = 0 %, K = 0 %), treće polje (C = 0 %, M = 0 %, Y = 100 %, K = 0 %) i četvrto polje (C = 0 %, M = 0 %, Y = 0 %, K = 100 %).

Za određivanje podataka o spektrofotometrijskim CIE Lab vrednostima uzoraka nakon štampe i nakon izlaganja odštampanih uzoraka uticaju pranja, korišten je uređaj

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio doc. dr Nemanja Kašiković.

HP200 pri osvetljenju D65, standardnom uglu posmatranja 10° i merne geometrije d/8. Određivanje hromatskih vrednosti neophodnih vršeno je pomoću refleksionog spektrofotometra SpectroDens Techkon (osvetljenje D50, standardni posmatrač 2°, merna geometrija 0°/45°). Refleksija se meri u vidljivom delu spektra od 360 - 760 nm talasne dužine svetlosti. Simulacija procesa pranja izvršena je pomoću standardizovanog uređaja za pranje Launder-o-Meter, pri čemu je temperatura pranja iznosila je 30 °C u trajanju od 30 minuta. Nakon toga, vršena je vizuelna ocena postojanosti uzoraka na proces pranja prema standardu SPRS EN ISO 105-C06:2012. Boja otiska nakon procesa pranja poredila se sa vrednostima sive skale (slika 1). Siva skala se sastoji iz devet mernih polja: 5, 4-5, 4, 3-4, 3, 2-3, 2, 1-2, 1.



Slika 1. Siva skala za ocenjivanje promene boje otiska

Spektrofotometrijskim merenjima određene su ΔE vrednosti uzoraka pre i nakon izlaganja procesu pranja, pomoću formule:

$$\Delta E^*_{ab} = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (1)$$

pri čemu je: ΔL^* - razlika u svetlini, Δa^* - razlika u crveno-zelenoj osi spektra i Δb^* - razlika u plavo-žutoj osi spektra.

Ocenjivanje odstupanja boja, može se sprovesti na osnovi vrednosti kolorimetrijske razlike, prema sledećim kriterijumima [4]:

$\Delta E < 0,2$ razlika boja se ne vidi,

$\Delta E = (0,2 - 1)$ razlika boja se primećuje,

$\Delta E = (1 - 3)$ razlika boja se vidi,

$\Delta E = (3 - 6)$ razlika boja se dobro vidi i

$\Delta E > 6$ očigledna odstupanja boja.

Za mikroskopsku analizu uzoraka korišten je digitalni mikroskop Sibress Pit čime su snimani uzorci pre i nakon procesa pranja sa uvećanjem od 42x.

3. REZULTATI I DISKUSIJA

Nakon procesa štampe i nakon procesa pranja analizirani su uzorci odštampani na gustini sita 42 niti/cm, 100 niti/cm i 140 niti/cm. Merenje CIE Lab vrednosti vršeno je pomoću spektrofotometra HP200. Vrednosti u tabeli 2 dobijene su kao aritmetička sredina pet uzastopnih merenja.

Tabela 2. CIE Lab vrednosti koordinata boja odštampanih uzoraka

Uzorak	CIE L	CIE a	CIE b
1 - Cijan - A	45.24	0.38	-50.07
1 - Magenta - A	39.11	60.58	4.56

1 - Žuta - A	82.52	-5.40	95.44
1 - Crna - A	23.04	0.44	-7.60
1 - Cijan - B	50.74	-2.65	-47.95
1 - Magenta - B	42.05	61.29	1.42
1 - Žuta - B	83.29	-5.44	91.42
1 - Crna - B	26.19	0.44	-0.01
1 - Cijan - C	55.15	-5.77	-45.08
1 - Magenta - C	44.79	61.55	-1.92
1 - Žuta - C	83.30	-5.52	87.76
1 - Crna - C	26.93	0.42	-0.17
2 - Cijan - A	44.19	0.33	-46.71
2 - Magenta - A	38.61	57.45	3.87
2 - Žuta - A	81.6	-4.92	91.72
2 - Crna - A	24.30	0.32	-1.34
2 - Cijan - B	51.51	-2.54	-46.87
2 - Magenta - B	41.97	60.21	7.07
2 - Žuta - B	82.78	-2.95	91.37
2 - Crna - B	26.50	0.48	-0.17
2 - Cijan - C	57.92	-6.92	-42.47
2 - Magenta - C	44.18	60.69	-1.10
2 - Žuta - C	84.77	-5.13	85.30
2 - Crna - C	29.80	0.46	0.21
3 - Cijan - A	46.35	-1.17	47.11
3 - Magenta - A	39.78	58.03	0.56
3 - Žuta - A	81.17	5.36	88.90
3 - Crna - A	26.59	-0.06	-1.20
3 - Cijan - B	50.96	-3.63	-46.29
3 - Magenta - B	42.48	60.04	-38.33
3 - Žuta - B	82.03	-5.63	87.51
3 - Crna - B	26.76	-0.08	-1.19
3 - Cijan - C	55.06	-6.27	-44.55
3 - Magenta - C	44.42	60.25	-3.67
3 - Žuta - C	84.21	-5.86	80.79
3 - Crna - C	27.77	0.10	-1.35

Napomena: 1 - materijal 1, 2 - materijal 2, 3 - materijal 3, A - sito 42 niti/cm, B - sito 100 niti/cm, C - sito 140 niti/cm

Vizuelne ocene postojanosti odštampanih materijala na proces pranja predstavljene su u tabeli 3.

Tabela 3. Vizuelna ocena postojanosti uzoraka na proces pranja

Uzorak	Dobijene vrednosti*
1 - Cijan - A	3-4/4/4
1 - Magenta - A	3/3-4/4
1 - Žuta - A	4/4/4
1 - Crna - A	2-3/4/4
1 - Cijan - B	3/4/4
1 - Magenta - B	3/4/4
1 - Žuta - B	4/4/4
1 - Crna - B	2-3/4/4
1 - Cijan - C	3/4/4
1 - Magenta - C	2/4/4
1 - Žuta - C	4/4/4
1 - Crna - C	3/3-4/4
2 - Cijan - A	3-4/4/4
2 - Magenta - A	3/3-4/4
2 - Žuta - A	4/4/4
2 - Crna - A	4/3/3-4
2 - Cijan - B	3-4/3-4/4

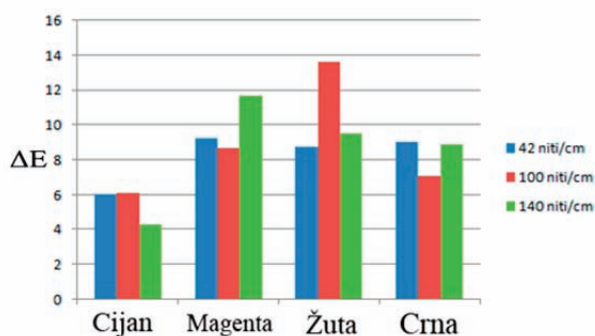
2 - Magenta - B	3-4/3-4/4
2 - Žuta - B	4/3-4/4
2 - Crna - B	3/3/3-4
2 - Cijan - C	3-4/4/4
2 - Magenta - C	3/3-4/4
2 - Žuta - C	4/4/4
2 - Crna - C	3-4/4/4
3 - Cijan - A	3-4/3/3-4
3 - Magenta - A	3-4/3/3-4
3 - Žuta - A	4/3-4/4
3 - Crna - A	3-4/3-4/3-4
3 - Cijan - B	3-4/3/3-4
3 - Magenta - B	3-4/3/3-4
3 - Žuta - B	4/3-4/4
3 - Crna - B	3-4/3/3-4
3 - Cijan - C	3-4/4/4
3 - Magenta - C	3/3-4/4
3 - Žuta - C	4/4/4
3 - Crna - C	3-4/3/4
Napomena: 1 - materijal 1, 2 - materijal 2, 3 - materijal 3, A - sito 42 niti/cm, B - sito 100 niti/cm, C - sito 140 niti/cm	
*Promenu boje otiska/prelazak boje na neodštampanu tkaninu/prelazak boje na prateću tkaninu.	

Dobijeni rezultati pokazuju da ocena promene boje obojenja varira između 2 – 4, što govori da su uzorci (kod kojih je dobijena ocena 2 ili 3) loši nakon procesa pranja. Za uzorke kod kojih je dobijena ocena postojanosti 4 (od maksimalne ocene 5) može se reći da imaju dobru postojanost nakon procesa pranja.

Pošto su standardizovana ocenjivanja bazirana na vizuelnoj subjektivnoj oceni, u ispitivanjima su korišćena i savremena spektrofotometrijska merenja, kako bi se dobile preciznije vrednosti za uticaj procesa pranja na kvalitet odštampanih uzoraka.

Poređenjem dobijenih vrednosti za CIE Lab vrednosti nakon štampe i nakon izlaganja odštampanih uzoraka procesu pranja određena je razlika boje (ΔE). Radi lakše preglednosti proračunate ΔE vrednosti predstavljenje su na slikama 2, 3 i 4.

Poređenje ΔE vrednosti različitih materijala nakon izlaganja uzoraka pranju - materijal 1



Slika 2. Poređenje ΔE vrednosti različitih materijala nakon izlaganja uzorka procesu pranja – materijal 1

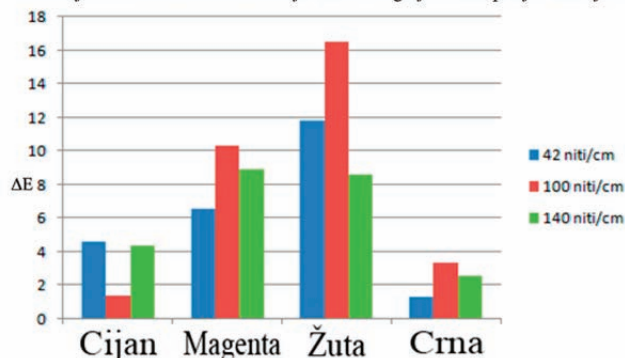
Na osnovu slike 2. veoma je lako uočiti da svaka od vrednosti nakon procesa pranja spada u velike razlike koje ljudsko primećuje. Utvrđena razlika boja za prvu grupu uzorka (materijal 1) odštampanih na situ gustine 42 niti/cm na cijan polju vrednost ΔE^*ab iznosi 6.03, na

polju magenta iznos 9.26, na polju žute iznosi 8.79 i na polju crne iznosi 9.04.

Za uzorke odštampane na situ gustine 100 niti/cm na cijan polju vrednost ΔE^*ab iznosi 6.08, na polju magenta iznosi 8.72, na polju žute iznosi 13.60 i na polju crne iznosi 7.09.

I za uzorke odštampane na situ gustine 140 niti/cm na cijan polju vrednost ΔE^*ab iznosi 4.3, na polju magenta iznosi 11.69, na polju žute iznosi 9.51 i na polju crne iznosi 8.9.

Poređenje ΔE vrednosti različitih materijala nakon izlaganja uzoraka pranju - materijal 2



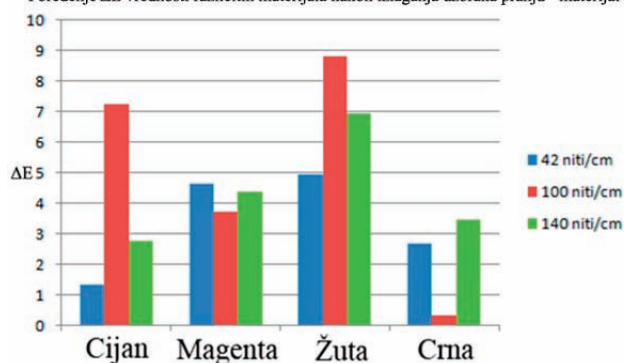
Slika 3. Poređenje ΔE vrednosti različitih materijala nakon izlaganja uzorka procesu pranja – materijal 2

Utvrđena razlika boja (slika 3.) za prvu grupu uzorka (materijal 2) odštampanih na situ gustine 42 niti/cm na cijan polju vrednost ΔE^*ab iznosi 4.64, na polju magenta iznos 6.59 na polju žute iznosi 11.82 i na polju crne boje iznosi 1.33.

Za uzorke odštampane na situ gustine 100 niti/cm na cijan polju vrednost ΔE^*ab iznosi 1.37, na polju magenta iznosi 10.31, na polju žute iznosi 16.51 i na polju crne iznosi 3.33.

I za uzorke odštampane na situ gustine 140 niti/cm na cijan polju vrednost ΔE^*ab iznosi 4.41, na polju magenta iznosi 8.94, na polju žute iznosi 8.64 i na polju crne iznosi 2.6.

Poređenje ΔE vrednosti različitih materijala nakon izlaganja uzoraka pranju - materijal 3

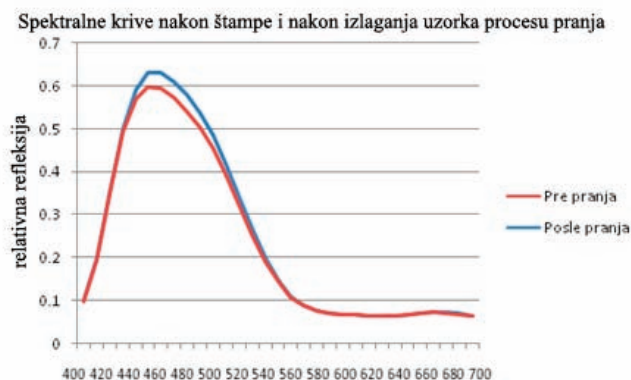


Slika 4. Poređenje ΔE vrednosti različitih materijala nakon izlaganja uzorka procesu pranja – materijal 3

Utvrđena razlika boja (slika 4.) za prvu grupu uzorka (materijal 3) odštampanih na situ gustine 42 niti/cm, na cijan polju vrednost ΔE^*ab iznosi 1.33, na polju magenta iznos 4.63, na polju žute iznosi 4.93 i na polju crne iznosi 2.69.

Za uzorke odštampane na situ gustine 100 niti/cm na cijan polju vrednost ΔE^*ab iznosi 7.23, na polju magenta iznosi 3.72, na polju žute iznosi 8.83 i na polju crne iznosi 0.33. I za uzorke odštampane na situ gustine 140 niti/cm na cijan polju vrednost ΔE^*ab iznosi 2.77, na polju magenta iznosi 4.38, na polju žute iznosi 6.97 i na polju crne iznosi 3.49.

Pomoću SpectroDens uređaja dobijene su spektralne krive. Pomoću ove analize praćeno je kako će proces pranja da utiče na reflektivnost površine.

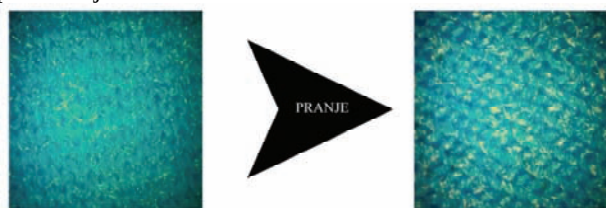


Slika 5. Spektralna kriva cijana na materijalu 1 (42 niti/cm)

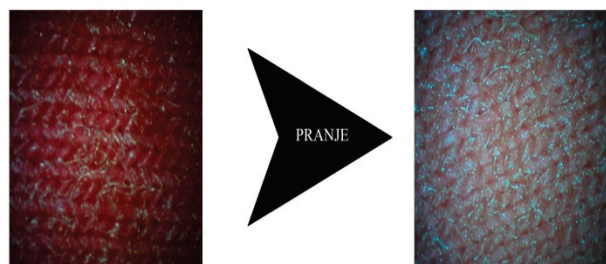
Na osnovu slike 5. zaključuje se da nakon procesa pranja dolazi do povećanja reflektivnosti površine. Uzrok toga je zato što nakon procesa pranja površina uzorka postaje manje hrapavija i samim tim reflektivnija. Isto se ponašaju ostali uzorci, ali zbog ograničenosti prostorom preostali grafici neće biti predstavljeni.

Na slikama 6, 7, 8 i 9 predstavljeni su mikroskopski snimci uzoraka nakon štampe i nakon izlaganja procesu pranja (materijal 1).

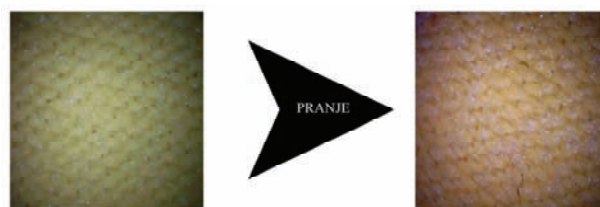
I ove slike su pokazala izmereno, tj. da se svetlina povećava nakon pranja uzoraka. Isto se ponašaju svi ostali uzorci, ali zbog ograničenosti prostorom oni nisu predstavljeni.



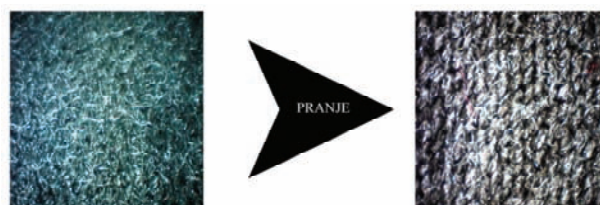
Slika 6. Uzorak 1 – Cijan - A pre i nakon procesa pranja



Slika 7. Uzorak 1 – Magenta - A pre i nakon procesa pranja



Slika 8. Uzorak 1 – Žuta - A pre i nakon procesa pranja



Slika 9. Uzorak 1 – Crna - A pre i nakon procesa pranja

4. ZAKLJUČAK

Dobijeni rezultati pokazuju da dolazi do promene u kvalitetu otiska nakon izlaganja uzoraka procesu pranja. Poređenjem otisaka pre i nakon procesa pranja dobija se razlika boje (ΔE) koja pripada masivnoj razlici, vrlo lako uočljivoj ljudskim okom.

Zaključuje se da nakon procesa pranja dolazi do povećanja reflektivnosti površine. Uzrok toga je zato što nakon procesa pranja površina uzorka postaje manje hrapavija i samim tim reflektivnija. Rezultati vizuelne ocena uzoraka variraju između ocene 2 – 4 što pokazuje da je postojanost određenih uzoraka lošijeg kvaliteta. Potencijalni nastavak istraživanja bio bi usmeren ka dubljoj analizi uzoraka.

Pre svega na analizu površinske hrapavosti koja je usko povezana sa refleksijom koja je obrađena u radu. Zatim snimanjem uzoraka elektronskim mikroskopom zbog boljeg uvida u izgled niti pre i nakon procesa pranja.

I na kraju celokupnu analizu koja je obrađena u radu sa poređenjem rezultata nakon jednog pranja, tri pranja, pet pranja i deset pranja. Time bi se dobile dovoljne količine informacija o količini promene koje su prouzrokovane procesom pranja.

5. LITERATURA

- [1] J. Piao, K. Suna, N. Zhang, S. Xub, "A study of process parameters of LSM and LSM-YSZ composite cathode films prepared by screen-printing", Journal of Power Sources, 175, 288–295, 2008.
- [2] D. Novaković, N. Kašiković, "Propusna štampa", Novi Sad, Srbija, 2013.
- [3] SRPS standardi: F.S2.01 I F.S2.112
- [4] K. Schlapfer, W. Steiger, J. Gronberg, "Features of color management systems" UGRA Report 113/1, Association for the Promotion of Research in the Graphic Arts Industry, 1998.

Podaci za kontakt:

MSc Dragan Obradović, stashabre@hotmail.com

Dr Nemanja Kašiković, knemanja@uns.ac.rs

MSc Rastko Milošević rastko.m@uns.ac.rs

ZAŠTITA ŽIVOTNE SREDINE U PROSTORNOM PLANIRANJU NEKIH EVROPSKIH GRADOVA**ENVIRONMENTAL PROTECTION IN SPATIAL PLANNING OF SOME EUROPEAN CITIES**

Zoran Miljanović, Slobodan Krnjetin, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – INŽENJERSTVO ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE

Kratak sadržaj – U radu je analizirano prostorno planiranje, predstavljeni su njegovi osnovni principi i zakonske regulative koje ga regulišu u oblasti zaštite životne sredine. Rad razmatra potrebu održivog urbanog razvoja koji je preduslov za stvaranje održivog grada. Takođe, detaljno su prikazani primeri uspešno realizovanih prostornih planova u nekim evropskim gradovima.

Abstract – The paper analyzes spatial planning, presented his basic principles and regulations that regulate it in the field of environmental protection. Paper discusses the need for sustainable urban development, which is a precondition for creating a sustainable city. Also, there are presented in detail, examples of successfully implemented spatial plans in some European cities.

Gljučne reči: Zaštita životne sredine, Prostorno planiranje, Urbano planiranje, Održivi razvoj

1. UVOD

U novije vreme u našoj zemlji, ali i u svetu, dolazi do intezivnog urbanog razvoja praćenog nizom problema vezanih za preteranu urbanizaciju. Pojavili su se gradovi koji sve više pritiskaju prirodni predeo što rezultira novim funkcionalnim odnosima u njima. To često nije praćeno uvećanjem kvaliteta života građana, već ekološkim, zdravstvenim, ali i socijalnim devijacijama.

Urbano planiranje se odnosi pre svega na funkcionalni razvoj naselja i ono ima za cilj, da realizacijom tog plana, obezbedi optimalno funkcionisanje svih elemenata naselja. Programiranje razvoja mora ravnopravno da tretira socijalne, ekonomske, tehnološke i ekološke segmente. Mora da vodi računa o sadašnjim i budućim generacijama.

2. ZAŠTITA ŽIVOTNE SREDINE

Jedan od osnovnih ciljeva prostornog planiranja jeste zaštita životne sredine, odnosno sprovođenje zaštite, unapređenje i očuvanje prirodnih vrednosti područja. Degradaciji i zagađenju životne sredine doprineli su:

- induslralizacija,
- urbanizacija,
- demografska eksplozija,
- loše prostorno i urbanističko planiranje,
- sve veća proizvodnja hemijskih jedinjenja,
- nekontrolisana primena hemijskih sredstava u poljoprivrednoj proizvodnji,
- sve veća upotreba novih sintetičkih materijala koji se ne mogu razgraditi biološkim i fizičkim metodama, itd.

Problem zagađenja životne sredine postao je alarmantan globalni problem. Zaštita i unapređenje životne sredine i održivo upravljanje prirodnim rasursima, predstavljaju jednu od najznačajnijih aktivnosti za dostizanje održivog prostornog razvoja. Posebno je značajno integrisanje zaštite životne sredine u okviru prostornog i urbanističkog planiranja, projektovanja izgradnje kroz strateške procene planova i programa, kao i procene uticaja pojedinačnih projekata [1].

3. PROSTORNO PLANIRANJE

Danas, gotovo sve razvijene zemlje u svetu imaju institucijalizovan sistem prostornog planiranja koje podrazumeva postojanje određenih nivoa podele nadležnosti i odgovornosti.

Prostorno planiranje je delatnost planiranja sa ciljem prostornog usklađivanja svih aktivnosti i procesa, održavanja i razvijanja povoljnih uslova za život i rad ljudi na određenoj teritoriji. Ekologija i zaštita životne sredine imaju veliki stepen interakcije sa prostornim planiranjem, jer im je cilj stvaranje humane i estetske sredine za život i rad ljudi, kao i očuvanje i racionalno upravljanje prirodom i njenim vrednostima.

Najvažniji principi prostornog planiranja su:

- Princip naučnosti,
- Princip svestranosti,
- Princip interdisciplinarnosti,
- Princip angažovanosti,
- Princip objektivnosti ili realnosti,
- Princip dugoročnosti,
- Princip istovremenosti,
- Princip konkretnosti,
- Princip razvojnosti,
- Princip kritičnosti,
- Princip elastičnosti ili fleksibilnosti,
- Princip kontinuiranog planiranja,
- Princip permanentnog planiranja,
- Princip demokratičnosti [1].

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Slobodan Krnjetin, red.prof.

3.1 Zakonske regulative zaštite životne sredine u prostornom planiranju

Nepostojanje jedinstvene metodologije izrade dela o životnoj sredini u planovima u našoj urbanističkoj praksi, često je dovodilo do nepostojanja nekih bitnih instrumenata i rešenja zaštite životne sredine, a naročito je nedostajalo uključanje javnosti u donošenje odluka o pitanjima zaštite životne sredine. Usvajanje prakse EU može u velikoj meri da popravi sadašnje stanje zaštite životne sredine u prostornom i urbanističkom planiranju. U našoj zemlji 2004. godine, u skladu sa evropskim, usvojen je paket novih zakona:

- Zakon o zaštiti životne sredine;
- Zakon o proceni uticaja na životnu sredinu (EIA);
- Zakon o strateškoj proceni uticaja na životnu sredinu (SEA);
- Zakon o integrisanom sprečavanju i kontroli zagađivanja životne sredine (IPPC) [2].

4. URBANO PLANIRANJE I ODRŽIVI RAZVOJ

Gradovi i njihovi delovi predstavljaju dinamične, kompleksne ekosisteme. Strategija ekološki zdravog urbanog razvoja treba da se zasniva na principima održivog razvoja globalnog sistema. Planiranje i upravljanje urbanim područjima treba da je usmereno na vođenje računa o kvalitetu životne sredine u okviru užeg ili šireg gradskog područja.

Da bi se omogućio dalji napredak ljudske populacije neophodno je usvajanje i primenjivanje održivog razvoja. Osnovna ideja održivog razvoja jeste zadovoljavanje potreba današnjih generacija, bez uskraćivanja mogućnosti narednim generacijama da zadovolje svoje potrebe.

Planiranje grada budućnosti predstavlja veliki izazov urbanog planiranja. Postoji veliki broj planerskih koncepcija koje mogu da dovedu do održivog urbanog razvoja. Ističu se tri modela u traganju za održivim urbanim razvojem:

1. model kompaktnog grada,
2. model socijalno zdravog grada,
3. model ekološkog (zelenog) grada [3].

5. PRIMERI ODRŽIVOG PROSTORNO-URBANOG PLANIRANJA

5.1 Hamarbi Sjostad (Stokholm, Švedska)

Hamarbi Sjostad je naselje izgrađeno na nekadašnjoj industrijskoj *brownfield* lokaciji, koje se nalazi na južnoj strani Hamarbi jezera, tri kilometara južno od centra grada Stokholma. Kada u potpunosti bude izgrađeno, na 200 ha zemljišta, naselje će imati 11.000 stambenih jedinica za oko 25.000 stanovnika, kao i 200.000 m² komercijalnog prostora koji će obezbediti 10.000 radnih mesta. Završetak radova je planiran za 2015. godinu.

Neki osnovni ciljevi projekta:

- Socijalni: učešće građana, atraktivna i održiva mesta za život i rad;
- Upotreba zemljišta: ponovno korišćenje *brownfield* lokacija za atraktivne stambene

oblasti sa prelepim parkovima i zelenim javnim prostorima;

- Urbanističko planiranje: moderno-tradicionalna arhitektura;
- Građevinski materijal: održivo-ekološki materijali;
- Transport i mobilnost: 80% putovanja obavljaće se biciklom, pešačenjem ili javnim prevozom, od čega 25% električnim-biogas vozilima;
- Energija: potrošnja energije zgrada od 50 kWh/m² godišnje od kojih je 15 kWh/m² za električnu energiju; 100% obnovljivi izvori energije, korišćenje 80% energije iz otpada, proizvodnja biogasa iz mulja;
- Voda: 60% smanjenje potrošnje vode po osobi;
- Otpad: 90% smanjenje deponije otpada i 40% smanjenje ukupno proizvedenog otpada. [4]

5.1.1 „Hamarbi model” - jedinstveni eko-ciklus

Radi dostizanja postavljenih ciljeva razvijen je eko-ciklus „Hamarbi model” (šema 1.). On pokazuje interakciju prerade otpadnih voda i snabdevanja energijom, kako se rukuje otpadom i kakva je dobrobit društva od modernog sistema kanalizacije i sistema za preradu otpada.

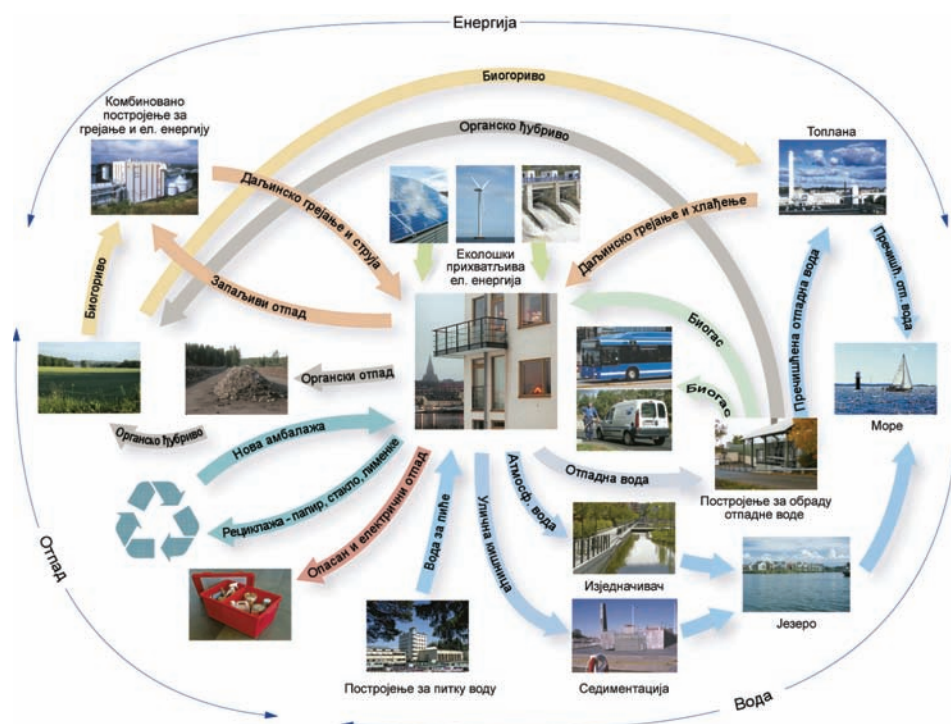
Energija

Ukupno snabdevanje Hamarbi Sjostada energijom zasniva se samo na obnovljivim izvorima. Proizvodnja električne energije zasnovana je na solarnim ćelijama, hidroenergiji i tehnologiji biogoriva. Solarne ćelije su instalirane na nekoliko fasada i krovova zgrada. Energija modula solarne ćelije od 1 m² obezbeđuje oko 100 kWh godišnje. Što se tiče zagrevanja objekata, postrojenje za kombinovanu proizvodnju energija koristi sortirani, zapaljivi otpad kao gorivo za proizvodnju električne energije i toplote za daljinsko grijanje. Drugi primer održivog snabdevanja toplotnom energijom je toplana koja koristi otpadnu toplotu tretirane otpadne vode, koja dolazi iz postrojenja za tretman otpadnih voda. Još jedan izvor energije za naselje je biogas. Otpadne vode se prečišćavaju u postrojenju izvan naselja gde se kanizacioni mulj konvertuje u biogas [5].

Otpad

U Hamarbi Sjostadu postoje tri različita nivoa upravljanja otpadom:

- Upravljanje otpadom na nivou zgrade: otpad koji je najteži i generiše najveće količine (zapaljivi otpad, otpad od hrane, papir) sortira se i deponuje kroz različite odvodne cevi unutar ili pored zgrade koje su deo automatizovanog sistema prikupljanja otpada;
- Upravljanje otpadom na nivou bloka: ove vrste otpada (staklo, plastična i metalna ambalaža, kabasti otpad tj. stari nameštaj, električni i elektronski otpad, tekstil) odlazi se u kontejnere u prostorijama za reciklažu, koje se nalaze u okviru bloka;
- Upravljanje otpadom na nivou oblasti: opasan otpad kao što su boje, lakovi, lepak, baterije, itd. moraju se sortirati i predati u informativni centar.



Šema 1. Hamarbi model [5]

Sve vrste otpada koje se prikupe recikliraju se ili se koriste kao gorivo u proizvodnji toplotne i električne energije. Otpad od hrane se kompostira, a krajni cilj je da se konvertuje u biogas i bio-đubrivo [5].

Voda

Zahvaljujući ekološkim instalacijama i uređajima (mašine za sudove i pranje veša, vodikotliči, slavine) stanovnici Hamarbi Sjostada se nadaju da će njihova potrošnja biti 100 litara vode dnevno po osobi.

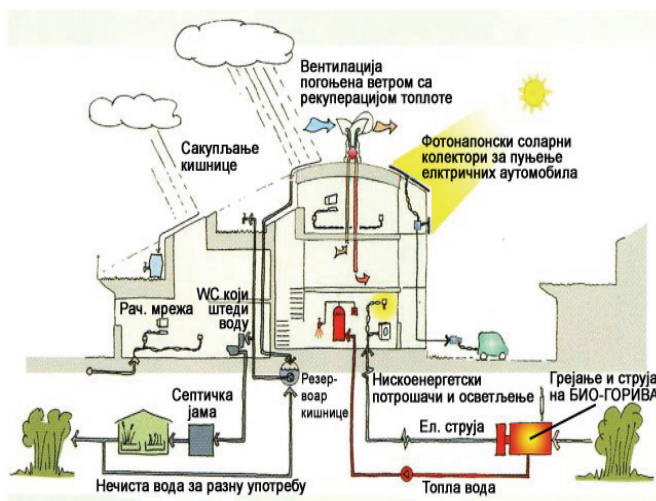
U postrojenju za prečišćavanje otpadnih voda, organski materijal se odvaja od komunalnih otpadnih voda u obliku mulja. Mulj se prenosi do velikih rezervoara za digestiju (varenje), gde se pretvara u biogas. Biogas se primarno koristi kao gorivo u gradskim autobusima, kamionima za smeće i taksi vozilima. Takođe, biogas se koristi u oko 1.000 gasnih peći u Hamarbi Sjostadu. Kada se proces digestije završi, čvrsta organska materija koja ostane može se koristiti na poljoprivrednom zemljištu i u proizvodnji zemljišnog đubriva.

U Hamarbi Sjostadu sve atmosferske vode se tretiraju lokalno na različite načine. Atmosferske vode iz gradskih blokova se infiltriraju u zemlju ili se odvoде путем три дренаžna kanala. Voda sa okolnih zgrada, путем brojnih oluka, uliva se u kanale koji prolaze kroz parkove, путем kojih se dalje uliva u Hamarbi jezero [5].

5.2 BedZED (Saton, Velika Britanija)

BedZED je eko-zajednica, koja se nalazi južno od Londona u gradići Saton. Projekat je pokrenut 1999. godine od strane ekološke organizacije *BioRegional*, a završen je 2002. godine. Ilustruje razvoj današnjih ekoloških tehnologija i pokazuje da održivi način života može da se postigne bez ugrožavanja karakteristika savremenog urbanog života. BedZED se prostire na 1,42 ha, i uključuje mešavinu: 82 stana, 3.000 m²

komercijalnog i radnog prostora, javnih ustanova, itd. Trenutno je dom za 220 stanovnika. Izgrađen je na *brownfield* lokaciji, uglavnom od recikliranog materijala. Karakterističan oblik zgrada je direktna posledica planiranja za određenu gustinu naseljenosti u kombinaciji sa dnevnim svetlom, svežim vazduhom, kao i pristupom otvorenom prostoru. Solarne ćelije su integrisane u vertikalnim južnim fasadama, a takođe čine i veliku instalaciju na južnim delovima krovova. Velike isturene vetro-kapuljače, odgovorne za cirkulaciju svežeg vazduha i rekuperaciju toplote, smenjuju se sa krovnim pokrivačem od seduma koji doprinosi upravljanju kišnicom. Severni deo krova zgrade je nagnut, da bi sunčevi zraci u toku najkraćeg dana u godini dosegli sledeći red zgrada, i sadrži niz terasnih krovnih vrtova u kojima se mogu saditi biljke koje se koriste u ishrani (šema 2.) [6].



Šema 2. Mehanički i električni sistem zgrade [6]

Neki od osnovnih ciljeva projekta su:

- nekorišćenje fosilnih goriva;
- smanjenje energije koja se koristi za prevoz za 50%;
- smanjenje potrošnje električne energije za 33%;
- smanjenje potrebe grejanja za 90%;
- korišćenje obnovljivih izvora energije;
- smanjenje potrošnje vode za 33%;
- smanjenje otpada i podsticanje reciklaže;
- razvoj lokalnih resursa;
- razvijanje biodiverziteta [6].

5.2.1 Energija

Zgrade su projektovane tako da se smanje spoljašnje zidne površine. Gusti betonski blokovi i betonske ploče formiraju termalnu masu koja apsorbuje toplotu tokom toplih, a ispušta je u hladnijim periodima godine. Na ovaj način toplotni gubici su smanjeni, a svakodnevne aktivnosti kao što su kuvanje, korišćenje električnih aparata i toplota tela dovoljni su da ove super izolovane zgrade zadrže prijatnu temperaturu. Ovo eliminiše potrebu za centralnim grejanjem.

Vetro-kapuljače na krovovima sastoje se od kombinacije ulaznih i izlaznih kanala i okreću se u pravcu vetra, a ulazni i izlazni kanali se mešaju u pločastom razmenjivaču toplote koji se nalazi na dnu kapuljače. One kombinuju topao vazduh koji izlazi sa hladnim vazduhom koji ulazi, i na taj način se greje ulazni vazduh sa toplotom izlaznog. Međutim, one takođe rade i u suprotnom smeru, ako je izlazni vazduh hladan onda se ulazni vazduh hladi. Ovaj sistem je u stanju da oporavi do 70% odlazeće toplote, tako da je on posebno dobar za održavanje kuće toplom.

Postrojenje za kombinovanu proizvodnju toplote i energije je dizajnirano da obezbedi električnu struju i toplu vodu. Tehnologija je zasnovana na gasifikaciji.

BedZED ima 777 m² fotonaponskih panela, integrisanih na krovu i u prozorima na južnoj strani zgrada. Trenutno, električna energija se proizvodi za potrebe zgrada, a viškovi se isporučuju gradskoj mreži. Utvrđeno je da BedZED domaćinstva potroše 45% manje električne energije od prosečnog domaćinstva u Satonu. [6]

5.2.2 Upravljanje kišnicom i tretman otpadnih voda

Kišnica sa krovova se prikuplja i skladišti u rezervoare prečnika 1,2 m koji prolaze duž svakog bloka zgrada. Kišnica prolazi kroz fini samo-prečišćavajući filter pre ulaska u rezervoar, a zatim se pumpom isporučuje i koristi za ispiranje toleta, navodnjavanje i zalivanje bašta.

Postrojenje za tretman „zelene vode” je sistem aktivnog mulja sa produženom aeracijom. Sistem obuhvata dve podzemne linijske septičke jame praćene nizom rezervoara za tretiranje vode na biološki način. Tretirana opadna voda je dodatak kišnici u rezervoarima za skladištenje „zelene vode”, koja se koristi za ispiranje toaleta i navodnjavanje. „Zelena voda” je ustvari mašavina atmosferske i tretirane otpadne vode. [6]

5.2.3 Otpad

Svako BedZED domaćinstvo poseduje izdvojeno mesto za odlaganje otpada koje se nalazi u kuhinji ispod

sudopere. Kanta za otpad sastoji se iz više sekcija koje su označene različitim bojama, a boje se odnose na vrstu otpada. Ovakav način olakšava razdvajanje i odnošenje otpada u odgovarajuće kante za otpad van zgrada.

Metodom kompostiranja, kuhinjski i baštenski organski otpad se pretvara u kompost bogat hranljivim materijama koji se koristi u baštama, i na taj način se stvara sistem zatvorenog kruga. Stanovnici BedZED-a proizvode 104 kg otpada po osobi godišnje, što je za 68% manje u pređenju sa stanovnicima Satona. Oni recikliraju 60% ukupnog otpada, od čega 10% kompostiraju [6].

6. ZAKLJUČAK

Zaštita, unapređenje i racionalno korišćenje životne sredine sve više postaje primarni zadatak u borbi savremenog društva za ekološki zdravije i humanije uslove života i rada. Kako bi uslovi života čoveka zadovoljili njegove socijalne, ekonomske, zdravstvene i druge potrebe, unapređenje i korišćenje prostora mora biti u skladu sa načelima održivog razvoja.

7. LITERATURA

[1] J. Radosavljević, „Prostorno planiranje i zaštita životne sredine”, Fakultet zaštite na radu, Niš, 2010.

[2] S. Krnjetin, „Graditeljstvo i zaštita životne sredine”, Prometej, Novi Sad, 2004.

[3] R.V. Pantović, „Ekološka istina 2003. ”, In Proc. XI Naučno-stručni skup o prirodnim vrednostima i zaštiti životne sredine, pp. 229-231, Donji Milanovac, Jun 2003.

[4] A. Gaffney, V. Huang, K. Maravilla, N. Soubotin, „Hammarby Sjostad Case Study”, 2007.

<http://www.aeg7.com/assets/publications/hammarby%20sjostad.pdf>

[5] L. Fränne, „Hammarby Sjöstad – a unique environmental project in Stockholm”, 2007.

http://www.hammarbysjostad.se/inenglish/pdf/HS_miljo_bok_eng_ny.pdf

[6] N. Lazarus, „BedZED: Toolkit Part II”, 2009.

http://www.bioregional.com/files/publications/bedzed_toolkit_part_2.pdf

Kratka biografija:



Zoran Miljanović rođen je 1981. godine u Novom Sadu. Diplomski - master rad iz oblasti Graditeljstvo i zaštita životne sredine, na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, na temu „Zaštita životne sredine u prostornom planiranju nekih Evropskih gradova” odbranio je 2014. godine.



Slobodan Krnjetin rođen je 1954. godine u Novom Sadu. Diplomirao je na Građevinskom odseku Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu 1980. godine i redovan je profesor na Departmanu zaštite životne sredine istog fakulteta. Uže naučne oblasti kojima se bavi su: zaštita životne sredine u građevinarstvu i zaštita od požara.

**MOGUĆNOSTI MODELOVANJA EVAKUACIJE LJUDI U POŽARU – PRIMER
OBJEKTA GAS U RUMI****POSSIBILITIES OF MODELING EVACUATION OF PEOPLE IN THE FIRE – AN
EXAMPLE OF AN OBJECT GAS IN RUMA**

Jelena Miladinović, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

Oblast – INŽENJERSTVO ŽIVOTNE SREDINE

Kratak sadržaj – Požari su deo svakodnevnog života, uzrokuju velike materijalne štete i često ugrožavaju ljudske živote. Iz godine u godinu broj požara širom sveta je sve veći, a u poslednjoj deceniji problem požara je dostigao globalne razmere. Stoga, potreban je razvoj protivpožarne zaštite i svesti o značaju primene sistema zaštite od požara.

U ovom radu je dat pregled postojećih modela za simulaciju evakuacije i predstavljena je analiza i proračun vremena evakuacije ljudi u slučaju požara u Javnom preduzeću „Gas - Ruma“. Urađena je analiza najnepovoljnijih slučajeva evakuacije iz objekta, tj. dužina trajanja napuštanja objekta u slučaju požara, gde je u idealnim uslovima potrebno 1,8 minuta i 1,76 minuta za napuštanje objekta i predložene neke od mera koje bi dovele do poboljšanja objekta u smislu zaštite od požara i brže i sigurnije evakuacije.

Abstract – Fires are part of everyday life, causing great property damage and often threaten human lives. From year to year the number of fires around the world is increasing, and in the last decade of the fire problem has reached global proportions. Therefore, we need to develop fire protection and awareness about the importance of fire protection systems.

This paper provides an overview of existing models to simulate evacuation and presented analysis and timing of the evacuation of people in case of fire in a public company, Gas – Ruma. An analysis was made for the most a unfavorable cases of evacuation from an office building, that is, the length of leaving the building in case of fire, which in the most ideal conditions takes 1.8 minutes and 1.76 minutes for leaving the building and some measures were proposed that would lead to an improvement of the building in terms of fire protection, faster and safer evacuations.

Ključne reči: zaštita od požara, zakonska regulativa, modeli evakuacije, JP „Gas - Ruma“

1. UVOD

Jedna od pojava koja preti uništenju materijalnih dobara, životne sredine i ugrožavanja ljudskih života je požar. Iz

godine u godinu broj požara širom sveta je sve veći, a u poslednjoj deceniji problem požara je dostigao globalne razmere.

U današnje vreme, pri projektovanju i izgradnji većine industrijskih, poslovnih i objekata javne namene izostaje sistem zaštite od požara.

Kao posledica toga mnogi objekti su izgrađeni u blizini stambenih zona, bez zaštitnih pojaseva u odnosu na objekte u blizini, sa malim skladišnim prostorima, neadekvatnim pristupom za vatrogasna vozila, policiju i vozila hitne medicinske pomoći, bez rezervnog izlaza i bez odgovarajuće protivpožarne opreme i uređaja.

Tako izgrađeni objekti, u slučaju izbijanja požara, otežavaju evakuaciju ljudi i efikasno gašenje požara. Stoga, potreban je razvoj protivpožarne zaštite i svesti o opasnostima i posledicama požara.

Cilj ovog rada je pregled postojećih modela za simulaciju evakuacije i analiza Plana zaštite od požara JP „Gas – Ruma“, mogućnosti evakuacije ljudi iz navedenog objekta prema postojećim zakonima, pravilnicima i preporukama u oblasti zaštite od požara, kao i širenje svesti o značaju obezbeđivanja i sprovođenja pravilne i potpune evakuacije.

**2. ZAKONSKE REGULATIVE U OBLASTI
ZAŠTITE OD POŽARA**

U Republici Srbiji, protivpožarna zaštita je regulisana Zakonom o zaštiti od požara koji je usvojen 2009. godine u Narodnoj skupštini. Ovaj Zakon definiše i utvrđuje: sistem zaštite od požara, subjekte zaštite od požara, načela zaštite od požara, planiranje i organizovanje zaštite od požara, mere zaštite od požara, organizaciju vatrogasne službe, nadzor nad sprovođenjem zaštite od požara i dr.

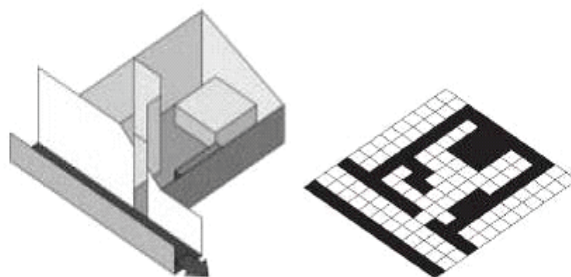
Postoje i pravilnici koji detaljnije pravno regulišu ovu oblast kao što su:

- Pravilnik o tehničkim normativama za spoljašnju i unutrašnju hidrantsku mrežu za gašenje požara,
- Pravilnik o tehničkim normativama za sisteme za gašenje požara pirotehnički generisanim aerosolima,
- Pravilnik o tehničkim normativima za pristupne puteve, okretnice i uređene platoe za vatrogasna vozila u blizini objekata povećanog rizika od požara,
- Pravilnik o tehničkim normativama za stabilne instalacije za dojavu požara,

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Slobodan Krnjetin, red. prof.

- Pravilnik o tehničkim normativama za zaštitu garaža za putničke automobile od požara i eksplozija,
- Pravilnik o tehničkim normativama za zaštitu skladišta od požara i eksplozija,
- Pravilnik o tehničkim normativama za zaštitu visokih objekata od požara,
- Pravilnik o minimumu tehničke dokumentacije za izdavanje odobrenja za izgradnju objekata visokogradnje.



Slika 1. Primer predstavljanja prostora modelom ćelijskih mreža [1]

3. EVAKUACIJA I MODELI EVAKUACIJE

Evakuacija (prema SRPS TP 21) je udaljavanje ljudi u slučaju opasnosti od ugroženog do bezbednog mesta. Planiranje evakuacije vrši se na osnovu Procene ugroženosti, u cilju pravovremenih priprema za organizovano sprovođenje evakuacije.

Planom evakuacije utvrđuju se i razrađuju procedure sprovođenja mera i zadataka evakuacije, zadaci, način delovanja i odgovornost svih učesnika u sprovođenju evakuacije.

Proračuni evakuacije sve više postaju nezaobilazan deo analiza na bazi performansi za procenu nivoa bezbednosti u zgradama. Inženjeri koriste grube ručne proračune za procenu nivoa bezbednosti, ali u nekim slučajevima se koriste i modeli za evakuaciju.

Postojeći modeli za simulaciju evakuacije omogućavaju dizajnerima da brzo procene i dobiju rezultate evakuacije za različite situacije, kao i raspored unutrašnje strukture zgrade.

Osnovna podela modela je izvršena na osnovu njihove dostupnosti:

- u zavisnosti od toga da li su javno dostupni,
- dostupni na savetodavnoj osnovi,
- ili je njihova upotreba prevaziđena.

Osnovne karakteristike modela za evakuacije su : metod modelovanja, svrha, struktura i perspektiva modela, načini simulacije pokreta i ponašanja, izlazi, upotreba parametara požara, vizualizacija, upotreba CAD crteža, validacija. Prema osnovnoj podeli prema dostupnosti, postoje sledeće vrste modela:

- Javno dostupni modeli: Upravljački modeli, CA modeli (building EXODUS I STEPS), EVACNET4, TIMTEX, WAYOUT, PedGo.
- Modeli dostupni na savetodavnoj osnovi: PathFinder, EESCAPE, Myriad, ALLSAFE, CRISP, EGRESS.
- Prevaziđeni modeli: Takahashi's Fluid Model, EgressPro, BFIRE-2, VEGAS.
- Modeli čija je dostupnost nepoznata: Magnetic Model, E-SCAPE.

CA modeli (Modeli ćelijskih mreža)

Modeli ćelijskih mreža (Dijkstra 2000, Kirchner 2003) definišu modelovanje pešaka kao matematičko idealne ili fizičke sisteme u kome su prostor i vreme diskretni, a fizičke veličine predstavljene kao konačan skup diskretnih vrednosti. Ćelijsku mrežu čini pravilno uniformna mreža (2D niz) sa diskretnom promenljivom u svakoj ćeliji. Zidovi i ostale čvrste prepreke su crni, dok su bele ćelije površine koje mogu biti ispunjene pešacima.

Kada se simulira ljudsko ponašanje modelu su neophodni psihološki faktori koji utiču na njihove odluke. Na primer, kada se simulira panika tokom evakuacije, treba razmotriti sledeće situacije:

- Pojedinci ne mogu biti svesni unutrašnjeg povezivanja zgrade i stoga mogu ignorisati neke pogodne staze za evakuaciju (Sajm, 1984).
- Povećanje nivoa stresa ima efekat smanjivanja potpunog funkcionisanja ljudskih čula što dovodi do opšteg smanjenja svesti, posebno sposobnosti da se individua brzo orijentiše u prostoru, odnosno sobi i ostalim prostorijama (Valdu i saradnici 2003).
- Ljudi koji nisu adekvatno obučeni su skloni stresu i mogu se dovesti do situacije u kojoj, zbog vremenskog pritiska nisu u stanju da donesu pravu odluku. Sa druge strane, obučeni pojedinci poput vatrogasaca se bolje bore sa dinamički promenljivom sredinom i na osnovu percepcije i znanja o životnoj sredini biraju najbolju seriju akcija.

Za opis modela ćelijskih mreža (CA) izabrana su dva predstavnika (Exodus i Steps) kako bi se utvrdilo koliko tačno ova vrsta modela može da simulira ljudsko ponašanje.

4. KARAKTERISTIKE OBJEKA JP „GAS – RUMA“ I ANALIZA NAJNEPOVOLJNIJIH SLUČAJEVA

Javno preduzeće „Gas – Ruma“ nalazi se u ulici JNA. U svom sastavu JP poseduje poslovni objekat u Rumi, merno-regulacione stanice i razvodne i distributivne gasovode na teritoriji opština Ruma (sva naseljena mesta) i Irig.

Objekat Javnog preduzeća nalazi se u ulici JNA 136. Poslovni objekat je prizeman sa jednim delom tavanskog prostora pretvorenog u arhivu (potkrovlje) sa samostalnim ulazom, odvojen sa protivpožarnim zidovima od ostalih delova tavanskog prostora.

U dvorišnom prostoru nalazi se parking za motorna vozila. U središnjem delu dvorišnog prostora ima mesta za parkiranje 9 vozila, a uz servis 3 vozila.

U slučaju požara vozila u središnjem delu nisu direktno ugrožena, ali se moraju izmestiti iz bezbednosnih razloga i zbog oslobađanja prostora za vatrogasna vozila, dok vozila parkirana uz objekat moraju biti odmah izmeštena.

Gašenje požara sa spoljne strane objekta moguće je sa tri strane. Zapadni spoljni zid, prema parceli na kućnom broju 134, nije moguće gasiti spolja, zbog niskog ulaza u pasaž, jer vatrogasna vozila ne mogu ući u dvorišni prostor na toj parceli.

Istočni spoljni zid, u dužini od približno 9 m od ulice, koji je udaljen 40 cm od susednog objekta, a spojen nastavkom krovne konstrukcije (crep, letve, grede i podšiv) susednog objekta može da se gasi sa ulice ili iz dvorišnog prostora.

Ostatak istočnog spolnog zida, koji počinje od 21 m od ulice, a naslanja se na susedni objekat u dužini od 5 m, ostatak zida je slobodan, može da se gasi iz susednog dvorišta na parceli na kućnom broju 138 jer vatrogasna vozila mogu proći do tog dela.

Južni spoljni zid se graniči sa tri parcele, ali je prilaz vatrogasnim vozilima moguć samo sa jedne parcele, iz ulice Paunović Stanka Veljka, ali se sa te parcele može vatrogasnim crevima prići u celoj širini objekta.

Materije koje se koriste i sa kojima se raspolaže u JP „Gas – Ruma“ nose sa sobom potencijalne opasnosti u pogledu nastanka i širenja požara.

Te materije su: zapaljive i vatroopasne materije koje se koriste i čuvaju u objektu ili se koriste kao pregradni i izolacioni materijali biće podeljeni na čvrste materije (hartija, drvo, stiropor i tekstilna vlakna), gasove (hlorovodonična kiselina, kiseonik, acetilin, prirodni gas i tečni naftni gas) i tečnosti (dizel gorivo, benzin i boje).

Analiza najnepovoljnijeg slučaja

Na osnovu poznatih vrednosti specifične propusne moći izlaznih otvora q i broja evakuisanih lica N , koja će se evakuisati evakuacionim putem, može se odrediti vreme evakuacije. Broj lica za koje se procenjuje da će se evakuisati:

Iz protivpožarnog sektora I – 50 lica ($P = 246,66 \text{ m}^2$)

Iz protivpožarnog sektora II – 60 lica ($P = 158,97 \text{ m}^2$)

Iz protivpožarnog sektora III – 20 lica ($P = 86,31 \text{ m}^2$)

Iz protivpožarnog sektora IV – 50 lica ($P = 110,44 \text{ m}^2$)

Ukupan broj lica koji se kreće navedenim evakuacionim putem ka zbornom mestu 2 je $N = 180$. Propusna širina vrata i ajnforta iznosi 1 m i ona omogućava prolaz – izlaz $q = 61 \text{ osob/min}$.

Da bi prošao ukupan broj evakuisanih lica $N = 180$ ovim putem, na osnovu kriterijuma propusne moći, potrebno vreme T iznosi :

$$T = \frac{N}{q} = \frac{180 \text{ osob}}{61 \text{ osob/min}} = 2.95 \text{ min} \approx 3 \text{ min}$$

Ukupno vreme evakuacije lica, koja se nalaze na najudaljenijem položaju, a to je kancelarija broj 12 jednako je u ovom slučaju zbiru vremena potrebnih za izlazak iz prostora kancelarije 12 kroz kancelariju 11, vremena potrebnog za prolazak kroz hodnik (T_1), vremena potrebnog za dolazak do zbornog mesta 1 (T_2) i vremena potrebnog za dolazak do zbornog mesta 2 (T_3):

$$T = T_1 + T_2 + T_3$$

$$T_1 = \frac{l_1}{V_1} = \frac{15 \text{ m}}{50 \text{ m/min}} = 0.3 \text{ min}$$

Da bismo proverili vreme evakuacije prema kriterijumu najdužeg evakuacionog puta i brzine kretanja ljudi koji treba da prođu kroz hodnik, potrebno je sračunati gustinu ljudskog toka, koja predstavlja odnos zbira horizontalnih projekcija ljudi, koji formiraju kolonu, prema površini poda:

$$D = \frac{\sum f}{A} [\text{m}^2 / \text{m}^2]$$

Uzima se da je $f = 0.125 \text{ m}^2$, te je na prostoru hodnika površine 4 m^2 gustina ljudskog toka:

$$D_t = 17 \text{ osob} \cdot \frac{0.125 \text{ m}^2 / \text{osob}}{4 \text{ m}^2} = 0.53$$

Pri ovakvoj gustini toka, brzina kretanja ljudi je 50 m/min . Vreme potrebno da najudaljenije lice, od kancelarije dođe do izlaza iz hodnika ($L_{\max} = 15 \text{ m}$), pri ovakvim uslovima iznosi :

$$T_{21} = \frac{15 \text{ m}}{50 \text{ m/min}} = 0.3 \text{ min}$$

Dalje vreme kretanja od hodnika do zbornog mesta 1 iznosi :

$$T_{22} = \frac{30 \text{ m}}{50 \text{ m/min}} = 0.6 \text{ min}$$

Ukupno vreme evakuacije lica do zbornog mesta 1 iznosi:

$$T_2 = T_{21} + T_{22} = 0.3 \text{ min} + 0.6 = 0.9 \text{ min}$$

Vreme potrebno za napuštanje objekta od zbornog mesta 1 do zbornog mesta 2 je :

$$T_3 = \frac{L}{V} = \frac{30 \text{ m}}{50 \text{ m/min}} = 0.6 \text{ min}$$

Ukupno vreme evakuacije lica, koje se nalazi na najudaljenijem položaju jednako je zbiru vremena:

$T = T_1 + T_2 + T_3 = 0.3 \text{ min} + 0.9 \text{ min} + 0.6 \text{ min} = 1.8 \text{ min}$
Može se očekivati da bi se planirani broj ljudi $N = 17$ lica, mogao bezbedno evakuisati evakuacionim putem u roku od 1.8 min (približno 2 min), ali u najidealnijim uslovima, za koje je proračun rađen. Najidealniji uslovi bi bili da je svih 17 lica napustilo deo objekta iz požarnog sektora 2, a da požar ne preći širenju na ostale požarne sektore.

5. ZAKLJUČAK

Modeli evakuacije omogućavaju inženjerima, da pri projektovanju novih objekata, na osnovu unutrašnjeg rasporeda objekta brzo i lako izvrše proračun evakuacije što za rezultat ima povećanje bezbednosti ljudi u objektu. Stoga, modeli evakuacije doprinose razvoju i unapređivanju sistema zaštite od požara.

JP „Gas - Ruma“, u odnosu na evakuaciju ljudi u slučaju požara ima zadovoljene skoro sve kriterijume ali i nedostatke koji mogu ugroziti živote ljudi, a odnose se na neka građevinska rešenja, koja su u suprotnosti sa zahtevima ZOP –a. Na osnovu literaturnih podataka, koji su dobijeni probnim evakuacijama ljudi na sličnim objektima može se očekivati da bi se planirani broj lica $N = 17$ iz požarnog sektora 2 mogao bezbedno evakuisati evakuacionim putem u roku od oko 1,8 min (približno 2 min).

6. LITERATURA

[1] Nuria Pelechano and Ali Malkawi, T.C. Chan Center for Building Simulation and Energy Studies. University of Pennsylvania Philadelphia, PA 19104-6311. (USA)

[2] Pravila zaštite od požara JP „Gas – Ruma“, 2012 god.

[3] Slobodan Krnjetin, Miloš Kolarević Simulacija efekata požara i problemi evakuacije, Novi Sad, 2013.

[4] Zakon o zaštiti od požara, Službeni glasnik Republike Srbije br. 111/2009

Kratka biografija:



Jelena Miladinović je rođena u Novom Sadu 1990 god. Diplomski rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Inženjerstvo zaštite životne sredine odbranila je 2013. god.



Slobodan Krnjetin rođen je u Novom Sadu 1954. godine. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 2000. god., a izabran je u zvanje redovnog profesora 2005. Uža naučna oblast je Graditeljstvo i životna sredina.

**UPOTREBA GIS-a U ANALIZI RIZIKA I ODREĐIVANJU NAJPOVOLJNIJE RUTE
TRANSPORTA TNG-a KROZ NASELJENO MESTO****THE USE OF GIS IN RISK ANALYSIS AND DETERMINATION BEST
TRANSPORTATION ROUTES LPG THROUGH URBAN AREAS**

Snežana Nikitović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – UPRAVLJANJE RIZIKOM OD
KATASTROFALNIH DOGAĐAJA I POŽARA**

Kratak sadržaj – Savremena civilizacija se susreće sa veoma ozbiljnim problemom koji je proizvod industrijskog društva, a to je transport opasnih materija. Razvojem ljudskog društva a samim tim i postojećih znanja, postalo je jasno da su odgovarajuće obrađeni podaci, odnosno, informacije, po obimu i tačnosti, neophodni za iznalaženje najpovoljnijih ruta pri transportu opasnih materija. Međutim, njihovo gomilanje bez ikakvog značaja, potpuno je besmisleno. U tom smislu, geografski informacioni sistem daje nam mogućnost integracije i obrade različitih vrsta podataka radi finalnog generisanja bitnih informacija o proučavanom području, uz automatsko povezivanje sa adekvatnim kartografskim podlogama u cilju efikasnijeg i bržeg reagovanja jedinica za vanredne situacije.

Abstract – Modern civilization is faced with a very serious problem, which is a product of industrial society, which is the transport of dangerous goods. The development of human society and therefore the existing knowledge, it has become clear that the corresponding processed data, ie, information on the extent and accuracy necessary for finding the most suitable route to transport hazardous materials. However, their accumulation without any significance, it is completely pointless. In this sense, a geographic information system gives us the possibility of integrating and processing different types of data to generate the final bit of information about the study area, including automatic linking with appropriate mapping surfaces for more efficient and rapid response unit for emergencies.

Ključne reči: GIS, Analiza rizika, Najpovoljnija ruta

1 UVOD

Minimizacija rizika ima poseban značaj kada se ima u vidu činjenica da transport opasnih materija predstavlja potencijalnu opasnost, skoro uvek nepripremljenom i za zaštitu neobučenom stanovništvu, koje se nalazi u bližoj ili daljoj okolini duž trase kojom se odvija transport. Trasa kretanja se i inače navodi u dozvolama za prevoz, ali bez detalja, tako da su obično navedeni samo gradovi

preko kojih se obavlja transport. Posebnim merama se može detaljno propisati trasa kretanja, kako opasan teret ne bi prolazio kroz naseljena područja ili područja sa velikom gustinom stanovnika, ili velikim rizikom po prirodu [1].

**2 GEOGRAFSKI INFORMACIONI SISTEM
GIS**

Geografski informacioni sistem (GIS) se može opisati kao racionalno organizovan skup računarskog hardvera, softvera, geografskih podataka i korisnika, koji je projektovan tako da omogućava efikasno prikupljanje, čuvanje, obradu, analizu i prostorno prikazivanje geografskih i svih drugih informacija koje su od interesa za korisnika.

Analizirajući isključivo problematiku transporta opasnih materija, lako se uočava da je GIS našao značajnu primenu upravo u onim segmentima planiranja koji iziskuju uključivanje i obradu velikog broja parametara, precizne projekcije i vizuelno jasnu sliku mogućeg stanja, čak i u situacijama kada pojedini podaci nedostaju. Pre svega, tu se izdvaja postupak sprovođenja analize rizika prilikom pojave akcidenta, kao osnove za održivo planiranje, a potom i adekvatnu realizaciju transportne funkcije, u okviru koga GIS modeli omogućuju kvantifikaciju mogućeg rizika i veću preciznost prilikom njegove dalje analize u odnosu na postavljene kriterijume [2].

Svaki GIS projekat podrazumeva nekoliko takozvanih slojeva ili lejera koji sadrže prostorne podatke o različitim temama. Pomenuti slojevi se mogu slagati proizvoljnim redosledom u zavisnosti od toga šta tačno treba prikazati. Svaki sloj je povezan sa sopstvenom tablicom atributa, odnosno sa svojom bazom podataka. Birajući jedan ili više objekata na datom sloju, moguće je vršiti pregled i pripadajućih alfanumeričkih podataka koji tada postaju vidljivi. Nova mogućnost skladištenja kombinovanih podataka čini da je uvid u prostorne i atributne podatke višestruko brži. Kombinovanjem raznih slojeva otvaraju se i mogućnosti za sasvim nove vrste analiza podataka. Podaci koji su neophodni za upotrebu GIS-a, skladište se u fajlovima ili u bazi geopodataka.

3 PROCES PROCENE RIZIKA¹

Metod analize i procene rizika ima za cilj da identifikuje i kvantifikuje područja gde potencijalno može doći do

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio doc. dr Srđan Popov.

¹ Zbog ograničenog obima ovog rada, detalji ovog istraživanja, mogu se pročitati u master radu dostupnom u biblioteci Fakulteta tehničkih nauka pod naslovom „Upotreba GIS-a u analizi rizika i određivanju najpovoljnije rute transporta TNG-a kroz naseljeno mesto“

nastanka udesa. Proces procene rizika se može podeliti prema različitim kriterijumima i u zavisnosti od obima kompleksnosti sagledavanja problema. Svaki od delova, svojim kvalitativnim karakteristikama, zasebno čini kompleks postupaka i aktivnosti koje se preduzimaju u cilju procene rizika i služi kao osnova za dalje usavršavanje saznanja iz ove oblasti.

To su :

Identifikacija opasnosti - Predstavlja osnovu za proces upravljanja rizikom jer je u ovoj fazi potrebno obezbediti sve informacije i sve potrebne podatke o opasnim aktivnostima i opasnim materijama u transportu neophodnim za analizu posledica i procenu rizika.

Prikaz mogućeg razvoja događaja-scenarij - Ova faza ima za cilj da se na osnovu podataka o opasnim materijama, rutama transporta i mogućim tačkama nastanka udesa simulira mogući razvoj događaja odnosno udesa.

Procena verovatnoće nastanka udesa - Ova faza ima za cilj da se na osnovu statističkih podataka i na osnovu identifikacije opasnosti proceni verovatnoća nastanka udesa.

Analize posledica - Ova faza ima za cilj da predvidi obim mogućih posledica udesa i veličinu štete. Na osnovu prikupljenih podataka o opasnim materijama, rizičnim aktivnostima i mogućim tačkama nastanka udesa u procesu transporta, potrebno je simulirati mogući razvoj događaja koji obuhvata sagledavanje mogućeg obima udesa i posledica po život i zdravlje ljudi i životnu sredinu, kao i veličinu štete.

Procena rizika - Procena rizika predstavlja četvrtu fazu u kojoj sledi kvantifikovanje svih rezultata iz prve tri faze. Procena rizika predstavlja proces kojim se određuje rizik na osnovu verovatnoće nastanka udesa i obima mogućih posledica po život, zdravlje ljudi i životnu sredinu. Radi lakšeg određivanja verovatnoće nastanka udesa koristi se identifikacija opasnosti dok se obim mogućih posledica utvrđuje na osnovu modelovanja razvoja udesa i podataka dobijenih analizom povredivosti [3].

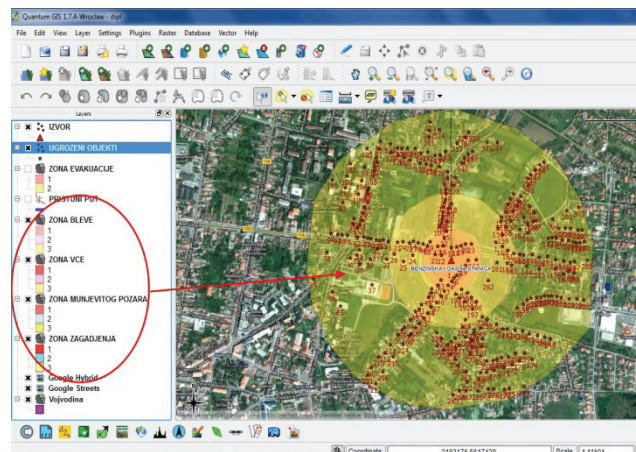
4 VIZUELNI PRIKAZ DOBIJENIH PODATAKA PRI ANALIZI AKCIDENTNIH SITUACIJA SA TNG CISTERNOM

Prvi korak u upravljanju vanrednim situacijama jeste identifikacija opasnosti, odnosno mogućih izvora opasnosti sa aspekta nastajanja udesa. Analizirani izvor opasnosti pri transportu tečnog naftnog gasa, TNG cisterne, kroz naseljeno mesto, jeste scenarij u kojem saobraćajna nezgoda dovodi do eksplozije, čije posledice su: udarni talas, požar i kontaminacija ljudi i životne sredine.

U GIS-u (slika 1) je predstavljeno dva scenarija najgoreg mogućeg slučaja koji su razmatrani u radu a to su:

- paljenje i eksplozija oblaka pare VCE,

paljenje i eksplozija cisterne TNG-a BLEVE.



Slika 1. Prikaz mogućih scenarija

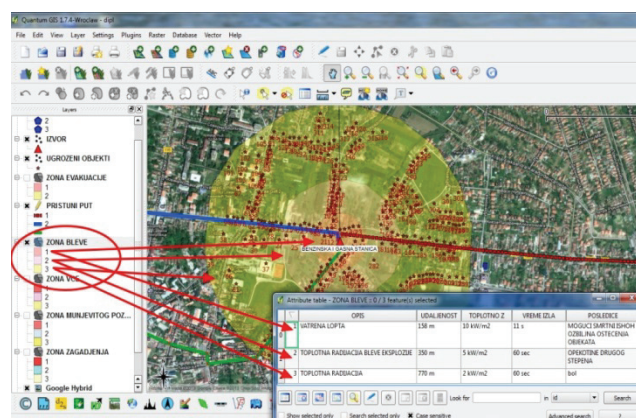
4.1 Povredive zone

Prema definisanim scenarijima izračunavaju se i modeliraju efekti udesa i određuje širina povredive zone.

Za izradu modela su potrebni sledeći podaci i parametri:

- količine hemijskih materija i agregatna stanja u kome se materije nalaze,
- način delovanja opasnih materija (eksplozija, požar, oslobađanje u atmosferu, zemljište ili vodu),
- podaci o prostoru u kojem se odigravaju udesi: zatvoren prostor, otvoren prostor,
- doba dana,
- topografske karakteristike terena,
- hidro-geološke karakteristike terena,
- naseljen ili ne naseljen prostor,
- meteorološki uslovi: brzina vetra i atmosferska stabilnost, spoljašnja temperatura i vlažnost vazduha.

Na slici 2 prikazan je model povredive zone u slučaju scenarija paljenje i eksplozija cisterne TNG-a, BLEV. Za svaku zonu u atributivnoj tabeli imamo podatke o širini zone, intenzitetu toplotno zračenja i posledicama po ljude i objekte koje bi prouzrokovao ovakav akcidentni događaj, prilikom izlaganja u određenom vremenskom intervalu.



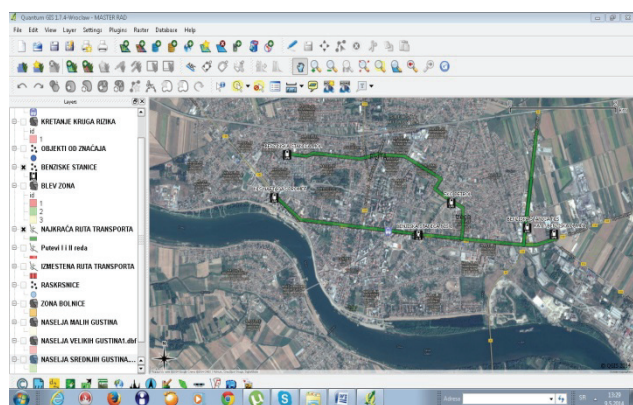
Slika 2. Povrediva zona BLEV

5 PRIMENA GIS-A ZA IZDVAJANJE OPTIMALNIH RUTA

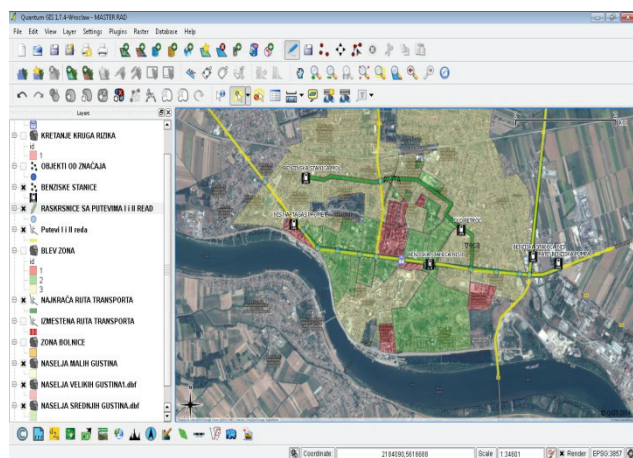
Odabir optimalne rute treba da zadovolji dva osnovna kriterijuma koja podrazumevaju minimalni rizik i minimalne troškove transporta. Potpuno je jasno da je nemoguće očekivati izdvajanje takve rute koja sa sobom neće nositi neki oblik i stepen rizika, ali se upravo postupkom utvrđivanja jedne ili više optimalnih, teži njegovom umanjenu i dovođenju na prihvatljiv nivo. Po pravilu, ako se sagledava isključivo rizik, troškovi transporta značajno rastu, tako da je neophodno analizirati oba pomenuta kriterijuma istovremeno.

U radu je korišćen GIS alat za izdvajanje optimalne rute koji se zasniva na analizi nekoliko kombinovanih kriterijuma kojima se težilo dobijanju najrealnijih rezultata. Polazi se od izdvajanja najkraće moguće rute (slika 3), koja kasnije neće biti vrednovana kao optimalna, ali služi kao osnova za poređenje sa drugim dobijenim predlozima i sagledavanje stepena njihovog odstupanja.

Zatim se uvodi kriterijum prostorne raspodele gustine stanovništva koji je prikazan na slici 4. Naselja sa najvećom gustinom stanovništva obeležena su crvenom bojom, naselja srednjih gustina zelenom a naselja malih gustina žutom bojom. [5].



Slika 3. Najkraća ruta



Slika 4. Prostorna raspodela gustine stanovništva

Sledeći kriterijum je uzet u odnosu na statističke podatke Republike Srbije o prostornoj raspodeli saobraćajnih

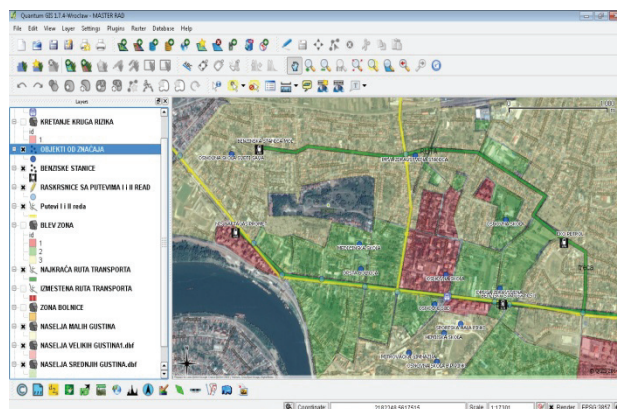
nezgoda u 2012. godini po kojoj su najugroženije deonice puteva prolasci državnih puteva (magistralni i regionalni) kroz naselja kao i raskrsnice lokalnih i tih puteva.

I kao poslednji kriterijum uzima se broj ugroženih objekata od posebnog značaja koji direktno utiču na obim i veličinu posledica u slučaju akcidenta. Kao objekti od posebnog značaja su izdvojene osnovne i srednje škole, sportska hala, bolnica i zdravstveni centri (slika 5).

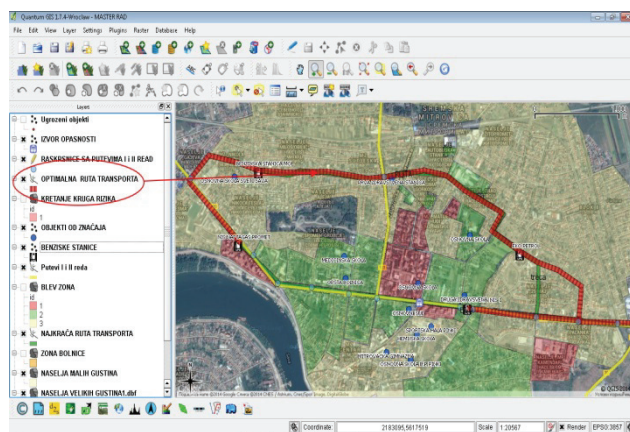
Kombinovanjem svih navedenih kriterijuma i njihovim vizuelnim prikazom u GIS-u dolazimo do zaključka da najrizičniji segment puta pri transportu TNG cisterne kroz

Sremsku Mitrovicu predstavlja deonica prikazana na slici 6., ulica Palanka. To je deo magistralnog puta, koji prolazi kroz naselja velikih i srednjih gustina i u čijoj blizini se nalazi veći broj objekata od značaja. Ujedno predstavlja i najkraći put transporta.

Iz tog razloga u radu smo izdvojili rutu koja ne ispunjava kriterijum minimalne dužine ali i ne odstupa mnogo od iste, čime nismo značajno povećali troškove transporta a zaobišli smo rizičnu deonicu. Izdvojena ruta koja se karakteriše kao optimalna (slika 6), izmeštena je sa putanje koja prolazi kroz zone stanovanja velikih i srednjih gustina a ujedno i deonicom magistralnog puta, čime se rizik po stanovništvo u slučaju akcidenta umanjuje.



Slika 5. Objekti od značaja



Slika 6. Optimalna ruta transporta

6 ZAKLJUČAK

Jedan od produkata postojanja i funkcionisanja modernog društva jeste transport opasnih materija koji svojim specifičnim karakteristikama može značajno ugroziti ljude, živi svet i kvalitet životne sredine uopšte. Upravo iz tog razloga neophodno je uspostaviti adekvatan sistem upravljanja transportom opasnih materija koji podrazumeva odgovoran odnos, praćenje i kontrolu kretanja materija od polazne do krajnje tačke.

Kao jedan segment rešavanja pomenutog problema u radu je predstavljena metodologija za izradu procene rizika, kojom se dobijaju rezultati o verovatnoći pojave akcidenta i obimu posledica, predstavljene kroz ugroženost lokalnog stanovništva duž maršrute kojom se odvija transport TNG-a. Dobijeni rezultati prikazuju verovatnoću pojave akcidenata, najgoreg mogućeg scenarija, BLEV eksplozije TNG cisterne i granice zone uticaja duž maršrute koja se koristi za transport, sa procenom stepena ozbiljnosti posledica na populaciju koja se nalazi unutar izdvojene zone.

U poslednjem delu rada dobijeni rezultati su korišćeni za izdavanje optimalne rute za obavljanje transporta TNG-a, kao mere prevencije, koja treba da uskladi ostvarenje dva bitna, ali delimično oprečna kriterijuma, smanjenje rizika i posledica od pojave akcidenata i smanjenje ekonomskih troškova odvijanja transportne funkcije. Upotrebom GIS-a, je omogućeno grafičko prikazivanje svake dobijene maršrute, čime se dodatno pruža mogućnost donošenja kvalitetne finalne odluke o najprihvatljivijoj ruti za odvijanje transporta TNG-a.

7 LITERATURA:

[1] Petković D., Jačarević S., „EKOLOŠKI INCIDENTI UZROKOVANI TRANSPORTOM I SKLADIŠTENJEM OPASNIH MATERIJIA I PRAVCI MOGUĆIH RJEŠENJA“, Seminar: UPRAVLJANJE OKOLIŠEM–OKOLIŠNI MENADŽMENT, Fojnica, 02-04.12.2004.

[2] Panić M., Milošević M., Jojić Glavonjić T., „MOGUĆNOST PRIMENE GIS-a ZA POTREBE PLANIRANJA TRANSPORTA OPASNOG OTPADA, GLASNIK SRPSKOG GEOGRAFSKOG DRUŠTVA“, SVESKA HS- Br. 1

[3] Sakulski D., Ćosić Đ., Popov S., Laban M., Pavlović A., Popović Lj., Novaković t., Simić j., „O METODOLOGIJI ZA IZRADU PROCENE UGROŽENOSTI OD DOGAĐAJA SA KATASTROFALNIM POSLEDICAMA“, Novi Sad, Novembar 2012.

[4] Biočanin R., Vojinović Miloradov M., Davorin V., „UPRAVLJANJE RIZIKOM PRI TRANSPORTU OPASNIH MATERIJIA“, 1st International Conference Ecological SAFETY POST-MODERN ENVIRONMENT, 26-27. Juny 2009. Banja Luka, RS, BiH

[5] <http://www.sremskamitrovica.org.rs/planovi/plan.pdf>

Kratka biografija:



Snežana Nikitović, rođena je u Sremskoj Mitrovici 1977. godine. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Upravljanja rizikom od katastrofalnih događaja i požara odbranila je 2014. godine.

**ISTRAŽIVANJE UTICAJA NA ŽIVOTNU SREDINU PROIZVODNJE KUKURUZOVINE
KAO SUPSTRATA ZA DOBIJANJE BIOGASA****INVESTIGATION ON ENVIRONMENTAL IMPACT OF CORN STOVER PRODUCTION
AS SUBSTRATE FOR BIOGAS GENERATION**

Jelena Rajčetić, Đorđe Đatkov, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – INŽENJERSTVO ZAŠTITE ŽIVOTNE
SREDINE**

Kratak sadržaj – Kukuruz predstavlja dominantnu biljnu vrstu u Vojvodini, te je potencijal za generisanje energije iz kukuruzovine, žetvenog ostatka, velik. Do sada je uticaj na životnu sredinu prilikom korišćenja kukuruzovine za dobijanje biogasa nedovoljno istražen. U master radu je razmotren uticaj na životnu sredinu, s aspekta bilansa energije i emisija gasova koji doprinose efektu staklene bašte. Zbog nepostojanja literaturnih podataka o potencijalnom prinosu biogasa i metana, sproveden je eksperiment koristeći uzorke najzastupljenijih hibrida kukuruza sakupljenih tokom sezona 2011.-2013. Neto dobijena energija je u opsegu od 24–41 GJ/ha, dok je energetska efikasnost između 4–7 MJ_p/MJ_f. Najveći udeo je u indirektnoj uloženoj energiji za proizvodnju azotnog hraniva (56,76 %), kao i direktnoj potrošnji dizel goriva (22,45 %). Emisije GHG specificirane u odnosu na dobijenu primarnu energiju su u opsegu od 68–140 g CO_{2,eq}/MJ_p. Najveći udeo čine emisije N₂O sa oko 35–45 %, a nakon toga emisije iz proizvodnje azotnog hraniva (14–18 %). Zaključeno je da je mera koja najviše doprinosi smanjenju uticaja na životnu sredinu upotreba ostatka fermentacije, čime se zamenjuje mineralno hranivo. Isto tako kod visokih prinosa kukuruzovine znatno se smanjuju ukupne emisije po MJ.

Abstract – Corn is the dominant field crop in Vojvodina, and the potential of corn stover for energy generation is large. Yet, the impact on the environment when using corn stover for biogas production has been insufficiently investigated. The master thesis deals with the impact on the environment in terms of energy balance and greenhouse gas emissions that contribute to the greenhouse effect. Due to the lack of literature data regarding potential yield of biogas and methane, an experiment using samples of the most common hybrids collected during the season of 2011.-2013. has been conducted. Net energy is in the range of 24–41 GJ/ha, while the energy efficiency 4–7 MJ_p/MJ_f. The largest influence on the energy input is indirectly from production of nitrogen nutrients (56,76 %), but from direct consumption of diesel fuel (22,45 %) as well. GHG emissions specified in relation to the primary energy are obtained in the range of 68–140 g CO_{2,eq}/MJ_p. Make up the largest share of emissions of N₂O from about 35–

45 %, followed by emissions from the production of nitrogen nutrients (14–18 %). It was concluded that the measure that contributes most to reducing the environmental impact use of the fermentation residue, which is replaced by a mineral nutrient. Also at high yield corn stover significantly reduce total emissions by MJ.

Ključne reči: kukuruzovina, supstrat, biogas, uticaj, životna sredina

1. UVOD

U Srbiji značajan potencijal za generisanje energije iz obnovljivih izvora energije je biomasa u iznosu od 64 % [1]. U AP Vojvodini, gde dominiraju poljoprivredne površine usled povoljnih agro – ekoloških uslova, najveći potencijal je u žetvenim ostacima. Kukuruz predstavlja ratarsku biljnu vrstu koja dominira u Vojvodini, te su značajne i količine žetvenih ostataka – kukuruzovine, koje preostaju i mogu se iskoristiti kao supstrat za dobijanje biogasa. Biogas spada u obnovljive izvore energije čijim se korišćenjem doprinosi ciljevima Direktive 2009/28/EC Evropske unije [2], koja je obavezna za članice kao i za sve zemlje koje to žele da postanu.

Zadatak rada je da se razmotri uticaj na životnu sredinu proizvodnje kukuruzovine kao supstrata za dobijanje biogasa, s aspekta bilansa energije i emisija gasova koji doprinose efektu staklene bašte.

2. MATERIJAL I METOD**2.1. Utvrđivanje prinosa i sastava biogasa**

U toku izrade rada, sproveden je eksperiment za potrebe dobijanja podataka o potencijalnom prinosu biogasa i metana iz kukuruzovine. Korišćeno je 5 vrsta hibrida kukuruza različitih FAO grupa (Pako, Luče, Korimbos, NS 6010 i Grekale). Koristio se inokulum iz poljoprivrednog biogas postrojenja koje je u sklopu poslovnog sistema Global Seed iz Čuruga. Podaci o hibridima uzeti su iz [3,4] gde je bilo obrađeno više vrsta, a za potrebe ovog istraživanja izabrani su najzastupljeniji hibridi.

Za svaki hibrid određen je sadržaj suve materije (SM) i organske suve materije (OSM) u skladu sa standardnim metodama [5,6]. Utvrđivanje potencijalnog prinosa i sastava biogasa razmatranog supstrata, kao i iz aktivnog mulja (negativna kontrola) i celuloze (pozitivna kontrola), sprovedeno je prema proceduri opisanoj u [7]. Prvi metod predstavljao je sušenje uzorka koji se koristi za određivanje SM, dok je drugi metod predstavljao žarenje

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Đorđe Đatkov, docent.

uzorka kako bi se odredila OSM. Koristile su se flaše od 1 L. Svaki uzorak je analiziran sa tri ponavljanja. Boce su postavljene u klimatsku komoru (MEMMERT IFE 600) na period od 30 dana i temperaturi od 37 ± 2 °C. Svaka boca je preko PVC creva i brzih spojnika bila povezana sa kesom za prikupljanje biogasa. Merenje prinosa biogasa sprovedeno je pomoću bubanjskog protokomera (RITTER TG1/1), a sakupljeni biogas u kesama je pogonjen pumpom (proizvođač KNF) kroz protokomer. Pomoću gasnog analizatora (GEOTECH BIOGAS 5000) određen je sastav biogasa, odnosno procentualni udeo CH_4 , CO_2 , O_2 i H_2S u biogasu. Na slici 1. prikazana je postavka eksperimenta– proizvodnja biogasa iz supstrata u staklenim flašama koje se nalaze u klimatskoj komori.



Slika 1. Pripremljene boce u klimatskoj komori

2.2. Energetski bilans proizvodnje kukuruzovine

Za sprovođenje energetskog bilansa razmatra se ukupna uložena i dobijena energija. Kod računanja inputa prvo se posmatra potrošnja goriva tokom radnih operacija za proizvodnju kukuruzovine (86,24 L/ha). Podaci su uzeti za parcelu od 2 ha za srednji prinos i klasičnu obradu zemljišta [8].

U radu je posmatrana uložena energija koja se tiče raspoložive kukuruzovine i može se iskoristi kao supstrat, te se moralo pristupiti masenoj alokaciji. Prinosi kukuruzovine variraju u zavisnosti od postupka ubiranja. U ovom radu razmatrani su podaci za 2011. i 2012. godinu gde je nakon ubiranja kukuruza ostalo 20 cm kukuruzovine na polju, dok je za 2013. godinu ostalo 70 cm. U daljem tekstu, radi lakšeg poređenja, koristiće se termini prvi slučaj za postupak ubiranja iz 2011. i 2012. godine, i drugi slučaj za postupak iz 2013. godine.

U tabeli 1. prikazani su podaci o prinosima hibrida nakon alokacije za oba slučaja ubiranja.

Tabela 1. Pregled prinosa hibrida

Hibridi	2011. i 2012.		2013.	
	Jedinica	Vrednost	Jedinica	Vrednost
Pako	t SM/ha	6,50	t SM/ha	7,16
Luče	t SM/ha	8,28	t SM/ha	6,50
Korimbos	t SM/ha	7,02	t SM/ha	4,54
NS 6010	t SM/ha	np	t SM/ha	5,03
Greka	t SM/ha	9,02	t SM/ha	7,84

SM– suva materija; np–nema podataka (ne postoje rapoloživi uzorci).

2.3. Emisije gasova koji doprinose efektu staklene bašte

U master radu je razmotren uticaj na životnu sredinu, s aspekta bilansa emisija gasova koji doprinose efektu

staklene bašte jer je najzančajniji i stvara najviše negativnog uticaja.

U radu su razmotrene emisije uljendioksida, azotnih oksida (azotsuboksida) i metana.

Vrednosti *Global Warming Potential* (GWP) za razmatrane gasove su sledeći: CO_2 (1), CH_4 (23) i N_2O (296) [9].

2.4 Korišćeni podaci

U tabeli 2. dat je prikaz podataka o količinama repromaterijala za proizvodnju kukuruzovine i njihove energetske vrednosti. Svi podaci preuzeti su iz [4] osim proizvodnje dizel goriva koji je preuzet iz [10].

Tabela 2. Korišćeni podaci o potrebnim količinama repromaterijala i uložena energija za njihovu proizvodnju

Količina i energija	Jedinica	Vrednost
Seme	kg/ha	8,00
Urea (47 %) ¹⁾	kg/ha	350,00
PK hranivo (16-8 %) ¹⁾	kg/ha	300,00
Pesticidi	l/ha	2,00
Seme	MJ/kg	93,00
Urea	MJ/kg	60,00
P hranivo	MJ/kg	14,00
K hranivo	MJ/kg	12,00
Pesticidi	MJ/kg	250,00
Proizvodnja dizel goriva	MJ/l	9,10
Prosečna potrošnja dizela	l/ha	86,24
DTM dizela ²⁾	MJ/kg	44,30

Napomena: ¹⁾ udeo aktivne materije; ²⁾ DTM- donja toplotna moć

Za računanje dobijene energije koristili su se podaci o prinosu kukuruzovine, prinosu biogasa, udelu metana i njegovoj donjoj toplotnoj moći koja iznosi 35,892 MJ/m³. Razmatrani su i gubici usled skladištenja koji su 9 % [8]. Ukupne emisije N_2O izačunate su prema [11].

U tabeli 3. prikazani su podaci o emisijama u toku proizvodnje repromaterijala.

Tabela 3. Emisije u toku proizvodnje repromaterijala

Emisije	Jedinica	Vrednost
Seme	kg $\text{CO}_{2,\text{eq}}$ /kg	3,31 [12]
Urea	kg $\text{CO}_{2,\text{eq}}$ /kg	1,01 [12]
P hranivo	kg $\text{CO}_{2,\text{eq}}$ /kg	0,58 [12]
K hranivo	kg $\text{CO}_{2,\text{eq}}$ /kg	1,93 [12]
Pesticidi	kg $\text{CO}_{2,\text{eq}}$ /kg	10,97 [13]
Mehanizacija	kg $\text{CO}_{2,\text{eq}}$ /MJ	550,00 [14]
Proizvodnja dizel goriva	kg $\text{CO}_{2,\text{eq}}$ /l	3,12 [12]
Sagorevanje dizel goriva	kg $\text{CO}_{2,\text{eq}}$ /l	2,79 [15]

3. REZULTATI I DISKUSIJA

3.1 Karakteristike kukuruzovine za proizvodnju biogasa

U tabeli 4. dati su dobijeni eksperimentalni podaci o sadržaju SM i OSM, prinosu biogasa i udelu metana za svaki hibrid pojedinačno. Za sve podatke se uzimala srednja vrednost.

Tabela 4. Karakteristike kukuruzovine

Hibridi	Udeo SM, %	Udeo OSM, %	Prinos biogasa, Stm ³ /tSM	Udeo metana, %
Pako	91,13	88,17	440,63	47,37
Luče	90,65	86,70	421,16	53,91
Korimbos	90,96	87,73	529,82	54,96
NS 6010	89,40	84,87	516,27	53,96
Grekale	89,41	85,72	374,59	53,53

3.2 Energetski bilans

U tabeli 5. dat je prikaz bilansa uložene eneregije za proizvodnju kukuruzovine po stavkama. Takođe su prikazani i procentualni udeli pojedinačnih stavki.

Tabela 5. Energetski bilans uložene energije po stavkama

Proračun	Vrednost, MJ/ha	% ¹⁾
N hranivo (ak. mat.)	9.660	56,76
P hranivo (ak. mat.)	672	3,95
K hranivo (ak. mat.)	288	1,69
Ukupna energija za proizvodnju hraniva	10.620	62,40
Pesticidi	500	2,94
Seme	744	4,37
Mehanizacija	550	3,23
Proizvodnja dizela	785	4,61
Sagorevanje dizela	3.820	22,45
Suma	17.019	100,00

Napomena: ¹⁾ udeo u ukupnoj uloženoj energiji

Iz table 5. vidi se da najveći udeo u uloženoj energiji ima mineralno hranivo sa čak 62,40 % (najviše N hranivo), pored njega značajan udeo ima uložena energija za sagorevanja dizel goriva (22,45 %).

Pošto se proračun odnosi na konvencionalnu obradu, ukoliko bi se primenio drugačiji tip obrade, kao što su redukovana ili *no till* (direktna setva) obrada, prema [10] može se smanjiti potrebna količina goriva, kao i energija za mehanizaciju.

U tabeli 6 dati su podaci o dobijenoj primarnoj energiji i neto dobijenoj energiji.

Tabela 6. Bilans dobijene energije

Hibridi	Dobijena energija, MJ/ha		Neto dobijena energija, MJ/ha	
	2011. i 2012.	2013.	2011 i 2012.	2013.
Pako	30.065	41.109	24.296	35.498
Luče	40.935	40.193	35.012	33.880
Korimbos	46.698	35.951	39.942	30.405
NS 6010	-	37.942	-	31.840
Grekale	40.998	26.451	34.430	20.897

Neto dobijena energija je u opsegu od 24–41 GJ/ha, dok je vrednost energetske efikasnosti između 4-7 MJ_p/MJ_f.

3.3 Bilans emisija gasova koji doprinose efektu staklene bašte

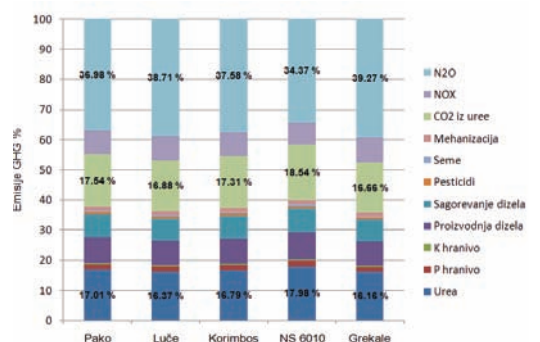
Proračun emisija u toku proizvodnje kukuruzovine prikazan je u tabeli 7. Za oba slučaja važe iste vrednosti emisija sem kod NO_x i N₂O koje su naglašene.

Tabela 7. Emisije u toku proizvodnje kukuruzovine za svaki hibrid pojedinačno

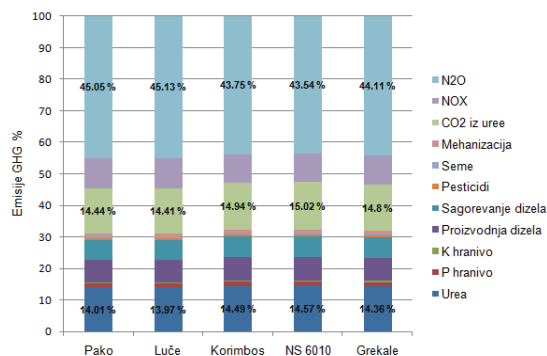
Emisije, kg CO _{2,eq} /ha	H1	H2	H3	H4	H5
Urea	533	533	533	533	533
P hranivo	48	48	48	48	48
K hranivo	14	14	14	14	14
Ukupno hranivo	595	595	595	595	595
Proizvodnja dizela	269	269	269	269	269
Sagorevanje dizela	241	241	241	241	241
Pesticidi	22	22	22	22	22
Seme	15	15	15	15	15
Mehanizacija	39	39	39	39	39
CO ₂ iz uree	550	550	550	550	550
NO _x	243 ¹⁾ 360 ²⁾	265 ¹⁾ 361 ²⁾	250 ¹⁾ 338 ²⁾	214 ¹⁾ 335 ²⁾	272 ¹⁾ 344 ²⁾
N ₂ O	1.158 ¹⁾ 1.714 ²⁾	1.261 ¹⁾ 1.721 ²⁾	1.193 ¹⁾ 1.609 ²⁾	1.019 ¹⁾ 1.593 ²⁾	1.295 ¹⁾ 1.637 ²⁾
Suma	3.121¹⁾ 3.805²⁾	3.813¹⁾ 3.257²⁾	3.174¹⁾ 3.678²⁾	2.964¹⁾ 3.659²⁾	3.298¹⁾ 3.712²⁾

Napomena: H1-Pako, H2-Luče, H3-Korimbos, H4-NS 6010, H5-Grekale; ¹⁾ podaci za 2011. i 2012. god, ²⁾ podaci za 2013. god.

Na slikama 2. i 3. prikazani su dobijeni rezultati emisija po stavkama za oba slučaja, sa procentualnim udelom najuticajnijih parametara. Brojne vrednosti na stupcima odgovaraju udelu pojedinih stavki u ukupnom bilansu GHG za dati hibrid.



Slika 2. Grafički prikaz emisija GHG za hibride po stavkama (za 2011. i 2012. godinu)



Slika 3. Grafički prikaz emisija GHG za hibride po stavkama (za 2013. godinu)

Najveći udeo u emisijama ima N_2O , CO_2 iz uree i iz N mineralnog hraniva (urea). Hibrid Grekale ima najveći udeo u N_2O emisijama od 39,27 %, a najmanji hibrid NS 6010 od 34,37 %, u prvom slučaju. U drugom slučaju najveći udeo u N_2O emisijama ima hibrid Luče (45,13 %), a najmanji hibrid NS 6010 (43,54 %).

Velik doprinos ima N hranivo jer je i procenat u uloženoj energiji takođe visok. Primenom ostataka fermentacije značajno bi se smanjile emisije koje potiču od proizvodnje mineralnog hraniva.

Emisije GHG specificirane u odnosu na dobijenu primarnu energiju su u opsegu od 68–140 g $CO_{2,eq}/MJ_p$.

4. ZAKLJUČCI

U ukupnom bilansu uložene energije najviše doprinose energija za proizvodnju azotnog hraniva i direktno uložena energija potrošnje dizel goriva. Upotrebom ostatka fermentacije i redukovanom obradom zemljišta moguće je da se smanje uložena energija

Pažnja je usmerena na emisije gasova koji doprinose efektu staklene bašte baš zbog problema koji nastaju usled njih.

U ukupnim emisijama najznačajnije su emisije N_2O , koje su u opsegu od 35–45 %. Zaključeno je da je mera koja najviše doprinosi smanjenju uticaja na životnu sredinu upotreba ostatka fermentacije, čime se zamenjuje mineralno hranivo. Isto tako kod visokih prinosa kukuruzovine znatno se smanjuju ukupne emisije po MJ.

5. LITERATURA

- [1] Anonim. 2013. Nacionalni akcioni plan za obnovljive izvore energije. Ministarstvo energetike, razvoja i zaštite životne sredine. Beograd.
- [2] Anonim. 2009. Directive 2009/28/EC on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC. Official Journal of the European Union.
- [3] Golub M, Bojić S, Đatkov Đ, Micković G, Martinov M. 2012. Corn Stover Harvesting for Renewable Energy and Residual Soil Effects. *Agricultural mechanization in Asia, Africa, and Latin America* 43(4): 72-79.
- [4] Martinov M. 2014. Personalna komunikacija. Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad.
- [5] Anonim. 2012a. EN 15934: 2012 Sludge, treated biowaste, soil and waste. Calculation of dry matter fraction after determination of dry residue or water content.
- [6] Anonim. 2012b. 15935: 2012 Sludge, treated biowaste, soil and waste. Determination of loss on ignition.
- [7] Anonim. 2006a. Vergärung organischer Stoffe, Substratcharakterisierung, Probenahme, Stoffdatenerhebung, Gärversuche. Verein Deutscher Ingenieure. Düsseldorf.
- [8] Anonim. 2006b. Energiepflanzen. Kuroatorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KBTL). Darmstadt, Germany.
- [9] Cherubini F. 2009. *GHG balances of bioenergy systems – Overview of key steps in the production chain and methodological concerns*. Industrial Ecology Programme, Department of Energy and Process Engineering, Norwegian University of Science and Technology (NTNU). Norway.
- [10] Ortiz – Canavate J, Hernanz J. L. 1999. Energy Analysis and Savings. In *Handbook of Agricultural Engineering, Volume V, Energy & Biomass Engineering*, ed. Kitani O, Jungbluth T, Peart R.M, Ramdani A, ch. 2, 13–42. CIGR, ASAE. SAD.
- [11] Nemecek T, Kägi T. 2007. *Life Cycle Inventories of Agricultural Production Systems. Volume 2.0*. Agroscope Reckenholz – Tänikon Research Station ART. Ecoinvent report No 15. Zürich i Dübendorf.
- [12] Anonim. 2011. GHG Emissions Calculation Methodology and GHG Audit. (http://www.arb.ca.gov/fuels/lcfs/workgroups/lcfsustain/ISCC_E_U_205_GHG_Calculation_and_GHG_Audit_2.3_eng.pdf, pristupljeno juna 2014.)
- [13] Anonim. 2012c. BioGrace standard values. BioGrace Software. BioGrace Project I: Biofuels. (www.biograce.net, pristupljeno juna 2014).
- [14] Taki M, Mobtaker G.H, Monjezi N. 2012. Energy input–output modeling and economical analyze for corn grain production in Iran. *Elixir Agriculture* 52: 11500-11505.
- [15] Anonim. 2014b. Emission factors in kg CO_2 -equivalent per unit (http://www.winnipeg.ca/finance/findata/matmgt/documents//2012/682-2012//682-2012_Appendix_H-WSTP_South_End_Plant_Process_Selection_Report/Appendix%207.pdf, pristupljeno juna 2014).

Kratka biografija:



Jelena Rajčetić rođena je u Novom Sadu 1990. god. Školske 2009/2010 je upisala Fakultet tehničkih nauka, Departman za inženjerstvo zaštite životne sredine, gde je 2013. godine odbranila diplomski-bachelor rad.



Đorđe Đatkov rođen je u Senti 1982. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 2013. god., a od 2014. je u zvanju docent. Oblast interesovanja su obnovljivi izvori energije (čvrsta biomasa i biogas) i održivi ruralni razvoj.

RADIOAKTIVNI EFLUENTI IZ NUKLEARNIH POSTROJENJA**RADIOACTIVE EFFLUENTS FROM NUCLEAR POWER PLANTS**

Aleksandra Vlasisavljević, Dragana Štrbac, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – INŽENJERSTVO ŽIVOTNE SREDINE

Kratak sadržaj – U radu su prezentovana istraživanja o količinama radioaktivnih efluenata koji se oslobađaju u životnu sredinu u toku normalnog rada nuklearnih elektrana, efluenata koji u životnu sredinu dospeju nenamernim ispuštanjem. Data je i ocena uticaja ovih efluenata na životnu sredinu.

Usled nemogućnosti merenja vrednosti količina oslobođenih materija, za izradu istraživačkog dela rada korišćeni su dostupni literaturni podaci. Istraživački deo rada poredi i uticaj na životnu sredinu dva različita tipa reaktora, BWR (reaktor sa ključalom vodom) i PWR (reaktor pod pritiskom) istog kapaciteta, na odabranom primeru.

Abstract – The paper presents the research on the quantities of radioactive effluents that released to environment during routine discharges in normal working conditions, as well as the impact of effluents which are released during uncontrolled discharge conditions. The evaluation of the impact of these effluents to the environment is also presented.

Due to the impossibility of measuring the amount of released materials for the preparation of the paper, research work used the available literature data. Research part of the paper also compares the environmental impact of two different types of reactors, BWR (boiling water reactor) and PWR (pressurized reactor) of the same capacity, on the selected example.

1. UVOD

Moderno doba se ne bi moglo zamisliti bez energije. Dva veoma važna oblika energije su toplotna i električna. Da bi se dobila električna energija, potrebno je iskoristiti potencijalnu energiju vode, ili pak sagoreti ogromne količine fosilnih goriva, kojih kako godine odmiču ima sve manje. Pored problema smanjenja zaliha fosilnih goriva, kao drugi problem se javlja zagađenje životne sredine. Sagorevanjem se u atmosferu oslobađaju zagađujuće materije koje negativno utiču na životnu sredinu i čoveka.

Nuklearne elektrane koriste takvo gorivo i sistem transformacije koji za dobijanje istih količina električne energije, u odnosu na konvencionalna goriva i sistem transformacije, troše značajno manje goriva.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Dragana Štrbac, docent.

Ono što predstavlja eventualnu manu korišćenja ovog sistema za transformaciju energije jeste uticaj na životnu sredinu. Problem nuklearnih elektrana leži u njihovoj velikoj potencijalnoj opasnosti, kako po životnu sredinu, tako i po samog čoveka. Svakodnevno ispuštanje gasovitih i tečnih materija tokom redovnog rada nuklearnih elektrana predstavlja potencijalni rizik.

2. RADIOAKTIVNI EFLUENTI POREKLOM IZ NUKLEARNIH ELEKTRANA

Tokom rada nuklearnih elektrana dolazi do oslobađanja određene količine radioaktivnih materija. Deo radioaktivnih materija se u životnu sredinu oslobodi tokom redovnog rada namernim ili nenamernim ispuštanjem. Radioaktivne materije koje dospeju u životnu sredinu mogu biti u gasovitoj, tečnoj i u maloj količini čvrstoj fazi.

Tabela 1. Prikaz gasovitih radionuklida koji se emituju u životnu sredinu iz nuklearnih postrojenja [1]

Kategorija	Najučestaliji radionuklidi
Fisioni i aktivacioni gasovi	Kripton (85, 85m, 87, 88) Ksenon (131, 131m, 133, 133m, 135, 135m, 138) Argon (41)
Jodini/Halogeni	Jod (131, 132, 133, 134, 135) Brom (82)
Čestice	Kobalt (58, 60) Cezijum (134, 137) Hrom (51) Mangan (54) Niobijum (95)
Tricijum	Vodonik (3)

Tabela 2. Prikaz tečnih radionuklida koji se emituju u životnu sredinu iz nuklearnih postrojenja [1]

Kategorija	Najučestaliji radionuklidi
Kombinovani fisioni i aktivacioni produkti	Gvožđe (55) Kobalt (58, 60) Cezijum (134, 137) Hrom (51) Mangan (54) Cirkonijum (95) Niobijum (95) Jod (131, 133, 135) Vodonik (3)
Tricijum	Kripton (85, 85m, 87, 88)
Rastvoreni i suspendovani plemeniti gasovi	Ksenon (131, 133, 133m, 135, 135m)

Radioaktivni izotopi koji se najčešće ispuštaju u životnu sredinu prikazani su u Tabeli 1. koja prikazuje gasovite radioaktivne elemente i Tabeli 2, koja prikazuje tečne radioaktivne efluente koji se oslobađaju u životnu sredinu.

2.1 Načini oslobađanja radioaktivnih efluenata u životnu sredinu

Radioaktivni efluenti poreklom iz nuklearnih elektrana u životnu sredinu mogu dospeti namernim i nenamernim ispuštanjem. Namerna ispuštanja su rutinska ispuštanja radioaktivnih gasovitih i tečnih materija u životnu sredinu u toku normalnog rada nuklearne elektrane. Nenamerna ispuštanja najčešće su posledica nekih od sledećih događaja:

- fisija rezidualnog uranijuma koji se može naći na spoljašnjoj strani gorivnih šipki koje sadrže keramičke pelete uranijumovog izotopa, odnosno otpadni uranijum,
- curenje iz faličnih gorivnih šipki,
- difuzija radioaktivnih gasova kroz šipke,
- aktivacija materija sadržanih u rashladnoj vodi,
- erozija i ulazak aktiviranih materija iz cevi, ventila i pumpi u rashladni sistem. [1]

2.1.1 Redovna ispuštanja radioaktivnih materija iz nuklearnih postrojenja

Radioaktivni gasovi, tečnosti i čvrste materije redovni su nusprodukti poreklom iz različitih operacija koje se odvijaju tokom redovnog rada nuklearnih elektrana.

Kod nuklearnih elektrana sa reaktorom sa ključalom vodom (BWR) gasovite radioaktivne materije većinski potiču iz pare koja se formira u reaktorskoj posudi i prenosi se do turbine. Sistemi za uklanjanje radioaktivnih gasova iz kondenzatora nalaze se odmah ispod turbine. Uz pomoć ovog sistema uklanjaju se male radioaktivne čestice, a tretirani tok gasa neminovno je manje radioaktivan i ukoliko se radioaktivnost nalazi ispod dozvoljenih vrednosti, gas se ispušta u atmosferu preko visokih dimnjaka. Na ovaj način omogućeno je mešanje i razređivanje ovog gasa, čineći ga bezbednim za čoveka i njegovu okolinu.

U nuklearnim elektranama koje imaju reaktore sa vodom pod pritiskom (PWR), gasovite radioaktivne materije poreklom su iz vode koja se nalazi pod visokim pritiskom i kontinualno se uklanja iz primarnog kruga u kom voda cirkuliše između reaktorske posude i generatora pare. Uklonjena voda se prečišćava i hemijski tretira ukoliko je neophodno. Prilikom smanjivanja pritiska, dolazi do formiranja mehurića gasa. Taj gas se kolektuje u velike rezervoare, koji kada se napune, bivaju podvrgnuti ispitivanju količine radioaktivnog zračenja. Ukoliko je detektovana radioaktivnost ispod dozvoljenih vrednosti, gas se oslobađa u atmosferu, a ukoliko se vrednosti nalaze iznad dozvoljenih, gas se ostavlja neko vreme kako bi se kratkoživeći radionuklidi raspali, a zatim se pomenuti gas ponovo ispituje. Ukoliko su vrednosti pale ispod dozvoljenih, gas se takođe oslobađa u atmosferu.

Tečni radioaktivni efluenti u oba tipa reaktora potiču od rashladne vode koja služi u procesu, podnih slivnika koji služe za prikupljanje tečnosti koja se izlila unutar postrojenja, slivnika za prikupljanje tečnosti koje se mogu

naći oko dihtunga ventila i samih ventila, kao i vode odbačene iz drugih sistema usled hemijskih problema. Tečni radioaktivni otpad skladišti se u rezervoarima, a većina pomenute vode može se ponovo koristiti u sistemu, nakon nekoliko nivoa obrade. Iskorišćena voda, uskladištena u rezervoarima, se pre ispuštanja u životnu sredinu meša kako bi se dobila homogena smeša, zatim se uzima reprezentativni uzorak. Uzorak se ispituje i ukoliko se ustanovi da se nivo radioaktivnosti nalazi ispod dozvoljenog nivoa, voda se ispušta u obližnje jezero, reku ili okean, odakle se inače crpi voda koja služi kao rashladna tečnost u rashladnom sistemu nuklearnog postrojenja. Ova voda koristi se za razblaženje kontaminirane vode koja se vraća u vodno telo [2].

3. UTICAJ RADIOAKTIVNIH EFLUENATA NA ŽIVOTNU SREDINU

3.1 Uticaj iskopavanja rude uranijuma na životnu sredinu

Ruda uranijuma kopa se iz unutrašnjosti zemlje ili sa površine, u zavisnosti od prirodnog položaja rude. Glavni uticaj na životnu sredinu koji se javlja u toku iskopavanja rude jeste uticaj na vodu i zemljište kao i na zdravlje rudara koji rade na iskopavanju. Izlaganje radioaktivnosti se kontroliše prirodnom ili veštačkom ventilacijom u rudnicima, a koncentracije radioaktivnih materija održavaju se ispod rizičnih vrednosti. Pored ventilacije, prilikom iskopavanja radioaktivne rude, neophodno je obezbediti strogu kontrolu prašine koja neminovno nastaje tokom ovog procesa.

Mlevenje rude takođe ima uticaj na životnu sredinu. Šut nastao mlevenjem rude se meša sa muljem koji sadrži prah rude, hemikalije i velike količine vode. Radioaktivni mulj se skladišti u velikim bazenima. Deo vode iz mulja ispari, dok drugi deo zajedno sa rastovrenim radionuklidima može prodrati u zemljište i zagaditi ga. Kako se šut od mlevenja suši, vetar može uticati na raznošenje radioaktivnih materija sa gomila na nezaštićena područja. Voda se može zagaditi ukoliko se gomile jalovine nastale nakon mlevenja nalaze blizu reke ili u slučaju poplava i drugih okolnosti kada je nivo površinskih ili podzemnih voda visok, te voda natapa donje slojeve gomila prilikom čega se radionuklidi raznose kako u reke, tako i u podzemne vode procedivanjem kroz zemljište [3].

3.2 Uticaj rada nuklearnog reaktora na životnu sredinu

Tokom normalnog rada nuklearnog reaktora, dolazi do nastanka fisijonih i aktivacionih produkata koji se ispuštaju u gasovitom ili tečnom stanju. Neki od njih su tricijum, ^{14}C , plemeniti gasovi i ^{129}I [4]. Te radioaktivne materije se u najvećem delu zadržavaju u gorivu. Radionuklidi koji difunduju ili se formiraju unutar rashladne tečnosti se uklanjaju gasnim ili tečnim sistemima za obradu otpadnih materija. Tokom rada elektrane dolazi do ispuštanja radioaktivnih materija u prirodu čije vrednosti ne bi trebalo da prelaze propisane limite.

Radioaktivna ispuštanja poreklom iz reaktora, zavise od tipa reaktora kao i od specifičnog sistema za obradu otpada. Radionuklidi koji se ispuštaju u gasovitom obliku pretežno sadrže: plemenite gasove (^{133}Xe), aktivacione gasove (^{41}Ar , ^{14}C , ^{16}N , ^{35}S), isparenja tricijuma, halogene i čestične materije.

Tricijum lagano prolazi kroz zaštitni sloj goriva sačinjen od cirkonijuma i dospeva u vodu koja služi za rashlađivanje gorivnih elemenata.

Takođe lako difunduje kroz čelik, pa lako završava u sekundarnoj rashladnoj vodi koja se direktno oslobađa u životnu sredinu.

Ugljenik-14 se takođe kao i tricijum generiše u primarnom rashladnom sredstvu, a u atmosferu se ispušta u vidu radioaktivnog $^{14}\text{CO}_2$, u vidu alkana, u najvećoj meri $^{14}\text{CH}_4$. [4]

Ispuštanje tečnih efluenta uključuju tricijum, ^{137}Cs , ^{134}Cs , ^{131}I , ^{133}I , ^{58}Co i ^{60}Co , pored kojih se nalaze i brojni produkti korozije kao što su ^{51}Cr i ^{51}Mn koji preovlađuju u tečnim efluentima iz reaktora sa lakom vodom.

3.3 Uticaj prerade istrošenog nuklearnog goriva na životnu sredinu

Istrošeno gorivo koje se uklanja iz reaktora predstavlja materiju najintenzivnije radioaktivnosti u celom ciklusu goriva. Problem leži u ogromnoj količini gama zračenja koje se emituje prilikom raspada radioaktivnih fisionih produkata.

Istrošeni elementi postavljaju se u rashladne bazene za istrošeno nuklearno gorivo gde se kontroliše njihova temperatura. U rashladnim bazenima ostaju neko vreme dok se nivo radioaktivnosti kratkoživećih elemenata ne smanji do određenih vrednosti. Nakon tog perioda, koje iznosi nekoliko meseci, istrošeno gorivo se može reprocesirati.

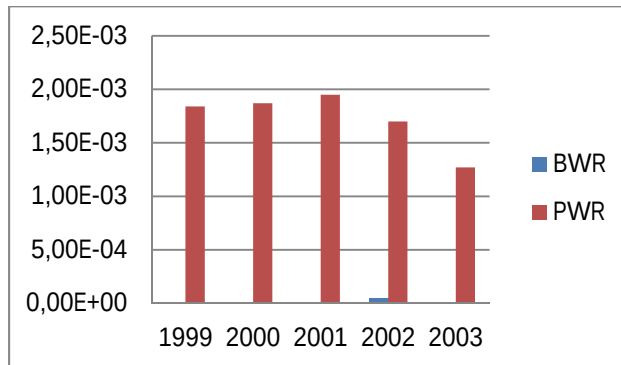
U procesu prerade istrošenog goriva, iz goriva se oslobađaju ^{85}Kr i ^{129}I . Takođe, tricijum i isparljive komponente bivaju oslobođene. Veliki deo radioaktivnih materija se izdvaja iz gasovitih efluenta, ali ^{85}Kr ($T_{1/2}=10,8$ godina) i tricijum ($T_{1/2}=123$ godine) se ispuštaju u atmosferu iz nuklearnih elektrana [3].

Količine tečnog otpada niske radioaktivnosti se, kao i gasovi, povećava vremenom. Većina tricijuma (u malim količinama) oslobađa se putem ove vrste otpadnih materija. Pored tečnih i gasovitih, iz fabrika za preradu otpadnog goriva, nastaju i male količine srednje i nisko aktivnog čvrstog otpada.

4. UPOREDNI PRIKAZ PROMENA UTICAJA BWR I PWR ELEKTRANE ISTOG KAPACITETA NA ŽIVOTNU SREDINU ZA PERIOD OD 1999. DO 2003. GODINE

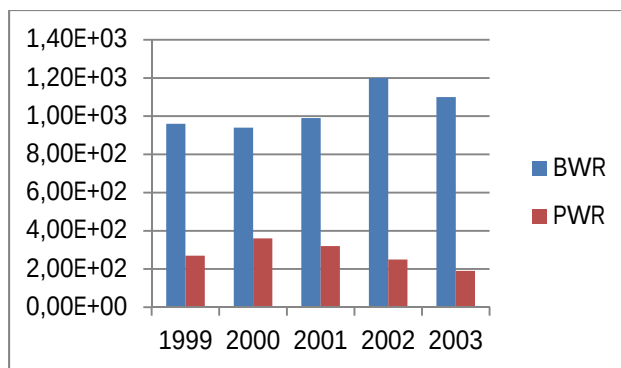
Poređeni su literaturni podaci dobijeni merenjem oslobođenih količina gasovitih i tečnih radioaktivnih materija u životnu sredinu za dve vrste reaktora jednakih kapaciteta. Poređenje je vršeno na primeru dva postrojenja, jednog BWR i jednog PWR, koja se nalaze u Nemačkoj.

Grafikon 1. predstavlja uporedni prikaz oslobađanja ukupne količine gama i beta emitera poreklom iz BWR i PWR nuklearne elektrane, koji omogućava uvid u razlike u oslobođenim količinama materije.



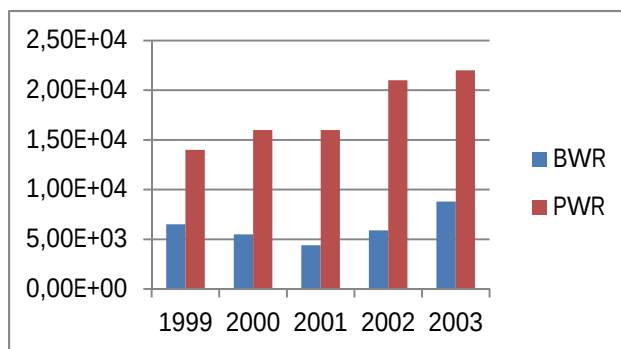
Grafikon 1. Uporedni prikaz ispuštenih gama i beta emitera u gasovitoj fazi u životnu sredinu iz NE Gundremmingen (BWR) i NE Grafenrheinfeld (PWR) za period između 1999. i 2003. godine [5]

Narednim Grafikonom 2. dat je uporedni prikaz oslobađanja tricijuma u gasovitoj fazi u životnu sredinu za BWR i PWR reaktore za period 1999-2002 godina.

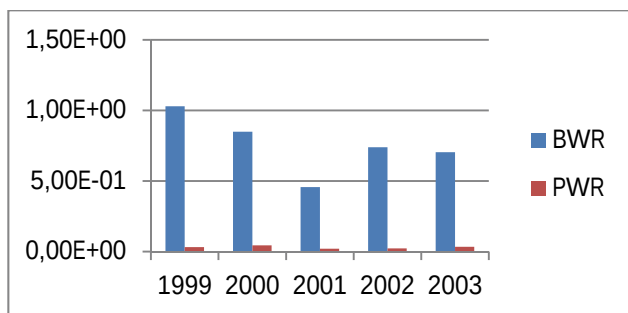


Grafikon 2. Uporedni prikaz ispuštenih količina ukupnog oslobođenog tricijuma u gasovitoj fazi u životnu sredinu iz NE Gundremmingen (BWR) i NE Grafenrheinfeld (PWR) za period između 1999. i 2003. godine [5]

Kao što se tokom čitave godine ispuštaju radioaktivne materije u atmosferu, tako i određena količina radioaktivnih materija biva ispuštena i u tečnom obliku u vodene recipijente. Naredna dva grafikona (grafikon 3. i grafikon 4.) uporedno prikazuju količine oslobođenih količina gama i beta emitera i tricijuma u tečnom stanju.



Grafikon 3. Uporedni prikaz ispuštenih količina ukupnog oslobođenog tricijuma u tečnoj fazi u životnu sredinu iz NE Gundremmingen (BWR) i NE Grafenrheinfeld (PWR) za period između 1999. i 2003. godine [5]



Grafikon 4. Uporedni prikaz ispuštenih gama i beta emitera u životnu sredinu iz NE Gundremmingen (BWR) i NE Grafenrheinfeld (PWR) za period između 1999. i 2003. godine [5]

Kao zaključak uporednog ispitivanja BWR i PWR reaktora istog kapaciteta izdvaja se sledeće:

1. Kod gasovitih radioaktivnih materija:
 - a. veće količine plemenitih gasova, tricijuma, ugljenika-14 i joda-131 ispusti se iz BWR postrojenja,
 - b. veće količine gama i beta emitera i ukupnog joda ispuste se iz PWR postrojenja.
2. Kod tečnih radioaktivnih materija:
 - a. veće količine tricijuma ispusti se iz PWR postrojenja,
 - b. veće količine gama i beta emitera ispusti se iz BWR postrojenja.*

5. ZAKLJUČAK

Nuklearna energija nosi značajne benefite modernom svetu, u vidu dobrog načina za dobijanje velike količine električne energije iz malih količina nuklearnog goriva. Naizgled čist način za dobijanje električne energije, ima negativnu stranu koja se upravo odnosi na oslobađanje materija koje mogu ugroziti životnu sredinu i zdravlje čoveka. Te materije su radioaktivne materije poreklom iz nuklearnog goriva koje se oslobađaju u životnu sredinu kako tokom normalnog rada nuklearnih elektrana, tako i tokom akcidentnih situacija.

Količine radioaktivnih materija koje se oslobode namerno moraju se držati u okviru propisanih limita, kako ne bi ugrozile čoveka i okolinu. Poređenjem dva najrasprostranjenija tipa reaktora, BWR i PWR, ustanovljene su razlike u količinama ispuštenih radioaktivnih materija, gde se ustanovljava da i jedan i drugi tip reaktora ispuštaju značajne količine radioaktivnih materija u životnu sredinu tokom svog normalnog rada. Od gasovitih supstanci, veće količine plemenitih gasova, tricijuma, ugljenika-14 i joda-131 ispuštaju se iz BWR postrojenja, dok se veće količine gama i beta emitera i ukupnog joda ispuste se iz PWR postrojenja. Od tečnih radioaktivnih materija, veće količine tricijuma ispuste se iz PWR postrojenja, a veće količine gama i beta emitera iz BWR postrojenja.

* NAPOMENA: U ovom radu nisu priloženi svi uporedni grafikoni koji su korišćeni za naučno-istraživački deo rada, ali je zaključak dat za sva poređenja.

6. LITERATURA

- [1] Nepoznat, Analysis of Cancer Risks in Populations Near Nuclear Facilities: Phase II, The National Academies Press, Washington DC, 2012.
- [2] Lochbaum D., Regulatory Roulette: The NRS's Inconsistent Oversight of Radioactive Releases from Nuclear Power Plants, Union of Concerned Scientists, 2010.
- [3] <http://www.iaea.org/Publications/Magazines/Bulletin/Bull202/20205083242.pdf> 04.09.2014.
- [4] Storm van Leeuwen J. W., Health risks of nuclear power, Ceedata, Chaam, The Netherlands, 2010.
- [5] Van der Stricht S., Janssens A., Radioactive effluents from nuclear power stations and nuclear fuel reprocessing sites in the European Union, 1999-2003, Directorate-General for Energy and Transport, 2005.

Kratka biografija:



Aleksandra Vlasisavljević je rođena u Novom Sadu 1990 god. Diplomski rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Inženjerstvo zaštite životne sredine odbranila je 2013. god.



Dragana Štrbac je rođena u Novom Sadu 1977. godine. Magistrirala je 2006. godine, a doktorirala 2011. na Prirodno-matematičkom fakultetu u Novom Sadu. Koautor je 14 radova sa SCI liste, 27 sa međunarodnih konferencija i jedne monografske publikacije.

MOGUĆNOSTI KOMPOSTIRANJA ORGANSKOG KOMUNALNOG OTPADA
HOUSEHOLD COMPOSTING OF ORGANIC MUNICIPAL SOLID WASTEEmeše Barna, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – INŽENJERSTVO ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE**

Kratak sadržaj – U master radu prikupljene su više metoda za kompostiranje i dat je pregled materijala koji se mogu koristiti za kompostiranje u domaćinstvu. Eksperimentalni rezultati prikazuju da tip kompost kante i praksa upravljanja kompostom može imati uticaj na količinu emitovanih gasova i na efikasnost kompostiranja. Na osnovu izvršenih analiza došli smo do zaključaka da kućno kompostiranje predstavlja pogodnu alternativu za tretiranje organskog otpada sa tehničke i sa ekološke tačke gledišta.

Abstract –In this master thesis several methods of composting are collected and given an overview of the materials that can be used for household composting. Experimental results showed that the type of compost bins and compost management practices can have an impact on the amount of greenhouse gas emissions and on the efficiency of composting. The conclusion is that home composting is a suitable alternative for the treatment of organic waste from a technical and the environmental point of view.

Ključne reči: Organski otpad, kompostiranje, emisija gasova

1. UVOD

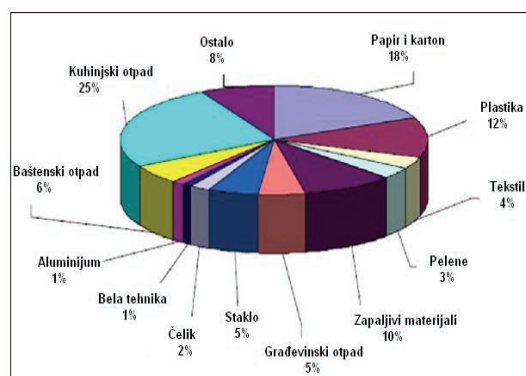
Kompostiranje predstavlja optimalno rešenje za problem upravljanja organskim delom komunalnog čvrstog otpada. Prirodni procesi tretmana organskog dela komunalnog čvrstog otpada se oslanjaju na razlaganje otpada mikroorganizmima. Kompostiranjem se smanjuje ukupna količina otpada koji se odlaze na deponije, uz dobijanja vrednog proizvoda pod nazivom kompost.

Cilj rada bio je da se prikupe podaci o kućnom kompostiranju i da na osnovu eksperimentalnih rezultata utvrdi uticaj kućnog kompostiranja na životnu sredinu. U okviru rada opisane su faktori koji utiču na efikasnost procesa i metode koje se mogu koristiti za kompostiranje. Razmatrana je uticaj tipa kompost kante na emisiju gasova i veza između sastava emitovanih gasova i stanja u kom se gomila nalazi.

2. SASTAV I KOLIČINA GENERISANOG KOMUNALNOG OTPADA

Svake godine milijarde tona otpada su generisani i odlaganje ovog velikog iznosa predstavlja ogroman

ekološki problem. Ukupna količina sakupljenog komunalnog otpada u celom svetu iznosi oko 1,3 milijardu tona godišnje. Biodegradabilni otpad čini oko 1/3 ukupno generisanog komunalnog otpada u celoj Evropi, i svake godine iznosi oko 88 miliona tona [1]. Na slici 1 prikazano je sastav komunalnog čvrstog otpada u 27 zemalja Evrope.



Slika 1. Sastav komunalnog čvrstog otpada u 27 zemalja Evrope

U Republiku Srbiju godišnje proizvodi oko 2.374.374 tona komunalnog otpada, u proseku, jedan stanovnik Republike Srbije generiše 0,87 kg komunalnog otpada/dan (318 kg/godišnje) [2]. Kada se razmatra sastav otpada za celu Srbiju, može se uočiti da ukupan organski otpad zauzima gotovo 50 % celokupne mase komunalnog otpada.

3. KOMPOSTIRANJE ORGANSKOG OTPADA

Prema Zakonu o upravljanju otpadom ("Sl. glasnik RS", br. 36/2009 i 88/2010) kompostiranje predstavlja tretman biorazgradivog otpada pod dejstvom mikroorganizama, u cilju stvaranja komposta, uz prisustvo kiseonika i pod kontrolisanim uslovima.

Kompost predstavlja izvor organske materije, poboljšava fizičke, hemijske i biološke karakteristike zemljišta i podstiče rast biljaka. Upotreba komposta može da smanji potrebu za vodom, veštačkom đubrivom i pesticidima. Kompostiranje produžava životni vek deponije, tretiranjem organskih materijala sa deponija i obezbeđuje jeftiniju alternativu konvencionalnim metodama sanacije kontaminiranog zemljišta.

3.1 Podela kompostiranja prema prirodi procesa razlaganja

Prema prirodi procesa razlaganja kompostiranje se može podeliti u dve kategorije, na anaerobno i na aerobno

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Dejan Ubavin.

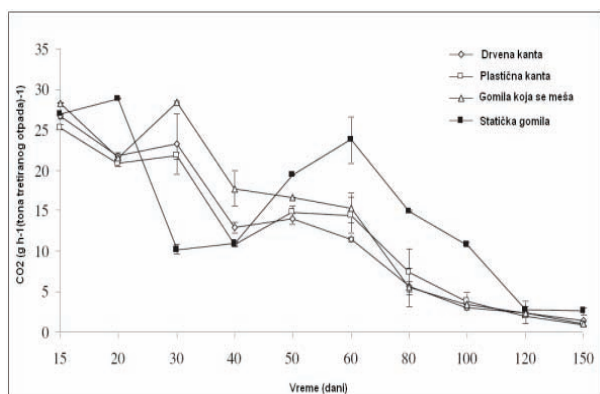
kompostiranje. Prilikom anaerobnog kompostiranja, degradacija materijala se odvija u odsustvu kiseonika ili u prisustvu ograničenih količina kiseonika. Anaerobno kompostiranje se odvija na niskim temperaturama, i zbog toga se ovim procesom ne uništavaju patogeni mikroorganizmi i semena korova. Pored ovoga, jedan od nedostataka je to što proces traje duže nego aerobno kompostiranje [3].

Aerobno kompostiranje se odvija u prisustvu dovoljno kiseonika. U ovom procesu, aerobni mikroorganizmi razlažu organske materije i proizvode ugljen dioksid, amonijak, vodu, toplotu i kompost. Vreme razlaganja organskih materija je kraće u poređenju sa anaerobnom kompostiranjem.

Iako se tokom procesa izgubi više hranljiva materija, aerobno kompostiranje se smatra efikasnijim i korisnijim od anaerobnog kompostiranja.

3.2 Uticaj tipa kompost kante na emisiju gasova

Realizovan je eksperiment sa ciljom praćenja emisije CO_2 , CH_4 i N_2O iz različitih tipova kompostera. Jedan deo organske smeše je punjena u drvenu kantu, drugi deo u plastičnu kantu, a od zaostalog materijala je formirana 2 gomila, jedna statička gomila i jedna dinamička gomila koja je privremeno provetrena tokom trajanja eksperimenta. Rezultati pokazali da tip kompost kante nije imao poseban uticaj na emisiju CO_2 (Slika 2).



Slika 2. Izmerene emisije CO_2 između dana 15 i 150

Najveće vrednosti emisije N_2O su se javili kod dinamičke gomile, Emisija CH_4 je bila ispod praga detekcije [4]. Rezultati sprovedenog eksperimenta su pokazali da praksa upravljanja može imati važan uticaj na gasovite emisije kao i vrsta kante za kompostiranje.

Dinamička gomila i drvena kanta su proizvele suvi kompost i izgubili su većinu N_2O , dok relativno niske vrednosti emisije gasova su se javili kod perforirane plastične kante, čija emisija odgovarala polovini emisije iz centralizovanih objekata za kompostiranje.

3.3 Faktori koji utiču na kompostiranje

Prirodni procesi tretmana organskog dela komunalnog čvrstog otpada se oslanjaju na razlaganje otpada mikroorganizmima. Glavni faktori koji utiču na mikrobiološke aktivnosti su vlaga, temperatura, pH vrednost, koncentracija kiseonika, C/N odnos materijala, sadržaj nutrienda, veličina frakcije sirovine.

4 Pregled materijala koji se mogu koristiti za kompostiranje u domaćinstvu

Sve vrste organske frakcije komunalnog čvrstog otpada su odgovarajuće za kompostiranje. U cilju efikasnog kompostiranja potrebne su odgovarajuće sirovine u pravilnim odnosima. Kvalitetnu kompost smešu sačinjavaju zeleni i braon materijali. Braon materijali (beli papir, iseckani komadi novine i kartona, suvo lišće, grančice, slama, piljevina i korišćena zemlja za cveće) su izvori ugljenika za mikroorganizme, obezbeđuju energiju i upijaju višak vlage u gomili. Zeleni materijali su generalno mokre i žive materije bogati azotom koje se razlažu brzo: mokri otpad iz dvorišta, sveža trava, zeleno lišće i meki ostaci nakon orezivanja drva, ostaci hrane poput voća i povrća, talog od kafe i filter od čaja. Oni pružaju hranljive materije i vlagu za mikrobe. Bez zelenih materija dekompozicija traje mnogo duže a kompost će postati previše suva.

Postoji šest osnovnih tipova izvornih materijala ili sirovina za:

1. ostaci pri preradi hrane: materijal za kompostiranje nastao nakon prerade voća, povrća, žitarica i mesa;
2. stajnjak i poljoprivredni nusproizvodi nastali u prasilištima, tovilštima, inkubatorima, farmama, staklenicima, plastenicima i na drugim površinama;
3. ostaci iz šumarstva i drvne industrije uključujući koru drveta, piljevinu i vlaknaste ostatke pri proizvodnji papira;
4. biootpad ili otpadni mulj nastao biološkim tretiranjem otpadnog mulja u postrojenjima za pročišćavanje i recikliranje otpadnih voda;
5. lišće, žbunje, grančice i ostali biljni ostaci kao otpad iz dvorišta, okućnica i vrtova;
6. separirani organski otpad koji sadrži sortirane kompostirajuće frakcije komunalnog otpada.

4. SISTEMI ZA KUĆNO KOMPOSTIRANJE

Kućno kompostiranje predstavlja kompostiranje biološkog otpada u manjem obimu, u dvorištu i korišćenje komposta u privatnoj bašti [5]. Kućnim kompostiranjem se izbegava sakupljanje organskog dela komunalnog čvrstog otpada, čime se smanjuju privredni, materijalni i energetski troškovi ulaganja u infrastrukturu.

U zavisnosti od veličine raspoloživog prostora i vrste materijala koju želimo kompostirati postoje različite vrste sistem za kompostiranje od jednostavnih pasivnih kompostnih gomila, preko savremenih zatvorenih sistema za kompostiranje, pa do kompostiranja pomoću korišćenjem različitih vrsta glista ili crva. Ne postoji savršena kompost kanta, svaka ima svoje prednosti i mane.

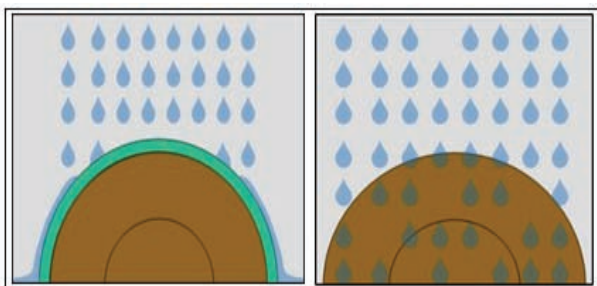
4.1 Glavne grupe kompostnih sistema

U literaturi postoji više podela za kompost sisteme i kante, ja u svom radu sam predstavila podelu koju je Američka Agencija za zaštitu životne sredine (US EPA) koristila. Glavne grupe kompostnih sistema predstavljaju:

Kante i kolektori za kompost i kompost gomile, sistemi za okretanje materijala, metoda zakopavanja otpada u bašti, vermikompostiranje i ostali savremeni sistemi.

4.1.1 Kante za kompost i kompost gomile

Sakupljanje organskog otpada u otvorenim kantama koje su kućno napravljene od raspoloživih materijala predstavljaju najjeftiniji način kompostiranja. Kompost gomile predstavljaju jedan od najlakših i najčešćih načina za kompostiranje. Gomila je pasivan, hladan i spori metod kompostiranja. Niže temperature u procesu nisu uvek dovoljne za uništavanje patogena i semena korova. Razlikujemo pasivne gomile i prekrivene gomile (Slika 3).



Slika 3. Primer Prekrivene i neprekrivene

Plastični kante imaju tendenciju da se zagreju više u toplijim mjesecima, što može predstavljati problem za gljive, jer one vole hladniju, vlažnu sredinu. Zajednička osobina proizvedenih kompost kanta, je da su opremljeni poklopcem i ventilacionim otvorima i dobro zadržavaju toplotu unutar komposta. Kante poseduju vrata na donjem delu koja služi za ispražnjenje komposta. Efikasni su protiv štetočina. Različiti tipovi PVC kolektora su prikazani na slici 4. Lako možemo napraviti kolektor uvijanjem žičane mreže u oblik valjaka, sklapanjem drvenog paleta i dasčica u oblik kvadrata ili od blokova i cigla.



Slika 4. Različiti tipovi PVC kolektora

4.1.2. Sistemi za prevrtanje materijala

Za ove sisteme karakteristično je aktivno prevrtanje materijala. Redovno mešanje materijala promovise optimalne uslove i ubrzava proces kompostiranja. Ovim sistemima dobijamo visoko kvalitetni kompost za 2-3 meseca. Okretanje materijala predstavlja aktivan, topao i brz način kompostiranja. Sistemi od više kolektora zahtevaju okretanje i premeštanje materijala iz jedne komore u drugi. Ovi sistemi se mogu sastojati od 2-6 komore za redom. Ako je sastav smeše optimalna i uslovi

su odgovarajući, temperatura može da dostigne vrednosti od 50-70 °C [6]. Ovi vrednosti su dovoljno visoki za uništavanje patogenih mikroorganizama i semena korova. Ovi sistemi su skuplje, zauzimaju veće mesto i zahtevaju više upravljanje. Primer burada za okretanje materijala je prikazan na slici 5.



Slika 5. Primer burada za prevrtanje materijala

4.1.3. Zakopavanje otpada u bašti i digester organskog otpada

Kompostiranje u šancu podrazumeva zakopavanje organskog materijala u dugačkim šancima i zatim sadenje biljaka na vrhu šanceva. Razgradnja organskog materijala se odvija pod anaerobnim uslovima. Šanac obično treba da bude 30 cm duboka, ali dimenzije šanca zavise od količine organske materije, od osobine materijala i od raspoloživog prostora. Prilikom formiranja gomile, organski materijal raslojavamo po sledećoj formuli : sloj grančice – sloj zelenog materijala- voda - sloj braon materijala - voda - papir i karton-voda- zreli kompost – voda (slika 6.).



Slika 6. Primer slojevitog kompostiranja

Ova metoda direktno snabdeva biljke nutrientima u zoni korenovog sistema, skoro nevidljiva i ne proizvodi mirise. Ako kopanje velikih šanca u bašti nije omogućeno, kopamu 30 cm duboku rupu bilo gde u dvorištu (slika 7.). U tu rupu ubacimo kuhinjski organski otpad i pokrivamo ga zemljom. Ovo je lak i jednostavan način kompostiranja.

4.1.4 Digestori hrane

Digestor za hranu je specifična vrsta kompostera za otpatke od hrane koja je delimično ukopana u zemlju. Oni izgledaju kao redovne kompost kante, s tim da imaju metalnu korpu na donjem delu i to mora biti ukopana u zemlju (videti sliku 8). Digestor koristi toplotu od sunca

za proces kompostiranja, zbog toga treba da se instalira na sunčano mesto u bašti. Možemo i sami napraviti sličan digestor od metalnog burada. Digestori rade tokom cele godine, s tim da u zimskom periodu proces razlaganja materijala se odvija jako sporo.



Slika 8. Digesteri hrane

4.1.5. Kanta za vermikompostiranje

Kompostiranje se može postići i putem enzimske degradacije organskih materija - prolaskom materija kroz digestivni sistem glista. Ovaj proces se naziva vermikompostiranje.

Kanta za vermikompostiranje predstavlja jedinstven način kompostiranja jer se u kanti sakupljaju samo ostaci hrane: otaci svežeg i kuvanog voća i povrća, talog od kafe, filter kesice čaja, hleb i pecivo, biskvit, pirinač, žitarice, testine, papirna salveta, papirni tanjiri i čaše.

Ovim sistemima se proizvodi kompost najvišeg kvaliteta jer izmet ovih crva je bogat nitratima, kalijumom, fosforom, azotom i magnezijumom i sadrže hormone koji podstiču rast biljaka.

4.1.6 Električna kompost kanta

Ova vrsta kompostera koristi električnu energiju za grejanje i okretanje kuhinjskog otpada, omogućavajući kompostiranje u zatvorenom prostoru u kratkom vremenu. Svaki kuhinjski otpad može da se kompostira, kuvana hrana, meso i riba takođe.

Ugrađeni računar služi za održavanje povoljnih uslova (temperatura i sadržaj vlage). Kanta zahteva električnu energiju, cena uređaja je visoka, \$300 - \$400, a kapacitet je mala u poređenju sa drugim sistemima.

5. ZAKLJUČAK

Ekološki tereti kućnog kompostiranja su određeni pomoću LCA alata i rezultati ilustruju da konačan kompost ima visok sadržaj azota i organske materije, i nije fitotoksičan [7].

Iz ovih rezultata sledi da kompostiranje kod kuće predstavlja pogodnu alternativu za tretiranje organskog otpada, sa tehničke i ekološke tačke gledišta.

6. LITERATURA

- [1] Managing municipal solid waste - a review of achievements in 32 European countries, EEA, Copenhagen, 2013
- [2] Upravljanje čvrstim otpadom-skripta, Departman za inženjerstvo zaštite životne sredine, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2010
- [3] R.V.Misra, R.N.Roy, H.Hiraoka: On-farm composting methods, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO); Rome; 2003
- [4] Somjai Karnchanawong, Nakorn Suriyanon. 2011. Household organic waste composting using bins with different types of passive aeration, Resources, Conservation and Recycling 55 (2011) 548–553
- [5] Evropska Komisija, http://ec.europa.eu/index_en.htm (Septembar, 10, 2014)
- [6] United States Environmental Protection Agency. 1994. Composting Yard Trimmings and Municipal Solid Waste, EPA 530-R-94-003;
- [7] Joan Colón, Julia Martínez-Blancoc, Xavier Gabarrella, Adriana Artolaa, Antoni Sánchezab, Joan Rieradevalla, Xavier Fonta. 2010. Environmental assessment of home composting, Resources, Conservation and Recycling 54 (2010) 893–904

Kratka biografija:



Emeše Barna, rođena je u Novom Sadu 1990. godine. Diplomski – master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Inženjerstvo zaštite životne sredine odbranila je 2014. godine.

STRATEGIJA SAKUPLJANJA I TRETMANA UPOTREBLJENIH VODA NA PRIMERU PET OPŠTINA U SRBIJI**STRATEGIES FOR COLLECTION AND TREATMENT OF WASTEWATER ON THE EXAMPLE OF FIVE MUNICIPALITIES IN SERBIA**Srđana Kolaković, Goran Vujić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – INŽENJERSTVO ŽIVOTNE SREDINE**

Kratak sadržaj – U radu su prikazana rešenja za kanaliziranje i tretman upotrebljenih voda iz domaćinstava i industrije na primeru opština Aleksandrovac, Krupanj, Kuršumlja, Svilajnac i Bela Crkva. Radi se o opštinama koje su slabije razvijene, nalaze se kod osetljivih vodoprijemnika i suočavaju se sa velikim problemima u pogledu degradacije životne sredine. Analizom su ustanovljeni osnovni parametri koji su se koristili u optimalizaciji i predlaganju varijantnih rešenja za svaku opštinu. Takođe, predstavljene su najbolje dostupne tehnologije i dati su predlozi za najefikasnije upravljanje upotrebljenim vodama ovih područja.

Abstract – This study provides solutions for collecting and treatment of domestic and wastewater from industry on the example of municipalities Aleksandrovac, Krupanj, Kuršumlja, Svilajnac i Bela Crkva. These municipalities are less developed, located near sensitive recipients of wastewater and they are facing major problems in the terms of degradation of environment. In the analysis are established basic parameters for the optimization and solutions for each municipality. Also the best available techniques and suggestions for the most effective management of wastewater in these areas are represented.

Cljučne reči: upotrebljene vode, tretman otpadnih voda, prečišćavanje, biološki tretman, mehanički tretman

1. UVOD

Sistemi za vodosnabdevanje i odvođenje upotrebljenih voda treba da obezbede osnovne uslove koji omogućavaju društveni i ekonomski razvoj neke oblasti. Ovi sistemi predstavljaju kompleksne sisteme i zahtevaju saradnju i interakciju više sektora.

Značaj rešavanja ove problematike se pre svega ogleda u obezbeđenju higijenski ispravne vode za piće, prikupljanje otpadne vode radi sprečavanja stvaranja nehigijenskih uslova i prečišćavanje otpadnih voda radi zaštite vodoprijemnika ali i zaštite izvorišta vode nizvodno od ispuštanja.

Sve ove mere su neophodne kako bi bio omogućen održivi razvoj određenog regiona.

2. STANJE U SRBIJI U OBLASTI KANALISANJA I TRETMANA UPOTREBLJENIH VODA

Stanje kvaliteta voda u Srbiji je poprilično ozbiljno a zaštita kvaliteta površinskih i podzemnih voda predstavlja jedan od najtežih problema. Skoro svi gradovi u Srbiji imaju nerešeno ili neadekvatno rešeno pitanje upravljanja otpadom, vodosnabdevanjem, i upotrebljenim vodama. Aktivnosti na rešavanju ovih problema su se povećale pa su neki gradovi već odmakli u rešavanju ove problematike. Prema Uredbi o klasifikaciji voda postoje 4 klase vodotokova u zavisnosti od njihove upotrebe. Hidrometeorološki zavod Srbije sprovodi analize kvaliteta vode i prema rezultatima sa 160 vodomernih stanica većina vodotokova nalazi se izvan klase u koje su svrstani važećom Uredbom o kategorizaciji vodotoka.

2.1. Kanalizacioni sistemi i prečištači otpadnih voda

Izgradnja kanalizacionih sistema značajno zaostaje za izgradnjom vodovodnih sistema i procenat priključenosti stanovništva na kanalizacionu mrežu u Srbiji je 56%. Velika je razlika između priključenosti seoskog i gradskog stanovništva jer je gradsko povezano na kanalizacionu mrežu oko 75% dok je seosko svega 9%. Što se tiče tretmana otpadnih voda situacija je još gora jer je samo 16% stanovništva priključeno na neki vid postrojenja za prečišćavanja otpadnih voda.

2.2. Procena potrebnih sredstava za rešavanje otpadnih voda

Analiza u tabeli 1 ukazuje da će za rešavanje odvođenja i prečišćavanja otpadnih voda u Srbiji u narednih 15-20 godina biti potrebno investirati oko 3 milijarde eura.

Tabela 1. Procena sredstava za kanal. mrežu i prečištače

Okvirni broj stanovnika	Vrsta investicije	Specifična cena (€/st)	Ukupna investicija (€)
Urbane sredine:			
3.000.000	kanal. mreža	160	480.000.000
2.800.000	prečištači	220	616.000.000
Ruralne sredine:			
3.500.000	kanal. mreža i prečištači	528	1.848.000.000

3. KRITERIJUMI PRI PROJEKTOVANJU

Kod definisanja količine upotrebljene vode uzima se u obzir norma potrošnje i koeficijenti neravnomernosti potrošnje. Potrošnja vode se razlikuje u različitim

NAPOMENA:

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

regionima sveta a veoma je bitno proceniti je realno radi pravilnog dimenzionisanja prečištača. U tabeli 2 date su norme za različite veličine naselja a za potrebe ove studije u kojoj su opštine sa velikim brojem malih naselja, kao norma potrošnje uzeta je vrednost od 150 l/st/dan (norma je malo veća jer su uzete u obzir i potrebe za poljoprivredu i uzgoj životinja jer su pretežno poljoprivredna gazdinstva u pitanju) a usvojeni koeficijent dnevne neravnomernosti je 2 za manja naselja i 1,8 za veća.

Tabela 2. Norme potrošnje i koeficijenti neravnomernosti

Broj stanovnika	Jedinična potrošnja (l/st/dan)	Kd	Kh	
			min	max
do 2000	110	2,0	0,2	2,5
2000 - 5000	120	1,9	0,2	2,0
5000 - 10000	130	1,8	0,25	1,8
10000 - 20000	140	1,7	0,3	1,6
preko 20000	150	1,6	0,35	1,5

Prilikom projektovanja prečištača mora se uzeti u obzir i uticaj industrije koja mora svoju vodu pre ispuštanja u kanalizaciju tretirati do kvaliteta koji je propisan graničnim vrednostima. Zbog specifičnosti svake industrije neophodno je napraviti ugovor između industrije i javnog komunalnog preduzeća kako ne bi došlo do problema u radu prečištača i nepotrebnog predimenzionisanja.

Ispuštanje otpadne vode ima veliki uticaj nizvodno na vodotok pa se pri projektovanju moraju odrediti zahtevi koji treba da budu ispunjeni a samim tim i stepen prečišćavanja otpadne vode. Potreban stepen prečišćavanja je određen na osnovu dva standarda. Prvi je da se u obzir uzima kvalitet vode u recipijentu (stream standards) a drugi da se u obzir uzima kvalitet otpadne vode (effluent standards). Oba principa imaju izvesne probleme pa je najbolje da se pri projektovanju kombinuju oba pristupa.

4. KONCEPCIJA PROJEKTOVANJA I OPIS TEHNOLOGIJE

4.1. Podela prečištača po veličini naselja

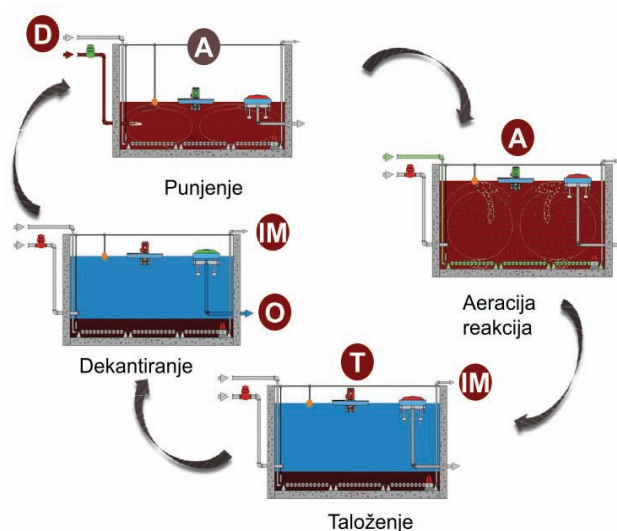
Dimenzionisanje prečištača vrši se u odnosu na broj ekvivalentnih stanovnika (ES). Za velike prečištače uzimaju se u obzir naselja preko 20000 stanovnika, za nešto manje prečištače naselja od 5000 do 20000, za male naselja između 1000 i 5000, i za veoma male prečištače naselja koja imaju manje od 1000 stanovnika.

Za velika naselja su razmatrane opcije konvencionalnog postupka prečišćavanja sa aktivnim muljem i sa aerobnom ili anaerobnom stabilizacijom mulja kao i SBR (sequencing batch reactor) postupak.

Konvencionalni postupak se više koristi na našim prostorima i obuhvata mehaničko prečišćavanje otpadnih voda odnosno uklanjanje grubih materija, zatim biološko prečišćavanje pomoću aktivnog mulja i kod osetljivih vodoprijemnika neophodno je tercijarno prečišćavanje odnosno uklanjanje nutrijenata (azota i fosfora) iz otpadne

vode. Mulj nakon ovog tretmana može da se stabilizuje aerobno ili anaerobnom digestijom uz proizvodnju energije. Postupak anaerobne stabilizacije mulja je uvek znatno skuplji pa se radi samo za centralna (velika) postrojenja.

Manji gradovi se dele na one od 10000 do 20000 stanovnika gde postupci mogu biti isti kao i za velika postrojenja, dok je za naselja od 1000 do 10000 stanovnika bolji šaržni SBR postupak sa aktivnim muljem ili postupak sa imobilisanom mikroflorom. SBR postupak predstavlja ciklus naizmeničnog punjenja i pražnjenja reaktora u sledećim fazama: dovod vode, aeracija, taloženje, dekantiranje – izdvajanje mulja i odvod vode. Na slici 1 nalazi se šema SBR postupka sa prikazanim glavnim fazama. SBR postupak je veoma pogodan za manja naselja jer je dosta prilagodljiv što je neophodno zbog velikih varijacija u protoku i kvalitetu vode manjih naselja.



Slika 1. SBR postupak prečišćavanja

Prilikom projektovanja prečištača za seoska naselja koja su i najkomplicovanija neophodno je utvrditi da li je moguće povezati naselje na centralno postrojenje, a ukoliko nije onda treba odrediti da li se uzimaju individualne septičke jame ili se kuće povezuju na zajednički manji sistem prečišćavanja. Za ovako manje sisteme pogodna su kompaktna postrojenja ili prirodni procesi prečišćavanja poput mokrih polja.

Mokra polja predstavljaju veoma ekonomičan sistem prečišćavanja komunalnih otpadnih voda, međutim preporučuje se jedino za veoma mala naselja s obzirom da je sistem veoma teško kontrolisati i optimizovati.

Princip prečišćavanja mokrim poljima zasniva se na biološkom prečišćavanju pomoću tršćanih sistema i određenih tipova mikroorganizama u veštačko izgrađenim močvarama.

Kompaktna postrojenja se razlikuju u zavisnosti od većeg ili manjeg kapaciteta i predstavljaju pogodno rešenje za manja naselja. Ovi sistemi su znatno skuplji od prirodnih sistema prečišćavanja, međutim kvalitet prečišćene vode je mnogo bolji, imaju duži vek trajanja i znatno je lakše kontrolisati proces (automatizovan proces).

4.2. Projektni broj stanovnika

Prvi korak prilikom projektovanja postrojenja je određivanje broja ES i u ovom slučaju korišćeni su popisi iz 2002. i 2011. godine kako bi se dobio projektovani broj stanovnika za 2031. godinu u svakoj opštini. Na ovaj broj dodat je broj ES stanovnika koji proizilazi iz količine otpadnih voda u industriji.

5. TEHNIČKA REŠENJA ZA OPŠTINE

5.1. Tehničko rešenje za opštinu Aleksandrovac

Opština Aleksandrovac ima oko 30000 stanovnika i 55 naselja od kojih je u većini konstantan pad stanovnika pa je veoma teško tačno odrediti kapacitet postrojenja. Najveći deo opštine pripada slivu reke Pepeljuše te se najveće zagađenje usmerava ka njoj i njenim pritokama.

U radu su analizirane dve varijante kanalisanja a treća predstavlja kombinaciju druge dve. Prva varijanta sastoji se od 7 sistema i 8 samostalnih prečišćaća a druga od 5 sistema i 13 samostalnih prečišćaća. U obe varijante imamo jedno veliko centralno postrojenje koje obuhvata i otpadnu vodu iz industrije. Opcije prečišćavanja date su u odnosu na koncepciju projektovanja prikazanu u prethodnom poglavlju.

Analizom je utvrđeno da je povoljnija opcija kanalisanja u varijanti II i izgradnja CPPOV od 33000 ES. Što se tiče velikog postrojenja SBR postupak predstavlja najekonomičniju opciju a za mala naselja je to slučaj sa mokrim poljima. Međutim, kao što su ranije prikazane određene prednosti treba uzeti u obzir ipak i njih prilikom konačnog odabira tehnologije. Aerobni tretman mulja je znatno jeftiniji i može da se vrši za postrojenja preko 2000 ES a za manja da se dovodi na CPPOV. Ukoliko se vrši anaerobna stabilizacija sav mulj treba da se dovozi na CPPOV.

5.2. Opština Krupanj

Opština Krupanj ima 22 naselja u kojima živi oko 17860 stanovnika. Rečni tokovi na teritoriji opštine su u manjem ili većem stepenu zagađeni direktnim ispuštanjem otpadnih voda što je specijalno izraženo kod reke Likodre, u koju se izlivaju ukupne količine otpadnih voda iz kanalizacije.

U radu su date dve varijante kanalisanja gde se prva varijanta sastoji od 4 sistema i grupe samostalnih prečišćaća a druga sa dva sistema i samostalnim prečišćaćima.

U prvoj varijanti postoji jedan veliki sistem i tri manja koji zajedno pokrivaju oko 90% stanovništva. U drugoj varijanti centralni sistem je isti dok su tri manja sistema spojena u jedan veliki od 4200 ES. Opcije prečišćavanja su na osnovu koncepcije projektovanja kao i u prethodnoj opštini.

Druga varijanta ima neznatno veću cenu kanalisanja međutim analizom se pokazalo da je to povoljnija varijanta jer se sa dva veća sistema lakše upravlja a i troškovi na kraju su približno jednaki. Što se tiče manjih sistema povoljnija je opcija mokrih polja ali kompaktno postrojenje daje veći kvalitet vode i sigurnije je za upotrebu. Obrada mulja treba da se vrši isto kao i u opštini Aleksandrovac.

5.3. Opština Kuršumlja

Opština Kuršumlja ima jedno gradsko, tri banjska i 86 seoskih naselja u kojima prema popisu iz 2011. ima 20109 stanovnika. U opštini Kuršumlja nalazi se više termomineralnih izvora a recipijenti koji prihvataju otpadne vode su I i IIa klase te je neophodno što pre rešiti problem izlivanja neprečišćenih otpadnih voda u ove vodotoke.

U radu su prikazane dve varijante u kojima prva ima 8 sistema i 63 samostalna prečišćaća a druga ima 8 sistema i 35 samostalnih prečišćaća. U obe varijante CPPOV ima 20000 ES dok su u drugoj varijanti neki sistemi prošireni pa je dobijen manji broj samostalnih prečišćaća. Tehnologije prečišćavanja su takođe birane na osnovu ranije date koncepcije projektovanja.

Iako je u drugoj opciji značajno manji broj samostalnih prečišćaća što je jednostavnije za upravljanje, pokazalo se da je prva opcija kanalisanja znatno povoljnija. I ovde je isti zaključak što se tiče mokrih polja i kompaktnih postrojenja međutim obzirom da u ovoj opštini ima velik broj veoma malih prečišćaća (čak i od 5 ES), treba razmotriti neku mogućnost korišćenja i kompaktnih postrojenja i mokrih polja. Za CPPOV sve tri opcije imaju približno jednake ekonomske parametre, ali je za anaerobnu digestiju naravno povoljnije da se sav mulj obrađuje na centralnom postrojenju za prečišćavanje otpadnih voda.

5.4. Opština Svilajnac

Opština Svilajnac prema popisu iz 2011. godine ima 30480 stanovnika koji su naseljeni u 22 naselja. Skoro čitava teritorija opštine Svilajnac pripada slivu reke Velika Morava koja pripada IIa klasi a u opštini postoje vodotoci koji su i III i IV klase. Fekalna kanalizacija je delimično izgrađena ali je veliki deo neadekvatan i predimenzionisan.

U radu su analizirane dve varijante, prva sa 2 sistema i 12 samostalnih prečišćaća dok je druga sa isto 2 sistema ali 5 samostalnih prečišćaća. U obe varijante postoji CPPOV sa više od 20000 ES ali su u drugoj opciji prošireni sistemi da bi se smanjio broj samostalnih prečišćaća. Sva naselja koja su obuhvaćena velikim sistemom pripadaju slivu Velike Morave, i obuhvataju i vodu iz industrije.

Tehno-ekonomskom analizom je utvrđeno da iako su prečišćaći u varijanti II značajno jeftiniji, kanalisanje predviđeno ovom varijantom je duplo skuplje pa su i krajnji troškovi znatno veći u odnosu na varijantu I. U ovoj opštini anaerobna stabilizacija mulja je značajno skuplja i od konvencionalnog i od SBR postupka sa aerobnom stabilizacijom mulja tako da se treba odlučiti između ove dve jeftinije varijante. Za postrojenje od 2300 ES je bolje da se obrada mulja vrši na samom mestu nastanka dok je za sve ostale manje prečišćaće potrebno mulj dovesti na CPPOV.

5.5. Opština Bela Crkva

Opština Bela Crkva ima 14 naselja sa oko 20000 stanovnika. Grad Bela Crkva ima sagrađen sistem kanalizacije koji ne funkcioniše dobro u svim etapama dok seoska naselja imaju nekontrolisano ispuštanje

otpadnih voda u septičke jame. Na području opštine Bela Crkva nalazi se mnoštvo vodotokova i kanala koji se ulivaju u Dunav, a za određene vodotokove poput Nere utvrđeno je da po kvalitetu ne pripada klasi II kao što bi trebalo, već pripada klasi III.

U radu su predstavljene dve varijante u kojoj prva ima 2 sistema i 12 samostalnih prečištača a druga 3 sistema i 3 samostalna prečištača. Razlika između ove dve varijante je što je za neka naselja predviđeno da se otpadne vode odnose na zajedničko centralno postrojenje. Tako u varijanti I imamo CPPOV od 10000 ES a u varijanti II postrojenje od 14000 ES što ne utiče znatno na izbor tehnologije.

Iako je jednostavnije sa manjim brojem samostalnih prečištača ova opcija se takođe pokazala kao znatno skuplja tako da varijanta I predstavlja znatno povoljniju opciju. Anaerobna stabilizacija mulja je u ovoj varijanti skuplja od konvencionalnog postupka 15% a od SBR postupka čak 20%, tako da se treba isključiti iz daljeg razmatranja. Prilikom aerobne stabilizacije mulja najbolja opcija je da se sav mulj dovozi na centralno postrojenje za prečišćavanje otpadnih voda.

6. ZAKLJUČAK

Komunalna infrastruktura i efikasno rešavanje kako snabdevanja vodom, odvođenja i tretmana upotrebljene vode, tako i rešavanje problematike upravljanja otpadom treba da bude apsolutni prioritet svake opštine u pogledu zdravog i održivog razvoja zajednice. Kroz ovaj rad akcenat je stavljen na lošu sadašnju situaciju u Srbiji, pogotovo u manje razvijenim oblastima zemlje. Uvažavanje zahtevanog kvaliteta vode kao i efikasno i ekonomski održivo rešenje je neophodno za pravilno funkcionisanje sistema. Održavanje i monitoring prečištača i kanalizacionog sistema je neophodno, jer kako smo videli u nekim opštinama, usled neodržavanja ili nepravilnog upravljanja sistemom može doći do ogromnih gubitaka i problema za kasnije rešavanje ove problematike.

Tehnologije koje su opisane u ovom radu su prema preporuci najboljih dostupnih tehnologija i prilikom odabira su uzimani u obzir klimatski uslovi, tehnološke mogućnosti ali i dosadašnja iskustva na našim prostorima.

Svih pet opština koje su obrađene u ovom radu imaju slične probleme pa su i rešenja prilično slična gde se mogu izvući određeni zaključci:

- CPPOV sa aerobnom stabilizacijom mulja ima slične investicione troškove i za konvencionalni i za SBR postupak s tim da se za velika postrojenja na našim prostorima više koristi konvencionalni postupak.

- Anaerobna stabilizacija mulja u nekim opštinama nije toliko skuplja od druge dve opcije pa u tom slučaju treba ispitati da li je pomoću njenih prednosti (proizvodnja energije koja se može koristiti na samom postrojenju itd) moguće nadoknaditi investiciono veću cenu ove opcije.

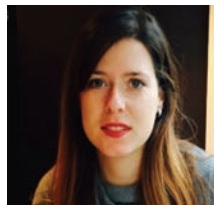
- Za mala seoska naselja, mokra polja su se uvek pokazala kao znatno jeftinija opcija, međutim treba naglasiti da na našim prostorima nema puno iskustva sa ovim sistemima. Takođe, potrebno je dosta vremena za uspostavljanje ovih sistema, potrebno ih je često održavati i obnavljati i nisu pogodni za vode koje imaju veliko organsko opterećenje.

- Što se tiče obrade mulja u zavisnosti od kapaciteta postrojenja, određuje se da li je bolje stabilizovati mulj na mestu nastanka ili ga treba odnositi na CPPOV.

7. LITERATURA

- [1] Dalmacija B, Maletić Snežana, Bečelić-Tomin Milena, "Kontrola prečišćavanja otpadnih voda", Novi Sad, 2014.
- [2] Dalmacija B, Maletić Snežana, Dalmacija Milena, "Praktikum iz zaštite voda", Novi Sad, 2013.
- [3] Dalmacija B, Kolaković S, Klačnja M, i dr. "Strategija vodosnabdevanja i zaštite voda u AP Vojvodini", Prirodno-matematički fakultet, Novi Sad, 2009.
- [4] Kolaković S, Vujović Svetlana, "Postupci i postrojenja za tretman voda", Interna skripta, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2011.

Kratka biografija:



Srđana Kolaković rođena je u Subotici 1989. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Inženjerstva zaštite životne sredine odbranila je 2014.god.



Goran Vujić rođen je u Zrenjaninu 1972. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 2007. god., a po zvanju je vanredni profesor na departmanu za Inženjerstvo zaštite životne sredine.

PRIMJENA RFID TEHNOLOGIJE U BEZBJEDNOSTI I ZAŠTITI NA RADU

APPLICATION OF RFID TECHNOLOGY IN SECURITY AND SAFETY AT WORK

Goran Knežević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – MEHATRONIKA

Kratak sadržaj – U ovom radu predstavljeni su sistemi za bezbjednost i zaštitu na radu, koji upotrebom RFID tehnologije omogućavaju unapređenje mehaničkih i elektromehaničkih sistema za bezbjednost i zaštitu na radu. Navedena unapređenja su postignuta eliminacijom ili smanjenjem uticaja ljudskog faktora na proizvodni proces i bezbjednost i zaštitu na radu, povećanjem brzine reagovanja u incidentnim situacijama i tehnološkim unapređenjem bezbednosti i zaštite na radu upotrebom RFID tehnologije.

Abstract – This paper presents systems for security and safety at work, which by RFID technology appliance providing improvements of mechanical and electromechanical systems for security and safety at work. The aforementioned improvements are achieved by eliminating or reducing human impact on process of production and security and safety on work, by decreasing response time in case of an emergency and by technological improvements of security and safety on work by RFID technology appliance.

Ključne reči: *Bezbednost i zaštita na radu, RFID tehnologija.*

1. UVOD

Tokom razvoja ljudskog društva, kroz istoriju, čovjek je težio da sebi olakša izvršavanje svakodnevnih radnji, kao i unapređenju postupaka obavljanja istih. Povremeno je u ovim težnjama čovjek zanemario rizike koje sa sobom nose ta unapređenja, te je upotrebom nove opreme dolazilo do povređivanja. Tako se ukazala potreba da se sredstva rada unaprede i učine bezbednijima.

Razvoj proizvođačkog društva je rezultirao industrijskom revolucijom i pojavljivanjem parne mašine, te kasnije pojavljivanjem mašina za masovnu proizvodnju.

Čovjekova pažnja i napor su u početku bili koncentrisani na zadovoljavanje osnovnih funkcija mašina, te se pri tome nije vodilo računa o njihovim bezbednosnim funkcijama. S vremenom, kao i razvojem nauke, tehnike i prava radnika, razvila se i čitava grana nauke o zaštiti na radu, što je rezultovalo i proizvodnjom zaštitnih sredstava i opreme, pa danas ova oblast čini čitavu jednu granu industrije.

Intenzivan razvoj nauke i tehnike omogućio je i unapređenja u razvoju zaštitne opreme i sistema. U okviru ovog rada biće predstavljeni sistemi za bezbjednost i zaštitu na radu bazirani na RFID (Radio Frequency Identification) tehnologiji, koji unapređuju postojeće

sisteme za bezbjednost i zaštitu na radu.

2. BEZBJEDNOST I ZAŠTITA NA RADU

S ciljem sprečavanja mehaničkog povređivanja, kao i dejstva nepovoljnih uticaja, razvijeni su različiti sistemi zaštite. Osnovna svrha sistema zaštite jeste da omoguće bezbedan rad uz nesmetano izvršavanje osnovnog zadatka rada. Odgovarajući sistem zaštite u određenom proizvodnom procesu se definiše u odnosu na identifikovane opasnosti i štetnost u određenim fazama, tokom perioda odvijanja radnog procesa.

2.1 Mehaničke opasnosti

Na mašinama se mogu identifikovati opasnosti mehaničkog dejstva, koje potiču od pokretnih i nepokretnih dijelova, gdje su prve prisutne u toku rada mašine, a druge i kad mašina nije u radnom stanju. Do povreda od strane nepokretnih dijelova mašine dolazi u nepredviđenom, nehotičnom fizičkom kontaktu radnika sa mašinom. Ukoliko na mašinama postoje dijelovi koji se iz konstrukcionih razloga ne mogu oklopiti, iste je potrebno označiti naizmjenničnim žutim i crnim prugama. Pokretni dijelovi mašina mogu predstavljati opasno mehaničko dejstvo po radnika, ukoliko postoji mogućnost da radnik ili deo njegove odjeće dođe u kontakt sa njima. Da bi se radnik zaštitio od mogućih povreda potrebno je sprečiti njegov kontakt sa pokretnim dijelovima.

2.2 Rizik od mehaničkih povreda

Rizik se u literaturi definiše kao vjerovatnoća da će ishod određenog postupka imati neželjene posljedice određene težine [1]. U pojedinoj literaturi rizik takođe definišu i kao neizvjesnost izazvanu neželjenim događajem. U industrijskom sistemu, rizik je specifičan pokazatelj pouzdanosti rada sistema, kao i bezbjednosti pri radu istog [2]. Rizik od povređivanja radnika prvenstveno zavisi od vremena koje radnik provodi u ugroženom prostoru. Step en rizika od sredstava rada direktno je srazmeran vremenskom i prostornom angažovanju radnika na mašini, a obrnuto srazmeran pouzdanosti mašine i stepenu primjenjenosti mjera tehničke zaštite, iz čega direktno proizilazi da se minimizacija rizika od povređivanja radnika postiže ugradnjom sistema tehničke zaštite na mašine. Takođe važno je napomenuti da brzina pokretnih dijelova mašine u odnosu na brzinu reagovanja radnika ima značajnu ulogu u opasnim situacijama. Rizik od povređivanja radnika je najmanji kada je brzina mašine manja od brzine reagovanja radnika. Pored sistema tehničke zaštite, značajnu ulogu u unapređenju bezbjednosti i zaštite na radu (BZNR) igra obuka radnika i zaštitna odjeća i sredstva lične zaštite.

Prilikom razvoja konceptnog rješenja mašine potrebno je utvrditi opasne zone u kojima može doći do povređivanja radnika i na osnovu utvrđenog predvidjeti adekvatnu

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Stevan Stankovski, red.prof.

zaštitu. U ovoj fazi razvoja mašine minimalni su troškovi implementacije sistema tehničke zaštite.

3. RFID TEHNOLOGIJA

RFID (eng. Radio Frequency Identification) je bežična tehnologija za identifikaciju i praćenje objekata putem radio talasa. U širem smislu, u RFID sisteme spadaju svi sistemi koji koriste radio talase za prikupljanje informacija za identifikaciju objekata ili osoba, dok se u užem smislu pod RFID sistemom smatra sistem koji se sastoji od RFID čitača, sistema za obradu podataka, i RFID tagova (elektronskih etiketa) koji su nosioci informacija za identifikaciju. RFID tag je nosilac pružalac podataka u RFID sistemu. RFID tagovi su transponderi, vrsta primopredajnog radio uređaja, koja na radio signal odgovarajuće frekvencije generiše odgovor. Konstrukcija taga se sastoji od mikrokontrolera sa memorijom, antene i, zavisno od izvedbe, napajanja ugrađenih u kućište otporno na uticaj okoline. RFID čitač ima centralnu ulogu u RFID sistemu. Iako su RFID čitači primopredajni uređaji sa mogućnošću upisivanja u RFID tagove, zbog njihove primarne svrhe - akvizicije podataka nose naziv čitači.

Unutar RFID čitača možemo da izdvojimo: primopredajnik, mikroprocesor, memoriju, komunikacioni interfejs i napajanje. U zavisnosti od namjene RFID sistema i kompleksnosti zadatka koji obavlja, postoje različite arhitekture istoga. Upravljačka jedinica RFID sistema može biti i mikrokontroler, ali i računar. RFID čitačem upravljačka jedinica upravlja posredstvom određenog komunikacionog protokola. Upravljačka jedinica RFID sistemu šalje komande za provjeru prisustva taga i upis podataka na isti, dok sa RFID čitača upravljačka jedinica prima podatke očitane sa RFID taga. Realizacija kompleksnih RFID sistema može da uključujući servere sa bazama podataka, povezane upravljačke jedinice, interfejse ka drugim sistemima, aktuatore i drugo.

4. PRIMJENA RFID TEHNOLOGIJE U SISTEMIMA ZA ZAŠTITU NA RADU

Tendencija rasta upotreba RFID tehnologije i širenje područja upotrebe uticala je na početak upotrebe RFID tehnologije u sistemima bezbjednosti i zaštite na radu. Prepoznate su mogućnosti za upotrebu RFID tehnologije kako bi se povećala bezbjednosti radnika i njegove okoline u uslovima i situacijama gdje druga do sad korišćena sredstva za zaštitu na radu nisu pružala adekvatne rezultate.

U ovom radu će biti predstavljeni RFID sistemi za BZNR koji predstavljaju unapređenje do sada korišćenih tehnika za BZNR.

4.1 Provjera prisustva i upotrebe obavezne zaštitne opreme

Upotrebom RFID sistema, koji na ulazu u područje gdje je predviđena upotreba lične zaštitne opreme identifikuje radnika i prisutnu zaštitnu opremu, radniku se onemogućava ulazak u navedeno područje, ukoliko ne posjeduje predviđenu zaštitnu opremu. Neophodno je definisati područje u kome je adekvatna mjera zaštite upotreba sredstava lične zaštite. Primjer upotrebe ovog sistema može biti gradilište ili rudarsko okno. Takođe neophodno je obezbijediti i organizovati kontrolisana ulazna mjesta u definisano područje. Funkcija ulaznog

mjesta je da onemogući ulazak nezaposlenim licima i svim drugim licima bez adekvatnog akreditiva. Takođe funkcija ulaznog mjesta je i da evidentira prisutne radnike u području povećanog rizika, njihovo vrijeme ulaska, vrijeme izlaska kao i prisustvo neophodne zaštitne opreme.

Svako ulazno mjesto se sastoji od RFID čitača, senzora prisustva, kamere, mehaničke barijere i upravljačkog sistema. Funkcija RFID čitača je očitavanje prisutnih tagova kod radnika koji želi da uđe prostor povećanog rizika. U ovom slučaju izuzetno je važna fizička realizacija pristupnog prostora kroz koji radnici prolaze na putu ka barijeri, koji bi trebalo da onemogući da se više od jednog radnika istovremeno nađe u prostoru očitavanja jednog ulaznog mjesta. Svaki radnik pored identifikacionog taga treba da posjeduje neophodnu zaštitnu opremu, gdje svaki predmet ponaosob ima sopstveni tag. Zaštitnu odjeću i sredstva svaki radnik dobija na korišćenje, te za iste odgovara. U skladu sa tim tagovi zaštitne odjeće i zaštitnih sredstava se u sistemu povezuju sa identifikacionim tagom radnika.

Upravljački sistem ima ulogu obrade prikupljenih podataka, evidentiranja istih te upravljanja pristupnom barijerom. Ukoliko se u prostoru očitavanja evidentira fizičko prisustvo osobe koja ne posjeduje identifikaciju niti propisanu zaštitnu opremu, sistem će prijaviti pokušaj zloupotrebe administratoru i uz istu priložiti fotografiju nastale situacije. U datom trenutku, oglašiće se alarm u prostoru očitavanja i barijera se neće deaktivirati. Tek po izlasku osobe bez akreditiva iz prostora očitavanja, kapija će ponovo biti u funkciji. Ukoliko se u prostoru očitavanja identifikuje identifikacioni tag radnika koji ne posjeduje zahtjevana zaštitna sredstva, scenario će biti isti kao i u slučaju nepostojanja akreditiva s tim da će se pokušaj evidentirati i u bazu podataka sa identifikacionim tagom radnika.

4.2 Ograničavanje upotrebe mašine

Prilikom upotrebe mašina naročitu opasnost po radnika i njegovu okolinu predstavlja nestručno upravljanje radom mašine. Neadekvatnim upravljanjem radom mašine radnik opasnosti izlaže sebe ali i druge radnike zavisno od upravljane mašine. Primjer ovih rizika su mašine koje imaju obrtno djelove koji se obrću velikim brzinama, pa prilikom havarija polomljeni djelovi mašine ili predmeta rada postaju geleri koji predstavljaju opasnost po život radnika. Primjer ovakvih mašina su strugovi i glodalice, gdje se kod prvih predmet rada obrće velikom brzinom, a kod drugih alat za obradu, tj glodalo. Programiranje CNC mašina predstavlja kompleksan posao, te zahtjeva odgovarajuće znanje i iskustvo.

Kako bi se povećala bezbjednost radnika i opreme u opisanim i sličnim situacijama, na mašine se ugrađuje sistem za identifikaciju radnika baziran na RFID tehnologiji. Sistem se sastoji od RFID čitača, upravljačkog sistema, i identifikacionih tagova radnika. Neophodno je da radnici akreditovani za podešavanje, programiranje mašine i druge rezervisane operacije posjeduju identifikacioni tag. RFID antena predefinisano područje očitavanja se postavlja i kalibriše tako da očitava tagove koji se nalaze u prostoru ispred upravljačke konzole mašine. Ukoliko radnik koji se nalazi ispred upravljačke konzole mašine pokuša da promjeni program koji se izvršava, parametre mašine ili da unosi

izmjene u trenutni NC kod, upravljački sistem će na osnovu očitnog taga radnika i provjere njegovih ovlaštenja, zahtjevanu radnju dozvoliti ili ne.

4.3 Zabrana pristupa i ograničavanje vremena boravka u prostoru opasnom po zdravlje radnika

Na radnim mjestima i u prostorijama gdje postoje opasnost po bezbjednost i zdravlje radnika koje se ne mogu u potpunosti eliminisati upotrebom zaštitnih sredstava, rizik od izloženosti opasnostima se umanjuje ograničavanjem vremena boravka u takvom prostoru. Primjer takvih prostora su prostorije sa jonizirajućim zračenjem, otrovnim parama, visokom ili niskom temperaturom. Prostorije u kojima vladaju navedeni uslovi i opasnosti moraju biti adekvatno osigurane od slučajnog i neovlaštenog ulaska tako da su sva vrata na datom prostoru osigurana bravama, te da ista ne mogu otvoriti lica koja za to nemaju ovlaštenja. Ograničavanje vremena boravka ovlašćenih lica u datom prostoru mora biti nadgledano od strane njihovih pretpostavljenih ili drugog odgovornog lica kome je dodjeljen ovaj zadatak. Potreba za postojanjem nadzornog organa proizilazi iz mogućnosti da ovlašćena osoba za vreme boravka u osiguranom prostoru, namjerno ili nesvjesno, prekorači dozvoljeno vreme boravka u istom. U navedenim slučajevima obaveza lica odgovornog za nadgledanje osiguranog prostora je da trenutno provjeri osigurani prostor i iz njega udalji prisutne osobe kojima je isteklo dozvoljeno vreme zadržavanja u osiguranom prostoru.

Upotrebom RFID tehnologije za nadgledanje pristupa i zadržavanja osoba u osiguranom prostoru se utiče na povećanje sigurnosti radnika i smanjuje subjektivni uticaj ovlašćenog nadzornog lica.

Kada ovlašćena osoba uđe u osigurani prostor počinje da se računa vreme dozvoljenog boravka. Po isteku dozvoljenog vremena boravka pokreće se procedura upozoravanja zvučnim ili svjetlosnim signalom, nakon čega ovlašćena osoba mora da napusti osiguranu prostoriju u određenom vremenskom intervalu. Ukoliko ovlašćena osoba ne napusti osigurani prostor nakon isteka dodatnog vremenskog intervala, sistem izdaje upozorenje licu koje nadgleda sistem. Upozoreni nadzorni organ mora da verifikuje viđeno upozorenje i da u zadatom vremenskom intervalu sa vlastitim akreditivom prijavi ulazak u osigurani prostor ili da to uradi drugo lice ovlašćeno za reagovanje u datoj situaciji. Nakon prijavljivanja lica ovlašćenog za kontrolu prostora moguće je poništiti alarm u programu za nadgledanje sistema.

4.4 Detekcija prisustva radnika u nedozvoljenom prostoru

Kada se na mašinama izvršavaju operacije kao što su sječenje, presovanje, mljevenje ili termički procesi, a objekat rada ima veličinu sličnu čovjekovoj, takve mašine za čovjeka predstavljaju izrazitu opasnost. Otvori za punjenje ovih mašina se konstrukciono postavljaju na radnicima nepristupačna mjesta, ali dopremanje materijala transportnim trakama do ulaza mašine i nenadgledan ulaz materijala u mašinu posebno uvećavaju ovaj rizik. Upotrebom RFID tehnologije u ovakvim situacijama je moguće razlikovati predmete rada od radnika i u incidentnim situacijama zaustaviti mašinu i sprečiti tragediju. Upotrebom zaštitne opreme sa integrisanim RFID tagovima i RFID sistema za detekciju

prisustva radnika u nedozvoljenom prostoru, moguće je detektovati radnika ukoliko se on nađe na transportnoj traci ili u prostoru predviđenom za punjenje mašine sirovinom.

Kada sistem za detekciju prisustva radnika u nedozvoljenom prostoru detektuje radnika, mašina se trenutno zaustavlja i pokreće se proces uzbunjivanja. Zvučnim i svjetlosnim signalom na licu mjesta se signalizira najbližim radnicima da obrate pažnju na štićeni prostor. Ukoliko je proizvodni proces opremljen sistemom za vizualizaciju procesa u istome se ispisuje poruka o događaju. Ukoliko proizvodni proces ne posjeduje sistem za vizualizaciju procesa, na upravljačkoj konzoli mora da postoji informacija o događaju. Ponovno pokretanje mašine ne smije biti moguće sve dok se ne ukloni uzrok zaustavljanja proizvodnog sistema.

4.5 Upotreba RFID sistema za lociranje radnika u vanrednim situacijama

Pri radu u opasnim okolinama, gdje u incidentnim situacijama dolazi do smanjenja vidljivosti, a postoji mogućnost da radnici budu povređeni i bez svijesti, upotrebom RFID sistema za određivanje položaja radnika u incidentnim situacijama, povećavaju se izgledi za preživljavanje povređenih jer se smanjuje vreme potrage za njima. Njihova pozicija se određuje trenutno i operacija njihovog spašavanja ima minimalno vreme trajanja.

Određivanje lokacije pomoću RFID sistema je moguće uraditi: metodom triangulacije ili metodom zoniranja.

4.5.1 Metod triangulacije

Određivanje lokacije RFID taga metodom triangulacije je zasnovano na upotrebi složenih algoritama koji obrađuju podatke sa najmanje tri RFID čitača. Zavisno od informacije koja se koristi u obradi, triangulacija može biti zasnovana na:

1. Relativnom intenzitetu snage signala (RSSI - Relative Signal Strength Intensity)

Ova metoda upoređuje relativni intenzitet snage signala jednog RFID taga očitnog sa najmanje tri različita RFID čitača i kao rezultat daje tačan položaj RFID taga u koordinatnom sistemu u kome je unapred poznat položaj RFID antena. Osnovni nedostatak ovog sistema jeste odstupanje od tačnosti koje iznosi i do 15% rastojanja između RFID čitača. Razlozi za nepreciznost sistema su:

- Različita osjetljivost komercijalnih RFID čitača,
- Nezanemariva razlika odbijanja snopa signala svakog čitača (od arhitektonskih i drugih elemenata),
- Čitači na određenim rastojanjima mogu biti afektovani interferentnim snopom direktnog signala i snopom signala odbijanja što je otežavajuća okolnost,
- RFID tag ne emituje u svim pravcima jednak snop signala. U zatvorenom prostoru sa pregradama jačina primljenog signala zavisi od vrste pregrada, namještaja, ljudi u prostoru i drugih objekata koji se nalaze između očitavanog taga i RFID čitača. Često signal koji se kreće indirektnim putem kroz otvore (vrata prozore i sl.) ima veću jačinu nego direktan signal. Iako proizvođači ovakvih sistema kalibrisanjem RFID čitača tokom instalacije povećavaju tačnost, prolazak ljudi ili privremeno postavljeni objekti ili otvaranje prozora, pomjeraju izračunatu poziciju RFID taga nekoliko metara.

2. Razlika u vremenu pristiglog signala (TDOA - Time Difference on Arrival) za razliku od RSSI triangulacije, koja kao podatak na ulazu uzima intenzitet jačine signala, kao podatak na ulazu uzima vrijeme prijema signala očitavanog taga na čitačima. Čitač koji je najbliži RFID tagu će imati najmanje vrijeme. Razlika u vremenima registrovanih signala podijeljena sa brzinom svjetlosti indukuje razliku u rastojanjima između RFID taga i najmanje tri RFID čitača. Poteškoće u radu ove metode su što RFID čitači moraju koristiti skup kristal za interne tajmere i LAN mora biti potpuno sinhronizovan na nivou nanosekundi. Ovi zahtjevi povećavaju cijenu koštanja. Takođe, za unutrašnju primjenu, na primjer 20x20 metara ili 10 do 12 prostorija sa pregradama, za zadovoljavajuću tačnost potrebno je najmanje tri čitača.

Preciznost TDOA sistema je 5 - 10% od rastojanja između čitača, te je veća od preciznosti RSSI sistema. U praktičnoj primjeni, u zatvorenom prostoru sa pregradama upotrebom sinhronizovanih čitača i pokrivenost 15 prostorija, tačnost će biti između +/-2 i +/-3 metra, što lako može da pozicionira traženu osobu u pogrešnu prostoriju.

4.5.2 Metod zoniranja

Metod zoniranja je pogodan za upotrebu kada zahtijevana tačnost može da se svede na okvir zone (obično određene prostorije). Inicijalno se za svaku zonu koristio poseban čitač, te je svaki čitač imao podešen prijem tako da omogućava prijem signala iz predviđene zone.

Metod zoniranja primjenu više pronalazi u zatvorenom prostoru koji određuju prostorije, u odnosu na otvoreni prostor, gdje bi za funkcionisanje sistema bilo potrebno uspostaviti virtuelne linije razgraničenja između zona. Podešavanjem čitača tokom instalacije u zatvorenom prostoru se postiže visoka tačnost. Pouzdanost metoda zoniranja prilikom upotrebe RFID sistema koji uključuje i RSSI mjerenja sa naprednim upravljačkim programom, može garantovati tačnost od 99%, bez obzira da li se radi o lokalizovanju lica ili roba. U sistemu zoniranja prve generacije korišćeni su jednosmjerni aktivni tagovi što je uslovljavalo upotrebu zasebnog RFID čitača u svakoj prostoriji. Cijenu koštanja ovog sistema čini nepovoljnom upotreba velikog broja RFID čitača koji zahtijevaju infrastrukturu u vidu mrežnih i električnih priključaka. S druge strane prednost kod ove metode su niska cijena koštanja jednosmjernih aktivnih tagova i jednostavna instalacija sistema. Kod metoda zoniranja druge generacije koriste se dvosmjerni aktivni RFID tagovi što omogućava širu pokrivenost jednim čitačem (15 do 20 metara kroz nekoliko zidova). Kod ovog metoda u svakoj prostoriji je instaliran jedan indikator prostora koji periodično emituje signal sa informacijom o prostoriji koju označava. Podešavanjem indikatora zone postiže se da on ima domet samo na tagove koji se nalaze unutar iste prostorije gdje se i on nalazi. Prilikom slanja signala sa aktivnog taga na čitač, periodično ili na zahtjev, odaslane informacija sadrži ID taga kao i ID indikatora zone. Prednost ove implementacije je cijena koštanja. [10,11]

5. ZAKLJUČAK

Osnovno razmatranje u ovom radu imalo je za cilj da predstavi upotrebu RFID tehnologije u području bezbjednosti i zaštite na radu. Iz izloženog se lako izvodi zaključak da data rešenja u mnogome unapređuju bezbjednost i zaštitu radnika, bez dodatnog ili sa

minimalnim angažmanom dodatnog ljudskog osoblja. Smanjenjem ili potpunom eliminacijom angažmana drugih lica u procesu bezbjednosti i zaštite na radu, osim smanjenja troškova, smanjuje se i mogućnost ljudske greške. U određenim situacijama koje su predstavljene u ovom radu evidentno je da brzina reagovanja u datoj kriznoj situaciji ima presudnu ulogu. Tako postaje očigledno da RFID tehnologija u slučajevima određivanja položaja radnika, u uslovima slabe vidljivosti, uprkos svojim nedostacima, ima velike prednosti u odnosu na druge metode, kao što je video nadzor. Takođe prilikom incidentnih situacija, kada je potrebno trenutno zaustavljanje mašine i kada drugi vidovi mehaničkih ili elektromehaničkih zaštita ne pružaju adekvatnu sigurnost, RFID tehnologija u poređenju sa ljudskim nadzorom pruža bržu reakciju i veću pouzdanost. Ljudski faktor je često osnova za nastale povrede na radu i oštećenja opreme. U situacijama kada je moguće predvidjeti aktivnosti koje mogu biti uzrok povređivanju, a kome je osnovni razlog nestručnost, RFID sistemi restriktivnog karaktera predstavljaju efektivno rješenje. Pored navedenih prednosti upotrebe RFID tehnologije u zaštiti na radu, ključno je napomenuti da adekvatno projektovanje sistema za bezbjednost i zaštitu na radu ima ključnu ulogu u njihovoj efektivnosti. Vrlo je važno da su radnici edukovani i svjesni rizika koji su prisutni na njihovom radnom mjestu, kao i da poznaju sisteme za bezbjednost i zaštitu i funkciju koju oni imaju.

6. LITERATURA

- [1] Žarko M Janković "Tehnički sistemi zaštite", materijal za pripremu ispita deo I. Univerzitet u Nišu, Fakultet zaštite na radu, Niš 2010.
- [2] BZR Edukacioni centar, Monografija, "Bezbjednost i zdravlje na radu", Knjiga A, Grupa autora, Mašinski fakultet u Kragujevcu, Urednici: Aleksandra Janković, Branislav Jeremić, Kragujevac-Novu Sad, 2009.
- [3] Himanshu Bhatt, Bill Glover, "RFID Essentials", O'Reilly, 2006.
- [4] Sandip Lahiri, "RFID Sourcebook", Prentice Hall PTR, 2005.
- [5] Frank Thornton, Brad Haines, Anand M. Das, Hersh Bhargava, Anita Campbell, "RFID Security", Syngress Publishing Inc, 2006.
- [6] Klaus Finkenzeller, "RFID Handbook – Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification", John Wiley & Sons, 2003.
- [7] Syed Ahson, Mohammad Ilyas, "RFID Handbook – Applications, Technology, Security and Privacy", CRC Press – Taylor & Francis Group, 2008.
- [8] V. Daniel Hunt, Albert Puglia, Mike Puglia, "RFID – A Guide to Radio Frequency Identification", John Wiley & Sons, 2007.
- [9] Daniel Dobkin, "The RF in RFID – Passive UHF RFID in Practice", Elsevier Inc, 2008.
- [10] <http://www.rfidjournal.com/articles/view?8000> (cited June 2014)
- [11] <http://www.vizbee-rfid.com/technology/why-zoning-preferable-triangulation-indoor-rtls> (cited June 2014)

Kratka biografija:

Goran Knežević rođen je u Rijeci 1985. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mehatronike - Inteligentni sistemi odbranio je 2014 godine.

RAZVOJ PLK I SCADA APLIKACIJE ZA UPRAVLJANJE POSTROJENJEM ZA BLENDING ULJA**DEVELOPMENT PLC AND SCADA CONTROL APPLICATIONS FOR BLENDING OILS PROCESSES**

Jovan Simeunović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – MEHATRONIKA

Kratak sadržaj – U ovom radu predstavljen je prijedlog rješenja automatizacije postrojenja za blending ulja u Rafineriji ulja Modriča. Cilj ovog rada je da koristeći postojeću infrastrukturu i uz minimalna finansijsko-tehnička ulaganja kao i strogo poštovanja svih tehnoloških uslova proizvodnje izvrši automatizaciju koja bi rezultirala povećanjem produktivnosti, poboljšanjem kvaliteta gotovog proizvoda i smanjenjem broja izvršilaca. Kompletan proces automatizacije je zasnovan na programabilno-logičkom kontroleru (PLC), koji predstavlja osnov upravljačkog sistema, i sistemu za nadzor, mjerenje i upravljanje industrijskim sistemima (SCADA).

Abstract – This paper describes a proposal of plant automation solution for blending oil plant in Oil Refinery Modrica. The objective of this task is to use the existing infrastructure and with minimal financial and technical investments and the strict observance of all the technological conditions of production to automate plant for oil blending which would result in increased productivity, improved quality of the finished product and reduced number of employees. The complete process automation is based on the programmable-logic controller (PLC), which is the basis of the control system, and Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) Systems.

Ključne riječi: *blending ulja, programabilno-logički kontroler (PLC), sistem za nadzor, mjerenje i upravljanje (SCADA).*

1. UVOD

Rafinerija ulja Modriča nastala je iz zanatske hemijske radnje „Budućnost“ koja je osnovana 1954. godine. Ruska kompanija „Zarubezhneft“ 2007. godine kupuje državni dio kapitala i postaje većinski vlasnik [1].

Rad predstavlja prijedlog rješenja automatizacije cijelog postrojenja za blending ulja u okviru rafinerije ulja Modriča. Postrojenje se sastoji iz tri cjeline, koje funkcionišu kao nezavisni sistemi i čijim elementima se upravlja ručno, a to su: skladište osnovnih sirovina (bazna ulja i aditivi), agiteri za namješavanje ulja, sistem za istakanje gotovog proizvoda.

Automatizacijom bi se nezavisni sistemi povezali u jednu

funkcionalnu cjelinu čijim elementima bi se upravljalo automatski uz poštovanje svih tehničko-tehnoloških zahtjeva proizvodnog procesa.

Programiranje programabilno logičkih kontrolera (Programmable Logic Controller - PLC) i projektovanje sistema za mjerenje, nadzor i upravljanje industrijskim sistemima (Supervisory Control And Data Acquisition - SCADA) je urađena pomoću Siemensovog programa poznatog pod imenom TIA PORTAL verzija 11, koji je zasnovan na konceptu totalno integrisane automatizacije i u njemu je uključen podprogram za programiranje PLC kontrolera (STEP7 Professional) kao i podprogram programiranja SCADA sistema (WINCC Professional).

S obzirom da su motorna ulja jedan od osnovnih proizvoda rafinerije ulja Modriča, u radu je najveća pažnja posvećena upravo motornim uljima.

2. TEHNOLOŠKI PROCES

Motorna ulja spadaju u maziva ulja koja su složena jedinjenja baznih ulja i aditiva, a služe za podmazivanje pokretnih elemenata motora, posebno motora sa unutrašnjim sagorijevanjem [2].

Glavne funkcije koje maziva ulja moraju ispuniti su: podmazivanje i smanjenje trenja, hlađenje motora, održavanje čistoće motora, zaštita od korozije, ispunjavanje neravnina u svrhu održavanja kompresije.

Bazna ulja – mineralna (dobijaju se preradom nafte) ili sintetička (dobijaju se hemijskom sintezom iz različitih komponenata) - čine osnovu svih maziva - mazivih ulja i mazivih masti, bitno utiču na njihove osnovne osobine i u zavisnosti od vrste baznih ulja, finalna maziva ulja se na tržištu prepoznaju kao mineralna, hidrokrekovana ili sintetička maziva i industrijska ulja [3].

Aditivi su sintetičke materije koje se dodaju mazivima u cilju poboljšanja ili donošenja nekih novih osobina mazivima, čime se povećavaju eksploataciono-tehnička svojstva ulja [2]. Prema mehanizmu mogu se podijeliti u tri osnovne grupe: aditivi koji poboljšavaju fizička svojstva maziva, aditivi koji poboljšavaju hemijska svojstva maziva i aditivi koji štite mašinske elemente od štetnih materija nastalih u ulju.

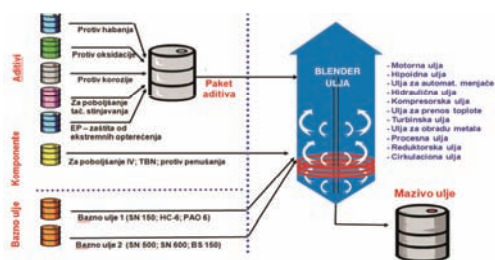
2.1 Proces blendinga ulja

Da bi se dobilo ulje određenih osobina neophodno je bazna ulja namješati u određenom odnosu sa dodatkom aditiva u procesu koji se naziva blending (eng. stapanje) ulja i koji se odvija kroz sledeće faze: utakanje baznih ulja, dodavanje aditiva, miješanje i na kraju istakanje. Kompletan proces blendinga ulja se zasniva na

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Gordana Ostojić, vanr. prof.

tehnološkim recepturama. Shematski prikaz kompletnog procesa dat je na slici 1.



Slika 1. Shematski prikaz procesa blendinga

2.2 Motorna ulja

Motorna ulja spadaju u kategoriju mazivih ulja. Prema nastanku dijele se na [4]: Mineralna ulja (tekuće gorivo dobiveno iz mineralne i biljne baze kao produkt destilacije nafte, katrana, ugljena, drveta itd.), sintetička ulja (lubrikanti čiji sastav čine hemijske komponente sintetizirane na vještački način, polusintetička ulja (spojevi mineralnih i sintetičkih motornih ulja, s tim da je najveći udio sintetičkih ulja u mješavini 30%).

Osobine ulja su: viskoznost, temperatura paljenja, otpornost oksidaciji, nekoroziivnost, deterdžentsko i disperzijsko svojstvo, mazivost, neutralizacija produkata sagorijevanja, namjena i kvalitet [4].

Jedno od važnijih svojstava motornih ulja je viskoznost, sprečava habanje kliznih površina [?].

Pored viskoznosti važnu ulogu igra i gustina ulja, koja obezbjeđuje zadovoljavanje jedne od funkcija ulja, a to je zaptivanje mikroskopskih nesavršenosti na kliznim površinama pokretnih dijelova u uslovima visokog pritiska.

U rafineriji ulja Modriča najzastupljenija je proizvodnja sintetičkih ulja zbog njihove tehničke prednosti u odnosu na ostale dvije vrste motornih ulja [1]: bolje performance pri niskim i visokim temperaturama, bolja hemijska stabilnost, smanjenja isparljivost, otpornost prema oksidaciji, temperaturnom šoku i problemima vezanim za uljni talog, produžene intervale izmjene motornog ulja koji podrazumijevaju zaštitu okoline zbog smanjenog uljnog otpada, poboljšanju ekonomičnost goriva kod pojedinih konfiguracija motora, bolje podmazivanje pri hladnim startovima.

3. POSTROJENJE ZA BLENDING ULJA

3.1 Postojeće tehničko rješenje

Blending ulja, u rafineriji Modriča, se vrši u postrojenju koje se sastoji od 4 rezervoara konusno-cilindričnog oblika određene zapremine - agiterima, u kome se nalaze izmjenjivači toplote i cijevi kroz koju se ubacuje vazduh, kojim se vrši namješavanje smjese u agiteru.

Rezervoari koji služe za skladištenje baznih ulja (ima ih 12) su cijevovodima preko mehaničkih ventila vezani sa pumpama, čiji su izlazni vodovi povezani sa agiterima. Otvaranjem ventila i uključivanjem pumpe, počinje utakanje baznog ulja. Mjerenje mase se vrši statičkom metodom pomoću senzora hidrostatskog pritiska[6].

Dodavanje aditiva se vrši ručno, odvagama odnosno baždarenim posudama (bačva i sl). Aditivi se dodaju tek nakon što se u agiteru uspostavi optimalna temperatura. Nakon miješanja smjese u agiteru, uzima se uzorak ulja i

šalje se u laboratoriju na analizu. Na osnovu nalaza laboratorije definiše se sledeći proizvodni korak (istakanje ili korekcija). Kada laboratorija potvrdi kvalitet proizvoda pristupa se istakanju. Gotov proizvod se može istakati preko punionice u ambalažu ili u cisternu za rinfuzni transport. Istakanje u punionicu ili u rinfuzni transport se vrši slobodnim padom, a pretakanje u drugi agiter pomoću mobilne pumpe.

Mehaničko otvaranje i zatvaranje ventila i ručno uključivanje pumpe kao i način na koji se mjeri masa dovode do odstupanja utočene od predviđene mase tehnološkom recepturom što za posledicu ima lošiji kvalitet proizvoda, kao i produženo vrijeme trajanja proiyvodnog ciklusa.

3.2 Unapređenje postojećeg tehničkog rješenja

Predložne zmjene sistema su u cilju prilagođavanje postrojenja automatskom režimu rada, povećanja produktivnosti postrojenja i kvaliteta proizvoda uz poštovanje tehnoloških uslova proizvodnje.

U prvom koraku je neophodno zamjeniti sve mehaničke ventile sa elektromagnetnim ventilima, zatim servisirati postojeće pumpe i dodati još jednu pumpu istih karakteristika kao i ostale, razdvojiti rezervoare "11" i "12" kako bi se obezbjedilo da svako bazno ulje ima svoj spremnik, svoju pumpu i svoj vod do agitera, ispusne vodove agitera spojiti sa usisnim otvorom pumpe za istakanje, koja je sada vijčana i stacionarna, a ispusni otvor pumpe za istakanje spojiti sa razdjelnikom koji je vodovima spojen sa destinacijama za istakanje (punionica, rinfuzni transport i drugi agiteri).. Mehanički ventili se zadržavaju na usisnom i ispusnom vodu pumpe za istakanje kako bi se ti vodovi mogli čistiti od zaostalog ulja prilikom istakanja. Dodavanje aditiva preko mobilne pumpe, regulacija temperature i miješanje ulja zadržavaju isti princip rada ali sada su elektro-upravljani od strane PLC-a na način da su na njihove vodove postavljeni elektromagnetni ventili. Mjerenje utočene – istočene mase ulja će se vršiti mjeračima protoka postavljenim na usipne vodove agitera i ispusne vodove ka destinacijama istakanja.

3.3 Idejno rješenje sistema za upravljanje postrojenjem za blending ulja

Kako je proizvodni proces podijeljen na četiri faze: namješavanje ulja, istakanje gotovog ulja, ispuštanje zaostalog ulja i čišćenje postrojenja; te bi i rješenje ovog zadatka pratilo faze procesa.

3.3.1 Namješavanje - blending ulja

Namješavanje ulja je faza procesa koja se odvija u nekoliko koraka:

- Utakanje – punjenje baznih ulja u određenom omjeru u prazan agiter. Punjenje se vrši istovremeno za sva bazna ulja.
- Dodavanje aditiva – Dodavanje se vrši ručno pomoću mobilnih pumpi crijevom spojenih na agiter i na čijem izlazu se nalazi elektromagnetni ventil.
- Miješanje – počinje otvaranjem ventila na vodu komprimiranog i tehnički pripremljenog vazduha, koji se preko mlaznice uduvava u agiter i strujanjem kroz centralnu cijev obezbjeđuje se miješanje ulja.

- Laboratorijska kontrola – uzima se uzorak smješe iz agitera i šalje se u laboratoriju koja ispituje osobine smješe i daje mišljenje da li je smješa gotov proizvod – gotovo ulje ili je neophodno vršiti korekciju koju laboratorija u saradnji sa tehnologom propisuje.

3.3.2 Istakanje gotovog ulja

Istakanje gotovog ulja počinje izborom destinacije: punionica, rinfuzni transport ili drugi agiter i otvaranjem ispusnog ventila na agiteru i ventila na vodu destinacije. Istakanje ne smije početi ukoliko ventili za pražnjenje zaostalog ulja nisu zatvoreni, što se detektuje senzorom položaja.

3.3.3 Pražnjenje zaostalog ulja

U cjevovodu ka pumpi i vodu ka agiterima, ukoliko se vrši pretakanje, zadrži se određena količina ulja koje se istače - pretače i koja se naziva zaostalo ulje. Pražnjenje se vrši na način da se ispod ispusnih otvora postave posude za sakupljanje zaostalog ulja zatim otvore mehanički ventili za ispuštanje zaostalog ulja.

3.3.4 Čišćenje agitera

Čišćenje agitera se vrši ručno, i to na osnovu propisane procedure za čišćenje od strane tehnologa, a čišćenje cjevovoda se vrši hemijskim tretiranjem, cirkulacijom hemijskih sredstava kroz cjevovod, čiju cirkulaciju izazivaju rotacione pumpe, dok su vijčane odspojene.

4 SPECIFIKACIJA HARDVERSKIH KOMPONENTI SISTEMA

U okviru postrojenja za blending ulja nalazi komanda soba u kojoj su smješteni najvažniji dijelovi upravljačkog sistema, računar sa SCADA aplikacijom i upravljački ormar u kome se nalazi PLC. PLC je putem Ethernet protokola spojen sa računarom, a samim tim i SCADA aplikacijom. Sistem zaštite i prekida procesa je ostvaren na način da je na upravljačkom ormaru postavljen taster "Total STOP".

4.1 Programabilno-logički kontroler (PLC)

Princip rada PLC-a je ciklično čitanje programa koji se nalazi u njegovoj memoriji, koji predstavlja upravljačku logiku tj. na osnovu programa vrši se upravljanje uređajima [8]. PLC, koji je izabran u ovom slučaju je S7-300, pripada SIEMENS-ovoj porodici programabilno-logičkih kontrolera i predstavlja modularni PLC koji je predviđen za srednje nivoe automatizacije [9].

U okviru projekta predviđeno je 112 digitalnih ulaza (DI) bez protokomjera, 73 digitalna izlaza (DO), 20 analognih ulaza (AI) i 13 ulaza za protokomjere koji se spajaju na transmiere direktno postavljene na RACK. Za 112 digitalnih ulaza iskorišćena su dva modula tipa DI64 x 24VDC (SM 321). Kod izlaza korišćeni su moduli jedan DO64 x 24VDC (SM 322) i jedan DO16 x 24VDC (SM 322). Za analogne ulaze uzet je modul AI8 x 16 bits (3 komada, SM331) koji ulaznu analognu vrijednost pretvara u digitalnu riječ od 16 bita. Pošto ukupan broj modula prelazi broj slobodnih mjesta na RACK-u, potrebno je povećati broj RACK-ova na dva. Kako bi CPU prepoznala module u drugom RACK-u neophodno je ostvariti komunikaciju između dva RACK-a, to je urađeno pomoću modula IM 365 koji je za to predviđen.

Oba RACK-a imaju sopstveno napajanje preko uređaja PS 307 5A.

CPU koji se koristi je 319F-3 PN/DP (slika 4.7) i predviđen je za procese koji se kontinualno moraju odvijati bez ikakvih zastoja.

4.2 Protokomjeri

Izabran je protokomjer SIEMENS SITRANS F C MC1 čije su karakteristike prikazane u [10]. Za ovaj protokomjer postoji funkcionalni modul, SIFLOW FC070, koji predstavlja transmiere ovog senzora i pomoću koga se direktno očitava masa koja protekne kroz senzor.

4.3 Pumpe

U trenutnom postrojenju za blending ulja instalisano je šest vijčanih pumpi kapaciteta 50 m³/h. Zbog sedam baznih ulja i razdvajanja rezervoara 11 i 12 neophodno je ugraditi još jednu pumpu istih karakteristika [7]. Na svaku pumpu ugrađen je uređaj koji obezbjeđuje "meki start" (zvijezda-trokut). Takođe pumpe su zaštićene od rada na suvo senzorima hidrostatičkog pritiska ugrađenim u rezervoare baznih ulja koji će registrovati kada je rezervoar prazan.

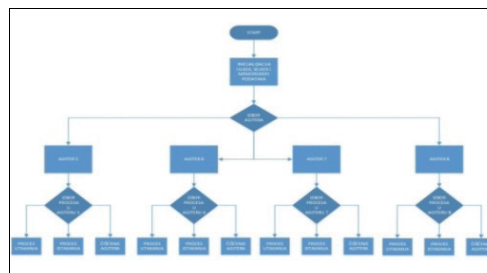
4.4 Ventili

Za cjevovode su izabrani elektromagnetni, normalno-zatvoreni ventili firme BUSCHJOST čiji nazivni prečnik iznosi 100 mm (112 komada) i 50 mm (4 komada) [10]. Za uzmjjenjivače toplote izabrani su elektromagnetni, normalno-zatvoreni ventili proizvođača AVCON čiji nazivni prečnik iznosi 50 mm [10].

5 OPIS PROGRAMSKOG RJEŠENJA

5.1 Program programabilno-logičkog kontrolera

Kompletan program PLC-a je podijeljen na četiri glavne cijeline: Ove cijeline predstavljaju podprograme za svaki agiter i u njima su smješteni svi procesi vezani za agitere, a ti procesi su utakanje, istakanje i čišćenje agitera i vodova. U glavnom programu ili glavnom programskom bloku je urađena logika upravljanja i sinhronizacija procesa u agiterima kako bi se spriječilo istovremeno utakanje u više agitera kao i istakanje u više agitera.



Slika 2. Algoritam PLC programa

Istovremeno utakanje ili istakanje nije fizički moguće, jer je sistem projektovan na način da se svaka operacija u agiteru strogo nadgleda i upravlja kako bi se spriječile i najmanje greške ukoliko do njih dođe. Algoritam programa dat je na slici 2.

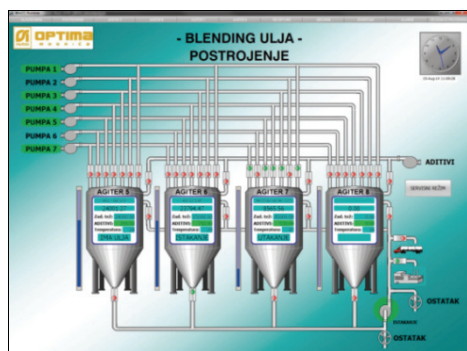
5.2 SCADA aplikacija

SCADA aplikacija omogućava operateru nadzor i upravljanje procesima u postrojenju za blending ulja [11][12]. Sastoji se od ukupno deset ekrana i to: glavni

meni, postrojenje, agiter 5, agiter 6, agiter 7, agiter 8, sirovine, recepti, izvještaj i alarmi.

Ekran "Glavni meni" predstavlja početak SCADA aplikacije. U okviru njega nalazi se šest dugmadi koji služe za prelazak na ostale dijelove SCADA aplikacije.

U ekranu "Postrojenje" predstavljeno je kompletno postrojenje sa svim njegovim komponentama. Ovaj ekran služi samo za pregled stanja agitera), a da bi se pokrenuli procesi u postrojenju potrebno je izabrati agiter.



Slika 3. Ekran "Postrojenje"

Klikom na agiter u ekranu "Postrojenje" otvara se ekran izabranog agitera i u njemu se mogu pokrenuti procesi kao što su utakanje, istakanje, čišćenje agitera i vodova. Za svaki od ovih procesa predviđen je odgovarajući prozor u kome se zadaju parametri ili se prelazi na drugu fazu proizvodnog procesa. Prilikom ovih proizvodnih procesa operater će u svakom trenutku imati informaciju o stanju u postrojenju. Ekran agitera predstavlja najvažniji dio SCADA aplikacije.



Slika 4. Ekran "Agiter 7"

Ekran "Sirovine" i ekran "Tehnološke recepture" služe za unošenje novih informacija koje su neophodne kako bi se procesi odvijali. Te informaciju su o promjeni količina sirovina u rezervoarima, kao i izmjene u tehnološkoj recepturi prema kojima se gotova ulja namještavaju, kao i nove recepture.

Tabela sa alarmima u postrojenju je prikazana u okviru ekrana "Alarmi". Alarmi služe kako bi upozorili operatera o značajnom odstupanju parametara u sistemu od zadanih vrijednosti.

Pisani izvještaj o realizaciji proizvodnje gotovih ulja u jednoj smjeni u postrojenju dobija se u okviru ekrana "Izvještaji" u kome se vodi evidencija o svakoj novoj šarži za datu smjenu.

6. ZAKLJUČAK

Kao što je u uvodu rečeno, cilj zadatka je da koristeći postojeću infrastrukturu i minimalna materijalno-finasijska ulaganja predloži automatizaciju postrojenja za blending ulja. Nezavisne cjeline postrojenja su povezane u jednu funkcionalnu cjelinu uz poštovanje tehničko-tehnoloških zahtjeva proizvodnje. Upravljanje elementima postrojenja je potpuno automatizovano čime su izbjegnute sve subjektivne procjene kao i radnje čijim izvršenjem se narušavaju tehnološke recepture što je uticalo na kvalitet proizvoda. Broj izvršilaca je značajno smanjen, a efikasnost postrojenja se značajno povećala. Ostavljena je mogućnost uvođenja novih proizvoda.

Iz svega izloženog može se zaključiti da je rad u potpunosti odgovorio postavljenom zadatku, kao i da je predloženo takvo rješenje, koje ne samo da zadovoljava trenutni proizvodni program nego ostavlja mogućnost promjena tehnoloških uslova i receptura na jednostavan način što omogućava brz prelazak na novi proizvodni program.

6. LITERATURA

- [1] www.modricaoil.com, 8. avgust 2014.
- [2] Landsdown A.R, *Lubrication - A practical Guide to Lubricant Selection*, Pergamon Press, Oxford, 1982.
- [3] www.maziva.org, 11. jul 2014.
- [4] Gruse W.A, *Motor oils -Performance and Evaluation*, Reinhold Publ. Corp New York, 1959.
- [5] Rac A, *Maziva i podmazivanje mašina*, Mašinski fakultet Beograd, 2007.
- [6] Jovan Simeunović, *Primena sistema za daljinski nadzor i upravljanje (SCADA) u sistemu za blending ulja*, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2012.
- [7] Savić V, *Uljna hidraulika*, IKOS, Zenica, 1991.
- [8] Stevan Stankovski, Gordana Ostojić, *Zbirka rešenih zadataka iz Programiranja i primene programabilnih logičkih kontrolera*, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, 2009.
- [9] Siemens: *S7-300 Programmable Controller - System Manual*, Siemens AG, 1998.
- [10] www.directindustry.com, 28. avgusta 2014.
- [11] Siemens: *Users manual WinCC Professional*, Siemens AG, 2012.
- [12] OFFICE OF THE MANAGER NATIONAL COMMUNICATIONS SYSTEM, *"Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) Systems"*, (October 2004) NATIONAL COMMUNICATIONS SYSTEM.

Kratka biografija:



Jovan Simeunović rođen je u Sarajevu 18.3.1989. god. Master rad na temu "Razvoj PLK i SCADA aplikacije za upravljanje postrojenjem za blending ulja" odbranio je na Fakultetu tehničkih nauka 2014. godine.

RAZVOJ DALJINSKI UPRAVLJANE PNEUMATSKE OPRUGE DEVELOPMENT OF A REMOTE-CONTROLLED PNEUMATIC SPRING

Vule Reljić, Dragan Šešlija, Jovan Šulc, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – MEHATRONIKA

Kratak sadržaj – U ovom radu napravljen je kratak pregled o daljinskom upravljanju uređajima. Prikazani su mogući načini realizacije opruga i akcenat je stavljen na pneumatske opruge. Opisano je moguće rješenje korišćenja pneumatskih opruga u virtualnim laboratorijama.

Abstract – This paper contains a short overview on the remote controlled devices. Authors showed possible implementation of springs and emphasis is placed on pneumatic springs. Too, authors described a solution to use pneumatic springs in virtual labs.

Ključne reči: Virtualne laboratorije, Daljinsko upravljanje, Pneumatske opruge

1. UVOD

Jedan od ciljeva modernih fakulteta jeste da decentralizuje dio svojih aktivnosti, dajući studentima slobode da organizuju sopstveni raspored. U tu svrhu razvijana su programska okruženja, pod nazivom virtualne laboratorije, koja studentima pružaju mogućnost da na računaru izvede eksperimente i analiziraju dobijene rezultate bez direktnog kontakta sa fizičkim uređajima [1]. Preciznije rečeno, studenti mogu da pristupe aplikacijama u realnom vremenu korišćenjem daljinske laboratorije, odnosno mogu da upravljaju hardverom od svoje kuće ili sa bilo kog mjesta. U skladu sa prethodno iznesenom definicijom virtualnih laboratorija, mogu se sagledati dva tipa istih:

- virtualne laboratorije koje su zasnovane na udaljenom pristupu realnom fizičkom sistemu. Elementi sistema ne koriste se direktno, već se uz pomoć računara i određenog softvera kontroliše udaljeni uređaj koji je povezan na internet, i
- virtualne laboratorije kao potpuna simulacija laboratorijskog okruženja, instrumenata i uslova u kojima se vrši eksperiment.

Oba tipa podjednako su zastupljena, ali u ovom radu, autori će se pozabaviti samo prvim tipom virtualnih laboratorija, i to na sljedeći način: simuliraće se rad opruge preko upravljanja radom pneumatskog cilindra dvosmjernog dejstva, odnosno upravljajući se radom pneumatske opruge. O upravljačkom dijelu sistema autori će govoriti u nastavku rada, a prethodno će definisati opruge i parametre kojima se opisuje njihov rad.

NAPOMENA:

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

Opruge su mašinski elementi koji se koriste za elastično povezivanje mašinskih dijelova. Koriste se na onim mjestima gdje je potrebno deformacijom opruge, akumulirati energiju, u vidu potencijalne energije, koja se kasnije može primijeniti [2].

Sila u opruzi proračunava se prema jednačini 1:

$$F = k \cdot x, \quad (1)$$

gdje je k - koeficijent krutosti opruge ($\frac{N}{mm}$), a x elongacija (mm). Koeficijent krutosti opruge je konstantan i proračunava se prema jednačini 2:

$$k = \frac{G \cdot d^4}{8 \cdot D^3 \cdot n_a} = const, \quad (2)$$

gdje je G - modul smicanja materijala od kojeg je opruga napravljena ($\frac{N}{mm^2}$), d - prečnik žice od koje je opruga napravljena (mm), D - unutrašnji prečnik opruge (mm), a n_a - broj namotaja.

Od najvećeg značaja za sistem koji omogućava simulaciju rada opruge je jednačina 2. Naime, u sebi dostupnoj aplikaciji, klijent će zadavati parametre opruge i željenu elongaciju na osnovu kojih će se proračunavati sila u opruzi, a nakon toga i pritisak u odgovarajućem dijelu upravljačkog sistema. O svemu tome, autori će detaljnije govoriti u narednom poglavlju, poglavlju 2.

2. PRAKTIČNA REALIZACIJA VIRTUALNE LABORATORIJE

Kao što je već prethodno naglašeno, cilj rada je praktična realizacija male virtualne laboratorije koja omogućava daljinsko upravljanje radom opruge tako što se na odgovarajući način upravlja radom pneumatskog cilindra dvosmjernog dejstva. Radi se o sljedećem: krajnji korisnik (klijent) na svom računaru mora da ima instaliranu klijentsku aplikaciju putem koje može da zadaje parametre opruge pomoću kojih se određuje koeficijent krutosti opruge (jednačina 2) i elongaciju opruge, na osnovu kojih će se odrediti sila u opruzi (jednačina 1). Podaci unijeti na klijentovom računaru preko mreže šalju se do servera. Na osnovu dobijenih vrijednosti, na server računaru proračunava se sila u opruzi, a zatim na osnovu nje pritisak u odgovarajućem dijelu upravljačkog sistema prema jednačini 3:

$$p = \frac{F}{A}, \quad (3)$$

gdje je A - površina poprečnog presjeka pneumatskog cilindra (mm^2). Kada se izvrši pomenuti proračun, server preko serijske komunikacije šalje informaciju o stanju pritiska u sistemu ka glavnom upravljačkom uređaju, programabilnom logičkom kontroleru (skraćeno, PLK). Na osnovu dobijene informacije, PLK, postavlja

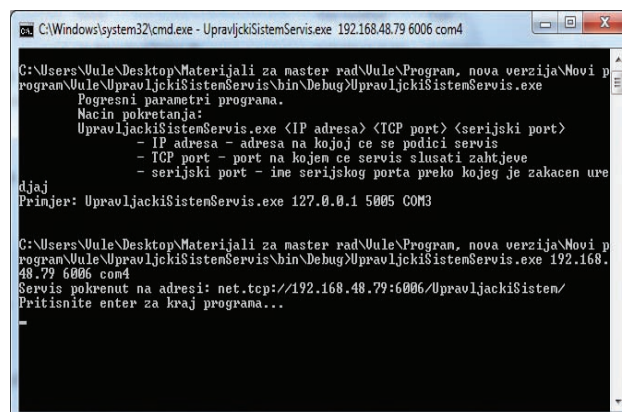
Pošto je ukratko objašnjen osnovni koncept virtualnih laboratorija i laboratorije koja je realizovana, autori će sistemom korak po korak detaljno objasniti svaki modul pomenutog sistema.

Softver virtualne laboratorije najčešće je podjelen u nekoliko cjelina:

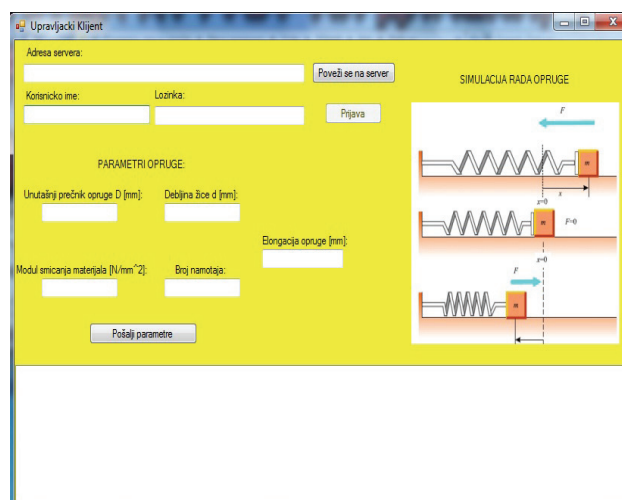
- Tipična sesija sastoji se od prijave korisnika, realizacije eksperimenta i posmatranja rezultata.

pristupati. Druga bitna stvar koja se definiše je način povezivanja (engl. *binding*) koji specificira tip komunikacionog kanala koji će biti korišćen. Treći dio tačke pristupa je adresa na kojoj će server biti dostupan.

Izgled pokrenute serverske (napravljena kao konzolna aplikacija, engl. *console application*) i klijentske aplikacije (napravljena kao desktop aplikacija, engl. *windows forms application*) prikazan je na slikama 2 i 3, respektivno. Za transportni protokol izabran je *NetTcpBinding*.



Slika 2. Pokretanje serverske aplikacije

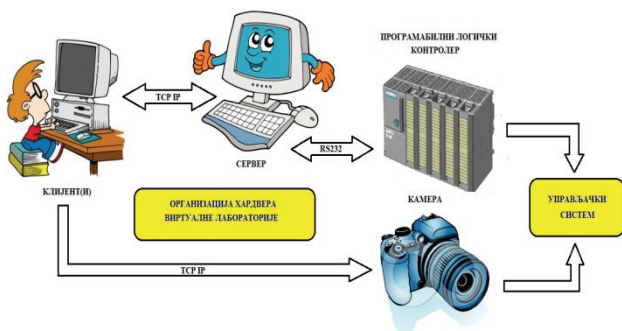


Slika 3. Pokretanje klijentske aplikacije

Prvi korak je „podizanje“ servera na odgovarajućoj adresi i portu. Nakon toga, klijent pokreće svoju aplikaciju i prvo treba da se poveže sa serverom unošenjem adrese na kojoj se server podignut. Poslije toga, treba da se prijavi sa svojim korisničkim imenom i lozinkom. Server u sebi dostupnoj datoteci ima spisak korisnika koji se unaprijed definiše. Ukoliko se klijent uspješno prijavi, omogućeno mu je upravljanje sistemom.

Način realizacije hardvera prethodno opisane laboratorije prikazan je na slici 4 [4]. Klijent i server povezani su preko mreže, a server i glavni upravljački uređaj, PLK, preko serijske komunikacije. Da bi klijent mogao da prati način na koji se izvršava njegova naredba, u sistem se postavlja IP kamera kojoj se može pristupiti jednostavnim ukucavanjem njene adrese u bilo kom internet pretraživaču. Na taj način, klijent i vizuelno može da prati

ono što je zapravo uradio – upravljao radom pneumatske opruge zadavanjem određenih parametara.



Slika 4. Organizacija hardvera virtualne laboratorije

Pored pomenutih elemenata, klijent računara, server računara, kamere i PLC, hardver virtualne laboratorije sačinjavaju i elementi upravljačkog sistema – pneumatski cilindri dvosmjernog dejstva, daljinski upravljani regulator pritiska, komandni razvodnici, električno upravljani, izvori napajanja i ostali prateći elementi – nepovratni ventili i slično. Sva korišćena oprema je proizvođača *FESTO*: pneumatski cilindri oznake *DNC-32-100-PPV-A*, daljinski upravljani regulator pritiska oznake *MS6-LRE-1/4-D7-OP-PI-SK5-VJBE*, čiji je izgled prikazan na slici 5, 12-bitni PLC oznake *FEC660 Standard* itd.

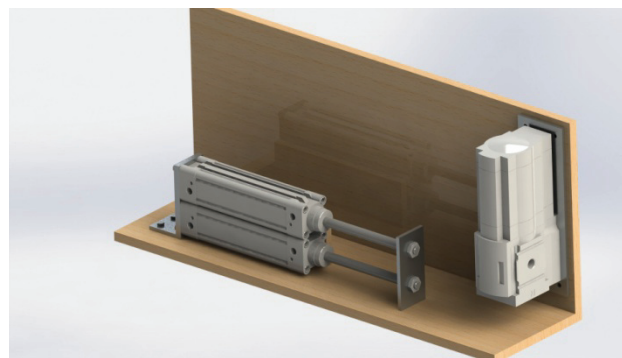


Slika 5. Izabrani daljinski upravljani regulator pritiska

Programiranje PLC izvršeno je u programskom okruženju *FST4.10* u programskom jeziku koji se naziva lista instrukcija i specifičan je samo za kontrolere proizvođača *FESTO* [5].

2.3. Mehanička konstrukcija sistema

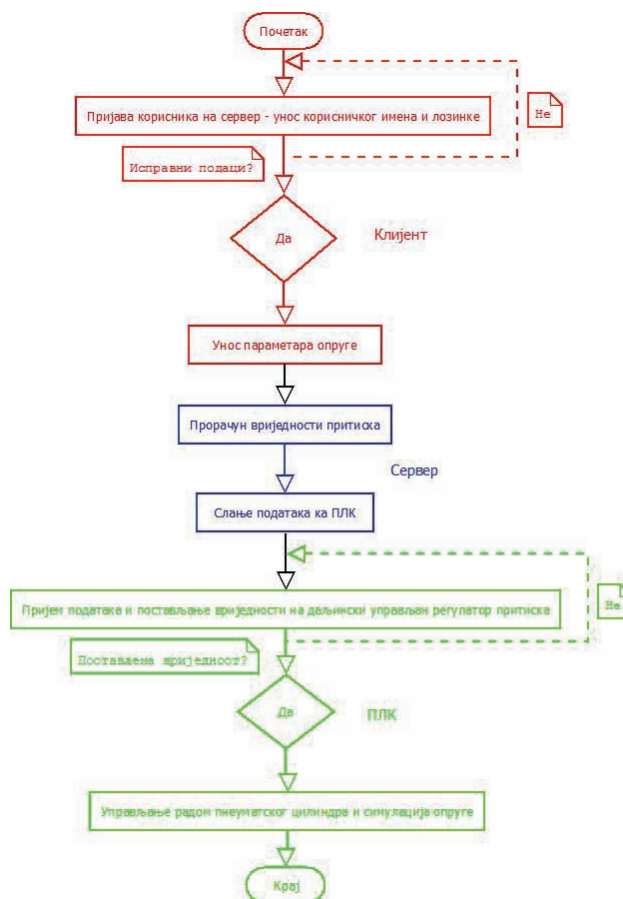
Projektovanje samog sistema izvršeno je u programskom paketu *SolidWorks*. Prvo je konstruisan 3D CAD model sistema, čiji je izgled prikazan na slici 6, a zatim je isti i izrađen. Noseća konstrukcija napravljena je od drveta. Za bočnu drvenu ploču zavrtnajskim vezama pričvršćen je daljinski upravljani regulator pritiska. Dva pneumatska cilindra dvosmjernog dejstva postavljena su jedan iznad drugog i međusobno su povezani namjenski kreiranim spojnicama. Veza prednje spojnice i cilindra ostvarena je korišćenjem podloške i navrtke, a zadnja spojnica povezana je sa cilindrima korišćenjem zavrtnajskih veza. Spojnice su sa osnovnom drvenom pločom povezane takođe zavrtnajskim vezama.



Slika 6. Konačan izgled upravljačkog sistema

2.4. Upravljački algoritam

Posljednja stvar koju je trebalo odraditi bio je upravljački algoritam, odnosno opisati način na koji funkcioniše virtualna laboratorija. Upravljački algoritam, koji je prikazan na slici 7, biće predstavljen pomoću grafičkog načina prikaza – dijagrama toka, koji je jednostavan za kreiranje, lako pronalaženje grešaka, uklanjanje istih i slično.



Slika 7. Upravljački algoritam

3. ZAKLJUČAK

Ovaj rad imao je za cilj da prikaže mogućnosti upravljanja na daljinu, odnosno mogućnosti pristupa udaljenim sistemima i upravljanja istim. Na taj način omogućeno je maksimalno iskorišćenje opreme i eliminiše se rizik od povređivanja. Posmatrajući radove

drugih autora [6], autori rada došli su na ideju da realizuju virtulanu laboratoriju koja će omogućiti simulaciju rada opruge na taj način što se upravlja radom pneumatskog cilindra dvosmjernog dejstva na odgovarajući način. Na taj način zapravo je kreirana pneumatska opruga. Komunikacija između klijenta i servera ostvarena je preko WCF-a, odnosno funkcioniše samo na lokalnim mrežama. Krajnji cilj autora jeste da se razvije sličan sistem, koji će funkcionisati na globalnim mrežama. Naime, želja i ideja autora jeste da se djeci, učenicima srednjih škola, omogućiti pristup laboratorijama Fakulteta tehničkih nauka, kako bi mogli da upravljaju unaprijed isprogramiranim sistema, ili da iste programiraju sami. To su pravci daljeg razvoja i unapređenja sistema opisanog u radu, i autori će se u skorijoj budućnosti pozabaviti realizacijom pomenutih.

4. LITERATURA

- [1] J. Tomić, M. Milovanović, „Virtualna instrumentacija primenom LabVIEW programa“, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2012.
- [2] S. Kuzmanović, „Mašinski elementi“, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2012.
- [3] Internet prezentacija: <http://www.iis.net/learn/web-hosting/configuring-servers-in-the-windows-web-platform/windows-communication-framework-wcf>, pristupljeno dana 08.09.2014.god.
- [4] M. Tawfik, C. Salzmann, D. Gillet, D. Love, H. Saliah-Hassane, E. Sancristobal, M. Castro, „Laboratory as a Service (LaaS): a Model for Developing and Implementing Remote Laboratories as Modular Components“, Polytechnic of Porto – 11th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation, 26-28 February 2014, Porto, Portugal
- [5] S. Stankovski., G. Ostojić, M. Raković, L. Tarjan, I. Šenk, M. Nikolić, „Zbriha rešenih zadataka iz: Programiranja i primene programabilnih logičkih kontrolera“, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2009.
- [6] Quintas, M. R., Restivo, M. T., Santos, B., „Feeling force“, Polytechnic of Porto – 11th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation, 26-28 February 2014, Porto, Portugal

Kratka biografija:



Vule Reljić rođen je u Vlasenici, BiH (RS), 1990. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mehatornike – Mehatornika, robotika i automatizacija odbranio je 2014.god.



Dragan Šešlija rođen je u Kikindi, R.Srbija, 1955. god. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 1997. god., a od 2007. radi u zvanju redovni profesor na istom fakultetu. Oblasti interesovanja: sistemi vazduha pod pritiskom, automatizacija procesa rada, robotika, itd.



Jovan Šulc rođen je u Novom Sadu, R.Srbija, 1984. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mehatornike odbranio je 2009.god., a od 2013. radi u zvanju asistent-master na istom fakultetu.

PROJEKTOVANJE PROTIVPOŽARNOG ALARMNOG SISTEMA**DESIGN OF THE FIRE ALARM SYSTEM**

Goran Rađenović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – MEHATRONIKA

Kratak sadržaj – U radu je opisano projektovanje stabilnog sistema za dojavu požara na objektu ROHE koji se nalazi u Beogradu. Predstavljeni su osnovni pojmovi vezani za protivpožarne alarmne sisteme i objašnjen je njihov način funkcionisanja. Utvrđena je namena objekta, navedeni su mogući uzroci požara, određene su klase mogućih požara i na osnovu toga je isprojektovan optimalni protivpožarni alarmni sistem. Urađeni su osnovni strujno-naponski proračuni električnih instalacija u cilju postizanja stabilnosti sistema. Navedeni su propisi vezani za protivpožarne sisteme i opisan je način ugradnje opreme prema tim propisima. Predstavljen je način testiranja sistema, kao i pronalaženja i otklanjanja kvarova.

Ključne reči: požar, alarm, protivpožarni sistemi

Abstract – This paper describes stable system for fire alarm on object ROHE located in Belgrade. It represents basic elements of fire alarm systems and explains their function. The basic function of the building is explained, possible causes of fire were determined, also possible fires were classified and based upon that project of optimal fire alarm system was designed. The basic calculations of electrical installations were made in order to achieve stability of the system. Paper accounts fire alarm regulations and describes the manner of installment for the necessary equipment according to those regulations. It represents methods of testing the system and locating and removing failures.

1. UVOD

Stabilni sistemi za dojavu požara predstavljaju sisteme za detekciju požara u najranijoj fazi nastajanja. Sistemi za dojavu požara ne mogu da spreče nastanak požara, međutim, faza požara u kojoj se on uoči i vreme za koje reakcija otpočne generalno su bitno niži u objektima koji su zaštićeni sistemom detekcije u odnosu na one objekte koji ovakav sistem ne poseduju. To rezultuje prosečno mnogo nižim nivoom šteta ali, što je najbitnije, i spašenim ljudskim životima. Dakle, sa aspekta sistema za detekciju požara od interesa je prva faza, i to pre svega njen najraniji deo – početni požar.

Projektovanje stabilne instalacije za dojavu požara je široko područje. Postoji mnogo uputstava i priručnika kako od proizvođača opreme, tako i od uvoznika i prodavaca. Dostupnost ovakvih informacija dovodi do otvaranja sve većeg broja firmi koje se bave projektovanjem

protivpožarnih sistema, a ne poseduju dovoljno obučene kadrove. Preduzeće DBS KONSEL SECURITY SERVICE je renomirano preduzeće koje se, pored ostalog profesionalno bavi projektovanjem sistema za rano otkrivanje i dojavu požara. U ovom radu su opisani postupci izrade projekta protivpožarnog alarmnog sistema u objektu ROHE u Beogradu.

U drugom poglavlju ovog rada predstavljena je evropska klasifikacija požara i opisane su vrste protivpožarnih sistema koji se danas koriste. U trećem poglavlju date su opšte, zakonski regulisane smernice za projektovanje protivpožarnih sistema. Konkretni elementi koji su korišćeni za projektovanje protivpožarnog sistema na datom objektu, kao i razni proračuni koji su neophodni za stabilno funkcionisanje sistema predstavljeni su u četvrtom poglavlju. U petom poglavlju su date osnovne šeme vezivanja uređaja, opisan je način njihove montaže i razrađeni su problemi koji su se javljali tokom projektovanja. Šesto poglavlje čini zaključak.

2. POŽAR I PROTIVPOŽARNI SISTEMI

Požar je nekontrolisano sagorevanje koje nanosi materijalne gubitke i dovodi do ugrožavanja ljudskog života. Uprkos modernim metodama gašenja, kao i upotrebom novih tehnologija požari još uvek predstavljaju veliku opasnost kako za stanovništvo tako i za imovinu. Nekontrolisano sagorevanje je praćeno oslobađanjem toplote i produkata sagorevanja, koji mogu imati toksične osobine. Dim koji nastaje pri sagorevanju otežava kretanje i orijentaciju ljudi. Da bi došlo do gorenja potrebno je da su istovremeno prisutni:

- materijal koji može da gori
- toplota dovoljna da zapali gorivi materijal
- vazduh (prisustvo kiseonika)

Požari se razlikuju prema:

- mestu nastanka (unutrašnji i spoljašnji)
- vrsti materijala koji gori
- obimu, fazi razvoja itd.

Prema vrsti gorive materije, po evropskoj klasifikaciji, požari se svrstavaju u pet klasa. Klase požara, kao i sredstva za gašenje u zavisnosti od klase predstavljeni su u tabeli 2.1.

2.1. PROTIVPOŽARNI SISTEMI

Protivpožarni sistemi predstavljaju važan segment u funkcionisanju svih tipova objekata. Osnovna funkcija im je rano otkrivanje i dojava požara, a u nekim slučajevima i automatsko gašenje požara. Da bi se umanjile posledice požara važno je požar otkriti u ranoj fazi.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Stevan Stankovski, red. prof.

Simbol klase	Klasa požara	Sredstva za gašenje
	A – požari čvrstih materija (drvo, tekstil, ugalj, biljne materije, plastika, slama, papir i sl.)	voda – <i>najbolje</i> pena i prah – <i>uspešno</i> halon i ugljen-dioksid – <i>za manje površine</i>
	B – požari tečnih i lako topljivih materija (benzin, benzol, ulja, masti, lakovi, smola, alkohol i sl.)	prah i halon – <i>najbolje</i> pena – <i>za požare u posudama</i> ugljen-dioksid – <i>u zatvorenom prostoru</i> voda – <i>za hlađenje</i>
	C – požari zapaljivih gasova (metan, butan, propan, vodonik, aceten)	prah i halon – <i>najbolje</i> ugljen-dioksid – <i>za manje požare</i> voda – <i>za hlađenje</i> pena – <i>NE</i>
	D – požari lakih metala (magnezijum, aluminijum, njihov legure, titan, elektron, osim natrijuma i kalijuma)	gasi samo specijalni prah – <i>strugotina sivog liva, kamena, so i suvi pesak</i> halon, ugljen-dioksid, voda, pena – <i>NE</i>
	F – požari vrste od A do D u blizini električnih instalacija	prah, halon, ugljen-dioksid – <i>najbolje</i> voda i pena – <i>NE</i> , OPASNO PO ŽIVOT

Tabela 2.1. Evropska klasifikacija požara

Za rano otkrivanje požara koriste se fizičke veličine koje karakterišu njegov nastanak, kao što je prisutnost dima, povećanje temperature ili pojava plamena. Prema načinu funkcionisanja protivpožarni sistemi se mogu podeliti na dve osnovne kategorije:

- protivpožarni sistemi za detekciju, odnosno rano otkrivanje požara, koji se opet dele na:
 - konvencionalne
 - adresabilne
- protivpožarni sistemi za gašenje požara.

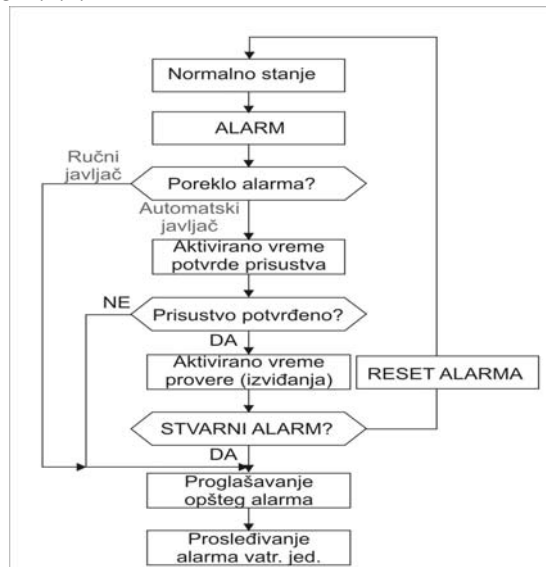
Konvencionalni sistemi su godinama bili uobičajeno i adekvatno rešenje pitanja protivpožarne zaštite ljudi, objekata i imovine. Razvojem tehnologije došlo je do pojave inteligentnih sistema protivpožarne zaštite, poznatijih pod nazivom adresabilni protivpožarni sistemi. Ovi sistemi nude brojne prednosti počev od brzine detekcije požara, preko identifikacije lokacije do lakšeg održavanja.

Prema načinu dojava požara protivpožarni alarmni sistemi se dele na dva osnovna tipa protivpožarnih alarma koji su danas u upotrebi:

- ručni (manuelni)
- automatski

Aktiviranje manuelnih, odnosno ručnih alarmnih sistema za dojavu požara se vrši ručno od strane lica koje je otkrilo požar, dok automatski alarmni sistemi za dojavu požara koriste mrežu senzora koji detektuju požar i aktiviraju zvučni signal.

Blok shema funkcionisanja automatskih alarmnih sistema za dojavu požara data je na slici 2.1.1.



Slika 2.1.1. Blok shema automatskih alarmnih sistema

2.2. TIPOVI DETEKTORA

Podela protivpožarnih alarmnih sistema za dojavu požara na ručne i automatske napravljena je u zavisnosti od tipova detektora (javljača) požara koji se koriste. Prema tome, postoje dve osnovne vrste detektora požara, ručni i automatski. Ručni detektori se aktiviraju ručno od strane lica koje je uočilo požar, dok su automatski detektori napravljeni tako da sami prepoznaju požar. Prepoznavanje požara se vrši detekcijom pratećih pojava požara kao što su dim, plamen, toplota itd. Prema tome, napravljena je podela automatskih detektora na osnovu principa rada, i to:

- Termičke javljače, koji reaguju na povećanje temperature i to:
 - javljači fiksne temperature (termostatički, termomaksimalni), *fixed heat detector*,
 - javljači gradijenta temperature (termodiferencijalni), *rate-of-rise detector*;
- Dimne javljače, koji reaguju na proizvode sagorevanja i/ili čestice koje lebde u atmosferi. Ovi dimni javljači se mogu podeliti na:
 - Jonizujuće dimne javljače, koji reaguju na proizvode sagorevanja koji utiču na promenu jonizujuće struje u radioaktivnoj komori javljača;
 - Optičke dimne javljače koji reaguju na proizvode sagorevanja koji dovode do apsorpcije ili raspršivanja svetlosti u infracrvenom, vidljivom i/ili ultraljubičastom opsegu elektromagnetnog spektra;
 - Javljače gasa koji reaguju na gasovite proizvode sagorevanja ili proizvode razlaganja usled toplote;
 - Javljače plamena koji reaguju na emitovano zračenje iz plamena.

3. PROJEKTNI ZADATAK I PRAVILA PROJEKTOVANJA

Na zahtev investitora potrebno je izraditi *Glavni projekat stabilne instalacije za dojavu požara* za objekat ROHE, Skladišno distributivni Centar, ul. Patrijarha Dimitrija 24, Beograd.

Zahtev sadrži određene uslove koji se moraju ispuniti prilikom projektovanja.

Nakon proučavanja zahteva investitora pristupa se detaljnom planiranju projektovanja stabilne instalacije protivpožarnog alarmnog sistema.

Vrši se pregled objekta, konstatuje se njegova namena kao i mogući uzroci požara.

Na osnovu toga se ustanovljava šta je sve potrebno ugraditi u protivpožarni sistem da bi on funkcionisao u skladu sa zahtevima.

3.1. Namena sistema za signalizaciju i dojavu požara

Osnovni sastavni delovi stabilne instalacije za dojavu požara su:

- dojavna centrala – centralni uređaj za nadzor sa integrisanom upravljačko-operativnom konzolom,
- individualno adresabilni automatski i ručni javljači požara,
- sirene,
- glavni izvor napajanja električnom energijom,
- rezervni izvor napajanja električnom energijom,
- električna instalacija.

Centralni uređaj koji čini adresabilna centrala za signalizaciju požara sa integrisanom operativnom konzolom, treba smestiti u prostoriju magacionera koja se nalazi u magacinu u prizemlju objekta. U slučaju ispada dežurnog lica iz postupka alarmiranja, sistem će da izvrši sve svoje funkcije u skladu sa isprogramiranim parametrima.

Optički i termički javljači raspoređuju se po svim prostorijama u cilju blagovremene detekcije nastanka požara. Na određenim mestima u objektu, gde je veća prolaznost ljudi, postavljaju se ručni javljači požara.

U slučaju da dođe do aktiviranja bilo kog automatskog javljača, centrala internom zupalicom obaveštava prisutne osobe, koje treba da intervenišu u skladu sa procedurom u slučaju požara, dok aktiviranje bilo kog ručnog javljača automatski bezuslovno uključuje trenutno sve sirene. Sirene se raspoređuju po objektu tako da se omogućí jasna čujnost u svakom delu objekta.

Glavni izvor napajanja se dovodi do centrale električnim instalacijama, dok se rezervni izvor napajanja u vidu akubaterija postavlja u integrisano kućište same centrale.

3.2. Pravila izbora automatskih javljača požara

Izbor tipa javljača požara zavisi od:

- očekivanih požarnih veličina koje se mogu javiti prilikom nastanka požara,
- visine prostora,
- uticaja okolnih pogonskih uslova i
- mogućih izvora smetnji.

Požarne veličine (produkti požara) koje se mogu javiti prilikom pojave požara jesu:

- energija (toplota i zračenje)
- čestice dima (vidljive i nevidljive)
- plamen

Ove veličine se javljaju na različitim visinama prostora, u zavisnosti od faze razvoja požara. U tabeli 3.1. date su preporuke izbora tipa javljača u zavisnosti od visine objekta u koji se ugrađuju.

Visina prostora (m)	Dimni javljač	Termički javljač			Javljač plamena
		klasa 1	klasa 2	klasa 3	
20 - 30	N	N	N	N	P
7,5 - 20	P	N	N	N	VP
6 - 7,5	VP	P	N	N	VP
4,6 - 6	VP	VP	P	N	P
do 4,5	VP	VP	VP	P	N

Tabela 3.1. Međuzavisnost javljača požara i visine prostora (N – neprikladan; P – prikladan; VP – vrlo prikladan)

4. IZBOR TIPa, NAČIN RAZMEŠTANJA I UGRADNJA OPREME

Pregledom je konstatovano da se prostor magacina ne greje, pa se temperature u magacinskom prostoru kreću u rasponu od 0 do +35°C. Ventilacija je prirodna, otvaranjem vrata na fasadi zgrade. S obzirom na to, kao i na veličinu magacinskog prostora i njegovu visinu, izabrani su optički dimni „BEAM“ detektori (MAB50R i MAB100R, aktivni infracrveni linijski optički detektori dima, koji se sastoje od predajnika, prijemnika i reflektora).

U pomoćnim magacinskim prostorijama u koje se ulazi direktno iz prostora magacina, a koje čine kancelarije magacionera i magacin lične zaštitne opreme, predviđeni su standardni optički analogno adresabilni automatski javljači požara, koji su odabrani tako da očekivane požare mogu detektovati u početnim fazama. Kao osnovni automatski javljač požara odabran je adresabilni optički detektor dima tipa CAP320, Cooper.

Drugi tip je adresabilni višesenzorski (dimni i toplotni) detektor tipa CAPT340 Cooper, koji objedinjuje najbolje osobine optičkih dimnih i toplotnih detektora i ima visoku otpornost na zaprljanost. Reaguje na kompletan opseg vidljivog i nevidljivog dima, kao i na produkte od sporogorećeg požara koji pravi vidljive čestice, do otvorenog plamena koji pravi veliki broj vrlo raspršenih čestica male veličine (varnica). Detektor je sposoban da detektuje dim materijala koji tinjaju ili sporo gore, npr. meki nameštaj ili plastična pena. Ovaj detektor je podesan u zoni gde može doći do pregrevanja kablova, kao npr. u oblasti električnog opsluživanja, jer je sposoban da detektuje dim koji je nastao od materijala kao što je negoreća plastika.

U kuhinjama je predviđeno da se postave adresabilni niskoprofilni toplotni (termički) detektori tipa CAH330, Cooper. Ovaj tip detektora programira se softverski preko centrale tako da može da bude termomaksimalni (sa pragom 77°C ili 90°C) ili termodiferencijalni (reaguje na brzinu promene temperature).

Ručni javljači požara predstavljaju veoma značajnu komponentu sistema za dojavu požara. Njihova upotreba je nezamenljiva u akcidentnim situacijama, pa su oni obavezno sastavni deo stabilne instalacije za dojavu požara. Po pravilu se postavljaju na putevima za evakuaciju, hodnicima, prolazima, izlazima, stepeništima i u blizini ručnih aparata za gašenje požara. Za objekat ROHE predviđeni su ručni vodootporni javljači tipa CBG370WP, Cooper.

Sirene su neizostavni deo protivpožarnih alarmnih sistema. Za zvučno uzbunjivanje predviđene su sirene tipa CAS381WP, Cooper.

Dojavna centrala je glavni deo stabilne instalacije za dojavu požara, koji služi za nadzor i upravljanje protivpožarnim sistemima. Na centralu se vezuju svi elementi opreme (javljači, sirene, moduli), a njen zadatak je da komunicira sa njima, odnosno prima i/ili šalje informacije. Od vrste centrale (njenih mogućnosti) zavisi koliko će čitav sistem biti pouzdan. U skladu sa atributima objekta izabrana je centrala CF2000, Cooper. Ceo sistem napaja se glavnim napajanjem iz električne mreže naponom 220V, 50Hz, dok rezervno napajanje čine baterije koje su smeštene u kućištu centrale. Kapacitet baterija je proračunat tako da sistem može da radi 72 sata da u mirnom stanju i 30 minuta u stanju alarma.

5. NAČIN MONTAŽE OPREME I FUNKCIONISANJA SISTEMA

U prostorijama sa betonskim stropom i betonskim zidovima predviđeno je da se instalacija izvodi vidno, kao „OG“ instalacija (nazidna instalacija). U prostorijama sa malterisanim stropom, ili malterisanom zidovima instalacija je izvedena u PVC kanalicama 25x16mm. Dojavna centrala je predviđena za montažu na zid, na visini 1,5 m od poda do poprečne ose centrale i postavljena je u prostoriji magacionera.

Automatski detektori su montirani na spuštenu plafon ili na betonsku stropnu ploču, i pri tome su jasno i nedvosmisleno obeleženi, kako je naloženo propisima.

Maksimalna površina koju pokriva jedan detektor u slobodnom prostoru jednaka je površini kruga čiji je poluprečnik 7,5m za optički, a 5,3 m za termički javljač.

Adresabilni ručni javljači ugrađeni su na zidove, na visini od 1,5 m od poda do poprečne ose javljača, i to na evakuacionim putevima i pored izlaza. Adresabilne alarmne sirene i adresabilni moduli su predviđeni za nazidnu montažu na visini 2,5 – 3 m od poda. „BEAM“ linijski detektori su montirani na zidove i na metalnu konstrukciju krova na visini od 6 metara. Nadzirana površina iznosi maksimalno 1.500m² (2x7,5mx100m).

Adresabilni javljači požara vezuju se u liniju tipa „petlja“. Formirana zatvorena putanja koja polazi od dojavne centrale preko prvog do poslednjeg javljača požara, koji se takođe povezuje na dojavnu centralu predstavlja zatvorenu prstenastu liniju – petlju. U slučaju prekida, petlja se transformiše u dve nezavisne otvorene dojavne linije tipa „stub“, koje nastavljaju da rade autonomno. Na taj način se obezbeđuje puna funkcionalnost sistema.

5.1. PUŠTANJE SISTEMA U PRVI POGON

Da bi stabilni sistem za dojavu požara bio pušten u pogon pre svega je potrebno proveriti da li su ispunjeni svi neophodni uslovi. Proveru sistema vrši odgovorni inženjer, u saradnji sa tehničarima koji su montirali opremu. Proveravaju se svi detektori, sirene, moduli, vrši se ispitivanje izolacione otpornosti instalacija, i najbitnije, proverava se da li je centrala dobro povezana na glavni izvor napajanja. Najčešći problem prave instalacije slabe struje. Prilikom montiranja kablova dešava se da se nepažnjom tehničara kablovi oštete. Ta

oštećenja mogu biti u vidu prekida, ili u vidu kratkog spoja između parica. Kvarovi koji se ređe javljaju u praksi jesu kvarovi na detektorima požara. To su kvarovi koji obično budu fizičke prirode, odnosno kvarovi usled mehaničkih oštećenja. Ipak, najčešće se desi da su detektori pogrešno povezani u petlju. Pronalaženje ovakvih kvarova najlakše i najbrže se vrši uz pomoć hardversko/softverskog alata koji se zove LOOP Tester (ispitivač petlje).

Svi problemi koji se javljaju prilikom projektovanja protivpožarnih alarmnih sistema mogu biti rešeni isključivo znanjem, zatim upornošću i ranije stečenim iskustvom.

6. ZAKLJUČAK

U ovom radu je detaljno opisan postupak projektovanja jednog stabilnog sistema za rano otkrivanje i dojavu požara. Predstavljeni su osnovni propisi koji moraju da se poštuju prilikom projektovanja ovakvih sistema i objašnjeno je na osnovu kojih parametara se biraju uređaji koji će činiti stabilni sistem za dojavu požara. Detaljan opis projektovanja ovog sistema treba da pomogne u razumevanju načina funkcionisanja inteligentnih alarmnih sistema za dojavu požara koji su danas u velikoj upotrebi. Mogućnosti savremene mikroelektronike daju šansu za veoma značajno povećanje nadzora nad osnovnim funkcijama sistema, ali nažalost, može se ipak reći da sve te mogućnosti nisu još uvek ni približno iskorišćene i inteligentni analogno adresabilni sistemi ne opravdavaju u celini attribute koje im proizvođači dodeljuju. Ipak, protivpožarni alarmni sistemi se konstantno unapređuju, ulaže se mnogo da bi se dobilo malo na brzini dojave, jer to malo često bude dovoljno da se nekontrolisano širenje požara spreči na vreme.

7. LITERATURA:

[1] Zoran Petrušić, GLAVNI PROJEKAT STABILNE INSTALACIJE ZA DOJAVU POŽARA ZA SKLADIŠNO DISTRIBUTIVNI CENTAR ROHE, (tekstualna i grafička dokumentacija), Beograd, jun 2010. godine.

[2] Nedžad Hadžiefendić, DETEKCIJA POŽARA, Beograd, nov. 2006. g.

[10] Otkrivanje požara i požarni alarmi JUS-ISO 8421/95.

[13] ORIGINALNI TEHNIČKI LISTOVI PROIZVOĐAČA ZA UGRAĐENU OPREMU, (06.08.2014).

<http://www.cooperfire.com/products/analogue>

[15] Tesla Sistemi, DETEKCIJA POŽARA, (24.7.2014).

<http://www.pozar.co.rs/srpski/detekcija-požara/sistem-ranog-otkrivanja>

Kratka biografija:

Goran Radenović rođen je u Kninu 1985. god. Završio je srednju elektrotehničku školu u Beogradu. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, iz oblasti Mehatronike – Mehatronika, robotika i automatizacija, odbranio je 2014. godine.

U realizaciji Zbornika radova Fakulteta tehničkih nauka u toku 2013. godine učestvovali su sledeći recenzenti:

Aco Antić	Đorđe Ćosić	Milan Rapajić	Slavica Mitrović
Aleksandar Erdeljan	Đorđe Lađinović	Milan Simeunović	Slavko Đurić
Aleksandar Ristić	Đorđe Obradović	Milan Trifković	Slobodan Dudić
Bato Kamberović	Đorđe Vukelić	Milan Trivunić	Slobodan Krnjetin
Biljana Njegovan	Đura Oros	Milan Vidaković	Slobodan Morača
Bogdan Kuzmanović	Đurđica Stojanović	Milena Krklješ	Sonja Ristić
Bojan Batinić	Emil Šećerov	Milica Kostreš	Srđan Kolaković
Bojan Lalić	Filip Kulić	Milica Miličić	Srđan Popov
Bojan Tepavčević	Goran Sladić	Milinko Vasić	Srđan Vukmirović
Bojana Beronja	Goran Švenda	Miloš Slankamenac	Staniša Dautović
Branislav Atlagić	Gordana	Miloš Živanov	Stevan Milisavljević
Branislav Nerandžić	Milosavljević	Milovan Lazarević	Stevan Stankovski
Branislav Veselinov	Gordana Ostojić	Miodrag Hadžistević	Strahil Gušavac
Branislava Kostić	Igor Budak	Miodrag Zuković	Svetlana Nikoličić
Branislava	Igor Dejanović	Mirjana Damjanović	Tanja Kočetov
Novaković	Igor Karlović	Mirjana Malešev	Tatjana Lončar
Branka Nakomčić	Ilija Kovačević	Mirjana Radeka	Turukalo
Branko Milosavljević	Ivan Beker	Mirjana Vojnović	Todor Bačkalić
Branko Škorić	Ivan Tričković	Miloradov	Toša Ninkov
Cvijan Krsmanović	Ivan Župunski	Mirko Borisov	Uroš Nedeljković
Damir Đaković	Ivana Katić	Miro Govedarica	Valentina Basarić
Danijela Lalić	Ivana Kovačić	Miroslav Hajduković	Velimir Čongradec
Darko Čapko	Jasmina Dražić	Miroslav Nimrihter	Velimir Todić
Darko Marčetić	Jelena Atanacković	Miroslav Plančak	Veljko Malbaša
Darko Reba	Jeličić	Miroslav Popović	Veran Vasić
Dejan Ubavin	Jelena Borocki	Mitar Jocanović	Veselin Avdalović
Dragan Ivanović	Jelena Kiurski	Mladen Kovačević	Veselin Perović
Dragan Ivetić	Jelena kovačević	Mladen Radišić	Vladan Radlovački
Dragan Jovanović	Jureša	Momčilo Kujačić	Vladimir Katić
Dragan Kukolj	Jelena Radonić	Nađa Kurtović	Vladimir Radenković
Dragan Mrkšić	Jovan Petrović	Nebojša Pjevalica	Vladimir Strezoski
Dragan Pejić	Jovan Tepić	Neda Pekarić Nađ	Vladimir Škiljajica
Dragan Šešlija	Jovan Vladić	Nemanja	Vlado Delić
Dragana Bajić	Jovanka Pantović	Stanisavljević	Vlastimir
Dragana	Karl Mičkei	Nenad Katić	Radonjanin
Konstantinović	Katarina Gerić	Nikola Brkljač	Vuk Bogdanović
Dragana Šarac	Ksenija Hiel	Nikola Đurić	Zdravko Tešić
Dragana Štrbac	Laslo Nađ	Nikola Jorgovanović	Zora Konjović
Dragi Radomirović	Leposava Grubić	Nikola Radaković	Zoran Anišić
Dragiša Vilotić	Nešić	Ninoslav Zuber	Zoran Brujic
Dragoljub Novaković	Livija Cvetičanin	Ognjen Lužanin	Zoran Jeličić
Dragoljub Šević	Ljiljana Vukajlov	Pavel Kovač	Zoran Mijatović
Dubravka Bojanić	Ljiljana Cvetković	Peđa Atanasković	Zoran Milojević
Dušan Dobromirov	Ljubica Duđak	Petar Malešev	Zoran Mitrović
Dušan Gvozdenac	Maja Turk Sekulić	Predrag Šidanić	Zoran Papić
Dušan Kovačević	Maša Bukurov	Radivoje Rinulović	Željen Trpovski
Dušan Sakulski	Matija Stipić	Rado Maksimović	Željko Jakšić
Dušan Uzelać	Milan Kovačević	Radovan Štulić	
Duško Bekut	Milan Rackov	Rastislav Šostakov	

