



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА



ЗБОРНИК РАДОВА ФАКУЛТЕТА ТЕХНИЧКИХ НАУКА

Едиција: Техничке науке - зборници

Година: XXV

Број: 10/2010

Нови Сад

Едиција: „Техничке науке – Зборници“
Година: XXV Свеска: 10

Издавач: Факултет техничких наука Нови Сад

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

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

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

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

Техничка обрада: Графички центар ГРИД

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

Председник Савета: проф. др Радомир Фолић

CIP-Каталогизација у публикацији
Библиотека Матице српске, Нови Сад

378.9(497.113)(082)
62

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

Двомесечно

ISSN 0350-428X

COBISS.SR-ID 58627591

ПРЕДГОВОР

Поштовани читаоци,

Пред вама је десета 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 master studija, сад већ дипломираних инжењера – мастера, који су дипломирали у периоду 16.05.2010. до 31.08.2010. год., а који се промовишу 12.10.2010. год. То су оригинални прилози студената са главним резултатима њихових дипломских радова. Део радова већ раније је објављен на некој од домаћих научних конференција: ТЕЛФОР, Београд 2009, ЕТРАН, Доњи Милановац, 2010, IN-ТЕСН 2010, Праг, и Е-Трговина, Палић 2010.

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 четири свеске.

У овој свесци, са редним бројем 10, објављени су радови из области електротехнике и рачунарства и мехатронике.

У свесци са редним бројем 9. објављени су радови из области машинства, инжењерског менаџмента и инжењерства заштите животне средине.

У свесци са редним бројем 11. објављени су радови из области грађевинарства и архитектуре.

У свесци са редним бројем 12. објављени су радови из области саобраћаја и графичког инжењерства и дизајна.

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

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

„Високо место у друштву најбољих“

Уредништво

Radovi iz oblasti: Elektrotehnika i računarstvo

1. Saša A. Vukosavljev, Erne Đ. Kovač, Boris A. Radin, Dragan P. Simić PRIMER BEŽIČNOG SENZORSKOG SKLOPA U PAMETNIM KUĆAMA , Konferencija TELFOR, Beograd, novembar 2009.	2019
2. Ištvan I. Papp, Đorđe M. Isailović, Saša A. Vukosavljev, Dragan M. Samardžija ANALIZA KVALITETA PRENOSA PODATAKA U ZIGBEE MREŽAMA U RAZLIČITIM PROSTORIJAMA I SITUACIJAMA , Konferencija TELFOR, Beograd, novembar 2009.	2023
3. Predrag Lazić, Veran Vasić, Dragan Miličević, DIJAGNOSTIKA STANJA I KVAROVA KAVEZNOG ASINHRONOG MOTORA ANALIZOM SIGNALA STRUJE	2027
4. Marko Marić, Milan Vidaković, IMPLEMENTACIJA WEBMAIL SISTEMA UPOTREBOM .NET OKRUŽENJA	2031
5. Marko Anastasov, Milan Vidaković, INTEGRACIJA TOKYO CABINET BIBLIOTEKE U RUBY ON RAILS WEB APLIKACIJI	2035
6. Davor Sabo, Milan Vidaković, IMPLEMENTACIJA GOVORNE BANKOVNE APLIKACIJE U VOICE XML TEHNOLOGIJI	2039
7. Strahinja Terzić, Vladimir Vujičić, PROFIL POTROŠNJE NAPONSKI OSETLJIVOG POTROŠAČA	2043
8. Aleksandar Mrkonjić, Dejan Reljić, Veran Vasić, UTICAJ VIŠIH HARMONIKA MAGNETNOPOBUDNE SILE STATORA NA PRIGUŠNI NAMOTAJ SINHRONOG TURBOGENERATORA	2047
9. Vladimir Harviljčak, Čedomir Stefanović, Dragana Bajić, SLUČAJNA ŠETNJA PO GRAFU SA PRIMENOM U BEŽIČNIM SENZORSKIM MREŽAMA	2051
10. Marko Vranjković, Milan Vidaković, IMPLEMENTACIJA EMV STANDARDA NA JAVA CARD SMART KARTICAMA	2055
11. Veljko Stanišić, Milan Vidaković, IMPLEMENTACIJA TERMINALSKE APLIKACIJE PO EMV STANDARDU	2059
12. Pavle Papuga, Veran Vasić, ALGORITMI ZA UPRAVLJANJE I REGULACIJU BRZINE I MOMENTA U KOMERCIJALNIM PRETVARAČIMA UČESTANOSTI	2063
13. Petar Bojanić, Miloš Živanov, MODELOVANJE I SIMULACIJA WDM SISTEMA , Konferencija INFOTEH, Jahorina, 2010.	2067
14. Aleksandar Ostojić, Marko Vekić, Nikola Čelanović , KOMPALJER IZUZETNO BRZOG SIMULATORA UREĐAJA ENERGETSKE ELEKTRONIKE	2071
15. Maja Lilić, Željen Trpovski, EVOLUCIJA SISTEMA ZA PRENOS AUDIO SIGNALA IZMEĐU STUDIJA I PREDAJNIKA	2075
16. Milan Đorđević, FIBER OPTIČKI SENZORSKI ELEMENTI SA UNUTRAŠNJOM REŠETKOM, MODELOVANJE I SIMULACIJA	2079
17. Miloš Stanić, REALIZACIJA NADZORNO-UPRAVLJAČKOG SISTEMA ZA UPRAVLJANJE POSLOVNIM OBJEKTIMA	2083
18. Ivan Radivojević, PRIMERI SIMULACIJE UPRAVLJANJA MATLAB MODELOM OBJEKTA UPOTREBOM REGULATORA REALIZOVANOG U DRUGOM PROGRAMSKOM JEZIKU	2087

19.	Slobodanka Isakov, Miroslav Lazić, Goran Stojanović, PROGRAMABILNO VEŠTAČKO OPTEREĆENJE AKUP-20 ZA TESTIRANJE KAPACITETA AKUMULATORSKIH BATERIJA, Konferencija ETRAN, Donji Milanovac, juni 2010.	2091
20.	Nebojša Kopilović , PREGLED PRORAČUNA STANDARDNIH METODA ZA DOZVOLJENO STRUJNO OPTEREĆENJE ENERGETSKIH KABLOVA	2095
21.	Jovan Radaković, VIZUELIZACIJA MODELA SPOLJAŠNJE I UNUTRAŠNJE STRUKTURE ODBRAMBENIH NASIPA PRIMENOM PROGRAMSKOG PAKETA MATLAB	2099
22.	Ana T. Ačanski, PREDLOG OPTIMIZACIJE TAČNOSTI TRANSCEDENTALNIH BROJEVA NEZAVISNE OD CILJNE ARHITEKTURE, Konferencija TELFOR, Beograd, novembar 2009.	2103
23.	Duško Mirković, PRIMENA SKLADIŠTA PODATAKA U ANALIZI PODATAKA O EVIDENCIJI RADNOG VREMENA	2106
24.	Savo Kozić, Matić Miloš, Miroslav Nimrihter, OCENA KORISTI OD PRIMENE AUTOSEKCIONALIZERA	2110
25.	Miroslav Nedeljković, Vojin Šenk, POSTUPAK ZA REALOCIRANJE KOMUNIKACIONIH RESURSA KOD BEŽIČNIH SENZORSKIH MREŽA	2114
26.	Saša Toškov, Željien Trpovski, ANALIZA PERFORMANSI IEEE 802.11p STANDARDA ZA INTELIGENTNE TRANSPORTNE SISTEME	2118
27.	Miloš Matić, Miroslav Nimrihter, PRIMENA REKLOZERA U DISTRIBUTIVNIM SISTEMIMA	2122
28.	Dejan Matić, NEDETERMINISTIČKO MODELOVANJE	2126
29.	Stevan Bogić, IMPLEMENTACIJA TCP/IP PROTOKOL STEKA NA ARM7 PLATFORMI	2130
30.	Marko Krpović, Željien Trpovski, PROJEKTORI SLIKE	2134
31.	Dražien Stanić, PLANIRANJE POKRIVENOSTI ZA 3G MREŽU	2138
32.	Milan Lukić, Željien Trpovski, PRIMJENA POSTUPAKA ZA PREPOZNAVANJE LICA NA TERMALNOJ SLICI	2142
33.	Mirko Hajduk, Željien Trpovski, HDMI – INTERFEJS VISOKE REZOLUCIJE	2146
34.	Mirjana Zorkić, ESTIMACIJA STANJA U DISTRIBUTIVNIM MREŽAMA	2150
35.	Gordana Tatić, JONIZATOR-OZONIZATOR	2154
36.	Radovan Topić, Slobodan Milovančev, SREDNJENAPONSKI MERNI TRANSFORMATOR BEZ JEZGRA	2157
37.	Dušien Starovlah, PRIMER NADZORNO-UPRAVLJAČKOG SISTEMA ZA PRAĆENJE TEMPERATURA U TRANSFORMATORIMA I UPRAVLJANJE RASHLADNIM SISTEMOM	2161
38.	Vojislav Isakov, RASPOZNAVANJE AUTOMOBILSKIH REGISTARSKIH TABLICA UPOTREBOM VEŠTAČKIH NEURONSKIH MREŽA	2165
39.	Slađana Rikić, Miroslav Nimrihter, OCENA KORISTI OD PRIMENE AUTOSEKCIONALIZERA I REKLOSERA	2169

40.	Branislav Knežević, REALIZACIJA NADZORNO-UPRAVLJAČKOG SOFTVERA ZA POSTROJENJE PREČIŠĆAVANJE VODE RIJEKE SAVE U VODU ZA PIĆE KAPACITETA 330l/s	2173
41.	Miljan Milojević, OPTIMIZACIJA RADA KLIMA SISTEMA PRIMENOM GENETSKIH I PSO ALGORITAMA	2176
42.	Nikola Đukić, PRIMENA VECTOR SUPPORT MACHINES U PREDIKCIJI CENE POLJOPRIVREDNOG ZEMLIŠTA	2180
43.	Jelena Petković, TASK FORCE® MONITOR 3040I – MULTIFUNKCIONALNI INSTRUMENT ZA PRAĆENJE KARDIOVASKULARNIH PARAMETARA	2184
44.	Nenad Tomić, PRIMENA POINCARÉ PLOTOVA U ANALIZI EKG SIGNALA	2188
45.	Zoltan Mezei, JEDNO REŠENJE INTEGRACIJE DMS I SCADA SISTEMA POSREDSTVOM RELACIONE BAZE PODATAKA	2192
46.	Bojan Gašparović, Ivan Mezei, AUKCIJSKI AGREGACIONI PROTOKOLI BAZIRANI NA AGENTIMA U MULTI-HOP BEŽIČNIM ROBOTSKE MREŽAMA, Konferencija INFOTEH, Jahorina, mart 2010.....	2196

Radovi iz oblasti: Mehatronika

1.	Srđan Tegeltija, Branislav Borovac, REALIZACIJA SISTEMA ZA NANOŠENJE LEPKA NA PLANARNE OBJEKTE NEPOZNATOG OBLIKA	2200
2.	Nemet Albert, ISPITIVANJE TAČNOSTI POZICIONIRANJA INDUSTRIJSKOG ROBOTA ABB IRB 140	2204
3.	Danilo Grk, O KOTRLJANJU BEZ KLIZANJA HOMOGENOG DISKA PO HORIZONTALNOJ RAVNI	2208
4.	Nenad Banjac, ISPITIVANJE KARAKTERISTIKA ULJNIH FILTERA U HIDRAULIČNOM SISTEMU U ZAVISNOSTI OD PROMENLJIVIH RADNIH PARAMETARA	2212

Primer bežičnog senzorskog sklopa u pametnim kućama

Saša A. Vukosavljević, Erne Đ. Kovač, Boris A. Radin, Dragan P. Simić

Sadržaj — U radu je opisan PIR (Pyroelectric Infrared Radial) senzor i ZigBee komunikacioni protokol kao bežični senzorski sklop koji se najčešće koristi u “smart home” aplikacijama za otkrivanje čovekovog prisustva. Obrazložen je izbor datog bežičnog komunikacionog protokola sa poređenjem ostalih prisutnih na tržištu kao i izbor optimalne konfiguracije senzorskog elementa.

Ključne reči — PIR senzor, ZigBee.

I. UVOD

TAKOZVANE “pametne kuće” (smart home) - odnosno domovi u kojima postoje inteligentne računarske mreže koje povezuju, kontrolišu i upravljaju tehničkim uređajima, poput osvetljenja, klimatizacije, grejanja, inteligentnog alarmnog sistema, daljinskog video nadzora, sistema za navodnjavanje, itd. – postaju sve popularnije širom sveta.

Kuća je “pametna” jer se “prilagođava” trenutnoj aktivnosti, raspoređenju, navikama i životnom stilu svakog od ukućana, a pritom ostvaruje energetske uštede [1].

Pored životnog stila, komfora, bezbednosti i sigurnosti stanara, racionalnog korišćenja uvek oskudnih vremenskih resursa, koncept podrazumeva izgradnju i prisustvo svesti o potrebi za pažljivim i racionalnim iskorišćavanjem energetske resursa. To je od posebnog značaja, jer će u bliskoj budućnosti ekonomska cena tih resursa biti sve veća, a globalna raspoloživost sve manja.

Prema osnovnoj koncepciji ovakvi sistemi se projektuju tako da imaju više nivoa upravljanja:

Prvi nivo upravljanja je klasičan, pomoću pametnih tastera koji su potpuno programabilni. Sledeći nivo su takozvani “pametni” (smart) senzori. To su uglavnom bežični senzori, poput PIR (Pyroelectric Infrared Radial) senzora za otkrivanje čovekovog prisustva, senzori plamena, dima, gasova, itd.

Dalje slede nivoi upravljanja preko same centralne upravljačke jedinice i pomoću daljinskog upravljača poslednje generacije koji se povezuje pomoću bežične mreže sa svim uređajima u kući.

Zanimljivi su i nivoi upravljanja slanjem SMS (System Management Server) poruke, sa mobilnog telefona bilo kog proizvođača, čiji je broj SIM (Subscriber Identity

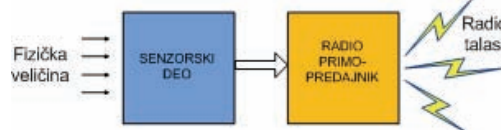
Module) kartice prethodno upisan u memoriju kontrolera, kao i upravljanje pomoću Internet mreže, kada je uz odgovarajuću lozinku omogućena komanda i nadzor sa bilo koje lokacije koja ima Internet pristup.

“Pametna kuća” je koncipirana kao sistem kućne automatike, maksimalno jednostavan za korišćenje, održavanje i ugradnju i kao moderno tehnološko rešenje u službi povećanja kvaliteta stanovanja, energetske efikasnosti i zaštite životne sredine.

Rad se sastoji od pet poglavlja. Drugo poglavlje opisuje delove senzorskog sklopa i njihove funkcije. U trećem poglavlju je predstavljena ZigBee bežična komunikacija. Četvrto poglavlje razmatra različite tipove PIR senzora. U petom poglavlju je obrazložen izbor konfiguracije senzorskog elementa. Šesto poglavlje je zaključak.

II. OPIS SENZORSKOG SKLOPA

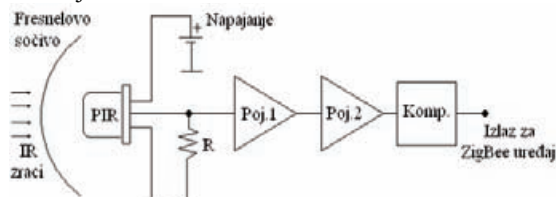
Bežični senzorski sklop se sastoji iz dve, logički razdvojive celine, kao što je to prikazano na Sl.1.



Sl.1. Blok šema senzorskog sklopa.

A. Senzorski deo sklopa

Prvi deo sklopa je senzorski deo, koji je ovde obrađen na primeru otkrivanja pokreta pomoću PIR senzora i prikazan je na Sl.2.



Sl.2. Senzorski deo sklopa.

Na Sl.2. se uočava Fresnelovo sočivo kao neizostavni deo svakog PIR senzora koji se koristi za otkrivanje pokreta. Ono služi za usmeravanje upadnih IR (Infrared) zraka na PIR senzor, kako bi se povećala osetljivost sklopa, kao i domet otkrivanja. Fresnelovo sočivo je plan-konveksno sočivo čija je jedna površina specijalno izrađena, tako da sočivo zadrži svoja optička svojstva ali uz znatno smanjenu debljinu, kako bi se smanjili apsorpcioni gubici u samom sočivu [2].

PIR senzor otkriva promene u spektru IR zračenja, tako što se izrađuje od kristalnih materijala čija se količina površinskog naelektrisanja menja kada se izlože IR zracima. Odgovarajućom polarizacijom senzora iz nekog izvora napajanja, na otporniku R se ta promena

Ovaj rad je delimično finansiran od Ministarstva za nauku Republike Srbije, projekat 12004, od 2008. god.

Saša A. Vukosavljević, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija (telefon: 381-21-4801201, e-mail: sasa.vukosavljevic@rt-rk.com).

Erne Đ. Kovač, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija

(telefon: 381-21-4801185, e-mail: erne.kovac@rt-rk.com).

Boris A. Radin, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija

(telefon: 381-21-4801201, e-mail: boris.radin@rt-rk.com).

Dragan P. Simić, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija

(telefon: 381-21-4729160-120, e-mail: dragan.simic@rt-rk.com).

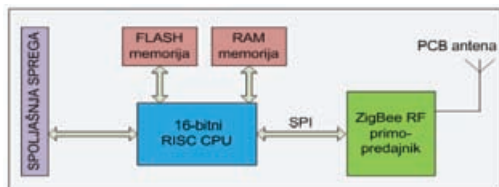
NAPOMENA:

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

b) Rad je prethodno publikovan na 17. konferenciji TELFOR, Beograd, novembar 2009.

površinskog naelektrisanja manifestuje kao vrlo slab naponski signal. Taj signal se pojačava dvostepenim pojačavačkim sistemom oko 10 000 puta i vodi na prozorski komparator koji na svom izlazu daje odziv i na pozitivne i na negativne polutalase [3].

B. Primo-predajni ZigBee sklop



Sl.3. Primo-predajni ZigBee sklop.

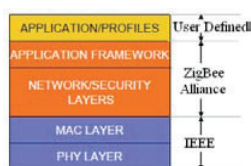
Na Sl.3. je prikazan radio primo-predajnik, koji čini drugi deo sklopa. Glavna komponenta je šesnaestobitni RISC mikrokontroler koji radi na taktu od 1 Mhz i ima u sebi dvanaestobitni A/D (Analog-to-Digital) konverter. Primarni zadatak mu je obrada podataka prispelih sa izlaza komparatora na osnovu čega generiše odgovarajuće izlazne poruke za 2,4 GHz-ni ZigBee RF (Radio Frequency) primo-predajnik, sa kojim komunicira preko standardne četvorožične SPI (Serial Peripheral Interface) serijske periferijske sprege. Vrlo važan element je i precizno projektovana PCB (Printed Circuit Board) antena. Sprega mikrokontrolera sa senzorom i spoljašnjim računarskim sistemom se može realizovati pomoću standardnih komunikacionih sprežnih sistema, kao što su SPI, I²C (Inter-Integrated Circuit) ili UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter).

III. ZIGBEE BEŽIČNA KOMUNIKACIJA

ZigBee je dobro poznat standardizovani bežični komunikacioni protokol otvorenog tipa razvijen za WPAN (Wireless Personal Area Network) mreže. Za razliku od WLAN (Wireless Local Area Network) mreža ne zahtevaju dodatnu infrastrukturu i predstavljaju jeftino i sa energetskog stanovišta efikasno rešenje problema prenosa podataka u bežičnim senzorskim sistemima, gde se ne zahteva velika brzina protoka podataka.

ZigBee je zasnovan na IEEE standardu 802.15.4 bežičnih komunikacionih mreža malog protoka LR-WPANs (Low-Rate Wireless Personal Area Networks), koji definiše PHY (Physical) i MAC (Media Access Control) slojeve podataka u OSI referentnom modelu (Open System Interference Reference Model) [4].

Protokol je vlasništvo ZigBee Alliance, grupe od osam vodećih kompanija u oblasti računarskih komunikacija, koji su se udružili kako bi postojeći standard prilagodili korisnicima i zahtevima tržišta. Njihov zadatak je bio da definišu preostale slojeve OSI referentnog modela do sloja aplikacije. Tako je nastao tzv. ZigBee stek, koji je prikazan na Sl.4.



Sl.4. Blok šema ZigBee steka.

Na nivou fizičkog (PHY) sloja standardom je predviđen rad u 3 slobodna frekvencijska opsega i to 16 kanala u opsegu od (2405-2480) MHz sa maksimalnom brzinom prenosa podataka od 250 kb/s, 10 kanala u opsegu od (902-928) MHz sa maksimalnom brzinom prenosa podataka od 40 kb/s i jedan kanal u opsegu od (868-870) MHz sa maksimalnom brzinom prenosa podataka od 20 kb/s [5]. Najrasprostranjeniji je ipak opseg od 2.4 GHz (ISM, Industrial Scientific Medical) koji se koristi i u drugim personalnim bežičnim mrežama, kao što je npr. Bluetooth.

TABELA 1: POREĐENJE KLJUČNIH PARAMETARA TRENUTNO NAJZASTUPLJENIJIH BEŽIČNIH KOMUNIKACIONIH PROTOKOLA NA TRŽIŠTU.

Prednosti	IEEE 802.11b	Bluetooth	ZigBee
Trajanje baterije	Satima	Danima	Godinama
Složenost	Veoma složen	Složen	Jednostavan
Kašnjenje	3 s	10 s	30 ms
Domet	100 m	10 m	70-300 m
Brzina prenosa podataka	11 Mb/s	1 Mb/s	250 Kb/s
Zaštita	SSID	64 bit, 128 bit	128 bit AES

U tabeli 1 je prikazano poređenje ključnih parametara koji se moraju razmotriti pre projektovanja bilo kakve bežične mreže. Za senzorske mreže je od posebnog značaja razmotriti i pitanje potrošnje.

ZigBee i Bluetooth uređaji imaju istu struju prilikom primo-predaje podataka koja iznosi oko 30 mA, ali zato struja ZigBee uređaja u stanju rezerve (standby) iznosi svega 3 µA u poređenju sa 200 µA koliko ona iznosi za Bluetooth uređaje. To je posledica učestalog odazivanja uređaja u mreži radi održavanja sinhronizacije, dok ZigBee uređaji mogu otići u stanje pripravnosti (sleep mode) u kom ne rade ništa i štede energiju, sve dok ne budu prozvani. Ta ušteda energije je u stvari glavna prednost ZigBee-a u odnosu na Bluetooth pri projektovanju senzorskih mreža, u kojima nema velike količine podataka, dok je vek trajanja baterije vrlo bitno pitanje.

Wi-Fi (IEEE 802.11b) protokol pripada WLAN standardu, pa iz toga proizilazi da uređaji zasnovani na ovom protokolu zahtevaju skoro kontinualnu međusobnu interakciju u mreži. Struja u stanju rezerve im iznosi i do 400 mA, pa se stoga ovi uređaji projektuju tako da se tokom eksploatacije napajaju iz značajnijih izvora energije. Glavna prednost u bežičnim mrežama im je mogućnost prenosa velikih količina podataka. Ovo su međutim potpuno kontradiktorni zahtevi od onih koji se zahtevaju u bežičnim senzorskim mrežama, tako da su ovi uređaji krajnje nepogodni za ovu upotrebu.

Važno je naglasiti i to, da od navedena tri standarda samo ZigBee podržava petljastu (mesh) topologiju

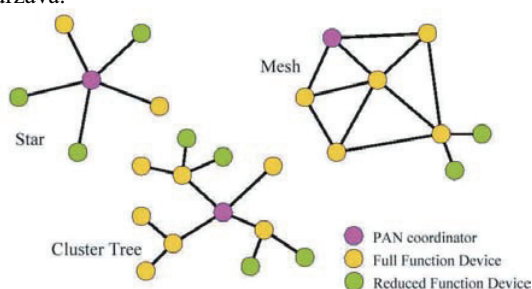
umrežavanja, koji je najfleksibilniji i najrobusniji vid umrežavanja, kao što se to vidi sa Sl.5.

Na nivou sloja mreže (NTW), ZigBee standard definiše dva tipa uređaja, koji predstavljaju čvorišta mreže. To su tzv. FFD (Full Function Device) i RFD (Reduced Function Device) uređaji. Osnovna razlika među njima je što RFD uređaji imaju redukovani stek, zbog čega zahtevaju manje memorijskih resursa, znatno su jednostavniji i jeftiniji.

Svaka mreža mora posedovati najmanje jedan FFD uređaj i tada on mora raditi kao PAN (Personal Area Network) koordinator. FFD uređaji inače mogu raditi kao krajnji uređaji, kao usmerivači ili kao PAN koordinatori. Mogu raditi u bilo kakvoj mrežnoj topologiji, dok su RFD uređaji ograničeni samo na zvezdastu topologiju. Pored toga, RFD uređaji mogu raditi samo kao krajnji uređaji. FFD uređaji mogu komunicirati bilo sa FFD ili RFD, dok RFD uređaji mogu komunicirati samo sa FFD uređajima [4].

Krajnji uređaji dakle mogu biti FFD ili RFD i oni predstavljaju senzorska čvorišta mreže. Usmerivači imaju zadatak usmeravanja paketa u mreži, ali pored toga mogu obrađivati i podatke nekog senzora. PAN koordinator ima za zadatak formiranje i održavanje celokupne mreže.

Na Sl.5. su prikazane tri mrežne topologije koje ZigBee podržava.



Sl.5. ZigBee mrežne topologije.

U zvezdastoj (star) topologiji se komunikacija između čvorišta mreže uspostavlja isključivo preko PAN koordinatora. U petljastoj topologiji svi uređaji mogu neposredno međusobno komunicirati ako su jedno drugom u dohetu. Glavna odlika im je povezivanje čvorišta preko više putanja, zbog čega su vrlo efikasne i robusne. Grozd (Cluster-tree) topologija je u suštini tačka-tačka (peer-to-peer) topologija, u kojoj su čvorišta uglavnom FFD uređaji, koji imaju po nekoliko listova ispod sebe, kojima su oni jedina veza sa ostatkom mreže.

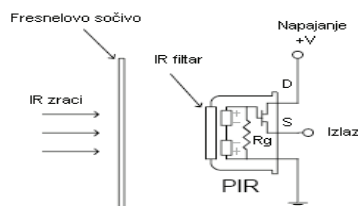
Glavne prednosti ZigBee protokola su dakle, što se mreže same formiraju, što mogu sadržati i do 65 536 čvorišta, a zbog male potrošnje mogu raditi i godinama bez ikakvih intervencija. Podržava petljastu topologiju umrežavanja, dok je standardizacijom omogućeno korišćenje komponentata različitih proizvođača kao rezultat međusobne kompatibilnosti.

IV. PRIMER SENZORSKOG ELEMENTA

PIR senzori se izrađuju od kristalnih materijala čija se količina površinskog naelektrisanja menja kada se izlože IR zracima. Da bi se to naelektrisanje moglo otkriti, u sam senzor se integriše i osetljivi FET (Field-effect Transistor). Sam senzorski element je osetljiv na širok opseg IR zraka,

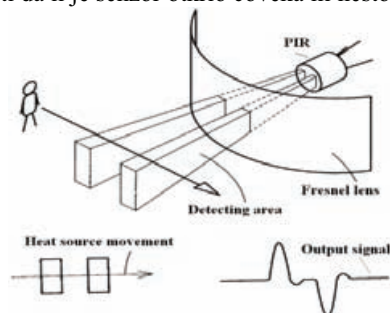
pa se ispred kristala postavlja filterski prozor koji ograničava prolaz upadnih zraka samo u opsegu od (8-14) μm kako bi senzor bio najosetljiviji na zračenje ljudskog tela [5].

Senzori pokreta uglavnom sadrže dva kristala (Dual element PIR) redno vezana ali suprotno polarisana, sa optičkim razmakom od 1 mm, kao što je to prikazano na Sl.6. Na ovaj način se efikasno poništavaju šumovi nastali usled vibracija, promene temperature ili sunčevim zračenjem.



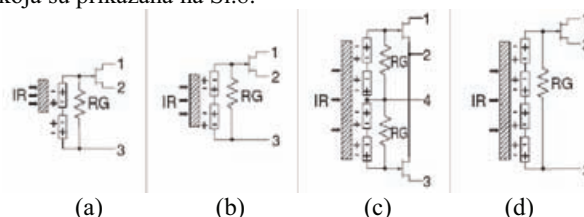
Sl.6. Detaljan prikaz PIR senzora.

Prolaskom čoveka ispred senzora najpre se aktivira jedan, pa zatim drugi kristal, kao što je to prikazano na Sl.7. Ostali, veći IR izvori aktiviraju oba kristala istovremeno, pa se na vrlo jednostavan način može interpretirati da li je senzor otkrio čoveka ili nešto drugo.



Sl.7. Odziv senzora na prolaz čoveka.

Na tržištu se može naći veliki broj različitih PIR senzora, stoga se moraju detaljno proučiti pre konačne odluke o upotrebi nekog od njih. Za sistem, koji treba da otkrije prisustvo čoveka, značajna su četiri tipa senzora, koja su prikazana na Sl.8.



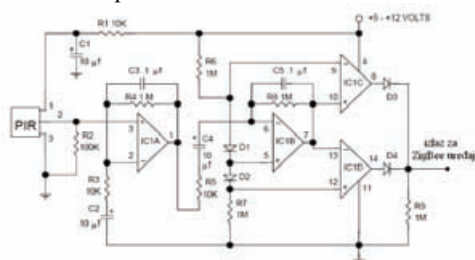
Sl.8. Tipovi PIR senzora za otkrivanje čovekovog prisustva: (a) kompenzovani jednostruki, (b) dvostruki, (c) četvorostruki, (d) tačkasti četvorostruki, [6].

Kompenzovani jednostruki senzori, iako se preporučuju od strane proizvođača, najpogodniji su kao detektori plamena, detektori gasova (NDIR, Non Dispersive Infrared) i radijacioni termometri. Dvostruki senzori su optimalan izbor za otkrivanje prisustva. Imuni su na promene temperature ambijenta, vibracije i optičke smetnje, a pored toga im je i cena pristupačna. Mana četvorostrukog je u tome što zahteva složenije kolo za

detekciju i implementaciju prisustva, kao i njegova visoka cena. Međutim, efikasno rešava problem razlikovanja manjih životinja od čoveka, tzv. lažno alarmiranje. Tačkasti četvorostruki senzori uspešno kombinuju tehničke prednosti jednostrukih i dvostrukih senzora, pa samim tim imaju i najbolje karakteristike. To su ujedno i najskuplji senzori koji imaju širok ugao viđenja, pa se zbog toga uglavnom preporučuju kao najpogodniji za montažu na tavanicu [6].

V. IZBOR KONFIGURACIJE SENZORSKOG ELEMENTA

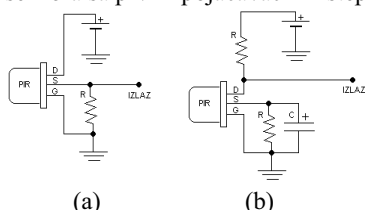
Sl.9. prikazuje električnu šemu povezivanja PIR senzora kao detektora pokreta, tj. čovekovog prisustva. To je tipična električna šema, koja se nalazi u tehničkim podacima većine proizvođača PIR senzora.



Sl.9. Električna šema detektora pokreta sa PIR senzorom.

Kritičan deo prikazane šeme je sam izlaz PIR senzora. Tu su signali reda 0.5 mV, koje je neophodno pojačati radi procesa dalje obrade. Problem je u tome što su ti mali signali vrlo osetljivi na različite šumove iz okoline. Kako bi problem rešili, najpre se razmotrila mogućnost povezivanja PIR senzora sa ostatkom električnog kola.

Na Sl.10. su prikazane dve mogućnosti povezivanja samog PIR senzora sa prvim pojačavačkim stepenom.



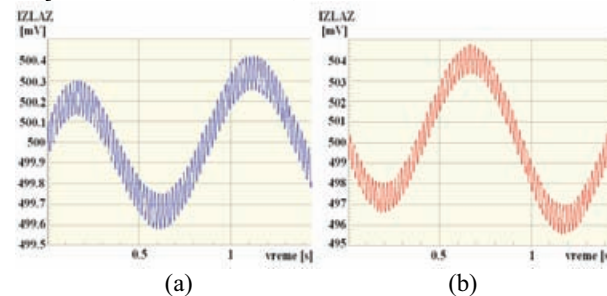
Sl.10. Mogućnosti povezivanja PIR senzora: (a) stepen sa zajedničkim drenom (tipično povezivanje), (b) stepen sa zajedničkim sorsom.

Tipičnim povezivanjem PIR senzora prikazanim na Sl.10.(a) se u sam senzor integrisan FET tranzistor ponaša kao "sors follower" sa naponskim pojačanjem $A_v=0.9$, kada na IZLAZ-u imamo sponinjanih 0.5 mV. Kako bi taj napon povećali iskoristili smo ideju prikazanu na Sl.9.(b) [7]. U ovakvoj konfiguraciji je iskorišćena mogućnost naponskog pojačanja FET tranzistora integrisanog u sam PIR senzor. Kao rezultat dobili smo naponsko pojačanje $A_v=-8.5$, a na IZLAZ-u napon nešto manji od 5 mV i obrnute faze, kao što je to prikazano na Sl.11. Suprotna početna faza nam ništa ne smeta s obzirom da imamo naizmenični signal, dok skoro deset puta veći signal puno znači zbog veće otpornosti na razne šumove iz spoljašnje okoline. To nam pokazuje i rezultat proračuna odnosa signal-šum (SNR, signal-to-noise ratio) na osnovu sledeće jednačine:

$$SNR = \left(\frac{A_{\text{signal}}}{A_{\text{suma}}} \right)^2,$$

gde A_{signal} označava amplitudu signala, dok A_{suma} označava amplitudu šuma. SNR smo računali na osnovu odnosa kvadrata amplituda signala i šuma, jer smo ih merili preko iste impedanse.

Na ovaj način se za slučaj tipičnog povezivanja dobija $SNR=6.25$, dok u slučaju stepena sa zajedničkim sorsom ovaj odnos iznosi nešto više, $SNR=16$.



Sl.11. Izlazni signali PIR senzora konfigurisanog kao stepena sa: (a) zajedničkim drenom, (b) zajedničkim sorsom.

VI. ZAKLJUČAK

U radu je prikazan jedan savremeni bežični senzorski sklop na primeru detektora pokreta sa PIR senzorom. Izvršeno je poređenje trenutno najzastupljenijih bežičnih komunikacionih protokola na tržištu za ovu primenu. Prikazane su i mogućnosti konfigurisanja samog senzorskog elementa, sa rezultatima proračuna SNR i simulacije, na osnovu čega je potvrđena prednost konfigurisanja PIR senzora kao stepena sa zajedničkim sorsom u odnosu na konfigurisanje kao stepena sa zajedničkim drenom.

LITERATURA

- [1] http://www.pametnakuca.rs/live/Pametna_kuca.
- [2] http://en.wikipedia.org/wiki/Fresnel_lens.
- [3] Glolab Corporation, "Infrared parts manual" copyright© 2003.
- [4] Sinem Coleri Ergen, "ZigBee/802.15.4 Summary" Sempember 10, 2004.
- [5] ZigBee™ Alliance, "Wireless sensors and control networks: Enabling new opportunities with ZigBee" December, 2006.
- [6] Nippon Ceramic Co., Ltd. "Pyroelectric Infrared Sensors".
- [7] Miloš B. Živanov, Elektronika – pojačavačka kola, FTN izdavaštvo, Novi Sad, 2004.

ABSTRACT

In this paper is described PIR (Pyroelectric Infrared Radial) sensor and ZigBee communication protocol as a part of a wireless sensor network, usually used in smart home applications as a motion detector. Here are also the comparison of the actual wireless communication protocols characteristics and the choice of the optional sensor configuration for this system with the results of simulation and calculation of SNR (signal-to-noise ratio).

THE EXAMPLE OF A WIRELESS SENSOR MODULE IN SMART HOMES

Saša A. Vukosavljev, Erne Đ. Kovač, Boris A. Radin, Dragan P. Simić

Analiza kvaliteta prenosa podataka u ZigBee mrežama u različitim prostorima i situacijama

Ištvan I. Papp, Đorđe M. Isailović, Saša A. Vukosavljević, Dragan M. Samardžija

Sadržaj — U ovom radu su opisane osnovne osobine ZigBee protokola bežične komunikacije sa naglaskom na maksimalni domet ovakvih mreža u različitim prostorima i situacijama sa zadovoljavajućim kvalitetom prenosa podataka. Izloženi su rezultati koji obuhvataju kvalitet prenosa podataka u zavisnosti od rastojanja u zatvorenom i na otvorenom prostoru i u saobraćaju gde se uređaji nalaze u automobilima.

Ključne reči — RSSI, ZigBee.

I. UVOD

TOKOM poslednje decenije došlo je do ogromnog napretka u oblasti bežičnih komunikacija. Pojavio se veliki broj široko prihvaćenih bežičnih protokola koji su našli svoje mesto u različitim potrebama koje je diktiralo tržište. Osobine većine ovih protokola su velika brzina prenosa podataka, potrošnja koja ograničava rad takvih uređaja kada su napajani baterijom na sate ili eventualno dane, stalno dodavanje novih opcija i mogućnosti čime se i potrebna memorija za integraciju tih protokola povećava. Međutim, pojavila se potreba za određenim standardom koji ima potpuno druge osobine od gore navedenih. Tržištu je trebao standard koji će zadovoljiti potrebe za minimalnom potrošnjom, ne tako velikom brzinom prenosa podataka, što manjom potrebnom memorijom i malom cenom. Kao rezultat toga pojavio se ZigBee protokol, koji se nadovezao na IEEE 802.15.4 bežični protokol i koji je zauzeo deo tržišta koji nije bio na pravi način obuhvaćen od strane ostalih bežičnih standarda.

Primena ovog protokola je pre svega u senzorskim sistemima, gde nije potreban prenos velikih količina podataka, gde je bitno da je potrošnja toliko mala da baterije kojima se senzori napajaju mogu da traju i do nekoliko godina. Osnovne primene ovog protokola obuhvataju senzorske mreže koje imaju za cilj kućnu automatizaciju i senzorske mreže u industrijskim postrojenjima pomoću kojih se ona nadgledaju i upravljaju.

Ovaj rad je delimično finansiran od Ministarstva za nauku Republike Srbije, projekat 11005, od 2008. god.

Ištvan I. Papp, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija (telefon: 381-21-4801189, e-mail: istvan.papp@rt-rk.com).

Đorđe Isailović, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija (telefon: 381-21-4801185, e-mail: djordje.isailovic@rt-rk.com)

Saša A. Vukosavljević, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija (telefon: 381-21-4801201, e-mail: sasa.vukosavljevic@rt-rk.com)

Dragan M. Samardžija, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija (telefon: 381-21-4801135, e-mail: dragan.samardzija@rt-rk.com).

NAPOMENA:

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

b) Rad je prethodno publikovan na 17. konferenciji TELFOR, Beograd, novembar 2009.

Cilj ovog rada je da se ispita ponašanje ZigBee mreže u različitim prostorima i situacijama i da se u svim tim slučajevima utvrde maksimalna rastojanja između čvorišta mreže pri kojima je kvalitet prenosa zadovoljavajuć.

Rad je organizovan u šest poglavlja: opis ZigBee protokola, opis ZigBee uređaja i način ispitivanja, rezultati merenja, poređenje sa drugim bežičnim komunikacijama, i zaključak. U drugom poglavlju se detaljnije opisuju osobine i struktura ZigBee protokola. Treće poglavlje se odnosi na opis korišćenog tipičnog uređaja sa implementiranim ZigBee protokolom i sadrži opis programske podrške pomoću koje će se skupljati rezultati. U četvrtom poglavlju je dat grafički prikaz rezultata sa odgovarajućim objašnjenjima. Peto poglavlje obuhvata poređenje ZigBee protokola sa drugim bežičnim protokolima kao što su Bluetooth i WiFi. Zaključak o postignutim rezultatima je šesto poglavlje.

II. OPIS ZIGBEE PROTOKOLA

ZigBee protokol je rezultat razvoja i vlasništvo ZigBee Alianse koja obuhvata preko 70 kompanija koje su se udružile da bi definisale i promovisale ovaj standard. ZigBee je standard koji je izgrađen nad IEEE 802.15.4 standardom definisanim za WPAN (Wireless Personal Area Network). Ovaj važan standard definiše fizičku arhitekturu i programsku podršku koji su opisani kao fizički sloj i sloj za upravljanje pristupa medijumima (Medium Access Control, nadalje u tekstu MAC). ZigBee Aliansa je dodavanjem specifikacija mrežnog i aplikativnog sloja kompletirala strukturu koja se naziva ZigBee stek. Struktura ovako definisanog steka je prikazana na Sl.1.



Sl. 1. ZigBee stek

IEEE 802.15.4 standard definiše fizički sloj koji predstavlja tri slobodna frekvencijska opsega koja obuhvataju 16 kanala na frekvenciji od 2.4GHz (maksimalna brzina prenosa 250 kb/s), 10 kanala u opsegu od 902 do 908 MHz (40 kb/s) i jedan kanal u opsegu od 868 do 870 MHz (20 kb/s) [1]. Fizički sloj ima sledeće funkcije : uključenje i isključenje radio primopredajnika

(transivera), slanje i primanje paketa podataka i merenje parametara kvaliteta prenosa kao što su otkrivanje snage signala (ED - Energy Detection) i indikacija kvaliteta linka (LQI - Link Quality Indication) koje će kasnije koristiti mrežni sloj kao deo algoritma za odabir slobodnih frekvencijskih kanala. Fizički sloj predstavlja vezu između samog medijuma kroz koji se šalju podaci i MAC sloja.

MAC sloj, osim što je zadužen za celokupnu komunikaciju sa fizičkim slojem, ima i sledeće zadatke : kontroliše pristup radio kanalu koristeći algoritam sa višestrukim pristupom sa osluškivanjem nosioca i izbegavanjem kolizije (CSMA-CA, Carrier Sense Multiple Access – Collision Avoidance), generiše određene poruke kada se mreža podiže ako uređaj ima ulogu koordinatora, povezuje uređaj u ZigBee mrežu, pruža određeni stepen zaštite na ovom sloju i zadužen je za slanje poruka sa potvrdom o prijemu (ACK - Acknowledged frame delivery).

Mrežni sloj povezuje MAC sloj sa gornjim aplikativnim slojem i njegova uloga je da skenira frekvencijske kanale i proveriti da li je na nekima od njih već uspostavljena neka mreža, da usmerava poruke između članova mreže, pruža nekoliko stepena zaštite koji se mogu odabrati, dodeljuje adrese čvorištima mreže ako je uređaj koordinator i definiše određene uslove kao što je maksimalna veličina mreže, maksimalni broj usmerivača, veličina tabela za usmeravanje i slično[2].

Aplikativni sloj se sastoji od APS podsloja (Application Support Sub-Layer), ZDO (ZigBee Device Objects) podsloja i aplikativnih objekata definisanih od strane korisnika koji i definišu funkciju uređaja. APS podsloj ima ulogu da održava i kontroliše komunikaciju između dva člana mreže koji su ostvarili vezu na zahtev jednog od njih. Odgovornosti ZDO podsloja su da definiše ulogu uređaja u mreži, da šalje i odgovara na zahteve za povezivanjem sa nekim drugim uređajem radi međusobne razmene poruka.

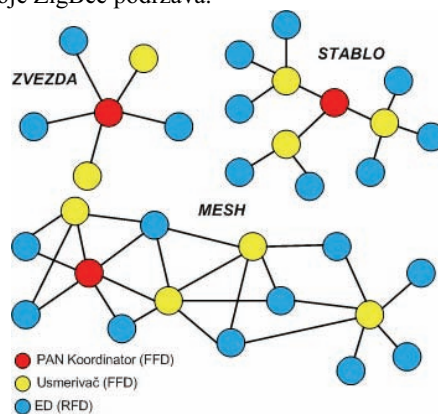
Da bi se ostvarila jedna od osnovnih osobina ZigBee protokola, niska cena implementacije, u ZigBee sistemima postoje dva fizička tipa uređaja: uređaj sa kompletnim funkcijama (Full Function Device, nadalje u tekstu FFD) i uređaj sa ograničenim funkcijama (Reduced Function Device, nadalje u tekstu RFD). RFD se implementira sa redukovanim ZigBee stekom i minimalnim memorijskim resursima pa je i njegova cena manja. Može da komunicira samo sa FFD - om koji ima dovoljno sistemskih resursa potrebnih pre svega za usmeravanje. Jedna od osnovnih osobina RFD - a je da može da ulazi u režim pripravnosti (sleep mode) što predstavlja stanje male potrošnje energije kada se isključuju svi nepotrebni moduli uređaja. FFD se implementira sa kompletnim ZigBee stekom i svim funkcijama potrebnim za usmeravanje i upravljanje mrežom.

ZigBee definiše i tri logička tipa uređaja koji predstavljaju uloge u mreži koje fizički tipovi uređaja mogu imati: koordinator, usmerivač i krajnji uređaj (End Device, nadalje u tekstu ED).

ZigBee mreža zahteva postojanje jednog koordinatora čija je uloga da podigne mrežu, da ima informacije o svim čvorištima mreže, često i da usmerava poruke između njih

i on mora biti FFD jer zahteva postojanje veće memorije i više funkcija i najčešće je napajan iz mreže. Osnovna uloga usmerivača je da prosleđuje poruke između čvorišta mreže i da proširuje domet mreže. Usmerivač takođe mora biti FFD jer mora da čuva određene informacije o članovima i strukturi mreže. Najjednostavniji tip uređaja je ED i najčešće je to senzorski element koji je RFD i može da se obraća samo koordinatoru ili usmerivaču, projektovan je za baterijsko napajanje, može da ide u režim pripravnosti čime je omogućeno da baterija traje i do nekoliko godina, ima ograničene funkcije ali mu je prednost mala cena.

ZigBee tehnologija obuhvata dva tipa steka: ZigBee i ZigBee PRO. Prvi tip steka je namenjen za komercijalne primene manjeg obima i podržava topologiju mreže tipa zvezda (STAR) i tipa stablo (TREE), dok ZigBee PRO podržava petljastu topologiju mreže (MESH) sa povećanom zaštitom. Na Sl. 2 su dati primeri topologija mreža koje ZigBee podržava.



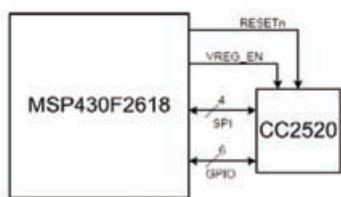
Sl. 2. Različite topologije mreža

Kod topologije mreže tipa zvezda komunikacija je moguća isključivo između glavnog uređaja koji ima ulogu koordinatora i naziva se PAN (Personal Area Network) koordinator i usmerivača ili ED. Prednosti ove topologije su jednostavnost i mogućnost da većina uređaja bude ED pa samim tim i napajana baterijom. Petljastu topologiju mreže odlikuje velika pouzdanost jer postoji više mogućih putanja između čvorišta mreže pa ako se desi da neko čvorište mreže ode u režim pripravnosti i zato ne bude u mogućnosti da učestvuje u usmeravanju velika je verovatnoća da će se uspostaviti neka druga putanja preko koje će čvorišta mreže komunicirati. Topologija mreže tipa stablo kombinuje prednosti prethodne dve topologije: mogućnost da postoji veći broj uređaja koji se baterijski napajaju i veća pouzdanost.

III. OPIS ZIGBEE UREĐAJA I PROGRAMSKE PODRŠKE ZA ISPITIVANJE

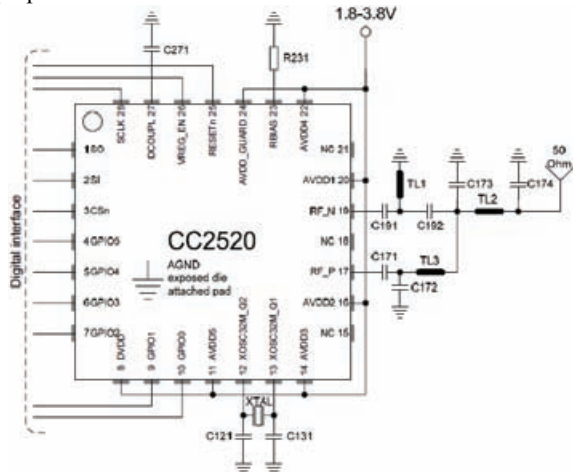
Za testiranje je korišćen tipični ZigBee uređaj čije se jezgro sastoji od mikrokontrolera i RF primopredajnika. Uređaj je implementiran pomoću komponenata firme Texas Instruments (TI). Korišćen je 16-bitni mikrokontroler MSP430F2618 sa 8051 jezgrom, namenjen za primene koje zahtevaju veoma malu potrošnju i RF primopredajnik CC2520 namenjen za ZigBee komunikaciju. Na Sl. 4 je data blok šema povezanih

mikrokontrolera i primopredajnika.



Sl. 4. Šema povezanih mikrokontrolera i primopredajnika [4].

Na Sl. 5 je prikazano tipično kolo za primenu CC2520 preporučeno od strane Texas Instruments-a.



Sl. 5. Tipično CC2520 kolo [4].

Korišćena je PCB antena čiji je izgled preporučen od strane TI-a dat na Sl. 6. Maksimalno pojačanje ovakve antene je +3.3dB a potrebna površina za njenu implementaciju je 15.2 x 5.7 mm [5].



Sl. 6. Izgled PCB antene preporučen od strane TI-a [5].

Za potrebe ispitivanja koristi se aplikacija PER (Packet Error Rate) ispitivač, urađena od strane TI-a i prilagođena za korišćeni ZigBee uređaj. Ova aplikacija zahteva postojanje dva člana mreže i uspostavlja jednosmernu RF (Radio Frequency) vezu između njih. U aplikaciji je potrebno da korisnik definiše koji član mreže je predajnik a koji prijemnik, koliki broj paketa podataka će biti poslat (1K, 10K, 100K, 1M) i na kojem frekvencijskom kanalu će se uspostaviti veza i obavljati prenos podataka (2405 – 2480 MHz). Aplikacija je prilagođena da parametre kvaliteta prenosa podataka ispisuje na računar preko UART-a (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter). Ti parametri su broj primljenih paketa, prosečni RSSI (Receive Signal Strength Indicator) i PER koji se računa po sledećoj formuli:

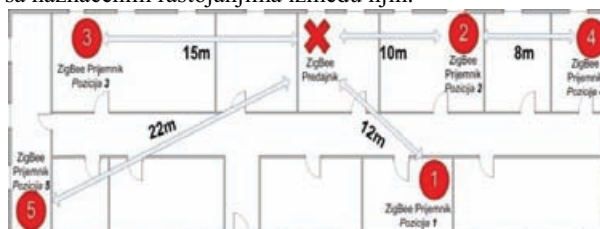
$$PER = \frac{lp}{sp} \cdot 100[\%],$$

gde su lp izgubljeni paketi a sp ukupni poslani paketi podataka.

IV. REZULTATI MERENJA

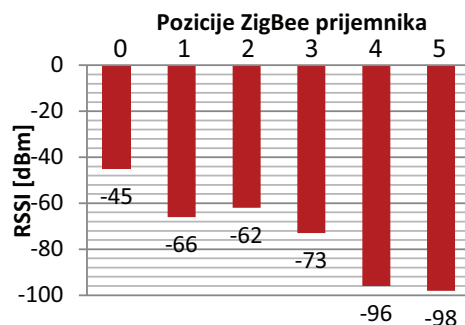
Izvedena su merenja u tri slučaja : u zatvorenom i na otvorenom prostoru i na otvorenom u situaciji kada se ZigBee uređaji nalaze u automobilima. Korišćena su dva uređaja, pri čemu je jedan statični uređaj bio predajnik a drugi koji je menjao pozicije je imao ulogu prijemnika.

Na Sl. 7 je prikazana struktura zatvorenog prostora u kome se vršilo merenje sa označenom pozicijom predajnika i numerisanim pozicijama prijemnika zajedno sa naznačenim rastojanjima između njih.



Sl.7. Struktura zatvorenog prostora.

Sl. 8 prikazuje rezultate dobijene merenjem u gore prikazanom prostoru, sa tim da pozicija 0 podrazumeva vrednost RSSI na međusobnom rastojanju prijemnika i predajnika od 1m.

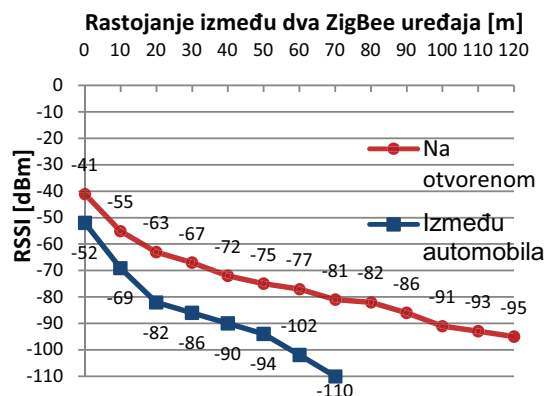


Sl.8. Rezultati u zatvorenom prostoru.

Vrednost PER parametra je nula u pozicijama 0,1,2 i 3 što znači da nije bilo izgubljenih paketa dok je u poziciji 4 ta vrednost 10% što govori da se na svakih 1000 paketa 100 paketa izgubi što je veoma loše. U poziciji 5 situacija je još kritičnija jer je PER 20% tako da se zaključuje da domet u zatvorenom prostoru više zavisi od prepreka koje se nalaze na liniji komunikacije nego od rastojanja.

Dalja merenja su izvedena na otvorenom prostoru i u situaciji kada jedan automobil sa uređajem koji ima ulogu predajnika stoji dok drugi automobil sa uređajem kao prijemnikom zauzima pozicije na različitim rastojanjima.

Pri merenju na otvorenom prostoru PER ima vrednost nula sve do oko 100m, posle toga ta vrednost raste približno 3% na svakih 10m. U drugoj situaciji već na 20m RSSI je -82 dBm dok je PER 1%, na oko 50m RSSI je -94 dBm a PER 5% što je dosta lošije nego u situaciji na otvorenom tako da je zaključak da bi se u nekim ozbiljnijim primenama antena ZigBee uređaja morala nalaziti izvan vozila. Na Sl. 9 su grafički prikazani rezultati prethodnih merenja.



Sl.9. Rezultati merenja na otvorenom i između automobila.

V. POREĐENJE SA DRUGIM BEŽIČNIM PROTOKOLIMA

Iako su i Bluetooth i ZigBee protokoli definisani za WPAN (Wireless Personal Area Networks) postoje velike razlike između njih. Kao što je dato u Tabeli 1 potrošnja u ZigBee-ju je dosta manja pa baterije mogu da traju godinama zahvaljujući mogućnosti koja je ranije navedena a odnosi se na mogućnost uređaja da mogu da idu u režim pripravnosti dok to u Bluetooth mrežama nije tako lako izvodljivo jer uređaji moraju stalno da se javljaju u mreži da bi održali međusobnu sinhronizaciju. Kao posledica toga, iako su potrošnje struje u toku slanja podataka kod ova dva protokola približne, oko 40 mA, primećuje se razlika u potrošnji struje u režimu pripravnosti gde je kod ZigBee-ja ta struja oko 3 μ A dok je kod Bluetooth-a oko 200 μ A. Baterije za Bluetooth uređaje su namenjene za česta ponovna punjenja, dok kod ZigBee-ja nisu, pa je to još jedan od razloga zašto duže traju.

TABELA 1: KLJUČNE OSOBINE KOMPLEMENTARNIH BEŽIČNIH TEHNOLOGIJA [3].

Osobine	IEEE 802.11b	Bluetooth	ZigBee
Trajanje baterije	Satima	Danima	Godinama
Složenost	Veoma složen	Složen	Jednostavan
Vreme potrebno da se uređaj poveže u mrežu	3 s	10 s	30 ms
Domet	100 m	10 m	300 m
Brzina prenosa podataka	11 Mb/s	1 Mb/s	250 Kb/s
Struja u režimu pripravnosti	400 mA	200 μ A	3 μ A
Maks. broj članova mreže	32	7	64000

Wi-Fi je bežični LAN (Local Area Network) standard tako da zahteva skoro stalnu aktivnost uređaja u mreži i njegova fizička arhitektura je i projektovana da se napaja

iz značajnog strujnog izvora. Njegova prednost u odnosu na date standarde je velika brzina prenosa podataka oko 11Mb/s, dok je kod Bluetooth-a oko 1Mb/s a ZigBee ima najmanji protok, svega oko 250Kb/s ali u najčešćim primenama u kojima se ZigBee koristi, a to su mreže senzorskih elemenata, ovo ne predstavlja veliko ograničenje. Bluetooth i Wi-Fi su protokoli koji zahtevaju dosta kompleksniju integraciju i dok je maksimalni broj članova mreže kod pomenutih protokola 7 i 32, kod ZigBee-ja taj broj iznosi 64000 članova zahvaljujući tome što koristi 64-bitne IEEE adrese koje interno mogu biti zamenjene 16-bitnim adresama. Realan broj čvorova koji funkcionišu u petljastoj mreži je oko 500. Velika prednost ZigBee-ja je veoma kratko vreme potrebno da se uređaj poveže u mrežu, oko 30 ms, pa se na izlasku iz čestih režima pripravnosti ne gubi puno na vremenu dok je kod Bluetooth-a to vreme dosta veće, oko 3s, a kod Wi-Fi čak 10s. Domet Wi-Fi je oko 100m, Bluetooth-a oko 10m, dok je kod tipičnog ZigBee uređaja sa PCB (Printed Circuit Board) antenom taj domet oko 100m na otvorenom, kao što je pokazano, dok sa jačom antenom taj iznos ide i do 300m.

Još jedna razlika koja može biti interesantna sa stanovišta jednostavnije implementacije i niže cene je veličina steka, koja je kod Bluetooth-a oko 250Kb a kod ZigBee protokola, ako se radi o kompletnom steku, oko 40Kb, a može biti i još manja ako se koristi redukovani stek za ED uređaj.

VI. ZAKLJUČAK

Na osnovu dobijenih rezultata vidi se da je potencijal uređaja sa ZigBee protokolom veliki uzimajući u obzir da su u merenjima korišćeni uređaji sa PCB antenama koje imaju relativno skromne mogućnosti tako da bi se sa boljom antenom dobili još bolji rezultati. Dalja istraživanja bi mogla obuhvatiti merenja kvaliteta signala u raznim ambijetalnim uslovima a bilo bi interesantno i proučiti ponašanje ovakvih uređaja u vodi i u situaciji kada bi se oba uređaja stalno kretala.

LITERATURA

- [1] IEEE Std 802.15.4 – 2003, IEEE Computer Society, Oct. 2003.
- [2] ZigBee specification, ZigBee Alliance, Jan. 2008.
- [3] Adis Vojvodić, "An Paper on ZigBee," Chalmers University of Technology, Sweden, May 2006.
- [4] CC2520 Datasheet, www.ti.com, Dec. 2007.
- [5] "Small size 2.4GHz PCB antenna", Application Note, www.ti.com, 2008.

ABSTRACT

This paper describes basics of ZigBee protocol and includes measurement of signal strength and quality of received packets of a typical ZigBee device in various situations.

QUALITY COMMUNICATION ANALYSIS IN ZIGBEE NETWORKS IN VARIOUS SITUATIONS

Ištvan I. Papp, Đorđe M. Isailović, Saša A. Vukosavljev, Dragan M. Samardžija

DIJAGNOSTIKA STANJA I KVAROVA KAVEZNOG ASINHRONOG MOTORA ANALIZOM SIGNALA STRUJE

CONDITION MONITORING AND DIAGNOSIS OF FAULTS IN THE ELECTRIC INDUCTION MOTOR USING MCSA

Predrag Lazić, Veran Vasić, Dragan Miličević *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu opisana je primena MCSA (Motor Current Signature Analysis) metode za dijagnostiku stanja kaveznog asinhronog motora. Opisana je primena MCSA metode za detekciju kvarova: lom šipke rotora, ekscentricitet rotora, međuzavojni kratak spoj.

Abstract – This work describes MCSA (Motor Current Signature Analysis) method for condition monitoring of cage induction motor. Work also describes MCSA method for detection faults: broken rotor bar, eccentricity of rotor, stator winding fault.

Ključne reči: Dijagnostika stanja, MCSA, otkaz, kavezni asinhroni motor, lom šipke rotora, ekscentricitet rotora, međuzavojni kratak spoj

1. UVOD

Dijagnostika stanja (Condition monitoring) asinhronog motora ima značajan udeo u bilo kom režimu održavanja industrijskog sistema koji počiva na dijagnostičkim tehnikama. Ovo proističe iz činjenice da se danas u industriji kao pogonska mašina najčešće koristi asinhroni motor.

U ovom radu je prikazan način detekcije anomalija analiziranjem linijskih struja motora. Anomalije nastaju kao posledica električnih i mehaničkih nesimetrija tj. otkaza. Prikazana metoda je u stranoj stručnoj literaturi poznata kao MCSA metoda.

1.1 Tehnički sistem i dijagnostika

Pod pojmom tehnički sistem podrazumeva se skup elemenata i relacija između njih i njihovih karakteristika, povezanih u cilju ostvarivanja funkcije cilja, odnosno promene stanja sistema. Najuočljivije posmatrano, svaki sistem, pa i tehnički, vrši transformaciju materijala, energije i informacija.

Ukoliko je svrha tehničkog sistema nadzor mašine, njegovo stanje se može posmatrati u tri nivoa:

1. detekcija otkaza: osnovno saznanje da stanje u otkaza postoji. Ukoliko ovo saznanje ne postoji neće biti preduzeta nikakva aktivnost u cilju sprečavanja potpunog otkaza (gubitka radne sposobnosti),

2. dijagnostika otkaza: nivo saznanja neophodan za određivanje prirode i lokacije uzroka otkaza. Ovo saznanje se koristi u donošenju odluke o ozbiljnosti otkaza, kao i koje je preventivne i korektivne mere potrebno preduzeti. Drugi naziv koji se sreće u literaturi je i identifikacija stanja.
3. prognoza: predviđanje ili procena mogućeg toka razvoja i oblika pojavljivanja otkaza, kao i postupak predviđanja budućih stanja tehničkih sistema.

Pod pojmom tehnička dijagnostika podrazumeva se naučno-tehnička disciplina kojoj pripadaju teorija, metode, i sredstva za raspoznavanje stanja tehničkih sistema u uslovima ograničenih informacija.

Pod otkazom se podrazumeva događaj koji se javlja u trenutku kada vrednost nekog od izlaznih parametara dostigne gornju ili donju dozvoljenu graničnu vrednost, ili pređe te iste granice. Otkaz može da uzrokuje potpuni gubitak radne sposobnosti tehničkog sistema.

Dijagnostički parametri određuju dijagnostičku metodu. Kod tehničkih sistema koji su danas u upotrebi najznačajnije su metode tehničke dijagnostike za praćenje:

- vibracija,
- termičkog stanja,
- hemijskih činilaca (produkata habanja, vlažnost itd.),
- vizuelna inspekcija,
- procesni parametri kao što su: struja, sila, pritisak, snaga, obrtni moment, rasipni fluks, osovinska struja, simetrija mreže napajanja itd.
- kompleksne metode dijagnostike: veliki broj ultrazvučnih metoda, elektromagnetna i magnetna testiranja,
- napredne tehnike za dijagnostiku stanja, pre svih neuronske mreže, [1], [2], [3].

Mnoge od ovih metoda su na eksperimentalnom nivou i još su nedovoljno razvijene.

2. KONSTRUKCIJA KAVEZNIH ASINHRONIH MAŠINA

Prema ulozi koju imaju u radu električne mašine, pojedini konstruktivni elementi se mogu podeliti na električno aktivne i neaktivne delove. Na Slici 1 se vide konstruktivni elementi kaveznog asinhronog motora:

1. Aktivni konstruktivni delovi su nosioci magnetskih i električnih polja i struja, te obuhvataju magnetni krug, namotaje i izolacije.
2. Neaktivni konstrukcioni delovi prihvataju i prenose mehanička naprezanja.

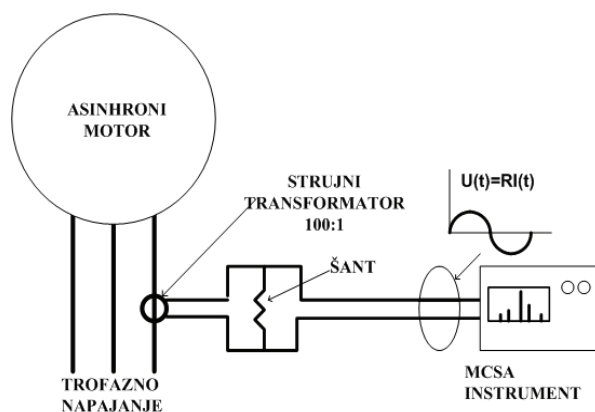
NAPOMENA:

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

- Ostali kao što su kućište, ležajni štitovi, temeljna ploča i sl. daju sistemu mašine potrebnu mehaničku čvrstoću.



Slika 1. Konstrukcija kaveznog asinhronog motora



Slika 2. Instrumentacija za MCSA metodu

3. OPIS I KVALIFIKACIJA OTKAZA KAVEZNIH ASINHRONIH MOTORA

Otkazi motora se mogu podeliti na:

- Otkaze mehaničkih delova. Ovi otkazi su najčešći i to su otkazi ležajeva i osovine.
- Otkazi na namotajima. Ovi otkazi nastaju usled proboja ili uništenja izolacije na jednom ili više mesta, tako da može doći do spoja sa masom ili zemljospoja, do spoja među zavojima ili među namotajima, ili do mehaničkog uništenja namotaja.

4. MCSA ZA DIJAGNOSTIKU STANJA ASINHRONOG MOTORA

MCSA predstavlja metod za analizu, ispitivanje i dijagnostiku dinamičkog elektroenergetskog sistema električne mašine. Pravilno korišćenje MCSA i rezultati analize daju podatke o:

- Ispravnost priključaka motora,
- Ispravnost statorskih namotaja,
- Ispravnost rotora,
- Ravnomernost vazdušnog zazora u statičkom i dinamičkom režimu rada,
- Ispravnost ležaja,
- Opterećenje i efikasnost sistema

MCSA metoda kao dijagnostički parametar koristi signal linijske struje, a kao rezultat daje signal u kome se prepoznaju komponente strujnog signala koje su posledica kvara. Jednostavnim merenjem kao na Slici 2 primenom MCSA metoda mogu da se detektuju kvarovi u njihovoj najranijoj fazi, te da se preduhitre dalja oštećenja motora kao i konačni otkaz. Takođe, merenja mogu da se vrše u stacionarnom, nominalnom režimu rada, bez remećenja ustaljenog proizvodnog procesa tj. MCSA metoda ne zahteva obezbeđenje beznaponskog stanja motora u svrhu njenog izvođenja. Velika prednost metode se ogleda i u tome da metoda nije invazivna.

Promena oblika signala merene struje ukazuje na promenu stanja elektromotora. Kada se signal struje prebaci iz vremenskog u frekventni domen odstupanja se lakše uočavaju. Razlog je taj što se promena signala struje manifestuje preko pojave novih komponenti signala struje u frekventnom domenu.

5. ANALIZA TIPIČNIH KVAROVA KAVEZNIH ASINHRONIH MOTORA PRIMENOM MCSA METODE

5.1. Lom štapa na kavez rotora

Kao rezultat loma štapa rotora (izgled kvara prikazan na Slici 3) u bilo kojoj asinhronoj kaveznoj mašini tj. sa bilo kojim brojem pari polova dovodi do pojave komponente struje statora na učestanosti:

$$f = (1-2s)f_1 \quad (1)$$

gde je:

f_1 - mrežna frekvencija,

s - klizanje

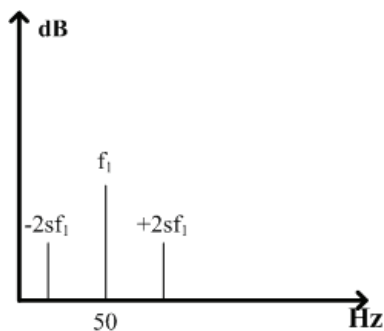
Kao posledica pulsacije brzine, a usled pulsacionog momenta na učestanosti $2sf_1$, doći će do pojave još jedne komponente struje statora (Slika 4), na učestanosti:

$$f = (1+2s)f_1 \quad (1)$$

MCSA metoda se najbolje pokazala za otkrivanje ovog kvara. Istina je da se usred prekinute rotorske šipke javljaju dodatne mehaničke vibracije, ali se takve vibracije uglavnom pripisuju istrošenim ležajevima zbog čega su pokušaji da se razviju metode detekcije kvarova na kavez rotora analizom vibracija nailazili na problem.



Slika 3. Lom šipke rotora



Slika 4. Spektralne komponente signala struje za lom štapa rotora

5.2 Međuzavojni kratak spoj na statorskom namotaju

Priroda asinhronog motora sa kaveznim rotorom, odnosno priroda samog kaveznog rotora jeste takva da sve talase mms (kojih u ispravnom motoru postoji više pored osnovnog), a samim tim i talase magnetne indukcije u spektru struje statora preslikava na samo dve učestanosti i njihove umnoške tzv. rotorove žljebne učestanosti:

$$f_{ru} = (1 \pm \lambda R(1-s)/p)f_1 \quad (3)$$

gde je:

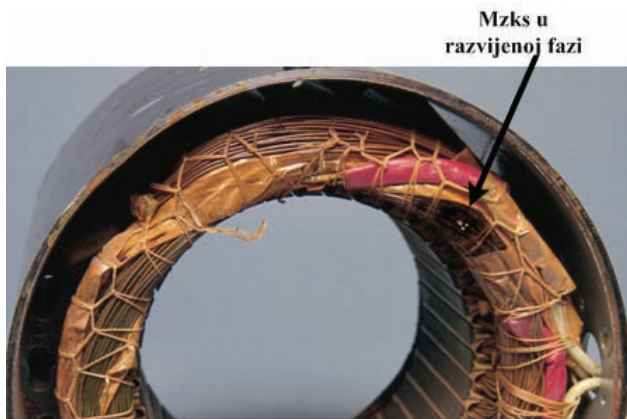
R - broj žljebova rotora,

p - broj pari polova,

λ - broj harmonika.

Prilikom pojave međuzavojnog kratkog spoja (primer kvara prikazan je na Slici 5) detekcija kvara se može ostvariti uočavanjem rasta komponenti statorske struje na pomenutim rotorskim žljebnim učestanostima i to iz dva razloga:

1. Kvantitativnog: u režimu mzks u mašini postoji teorijski beskonačno veliki broj talasa magnetske indukcije, pri čemu svi oni manje ili više, indukuju ems (samim tim i struje) na tim učestanostima.
2. Kvantitativnog: neki od talasa mms u režimu mzks u reakciji sa talasima permeanse mogu proizvesti talase magnetne indukcije na ovim učestanostima sa istim brojem pari polova koliko ih ima namotaj statora čime ovaj uticaj postaje značajniji.



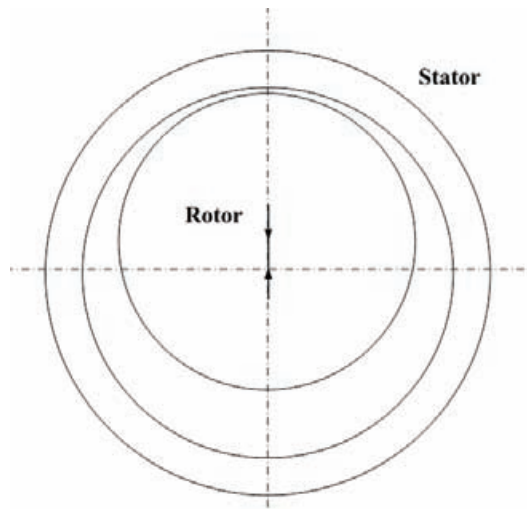
Slika 5. Međuzavojni kratak spoj na statorskom namotaju

Učestanosti na kojim se može očekivati rast komponenti struje u slučaju međuzavojnog kratkog spoja, $(1 \pm \lambda R(1-s)/p)f_1$, funkcija su klizanja (opterećenja, brzine).

Pored ovih komponenti, u spektru struje statora se kao posledica međuzavojnog kratkog spoja, a putem efekta pulsacije brzine, javlja i rast komponente struje na $3f_1$, [2]. U [2] je pokazano da se u slučaju međuzavojnog kratkog spoja javljaju i pulsacioni momenti na određenim učestanostima. Pulsacioni momenat na dvostrukoj učestanosti napona napajanja je siguran znak postojanja asimetrije sa strane statora. Međutim, taj pulsacioni moment se može javiti i kao posledica asimetričnih napona napajanja statorovog namotaja. Ovi pulsacioni momenti mogu postojati i u „zdravoj“ mašini u zavisnosti od konstrukcionih elemenata mašine: broja žljebova statora i rotora i broja pari polova. Dakle postojanje pulsacionog momenta ne može se smatrati karakterističnim znakom postojanja međuzavojnog kratkog spoja u namotajima statora. Sve pulsacije mms se preko elektromagnetne indukcije odražavaju na ems u namotaju statora, na istim učestanostima. Pulsacije ems izazivaju struju u statorskom namotaju što beleži MCSA metod.

5.3 Ekscentricitet rotora

Kao rezultat statički ekscentrično postavljenog rotora, kod koga se debljina vazdušnog zazora ne menja po obimu prilikom obrtanja rotora, ne može se očekivati pojavljivanje nijedne učestanosti u spektru struje statora koja ne postoji već u ispravnoj mašini. Kao u slučaju kvara u namotajima statora, javljaju se talasi magnetske indukcije koji se po obimu vazdušnog zazora kreću različitim brzinama.



Slika 6. Ekscentricitet rotora

Kod dinamičkog ekscentriciteta, kod koga se debljina vazdušnog zazora menja po obimu prilikom obrtanja rotora, javljaju se talasi magnetne indukcije, koji, posmatrano sa strane statora, imaju učestanosti koje se razlikuju od učestanosti u ispravnoj mašini. Kao posledica toga, možemo očekivati i pojavu komponenti struje statora na tim učestanostima. Te učestanosti su:

$$f' = (1 \pm l(1-s)/p)f_1 \quad (4)$$

$$f'' = (1 - (\lambda R \pm l)(1-s)/p)f_1 \quad (5)$$

$$f''' = (1 + (\lambda R \pm l)(1-s)/p)f_1 \quad (6)$$

gde je l dužina rotora.

Dakle, pojavljuju se talasi magnetske indukcije na učestanostima u okolini osnovnog harmonika kao i u okolini rotorovih žljebnih učestanosti. Sve te učestanosti

su zavisne od klizanja, odnosno opterećenja motora. Što se tiče detekcije dinamički ekscentričnog rotora putem MCSA od posebnog su interesa niske učestanosti dobijene iz izraza (4).

6. ZAKLJUČAK I DALJI PRAVCI ISTRAŽIVANJA

Rad se pozabavio uvek aktuelnom tematikom – tematikom novčane uštede u ovom slučaju sa aspekta pravovremene detekcije oštećenja na danas široko korišćenoj asinhronoj mašini. Predstavljena je MCSA metoda, jedan od načina na koje je to moguće praktično ostvariti.

Dalja razrada problematike podrazumevala bi razvoj simulacionog dinamičkog modela kaveznog asinhronog motora u cilju dobijanja potvrda prikazanih rezultata. Krajnja potvrda rezultata podrazumevala bi izvođenje eksperimenata na unapred pripremljenim motorima. Prilikom izvođenja eksperimenata velika pažnja se treba posvetiti pravilnom izboru instrumentacije.

Razvoj industrije koji se očekuje u Srbiji zahteva pojačanu svest o sofisticiranim tehnikama za nadzor i održavanje industrijskog pogona. Tehnička dijagnostika stanja kompletne opreme uzima veliku ulogu u savremenom načinu dostizanja veće efikasnosti i sigurnosti rada tehničkih sistema, pa se iz tog razloga sa pravom u budućnosti mogu očekivati veća ulaganja u dijagnostiku i u našoj zemlji.

8. LITERATURA

- [1] Peter Tavner, Li Ran, Jim Penman and Howard Sedding, “*Condition Monitoring of Rotation Electrical Machines*”, London, 2001.
- [2] Joksimović Gojko, “*Analiza kvarova kaveznog indukcionog motora*”, Zadužbina Andrejević, Beograd, 2001.
- [3] Branislav Jeremić, Petar Todorović, “*Kompleksna dijagnostika rotora*”, Mašinski fakultet, Kragujevac, 2007.
- [4] Živka Nikolić, “*Dijagnostika stanja elektromotora*”, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2005.
- [5] Vladimir V. Petrović, “*Uput u proračun asinhronog motora*”, Naučna knjiga, Beograd, 1963.
- [6] Teodorović Vladislav, “*Električne pogonske mašine I*”, Naučna knjiga, Beograd, 1978.
- [7] www.mcsamotor.com

Kratka biografija:



Predrag Lazić rođen je u Sremskoj Mitrovici 1985. god. Diplomski-master rad odbranio na Fakultetu tehničkih nauka, 2010.god iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Energetska elektronika i električne mašine.



Veran Vasić diplomirao je 1994. godine na smeru elektroenergetika Fakulteta tehničkih nauka sa prosečnom ocenom 9.09. Magistarski rad je odbranio 1996. na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu. Doktorsku disertaciju odbranio 2001. na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu.

IMPLEMENTACIJA WEBMAIL SISTEMA UPOTREBOM .NET OKRUŽENJA

WEBMAIL IMPLEMENTATION USING .NET FRAMEWORK

Marko Marić, Milan Vidaković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – Ovaj rad bavi se specifikacijom i implementacijom webmail sistema upotrebom .NET tehnologije, što podrazumeva servis za slanje, primanje i skladištenje elektronske pošte posredstvom web čitača.

Abstract – This thesis deals with a specification and implementation of a web mail system, based on the .NET framework. This system allows user to retrieve, send and store email messages using web browser.

Gljučne reči – Webmail, C#, ASP.NET, .NET Framework, ASP.NET AJAX, ASP.NET Entity Framework, LINQ, Membership Provider, SQL.

1. UVOD

Današnje društvo je informaciono društvo i kao takvo svoju ekonomsku, političku i kulturnu moć u mnogome duguje svojim kapacitetima da kreira, obrađuje, koristi i manipuliše informacijama. Ne mali doprinos razvoju informacionog društva dali su i sistemi za razmenu informacija, kao što su servisi za razmenu elektronskih multimedijalnih poruka putem interneta. Ovi sistemi su omogućili brz, jeftin i običnom korisniku razumljiv i dostupan mehanizam za komunikaciju na globalnom nivou. U takve sisteme spadaju i *webmail* servisi.

Webmail servis je *web* aplikacija koja omogućuje pristup *email* nalogu klijenta, te slanje, primanje i skladištenje elektronske pošte, a sve to posredstvom *web* čitača (*browser-a*). Za razliku od *email* klijenata, poput *Outlook Express-a*, *webmail* omogućuje pristup *email* nalogu sa bilo kog računara koji ima *web* čitač i pristup internetu. Takođe, *webmail* primljenu i poslatu poštu skladišti u bazi podataka servera na kome se i sam nalazi, a ne na korisnikovom računaru kako to rade *email* klijenti

2. RAZVOJNO OKRUŽENJE

2.1 .NET Razvojno Okruženje

.NET razvojno okruženje (tj. .NET Framework) je Microsoft-ova tehnologija, koja se instalira kao integralna komponenta Windows operativnog sistema, a namenjena je razvoju i pokretanju aplikacija najnovije generacije [1]. Osnovu ovog razvojnog okruženja čine dve komponente: CLR (Common Language Runtime), tj. mehanizam u kome se izvršavaju svi .NET programi i koji obezbeđuje automatske servise za sve aplikacije (zaštita, upravljanje memorijom, optimizacija, ...), i .NET biblioteka klasa, tj.

kolekcija klasa koje definišu standardne tipove i funkcionalnosti koje korisnici mogu integrisati u sopstvenim rešenjima.

U ovom je projektu korišćena verzija 3.5 .NET razvojnog okruženja koja, između ostalih, obuhvata i sledeće tehnologije: ASP.NET, ASP.NET AJAX, ADO.NET Entity Framework,.

2.1.1 ASP.NET

ASP.NET (Active Server Pages .NET) je razvojno okruženje namenjeno projektovanju dinamičkih *web* sajtova i aplikacija, kao i *web* servisa. ASP.NET se može posmatrati kao mehanizam za procesiranje zahteva za ASP.NET *web* stranicama. ASP.NET *web* stranice su sve HTML stranice sa ekstenzijom *.aspx*.

Osnovni gradivni element svih ASP.NET stranica su serverske kontrole preko kojih ASP.NET uvodi potpuno novi pristup dizajniranju *web* stranica. Ove se kontrole kreiraju i konfigurišu kao objekti, izvršavaju se na serveru i generišu sopstveni HTML izlaz. ASP.NET nudi dve vrste serverskih kontrola,

HTML serverske kontrole i serverske *web* kontrole (korišćene su *web* kontrole jer nude bogatiji interfejs i konzistentniji objektni model).

Microsoft forsira razdvajanje statičnog HTML koda, koji predstavlja interfejs, od C# koda, koji određuje logiku *web* stranice, i to u dve različite datoteke. Ovakav pristup organizaciji *web* stranica naziva se „Code-Behind“ model. „Code-Behind“ model čine datoteka sa ekstenzijom *.aspx* koja sadrži HTML kod, tj. interfejs stranice, i istoimena datoteka sa ekstenzijom *.aspx.cs* koja sadrži C# kod, tj. logiku stranice. Na ovaj se način odvaja posao programera od posla dizajnera *web* stranice što utiče na bolju organizaciju i preglednost.

2.1.2 ASP.NET AJAX

AJAX (Asynchronous JavaScript And XML) je tehnologija koja obuhvata niz tehnika za kreiranje dinamičkih *web* stranica. Prednosti AJAX tehnologije se ogledaju u omogućavanju bržeg odziva *web* stranica, mogućnosti reagovanja na događaje na strani klijenta posredstvom JavaScript koda, kao i prijatnijem radnom okruženju koje nude AJAX aplikacije. Međutim, jedan od problema AJAX tehnologije odnosi se na složenost implementacija AJAX funkcionalnosti uz pomoć JavaScript koda.

Kako bi ovo rešio, Microsoft, u okviru .NET razvojnog okruženja, uvodi ASP.NET AJAX tehnologiju koja nudi koncept AJAX kontrola koje samostalno generišu JavaScript kod potreban za izvršavanje operacija na

NAPOMENA:

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

klijentskoj strani. Da bi se ove kontrole mogle koristiti svaka web stranica mora posedovati posebnu ScriptManager kontrolu koja ima ulogu da upravlja JavaScript kodom koji se izvršava na klijentskoj strani. Sav JavaScript kod koji definiše ponašanje AJAX kontrola se nalazi u jednoj datoteci (ScriptResource.axd) koju web pretraživač smešta u svoju keš memoriju (kako bi je mogle koristiti i druge web stranice) prilikom prve posete odgovarajućoj AJAX web stranici.

ASP.NET AJAX nažalost nudi ograničen broj AJAX kontrola (UpdatePanel, ScriptManager, Timer, ...) zbog čega je i uvedena ASP.NET AJAX Control Toolkit komponenta koja nudi širi spektar AJAX kontrola.

2.1.3 ADO.NET Entity Framework

ADO.NET. *Entity Framework* je tehnologija koja omogućava Objektno-Relaciono Mapiranje (ORM). ORM alati služe automatskom preslikavanju relacionog modela baze podataka na objektni model unutar aplikacije, tj. oni generišu skup klasa koje odgovaraju tabelama u bazi, pri čemu ove klase sadrže implementacije standardnih upita (INSERT, DELETE, UPDATE) [2]. ADO.NET *Entity Framework* omogućuje predstavljanje relacione baze podataka korišćenjem objektno orijentisanih koncepata, na način koji je pogodan za primenu poslovne logike aplikacije. Na ovaj način se postiže viši nivo apstrakcije, pre čemu se sve operacije nad objektima unutar aplikacije automatski preslikavaju na relacioni model baze.

Entity Framework čine tri osnovne komponente: model entiteta (*entity data model* - EDM), objektni servisi (*object services*) i sloj za komunikaciju sa bazom podataka. Najinteresantniji je model entiteta (EDM), XML datoteka sa ekstenzijom .edmx koja uspostavlja vezu između objektnog modela na nivou programskog jezika i baze podataka, tj. u njoj je definisano mapiranje između ova dva modela [3]. Zahvaljujući ovoj datoteci poseban alat *Entity Framework*-a može da generiše objektni model baze podataka (objektni servisi) u kome je svaka tabela iz baze predstavljena odgovarajućom istoimenom entitetskom klasom.

Pored entitetskih klasa, generiše se i posebna kontekst klasa, koja nasleđuje *ObjectContext* klasu, i koja predstavlja primarnu klasu namenjenu interakciji sa ostalim entitetskim klasama, tj. ona objedinjuje objektni model tekuće baze podataka. Instanca ove klase sadrži konekciju ka tekućoj bazi podataka, metapodatke koji opisuju model tekuće baze podataka i objekat tipa *ObjectStateManager* koji rukovodi entitetima tokom operacija kreiranja, brisanja i izmene.

Za postavljanje upita nad bazom podataka koriste se .NET programski jezici LINQ (*Language Integrated Queries*) ili EntitySQL. LINQ je nova .NET tehnologija koja omogućava postavljanje SQL upita korišćenjem novih oblika sintakse unutar .NET programskih jezika, tj. LINQ uvodi u .NET programske jezike čitav niz novih operatora (from, select, where, join, group, ...).

2.2 Pomoćna komponente

Projektovana aplikacija koristi dve dodatne .dll komponente (takozvane "third party" komponente), i to: ASP.NET AJAX Control Toolkit i Lesnikowski Mail Component for .NET.

2.2.1 ASP.NET AJAX Control Toolkit

AJAX Control Toolkit je kolekcija često korišćenih AJAX kontrola koja je nastala kao zajednički projekat Microsoft-a i ASP.NET zajednice.

2.2.2 Lesnikowski Mail Component

Kako .NET biblioteka klasa ne poseduje adekvatnu podršku za rad sa POP3 protokolom, bilo je potrebno uvesti posebnu Lesnikowski Mail komponentu koja uz pomoć svojih klasa omogućuje bogatiji interfejs za jednostavno izvršavanje i parsiranje POP3 komandi.

2.3 Razvojni alati

Za projektovanje webmail aplikacije korišćen je Microsoft-ov alat pod nazivom Visual Web Developer 2008 Express Edition namenjen razvoju ASP.NET web aplikacija.

Da bi se projektovana webmail aplikacija mogla koristiti potrebno je na serveru (računar na kojem se izvršava aplikacija) instalirati tri servisa:

- Internet Information Services 5.1 – je Microsoft-ov web server namenjen testiranju web aplikacija u okviru Windows operativnih sistema.
- Microsoft SQL Server 2008 Express Edition – je Microsoft-ov SQL server namenjen radu sa relacionim bazama podataka koji koristi Transact SQL jezik.
- nMailServer 5.1.1 – je besplatan mail server namenjen Windows operativnim sistemima koji podržava standardne email protokole (IMAP, SMTP, POP3).

3. STRUKTURA

3.1 Organizacija aplikacije

Web stranice aplikacije se po pravima pristupa dele u dve grupe i to: *guest* stranice kojima mogu pristupati neidentifikovani korisnici i *user* stranice kojima mogu pristupati samo identifikovani korisnici. Prvu grupu stranica čine stranica za prijavu (*Index*), stranica za kreiranje novog korisničkog naloga (*NewAccount*) i stranica za preuzimanje nove lozinke (*ForgotPassword*). Drugu grupu stranica čini stranica za pregled *mailbox*-a tekućeg korisnika (*Mailbox*), stranica za podešavanje tekućeg korisničkog naloga (*Settings*) i stranica za manipulaciju kontaktima tekućeg korisnika (*AddressBook*).

3.2 Organizacija klasa

Aplikacija je projektovana tako da podržava troslojnu softversku arhitekturu, tj. arhitekturu koja deli aplikaciju na prezentacioni sloj (*presentation layer*), sloj koji upravlja radom (logikom) aplikacije (*business logic layer*) i sloj za pristup bazi podataka (*database access layer*).

Prezentacioni sloj preko interfejsa aplikacije direktno komunicira sa korisnikom i ima ulogu prezentacije i preuzimanja podatka od korisnika. Predhodno pominjane web stranice zajedno sa svojim "code behind" datotekama grade prezentacioni sloj aplikacije. Ovom sloju takođe pripadaju i posebne *master* stranice koje definišu vizuelni šablon po kome je izgrađena kompletna webmail aplikacija.

Logički sloj aplikacije upravlja svim funkcijama koje aplikacija nudi. On je posrednik između prezentacionog i

sloja podataka. Osnovu ovog sloja čine klase sa sufiksom BLL (od *Business Logic Layer*) koje grupišu srodne metode aplikacije čije izvršavanje aktivira korisnik posredstvom interfejsa. U okviru metoda ovih klasa ostvaruje se komunikacija sa slojem podataka a samim tim i sa bazom podataka. Drugi deo logičkog sloja aplikacije čine komande, tj. klase sa sufiksom *Command* koje implementiraju standardni komandni dizajn obrazac („*Command Design Pattern*“). Komade su jasno definisane atomičke funkcije koje svojim karakteristikama ne pripadaju niti jednoj od kategorija definisanih BLL klasama, te su stoga realizovane kao zasebne jedinice, tj. komande.

Osnovna komponenta sloja za komunikaciju sa bazom podataka je već pominjana EDM XML datoteka na osnovu koje su generisane entitetske klase tekuće baze podataka. Drugu komponentu sloja podataka čini DBManager klasa koja ima ulogu posrednika između BLL klase logičkog sloja i modela entiteta (reprezentovanog kontekst klasom).

3.3 Baze podataka

Aplikacija koristi dve baze podataka. Prva baza podataka, GroovyMailDB, je baza podataka projektovana od strane programera i ona skladišti podatke o *email* porukama i kontaktima tekućeg korisnika aplikacije.

Druga baza podataka, ASPNETDB, namenjena je skladištenju akreditacionih podataka o korisnicima *webmail* aplikacije. Za razliku od predhodne, ovu bazu podataka nije projektovao programer već je generisana uz pomoć posebnog ASP.NET alata. Ova osobina ASP.NET-a naziva se *membership* i njena je uloga da omogućiti automatizaciju rada sa korisničkim naložima. Neke od prednosti *membership* opcije su što programer ne mora sam projektovati bazu podataka koja će čuvati podatke o korisničkim naložima, programer može da koristi već gotove kontrole namenjene identifikaciji korisnika, moguće je dodeljivanje različitih prava korisničkim naložima posredstvom sistema uloga (*roles*).

Baza podataka ASPNETDB se nalazi u datoteci *aspnetdb.mdf* koja pripada *App_Data* folderu aplikacije. Zahvaljujući ovoj datoteci programer može kreirati neograničen broj aplikacija, pri čemu će podaci o korisnicima tih aplikacija i dalje biti potpuno razdvojeni, jer svaki *web* sajt poseduje sopstvenu lokalnu *aspnetdb.mdf* datoteku.

Da bi se *membership* opcija mogla koristiti potrebno je aplikaciju postaviti u režim identifikacije putem obrasca, kreirati stranicu za prijavu i podesiti akreditaciona pravila u konfiguracionoj datoteci.

4. IMPLEMENTACIJA

4.1 Sistem zaštite

Sistem zaštite aplikacije je implementiran uz pomoć ASP.NET sigurnosnog modela. Ovaj model obuhvata identifikaciju i autorizaciju korisnika sistema. Identifikacija (*authentication*) je proces utvrđivanja identiteta korisnika sistema uz pomoć akreditiva kao što su korisničko ime i lozinka. Pod autorizacijom (*authorization*) se podrazumeva proces koji se obavlja nakon identifikacije koji ima za cilj da utvrdi da li

identifikovani korisnik ima sva prava za obavljanje tražene aktivnosti. Sistem zaštite implementiran je u sprezi sa već opisanom *membership* opcijom ASP.NET-a.

Implementacija sistema zaštite je veoma jednostavna, i u suštini se sastoji od kreiranja prijavne stranice i podešavanja konfiguracione datoteke. Da bi se konfiguraciona datoteka prilagodila tako da aplikacija implementira sigurnosni model ASP.NET-a potrebno je dodati tri nova taga. <authentication> tag, preko svojih atributa određuje vrstu identifikacije (preo obrasca), adresu prijavne stranice, režim korišćenja sigurnosnih kolačića (*cookie*), ... <authorization> tag, definiše autorizaciona pravila uz pomoć ugnjeđenog taga <allow> i atributa *users* koji poprima vrednosti dva specijalna džoker znaka (identifikovani korisnici “?”, neidentifikovani korisnici “*”). <membership> tag, definiše *Membership Provider* koji dalje preko svojih atributa određuje akreditaciona pravila kao što su, naziv konekcionog stringa ka ASPNETDB bazi podataka, minimalnu dužinu lozinke, naziv aplikacije, ...

4.2 Korisnički interfejs

Osnovni gradivni element interfejsa *webmail* aplikacije su već pominjane *web* kontrole. Ove *web* kontrole po svojoj ulozi i nazivu odgovaraju standardnim *Windows* kontrolama namenjenim projektovanju *Win From* aplikacija (*TreeView*, *CommandButton*, *TextBox*, *GridView*, ...). Reakcije na događaje koje ove kontrole izazivaju definisane su u okviru metoda “*code-behind*” datoteka *web* stranica na kojima se kontrole nalaze.

Pored *web* kontrola interfejs *web* stranica grade i *AJAX* kontrole, a prvenstveno *UpdatePanel* kontrola. *UpdatePanel* obezbeđuje mehanizam parcijalnog osvežavanja (*partial refresh*) *web* stranica. Ova kontrola deli stranice *web* aplikacije na regione koji osvežavaju svoj sadržaj kada se aktivira neka od kontrola unutar njih (direktno) ili kada se osvežavanje pozove iz koda (indirektno). Ako korisnik aktivira neku kontrolu unutar *UpdatePanel*-a (npr. klik mišem na *Search* dugme), biće osvežen sadržaj svih kontrola koje mu pripadaju bez potrebe za učitavanjem cele stranice.

Zanimljive su i *AJAX* kontrole koje proširuju (*extend*) funkcionalnosti već postojećih *web* kontrola. Jedna takva *AJAX* kontrola je i *AutoCompleteExtender* koja prikazuje spisak mogućih vrednosti kada korisnik unosi vrednosti u neku drugu kontrolu (na primer *TextBox*). Primer realizacije:

```
<asp:TextBox ID="txtAddress"
  runat="Server"/>
<ajax:AutoCompleteExtender ID="autoExt"
  runat="Server"
  TargetControlID="txtAddress"
  ServiceMethod="GetMailAddresses"
  MinimumPrefixLength="2"/>
```

Tri su osnovna atributa ove kontrole, i to: *TargetControlID* koji sadrži ID kontrole uz koju se koristi *AutoCompleteExtender*, *ServiceMethod* koji sadrži naziv specijalne *web* metode koja vraća listu mogućih vrednosti i *MinimumPrefixLength* koji određuje koliko korisnik karaktera mora uneti da bi se prikazala lista sa mogućim vrednostima. Ova je kontrola korišćena kod *To*, *Cc* i *Bcc* polja pri kreiranju ili

odgovaranju na poruku i to tako što je prikazuje listu *email* adresa koje pripadaju kontaktima tekućeg korisnika.

4.3 Implementacija serverskog koda

Code-behind datoteke spadaju u prezentacioni sloj aplikacije, i one sadrže rutine koje reaguju na događaje izazvane od strane kontrola. Vodio se računa da njihova implementacija bude što jednostavnija te da ne zalazi u problematiku logičkog dela aplikacije. Implementacija metoda ovih datoteka se uglavnom svodi na inicijalizaciju odgovarajuće(ih) BLL klase i pozivanja njenih metoda. Pored ovih rutina, *code-behind* datoteke sadrže i specijalne metode koje su deo životnog ciklusa *web* stranice kao što su `Page_Load()`, `Page_PreRender()`,...

BLL klase sadrže metode koje su odgovorne za realizaciju logičkog dela aplikacije, tj. ove metode od prezentacionog sloja dobijaju određene podatke (posredstvom objekta tipa *Page*), iste obrađuju i rezultate obrade ponovo vraćaju prezentacionom sloju kako bi ih korisnik mogao videti posredstvom interfejsa. Pa tako *ServerBLL* klasa sadrži tri metode koje direktno komuniciraju sa *mail* serverom i to u svrhu primanja poruka (`ReceiveMessages()` metod), slanja poruke (`SendMessage()` metod) i brisanja poruka sa servera (`DeleteMessages()` metod).

Svi zahtevi ka bazi podataka idu preko metoda *DBManager* klase, te zbog toga ova klasa čini osnovnu komponentu sloja podataka aplikacije. Metode *DBManager*-a direktno komuniciraju sa entitetskim klasama generisanim *Entity Framework* alatima. Instanca *DBManager* klase (*manager*) se čuva u korisničkoj sesiji, a instancira se prilikom korisnikovog prijavljivanja na sistem kada se i otvara konekcija ka *GroovyMailDB* bazi podataka. Zahvaljujući ovoj osobini, *manager* objekat je dostupan iz bilo koje metode koja kao argument ima referencu ka stranici (*Page*).

5. ZAKLJUČAK

Projektovana aplikacija u potpunosti ispunjava sve funkcionalnosti koje se očekuju od jednog *webmail* sistema. Ona omogućava rad sa korisničkim i *email* nalogima, slanje i primanje pošte, rad sa folderima, kategorijama i kontaktima, kao i pretraživanje poruka, a sve to uz primenu .NET razvojnog okruženja (*.NET Framework*).

.NET razvojno okruženje se pokazalo kao vrlo praktično okruženje za razvoj *web* aplikacija (pa samim tim i *webmail*-a). Zamerka se odnosi na nedostatak pristupačnijeg interfejsa za komunikaciju preko POP3 internet protokola.

ASP.NET posredstvom koncepata *web* i AJAX kontrola, te "*code-behind*" modela, omogućava *windows*-oliki pristup dizajniranju *web* aplikacija, tj. pristup dizajniranju *web* stranica je sličan kao kod dizajniranja *Windows* formi, što olakšava proces privikavanja.

Entity Framework, deo ADO.NET-a, je moćan ORM alat koji komunikaciju sa bazom podataka čini jednostavnom. Zamerka je što *Entity Framework* ne podržava mapiranje uskladištenih procedura koje vraćaju skalarnu vrednost.

6. LITERATURA

- [1] Matthew MacDonald, *Beginning ASP.NET 3.5 in C# 2008: From Novice to Professional, Second Edition*, Apress, 2007. ISBN 978-1-59059-891-7
- [2] Stevica Cvetković, Dragan Janković, Tatjana Stanković. *Objektno Modeliranje Relacionih Baza Podataka*. Elektronski Fakultet, Niš, 2009
- [3] Roger Jennings. *Professional ADO.NET 3.5 with LINQ and the Entity Framework*. Wiley Publishing Inc., Indianapolis, 2009. ISBN 978-0-470-18261-1

Kratka biografija:

Marko Marić rođen je 24. decembra 1982. godine u Trebinju (BiH). Živi u Novom Sadu. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Računarstvo i automatika – Računarske nauke i informatika, odbranio je 2010. godine.

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

INTEGRACIJA TOKYO CABINET BIBLIOTEKE U RUBY ON RAILS WEB APLIKACIJI

INTEGRATION OF TOKYO CABINET IN A RUBY ON RAILS WEB APPLICATION

Marko Anastasov, Milan Vidaković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U okviru ovog rada su predstavljene okruženje za razvoj web aplikacija Ruby on Rails i biblioteka za upravljanje bazom podataka Tokyo Cabinet, integrisani kroz realizaciju aplikacije za objavljivanje i pronalaženje mesta i događaja.

Abstract – This paper presents Ruby on Rails, a web development framework, and Tokyo Cabinet, a database management library, and how they can be integrated in a web application for publishing and discovering events and locations.

Ključne reči – Tokyo Cabinet, Tokyo Tyrant, Ruby, Ruby on Rails, MySQL, jQuery, web development

1. UVOD

Protekle godine je označila pojava i formiranje novih okruženja za razvoj web aplikacija zasnovanih na dinamičkim jezicima koji su značajno unapredili postupak razvoja i učinili moderne web pretraživače najrasprostranjenijom aplikativnom platformom današnjice. Jedno od najuspešnijih među njima je okruženje Ruby on Rails, koje svoju privlačnost za programere umnogome duguje prirodi jezika u kome je napisan – programskom jeziku Ruby.

Sa druge strane, kao odgovor na potrebe brzine, velikog broja transakcija i obima podataka web aplikacija, pojavljuje se i nova vrsta baza podataka. Termin kojim se obično objedinjuju je NoSQL: radi se o nerelacionim bazama, koje podatke najčešće modeluju po principu ključ-vrednost (eng. *key-value*), ili kao dokumente. Jedna od njih je Tokyo Cabinet, biblioteka za upravljanje bazama podataka koju odlikuju brzina i jednostavnost.

2. TEHNOLOGIJE

2.1 Ruby

Ruby je dinamički interpretirani programski jezik. Inspirisan je jezicima Lisp, Smalltalk i Perl, ali mu je gramatika razumljiva C i Java programerima. Ruby je potpuno objektno orijentisani jezik, ali je takođe pogodan i za proceduralni i funkcionalni stil programiranja. Pruža mogućnosti metaprogramiranja koje mogu da se koriste u svrhu stvaranja jezika specifičnog domena (eng. *domain-specific languages, DSL*) [1].

NAPOMENA:

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

Jedna od osobina jezika jeste introspekcija, ili refleksija, što u osnovi znači da program u vreme izvršavanja može da odredi svoje stanje i strukturu. Tako Ruby program može da dinamički postavlja vrednosti imenovanih promenljivih, poziva, menja i presreće pozive metoda, definiše nove klase i metode, manipuliše lancem nasleđivanja. Rubijev API za refleksiju, zajedno sa osobinama jezika kao što su njegova dinamička priroda, strukture blokova i iteratora i opcione zgrade, čine osnovu za metaprogramiranje, na šta se oslanja veći deo Rails API-a.

2.2 Ruby on Rails

Ruby on Rails (ili kraće Rails) [2] je okruženje otvorenog koda za razvoj web aplikacija u programskom jeziku Ruby. U ovom poglavlju će biti predstavljen Rails u verziji 2.3 [3].

Rails se temelji na nekoliko principa [4]: MVC arhitekturi, DRY – "Don't Repeat Yourself" – sugeriše se da delove koda ne treba pisati više od jednom, „Convention Over Configuration“ – što znači da Rails izlazi u susret programeru sa skupom preporučenih rešenja umesto zahteva za izborom komponenti i niza konfiguracionih datoteka, i REST [5] kao šablonu za web aplikacije. Smatra se da je organizovanje aplikacije u resurse koji odgovaraju na standardne HTTP upite dobra praksa razvoja.

Rails okruženje uključuje nekoliko komponenti. Action Controller je komponenta koja upravlja kontrolerima u Rails aplikaciji, uključujući kontrolu renderovanja šablona prezentacije, rutiranje, upravljanje preusmeravanjima, sesijom i filterima za obradu odgovora.

Action View upravlja prezentacionim slojem Rails aplikacije, i uključuje specifične jezike šablona za različite tipove odgovora (HTML, XML, JSON itd), kao i pomoćne metode za njihovu realizaciju.

Active Record biblioteka je osnova za sve modele u Rails aplikaciji. Pruža apstrakciju nad bazom podataka, osnovnu CRUD funkcionalnost, napredne mogućnosti pronalaženja zapisa i povezivanja modela.

Action Mailer je framework za implementaciju email usluga. Može se koristiti za slanje emaila na osnovu šablona, primanje i obradu.

Active Resource pruža framework za povezivanje poslovnih objekata i REST web servisa. Implementira način za mapiranje web baziranih resursa na lokalne objekte sa CRUD semantikom.

Railties pruža kod koji konstruiše nove aplikacije, upravlja njihovom konfiguracijom i povezuje sve komponente framework-a u Rails aplikaciji.

Active Support predstavlja kolekciju korisnih klasa i proširenja standardne Ruby biblioteke koje koristi kako sam Rails framework tako i Rails aplikacija.

2.3 Tokyo Cabinet

Tokyo Cabinet [6] je biblioteka za upravljanje bazom podataka. U njenoj implementaciji, baza podataka je jednostavna datoteka niza zapisa koji se sastoje od ključa i vrednosti. Svaki ključ i vrednost su niz bajtova promenljive dužine, te mogu biti kako niz karaktera, tako i binarni podaci. Ne postoji koncept tabela podataka ili tipova podataka. Zapisi su organizovani u heš tabeli, B+ stablu ili nizu fiksne dužine.

U okviru baze podataka zasnovanoj na heš tabeli, svaki ključ mora biti jedinstven. Za pristup bazi se pruža mogućnost snimanja zapisa sa ključem i vrednošću, kao i čitanja i brisanja zapisa po ključu. Postoji mogućnost prolaska kroz sve zapise, mada bez određenog redosleda.

U bazi podataka zasnovanoj na B+ stablu, zapisi mogu da imaju ključeve koji se ponavljaju. Metoda pristupa za snimanje, čitanje i brisanje su dostupne kao i u bazi heš tabele - funkcionalno, one su ekvivalentne. Međutim, njena interna struktura pruža mogućnost uređivanja ključeva po korisnički definisanoj funkciji. To omogućava upite po prefiksu ključa, preuzimanje niza vrednosti prema opsegu ključeva, kao i prolazak kroz sve zapise kursorom u željenom redosledu.

U bazi podataka u kojoj se podaci smeštaju u niz fiksne dužine, zapisi se čuvaju pod jedinstvenim prirodnim brojem, pa prema tome ne postoji trošak ključa. Nije moguće snimiti dva ili više zapisa pod istim brojem. Dužina svakog zapisa je ograničena zadatom vrednošću.

Tabelarna baza podataka (eng. *table database*), je zasnovana na heš implementaciji. Svaki zapis je identifikovan primarnim ključem i ima skup proizvoljnih imenovanih kolona. Ne postoji pojam sheme podataka, ali je moguća pretraga zapisa pomoću kompleksnih upita, kao i postavljanje indeksa na kolone.

Tokyo Cabinet je napisan u programskom jeziku C, a API postoji u jezicima C, Ruby, Perl, Python, Java i Lua.

Tokyo Tyrant predstavlja paket koji služi kao mrežni interfejs za konkurentni pristup Tokyo Cabinet bazama podataka. Koristi se u slučajevima kada je potrebno da više procesa pristupa istoj bazi, ili da se pristupi bazi koja se nalazi na udaljenom računaru. Paket se sastoji od servera - procesa koji upravlja bazom podataka i pristupne biblioteke za klijentske aplikacije.

Server i klijent komuniciraju kroz binarni protokol zasnovanom na TCP/IP. Takođe implementira HTTP i memcached protokole. Za integritet podataka služe mehanizmi backup, update logging i replikacije. Server može da u svoj proces ugradi skript jezik Lua, pomoću koga je moguće definisati dodatne operacije nad bazom podataka. Podržava sve tipove Tokyo Cabinet baza podataka i radi na Linux, FreeBSD, Mac OS X i Solaris operativnim sistemima.

Za potrebe evaluacije tabelarne Tokyo Cabinet baze podataka, napisan je skript koji poredi vremena pisanja i čitanja većeg broja podataka kroz Ruby biblioteku pristupa u odnosu na Active Record sa MySQL adapterom. Dobijeni rezultati pokazuju da se upis kroz Tokyo Tyrant može izvršavati i do 50 puta brže, dok pronalaženje pojedinačnog zapisa po određenom ključu može biti i do 5 puta sporije. Direktan rad sa Tokyo Cabinet bazom daje povoljnije rezultate, međutim u praksi za web aplikacije je pristup preko mrežnog interfejsa uglavnom jedino rešenje.

3. IMPLEMENTACIJA

3.1 Pregled funkcionalnosti

Realizovana aplikacija nosi naziv *gradmx* i obuhvata sledeće slučajeve korišćenja: registraciju korisnika, prijavu i odjavu sa sistema, pregled odabranih događaja, pregled svih događaja i mesta, prikaz pojedinačnog događaja ili mesta, objavu novog događaja ili mesta i izmenu podataka o jednom, prijavu i odjavu prisustva na događaju, pisanje komentara i promenu jezika na engleski i srpski.

3.2 Pregled sistema

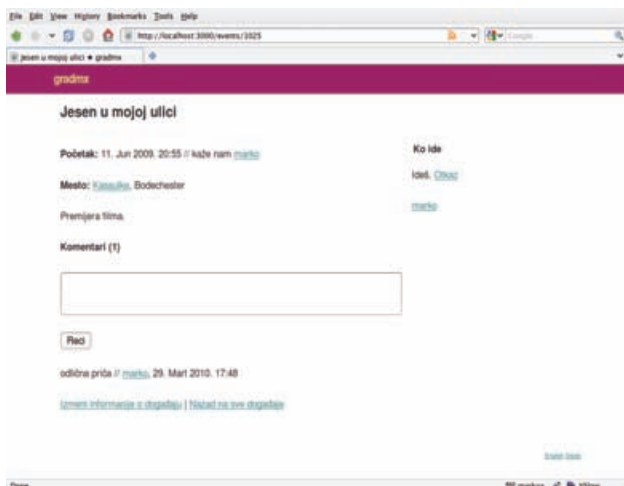
Klasa User opisuje registrovanog korisnika *gradmx* aplikacije. Ona se u velikoj meri oslanja na *restful-authentication* plugin [7], koji pruža pomoćni kod za registraciju i autentifikaciju, rukovanje šifrom, upravljanje sesijom i cookie-em, kao i autorizacijom i kontrolom pristupa segmentima aplikacije.

Klase Event i Location opisuju događaje i mesta. Svaki događaj je vezan za jedno mesto, može imati više komentara (opisanih klasom Comment) i prisustva (opisanih klasom Presence).

Događaj opisuju polja za naslov, vreme početka, (opciono) vreme kraja, veza sa mestom i korisnikom koji ga je objavio i opis.

Na ekranu za objavu ili promenu podataka o događaju, odabir mesta se vrši *autocomplete* mehanizmom: dok korisnik kuca deo naziva mesta, aplikacija u pozadini šalje upit LocationsController-u. Server šalje spisak mesta čija imena se poklapaju sa parcijalnim unosom, zajedno sa njihovim ID-ovima, klijentskoj strani koja dobijene rezultate prikazuje kao HTML listu iz koje korisnik može da odabere jedno od mesta. Na odabir, u hidden polje forme za Event model se upisuje ID odabranog mesta.

Kada je prijavljen, korisnik može da ostavlja komentare na pojedinačni događaj. Slanje komentara je prvo realizovano na klasičan način uz učitavanje nove stranice, da bi potom bio dodat klijentski JavaScript zasnovan na jQuery biblioteci [8] koji serijalizuje podatke u JSON i šalje ih serveru. Uz ovako napisan JavaScript (što se u praksi naziva *unobtrusive*, označavajući prednosti aplikacije koja razdvaja HTML i JavaScript i funkcioniše i bez uključenog JavaScripta), neophodno je da CommentsController ima definisane odgovore na zahteve koji očekuju i HTML i JS format.



Slika 1. Prikaz događaja sa poljem za komentar

EventsController i LocationsController su dobijeni Railsovim scaffold generatorom i njihove akcije odgovaraju na zahteve za HTML i XML podatke. Druga opcija ima efekat jednostavnog API-a koji osnovne podatke aplikacije dostupnim i drugim sistemima, ili na primer Rails aplikacijama koje koriste ActiveResource. Pored toga, spisak poslednje objavljenih događaja je dostupan i u Atom feed formatu, pošto akcija index odgovara i na atom format i prikazuje rezultate na osnovu šablona koji je napisan uz pomoć Railsovog AtomFeedHelper modula.

I korisnik i mesto pripadaju jednom gradu, opisanom klasom City. Ona sadrži logiku koja garantuje nepostojanje duplikata na osnovu korisnikovog unosa.

City podaci su ovim modelima pridruženi kao ugnježeni atributi (eng. *nested attributes*). To znači da, na primer, UsersController ne zahteva nikakvu dodatnu logiku za snimanje korisnikovog grada, a validacija svakog User objekta implicitno izvršava i dopisanu validaciju njemu pridruženog City objekta.

TokyoRecord je jednostavni objektni omotač oko Tokyo Cabinet tabela kojima se pristupa preko Tokyo Tyrant servera, i pruža osnovni API sa nekim metodama koje podsećaju na ActiveRecord. Realizovan je uz pomoć biblioteke rufus-tokyo [9]. Pomoću njega su izvedeni modeli Highlights, PageView i Presence.

Aplikacija je internacionalizovana korišćenjem Railsovog modula I18N.

3.3 TokyoRecord

Objektni omotač ima funkcionalnu prednost u odnosu na direktan rad sa rufus-tokyo, gde se rezultati upita, kao i pisanje novih zapisa svodi na rad sa Ruby heševima. Dobija se korišćenjem tehnike alias chaininga. Interno, svaki objekat poseduje heš sa atributima koji su snimljeni u konkretan zapis unutar Tokyo tabele:

```
class TokyoRecord
  def method_missing(key, *args)
    text = key.to_s
    if text[-1, 1] == "="
      @data[text.chop.to_sym] = args.first
    else
```

```
      if @data.keys.include?(text)
        if text[-2, 2] == "id"
          @data[text].to_i
        else
          @data[text]
        end
      else
        super
      end
    end
  end
end
```

Gornja implementacija metode `method_missing` znači da će poziv svake metode nad objektima, koji su instance klase koja nasledi `TokyoRecord`, rezultovati ili čitanjem ili zapisom vrednosti unutar internog heša:

```
presence = PageView.new(request)
presence.event_id = 2
p presence.event_id # => 2
```

Pošto svaka Tokyo tabela zahteva posebnu Tokyo Tyrant instancu, program `tyrantmanager` [10] se koristi za konfiguraciju i pokretanje svih instanci odjednom.

4. ZAKLJUČAK

Realizovani projekat predstavlja primer Ruby on Rails društvene aplikacije koja korisnicima pruža mogućnost stvaranja specijalizovanog web sadržaja, oslanjajući se u osnovi na modele podataka koji se zapisuju u MySQL bazi podataka. Uz generatore, API i konvencije koje okruženje nameće, razvoj osnovne funkcionalnosti je osetno lakši u odnosu na rad sa okruženjima koja se zasnivaju na statičkim jezicima. Značajno je i što je Rails osmišljen kao okruženje u kome je nepisanje testova loša praksa.

Performanse Tokyo Cabinet-a i odsustvo strukture podataka i kompleksnog sistema upita upućuju da je on dobro rešenje za podatke koji se često pišu, i to u velikom obimu, a ređe čitaju, pri čemu su podaci jednostavne i plitke strukture. Takođe je daleko pogodniji od relacionih baza podataka za modelovanje zapisa koji su promenljivi i za koje bi šema baze bila ograničavajući faktor, kao i zapise su ograničenog veka trajanja, ne zavise direktno od korisnika i kojih ima ograničen broj.

5. LITERATURA

- [1] Flanagan D., Matsumoto Y. *The Ruby Programming Language*, O'Reilly, 2008, ISBN-13 978-0-596-51617-8.
- [2] Ruby on Rails <http://www.rubyonrails.org>
- [3] Ruby S., Thomas D., Hansson D. H. *Agile Web Development with Rails*, 3rd ed., The Pragmatic Programmers, 2009, ISBN-13 978-1-9343561-6-6.
- [4] Ruby on Rails Guides <http://guides.rubyonrails.org>

- [5] Fielding R. Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures
<http://www.ics.uci.edu/~fielding/pubs/dissertation/top.htm>
- [6] Tokyo Cabinet <http://1978th.net/tokyocabinet/>
- [7] restful-authentication
<http://github.com/technoweenie/restful-authentication>
- [8] jQuery <http://www.jquery.com>
- [9] rufus-tokyo <http://rufus.rubyforge.org/>
- [10] tyrantmanager
<http://copiousfreetime.rubyforge.org/tyrantmanager/>

Kratka biografija:



Marko Anastasov je rođen 1985. godine u Novom Sadu. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Računarstvo i automatika – Računarske nauke i informatika, odbranio je 2010. godine.



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

IMPLEMENTACIJA GOVORNE BANKOVNE APLIKACIJE U VOICE XML TEHNOLOGIJI

VOICE BANKING IMPLEMENTATION USING VOICE XML TECHNOLOGY

Davor Sabo, Milan Vidaković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – Ovaj rad bavi se specifikacijom i implementacijom govorne bankovne aplikacije upotrebom Voice XML tehnologije. Aplikacija je realizovana kao dinamička veb aplikacija koja generiše VoiceXML sadržaj.

Abstract – This thesis deals with a specification and implementation of the voice banking application based on the Voice XML technology. The application is implemented as a dynamic web application that generates VoiceXML content.

Ključne reči: Voice XML, Tellme, Apache Tomcat Web Server, Java, MySQL, TTS, Servlet, JSP

1. UVOD

VoiceXML je markirajući jezik za glasovne aplikacije baziran na XML-u (*eXtensible Mark-up Language*), odnosno Web-bazirani markirajući jezik, dizajniran za uspostavljanje dijaloga sa pozivaocima preko telefona pružajući im glasovni pristup web sadržaju i servisima koristeći prepoznavanje govora, TTS (*Text-To-Speech*), odnosno Tekst-U-Govor, i audio odgovor.

VoiceXML je zreo standard prvi put publikovan 1999-e. The World Wide Web Consortium (W3C) VoiceXML 2.0 specifikacija je bazirana na višegodišnjem istraživanju i razvoju od strane AT&T-a, IBM-a, Lucent Technologies-a i Motorole. [1] Najnovija verzija standarda je VoiceXML 2.1. [2]

1.1. Primena

Samo godinu dana posle pojave VoiceXML 1.0 specifikacije, postoje brojna područja poslovne primene VoiceXML aplikacija:

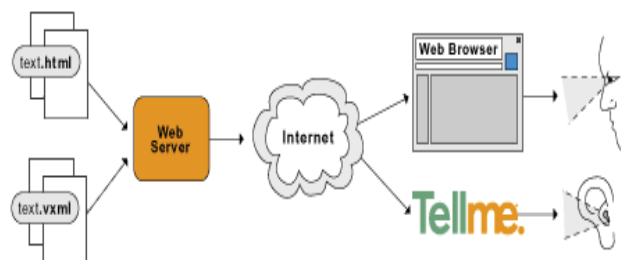
- Informacioni servisi
- e-Commerce servisi
- Profesionalni servisi
- Hosting i ASP servisi
- Aplikacioni softver
- Customer Relationship Management rešenja (Call Center, Self Service, ...)

Praktično, ne postoji značajnija grupa poslovnih aktivnosti u jednoj poštanskoj ili telekomunikacionoj kompaniji u kojoj se ne bi uvođenjem VoiceXML tehnologije unapredio poslovni proces.

1.2. Tellme platforma

Izgradnja glasovnih aplikacija u VoiceXML tehnologiji je relativno jednostavna, zapravo slična izgradnji grafičkih sajtova. Međutim, ako pogledamo čitavu funkcionalnost, tu nema ničeg jednostavnog. Osnovne karakteristike sistema, kao što su konverzija teksta u govor i prepoznavanje govora, nisu nimalo jednostavne za implementaciju. Suština jednostavnosti je u tome što je sav teret prebačen na VoiceXML platforme, a na programerima je samo da prouče VoiceXML šemu, kako bi mogli da obezbede da njihova aplikacija VoiceXML platformi isporučuje ispravne *.vxml datoteke. Jedna od takvih platformi je i Tellme platforma [3], a jedan od najpoznatijih konkurenata je Voxeo [4], koji je ipak prevashodno orijentisan na konkurentsku IVR (*Interactive Voice Response*) tehnologiju.

Način funkcionisanja „telefonskog sajta“ uporedo sa običnim web-sajtom prikazan je na slici 1.



Slika 1. Web paradigma

Na slici 1. vidi se da jedan Web Server može imati i *.html i *.vxml datoteke, a klijenti samo treba da znaju web-adrese za pojedine datoteke. VoiceXML aplikacija se prvo registruje na sajtu Tellme-a, gde se upiše simbolička, ili IP adresa na kojoj će se nalaziti ulazna *.vxml datoteka, najčešće index.vxml. Tellme platforma kreatoru telefonskog sajta dodeljuje broj telefona na koji će sajt biti dostupan. Sve tzv. „probne“ aplikacije se nalaze na istom telefonskom broju, a razlikuju se jedino po Developer ID-ju koji treba uneti kada se to od vas zatraži nakon pozivanja gore pomenutog broja telefona. Developer ID je definisan prilikom registracije aplikacije. Za probne aplikacije ne treba platiti nadoknadu za korišćenje usluga Tellme platforme, pošto one služe kako bi programerima omogućili uvežbavanje VoiceXML tehnologije.

2. SPECIFIKACIJA SISTEMA

Kao što je već rečeno na samom početku izlaganja, cilj je demonstrirati VoiceXML tehnologiju na primeru bankovne govorne aplikacije koja korisniku daje uvid u stanje računa, kao i podatke o poslednjim izmenama

NAPOMENA:

Ovaj rad je proistekao iz diplomskog-master rada „Voice XML tehnologija“ čiji mentor je bio prof. dr Milan Vidaković.

stanja. Podaci o računima i korisnicima se nalaze u bazi podataka, a njih je nemoguće menjati pomoću aplikacije, pošto ona služi samo za uvid u trenutno stanje.

Ova aplikacija za ulazne podatke koristi samo brojeve, mada VoiceXML tehnologija podržava i prepoznavanje drugih tipova podataka, ali u praksi je običnom čoveku teško da precizno izgovori neki pojam, kako bi ga automat pravilno prepoznao.

Dodatni kompromis koji je napravljen prilikom specifikacije sistema jeste činjenica da je govorni interfejs na engleskom jeziku. To znači da korisnik informacije dobija na engleskom jeziku, a podatke takođe unosi na engleskom jeziku. Podaci koji se unose su korisnička šifra (numerička) i broj opcije koju nudi aplikacija. Jedino što korisnik govori preko telefona su cifre od 0 do 9, ili eventualno neki broj koji je veći od 9 (ukoliko korisnik ima više od 9 računa u banci u kojoj funkcioniše ova aplikacija - radi izbora jednog od računa), i to na engleskom jeziku. Ovaj kompromis je napravljen zbog toga što Tellme platforma obezbeđuje TTS Engine samo za US English (Američki engleski jezik) i Latin American Spanish (Latino-američki španski). Moguće je napraviti izvedbu za srpski jezik, ali je potrebno snimiti sve kombinacije govora koji automat izgovara u audio datoteke, a za prepoznavanje govora bi trebali studijski uslovi snimanja audio datoteka kako bi posle moglo doći do poklapanja onoga što izgovara korisnik i onoga što je Tellme platforma u stanju da prepozna. Zbog navedenih peripetija koje prevazilaze cilj ovog projekta, interfejs je ostao na engleskom jeziku.

Osim govorom, korisnik brojeve može uneti i DTMF-om (*Dual-tone multi-frequency signaling*). DTMF predstavlja mogućnost unosa brojeva preko tastature telefona.

U nastavku biće prikazana dva UML (*Unified Modeling Language*) dijagrama sa kojih se najbolje vidi na koji način aplikacija treba da funkcioniše.

2.1. Sequence Diagram (Dijagram sekvence)

Dijagram sekvence pokazuje sekvencu, odnosno redosled događaja koji se dešavaju od trenutka kada korisnik krene u izvršavanje neke akcije, pa sve dok ne dođe do cilja. Ovaj dijagram uključuje ne samo akcije korisnika, već i sistema. Gledajući dijagram na slici 2., vreme teče od vrha dijagrama do njegovog dna.



Slika 2. Dijagram sekvence

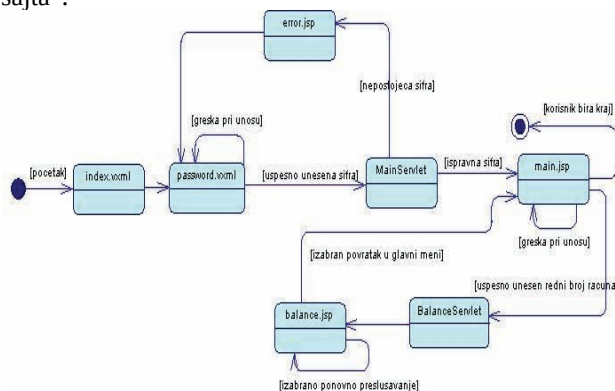
Na dijagramu sa slike 2. se vidi da korisnik prvo unosi šifru nakon što mu je to zatraženo sa stranice *password.vxml*. Potom se ta šifra prenosi GET metodom kao parameter forme u *MainServlet*. *MainServlet* u bazi podataka pronalazi račune za korisnika sa odgovarajućom šifrom i spisak brojeva računa kao atribut zahteva šalje

stranici *main.jsp*, koja je zadužena za dinamičko generisanje *.vxml datoteke. Ta izgenerisana *.vxml datoteka korisniku diktira brojeve svih njegovih računa i uz svaki od njih daje redni broj koji korisnik treba da izgovori ukoliko želi da čuje podatke za taj račun. Kada korisnik izgovori redni broj računa čije podatke želi da čuje, taj broj se opet kao parameter forme GET metodom šalje, ali ovog puta *BalanceServlet*-u. *BalanceServlet* u bazi podataka pronalazi podatke za račun čiji je redni broj korisnik naveo, i te podatke šalje *balance.jsp*-u, stranici zaduženoj za generisanje *.vxml datoteke koja korisniku izgovara podatke za račun koji ga zanima.

Ovaj redosled je uspešni scenario koji pokazuje najkraći put za dolaženje do cilja korisnika, i to bez grešaka koje su nažalost, česte u telefonskim aplikacijama, naročito kada korisnik ne koristi DTMF input, nego podatke unosi govorom.

2.2. Statechart Diagram (Dijagram stanja)

U nastavku, na slici 3. biće dat dijagram stanja, koji istovremeno predstavlja i neku vrstu mape "telefonskog sajta".



Slika 3. Dijagram stanja

Na slici 3. se vidi da je početak na stranici *index.vxml*, kao i na većini sajtova, s tim da je ovde ekstenzija *.vxml. Ova stranica korisniku daje pozdravnu poruku i preusmerava tok podataka prema stranici *password.vxml*. Uspešni scenario je objašnjen malo ranije, pa ćemo se ovde pozabaviti samo ostalim scenarijima. Dakle, poznato nam je da u slučaju uspešnog unosa šifre tok podataka ide ka *MainServlet*-u, a sada ćemo reći i to da u slučaju neuspešnog unosa šifre ostajemo na stranici *password.vxml*. Pod neuspešnim unosom smatraju se slučajevi kod kojih korisnik ili ništa nije uneo, ili ga glasovni interpreter nije razumeo, ili ono što je uneseno ne može da se prepozna kao niz cifara, što je bilo traženo kao šifra. Poznato nam je da u slučaju ispravne šifre, koja postoji u bazi podataka, nakon *MainServlet*-a idemo na *main.jsp*. Međutim, ukoliko unesena šifra predstavlja niz cifara čija je dužina različita od 6, to je greška. Druga mogućnost greške se javlja kada 6-ocifreni niz cifara nije identičan nijednoj šifri iz baze podataka. U bilo kom od ova 2 slučaja poziva se stranica *error.jsp*, koja izgovara tekst greške koji je dobila od *MainServlet*-a i vraća korisnika na unos šifre, t.j. na stranicu *password.vxml*. Ukoliko smo uspešno uneli šifru, sad smo na stranici *main.jsp*, t.j. na *.vxml stranici koju je izgenerisao *main.jsp*. Tu možemo da izaberemo račun čije podatke želimo da čujemo, možemo da izađemo iz aplikacije, ili da pogrešimo. Ukoliko izaberemo kraj, tu se aplikacija

završava, a veza sa korisnikom prekida. Drugi scenario odavde je ako napravimo grešku. To se dešava u slučaju ako ništa ne unesemo, ili unesemo nešto što nije broj, ili unesemo broj koji je veći od ukupnog broja računa koji imamo u banci. U slučaju greške, ostajemo na ovoj stranici sve do uspešnog unosa. Kada uspešno unesemo redni broj računa, kao što je kod dijagrama sekvence objašnjeno, stižemo preko *BalanceServlet*-a do *balance.jsp*-a. Tu je moguće izabrati ponovno preslušavanje, i tada ostajemo na istoj stranici. Ostaćemo na istoj stranici i ako ništa ne unesemo, ili ako unesemo broj koji je različit od 0, ili 1. Naime, unos broja 0 nas vraća na glavni meni, odnosno na izbor broja računa, a broj 1 nas ostavlja na istoj stranici da bismo čuli ponovljeni izgovor podataka sa odabranog računa.

3. IMPLEMENTACIJA SISTEMA

Implementacija sistema će biti izvršena u Java tehnologiji sa Java Servlet-ima i JSP stranicama. Za *host*-ovanje aplikacije biće upotrebljen Apache Tomcat Web Server, a za skladištenje podataka MySQL Server.

Kao što je pomenuto u uvodu, na portalu Tellme-a je potrebno navesti web adresu (URL) na kojoj će se nalaziti naša aplikacija. Ukoliko URL ne sadrži ime početne stranice, potrebno je u *web.xml* datoteci servera navesti da i **.vxml* dokument može predstavljati početnu stranicu.

```
<welcome-file-list>
  <welcome-file>index.html</welcome-file>
  <welcome-file>index.htm</welcome-file>
  <welcome-file>index.jsp</welcome-file>
  <welcome-file>index.vxml</welcome-file>
</welcome-file-list>
```

Listing 1. *Deo web.xml datoteke servera*

Na listingu 1. se vidi lista svih mogućih naziva za početnu stranicu. Pre intervencije, bile su navedene *index.html*, *index.htm* i *index.jsp*, a sada je dodata i mogućnost postavljanja *index.vxml*-a za početnu stranicu.

Iz dijagrama sa slika 2. i 3., vidi se da je ulazna tačka aplikacije stranica *index.vxml*. Jedina njena funkcija je da izgovori pozdravnu poruku i da preusmeri tok podataka na stranicu *password.vxml*. Naravno, pozdravna poruka i unos šifre su mogli biti implementirani u okviru iste **.vxml* stranice, ali pošto pozdravna poruka treba da se izgovori samo jednom, ovako je omogućeno da se nakon neispravnog unosa proizvoljan broj puta vraćamo na ponovni unos šifre, bez izgovaranja pozdravne poruke. Sadržaj stranice *index.vxml* dat je u listingu 2.

```
<vxml version="2.1"
xmlns="http://www.w3.org/2001/vxml">
  <form>
    <block>
      Welcome to the banking application! It can
      allow you to check your balance.
      <goto next="password.vxml"/>
    </block>
  </form>
</vxml>
```

Listing 2. *Stranica index.vxml*

Na listingu 2. se vidi jedna jednostavna XML datoteka koja je vrlo pogodna za upoznavanje sa VoiceXML-om.

Korenski element ove XML datoteke je *<vxml>*. To je odlika svake **.vxml* datoteke. Svaka **.vxml* datoteka za korenski element ima *<vxml>*. U navedenoj datoteci pored *<vxml>* elementa korišćeni su i XML elementi *<form>*, *<block>*, i *<goto>*, a svi će biti objašnjeni u nastavku.

Element *<vxml>* reprezentuje korenski element VoiceXML dokumenta. Može sadržati jedan ili više dijaloga. Dijalog može biti u obliku forme (element *<form>*, kao na stranici *index.vxml*), ili u obliku menija (element *<menu>*). Prilikom implemetacije ove aplikacije, korišćeni su isključivo dijalozi u obliku forme zbog toga što je to opštiji oblik dijaloga. Dijalog u obliku menija dozvoljava samo izbor u okviru ponuđenih stavki, pri čemu treba specificirati ponašanje aplikacije za svaku stavku izbora ponaosob, dok je kod dijaloga u obliku forme ponašanje aplikacije nakon unosa traženog podatka na neki način određeno samim izborom podatka i prilikom implementacije aplikacije ne moramo znati koliki je tačan broj mogućih različitih ispravnih unosa. Od mogućih atributa *<vxml>* elementa u *index.vxml* datoteci su upotrebljeni *version="2.1"* i *xmlns="http://www.w3.org/2001/vxml"*. Atribut *version* određuje po kojoj verziji VoiceXML standarda je izrađena ova datoteka, a vrednost "2.1" je nužna vrednost ukoliko se koristi Tellme platforma, pošto ona interpretira **.vxml* stranice implementirane isključivo prema 2.1. verziji VoiceXML standarda. Atribut *xmlns* određuje *namespace* dokumenta.

Element *<form>* je sledeći element koji je upotrebljen u datoteci *index.vxml*. Kao što je već pomenuto, on predstavlja jedan od dva tipa dijaloga, zapravo je element komunikacije sa korisnikom. Ovaj element sadrži jezgro logike govorne aplikacije, uključujući gramatike, izgovore ka korisniku, kao i kod koji treba da se izvrši zavisno od korisnikovog odgovora. Kada Tellme platforma učita VoiceXML dokument, aplikacija se izvršava od prvog *<form>* elementa u dokumentu. Naredni dijalozi u dokumentu moraju biti uvezani pomoću *<goto>* elemenata, ili *<subdialog>* elementa ukoliko je određeni dijalog ustvari poddijalog. Mora se napomenuti da je ova aplikacija izvedena po principu jedna stranica – jedan dijalog, tako da unutarstranične navigacije nema.

Element *<block>* specificira blok direktiva koje se izvršavaju redosledom kojim su navedene. U listingu 2. se vidi da je element *<block>* upotrebljen radi izgovaranja pozdravne poruke pomoću *TTS Engine*-a. Sav tekst koji je naveden unutar elementa, biće izgovoren korisniku od strane interpretera kada *<block>* element stigne na red za izvršavanje.

U primeru sa listinga 2. jedini podelement elementa *<block>* je *<goto>*. Upotrebljen je radi preusmeravanja toka podataka sa stranice *index.vxml* na *password.vxml*. Jedini atribut koji je upotrebljen u pomenutom primeru je *next="password.vxml"* koji određuje gde se u kodu nastavlja izvršavanje aplikacije.

Stranica *password.vxml* je složenija od početne strane koja ima samo blok teksta koji izgovara interpreter i nakon toga preusmerava izvršavanje na ovu stranicu. Stranica *password.vxml* za razliku od stranice *index.vxml*

prima unos korisnika, što je u svakoj tehnologiji složenije od prikazivanja podataka korisniku. Zbog dužine stranice, ova stranica, kao ni ostale neće biti prikazane u ovom tekstu.

Stranica *password.vxml* uzima šifru od korisnika i prosleđuje je *MainServlet*-u. Ukoliko korisnik ništa ne izgovori, niti utipka, ili nešto od onoga što je korisnik rekao nije cifra, postupak se ponavlja. Pritom aplikacija radi i nešto van onoga što joj je osnovna funkcija, a to je da govori korisniku šta je rekao, odnosno kako ga je interpreter razumeo. To pomaže korisniku da ispravi svoj izgovor i da ne ponavlja greške.

Stranica *password.vxml* se sastoji od jedne forme koja sadrži jedno polje za unos (element *<field>*). Element *<field>* formuliše interaktivni dijalog između korisnika i sistema. Od mogućih atributa elementa *<field>*, u našem primeru su upotrebljeni *name="password"* i *type="digits"*. Atribut *name* određuje ime promenljive u koju se smešta rezultat prepoznavanja korisničkog unosa. Atribut *type* predstavlja ime neke od ugrađenih gramatika za prepoznavanje unosa. U našem slučaju to je *digits*, što znači da se za ispravan unos smatra jedino niz cifara od 0 do 9.

Prvi u nizu podelemenata elementa *<field>* koji je korišćen u primeru sa listinga 3.4. je element *<prompt>*. Ovaj element služi da korisnika obavesti o tome šta treba da unese u interaktivnom dijalogu. Može da pušta zvučni zapis ili da izgovara ono što je napisano unutar ovog elementa. U našem slučaju ovaj element je upotrebljen bez atributa, podelemenata, i zvučnog zapisa, samo sa tekstom koji se izgovara uz pomoć *TTS Engine*-a.

Naredni podelement elementa *<field>* koji je korišćen u našem primeru je element *<filled>*. On određuje akcije koje se preduzimaju u slučaju da korisnik uspešno unese podatke, a jedna od njih je i dodela vrednosti promenljivoj polja. U našem slučaju korisniku se govori šta je uneo, i potom taj podatak, odnosno korisničku šifru šalje *MainServlet*-u. Ta šifra je ustvari vrednost promenljive polja.

Od *MainServlet*-a pa nadalje se izvršavanje aplikacije nastavlja onako kako je to navedeno u poglavlju „SPECIFIKACIJA SISTEMA“.

4. ZAKLJUČAK

Kao što piše u imenu tehnologije (VoiceXML), radi se o XML baziranoj tehnologiji kojoj je samim tim jedan od osnovnih zadataka taj da bude primenljiva na različite platforme. Jer, svaka platforma može da generiše XML, pošto je to najobičniji tekst. Ako se želi implementirati složeniju aplikaciju sa dinamičkim elementima, potrebno je koristiti tehnologiju koja je u stanju da dinamički generiše sadržaj. Pa tako, iako je u dokumentaciji koja je dostupna na sajtu Tellme platforme većina primera za generisanje dinamičkih stranica navedena u Perl CGI tehnologiji, aplikacija iz našeg primera je izvedena u Java tehnologiji sa servletima i JSP stranicama.

Sam VoiceXML standard je vrlo precizno definisan i gleda u budućnost. Zbog toga, u jednoj konkretnoj izvedbi ovog standarda, kao što je Tellme platforma nisu svi elementi implementirani, ali većina njih jesu. Kod Tellme platforme je izvedba samog standarda vrlo dobro podržana, a mane su jedino kod lokalizacije. Tako, na primer, jedini jezici koji su podržani su američki engleski (*US English*) i latinoamerički španski (*Latino-American Spanish*). S obzirom na složenost implementacije *TTS Engine*-a, a naročito interpretera za prepoznavanje unosa, to i nije velika zamerka. Veće zamerke se mogu dati na neke jednostavnije detalje koji nisu implementirani, kao na primer kod valuta. Od severnoameričkih i južnoameričkih valuta, podržane su skoro sve, a od svetskih najkorišćenijih valuta samo EUR (euro), GBP (britanska funta), JPY (japanski jen), i USD (američki dolar). Trebalo je ipak uložiti minimalni dodatni napor i implementirati podršku bar još za poznate valute kao što su CHF (švajcarski franak), CAD (kanadski dolar), i AUD (australijski dolar).

Na kraju, treba pohvaliti inicijatore VoiceXML standarda koji su prepoznali prisutni trend u IT industriji, a to je da sve veći procenat programera poznaje HTTP protokol i web tehnologije, pa su VoiceXML tehnologiju prilagodili web programerima, kako bi što veći broj programera mogao što brže i što lakše da se prilagodi ovoj tehnologiji.

5. LITERATURA

- [1] MESSAGEmanager White Paper VoiceXML, MESSAGEmanager Solutions, October 2006
- [2] Voice Extensible Markup Language (VoiceXML) Version 2.1, <http://www.w3.org/TR/voicexml21>
- [3] Tellme Networks, <http://www.tellme.com>
- [4] Voxeo Corporation, <http://www.voxeo.com>

Kratka biografija:



Davor Sabo rođen je u Vrbasu 1984. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Računarske nauke i informatika odbranio je 2010.god.



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

PROFIL POTROŠNJE NAPONSKI OSETLJIVOG POTROŠAČA

PROFILE OF POWER CONSUMPTION OF THE VOLTAGE SENSITIVE CONSUMER

Strahinja Terzić, Vladimir Vujičić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – Rad prikazuje snimanje profila potrošnje naponski osetljivog potrošača, u konkretnom slučaju, JKP Novosadska Toplana. Merenje napona i frekvencije u jednoj fazi vršeno je pomoću dva instrumenta - CIRCUTOR i VMP 20, uz podršku računara. Učestanost merenja je jednom u sekundi. Rezultati su predstavljeni tabelarno i graficima. Potom je obavljena analiza rezultata u skladu sa Evropskom normom EN 50160.

Abstract – This work presents the recording the profile of power consumption of the voltage sensitive consumer, in concrete case the heating station of Novi Sad (JKP Novosadska Toplana). Measuring of voltage and frequency in one phase was performed by using two devices – CIRCUTOR and VMP 20, with the computer support. Frequency of the measurements was once per second. Results were presented by tables and charts. Then, the analysis of the results was made in accordance with European norm EN50160.

Ključne reči: Profil potrošnje, naponski osetljiv potrošač, Evropska norma EN 50160.

1. UVOD

Poslednjih desetak godina u svetu vlada trend liberalizacije tržišta električne energije. Naime, sve su veće potrebe za praćenjem Evropskih standarda o kvalitetu električne energije posebno zbog zahteva potrošača i spoznaje da je električna energija posebna vrsta robe koja mora imati svoj kvalitet. Kvalitet električne energije predstavlja aktuelnu problematiku u eksploataciji elektroenergetskih sistema (EES). Pojam kvalitet električne energije je vezan za kvalitet napona i struja. Kvalitet napona se odnosi na odstupanje talasnog oblika napona od idealnog prostoperiodičnog oblika. Idealni prostoperiodični oblik podrazumeva sinusoidu konstantne (nominalne) amplitude i nominalne frekvencije. Na analogan način se definiše i kvalitet struje. S obzirom da kvalitet napona utiče na kvalitet struje i obrnuto, parametri kvaliteta napona i struja se obično posmatraju integralno i definišu kvalitet električne energije.

Kvalitet električne energije postao je vrlo važna osobina za potrošače na tržištu. Evropska Direktiva poziva na to da se električna energija smatra proizvodom kao bilo koji drugi i da proizvođači električne energije budu odgovorni za kvalitet svog proizvoda. Na području Evropske

zajednice se kvalitet napona osigurava u skladu s obredbama norme EN 50160.

Merenje kvaliteta električne energije vrši se prikupljanjem mernih veličina (vrednosti struja, napona i frekvencije) unutar određenog vremenskog intervala. Kasnije se ti podaci obrađuju u skladu s preporukama za kvalitet električne energije programskom potporom na računaru. Rezultat takvih merenja je tvrdnja: da li kvalitet električne energije na posmatranom mestu u mreži zadovoljava ili ne zadovoljava preporuke.

Osim napona, za kvalitet električne energije bitan je i karakter opterećenja. Posebna pažnja se treba posvetiti naponski osetljivim potrošačima. To su oni potrošači čija je senzitivnost na promene napona izraženija. Uzrok tome, najčešće je postojanje dosta automatike u sistemu.

U ovom radu akcenat će biti stavljen na kontrolisanje kvaliteta električne energije, jednog upravo takvog, naponski osetljivog potrošača. Biće vršeno merenje napona i struje u transformatorskoj stanici 35/10 kV Podbara, a na izvodu koji napaja Novosadsku Toplanu.

2. EVROPSKA NORMA EN50160

Zbog odluke zemalja članica evropske zajednice da stvore širu ekonomsku oblast bez granica, radi ostvarivanja unutrašnje trgovine, izdato je više preporuka od strane komisije evropske zajednice (EC), kako bi se uklonile razlike u zakonodavstvima država članica, koje bi mogle da utiču na slobodnu razmenu dobara i usluga i one čine normu EN 50160..

Važno je napomenuti da je obim ovog standarada ograničen na električnu energiju koja se isporučuje na napojnim priključcima i ne odnosi se na sistem za napajanje ili instalacije i opremu korisnika. Kako je predviđeno da se standard bavi samo karakteristikama napona u određenim tačkama u javnim distributivnim mrežama, on se ne bavi neposredno karakteristikama samih mreža, kao što je snaga kratkog spoja.

Standard je primenljiv samo pod normalnim radnim uslovima sistema za napajanje.

Ovo takođe uključuje ispravan rad zaštitnih uređaja u slučaju kvara u mreži (pregorevanje osigurača, prorada prekidača, i sl.); opterećenje potrošnje dogovoreno između korisnika i operatora distributivne mreže (DNO) i promene konfiguracije mreže.

Standard navodi nekoliko karakterističnih primera vanrednih stanja koja su izvan kontrole DNO-a i koji mogu da izazovu odstupanje jedne ili više karakteristika od datih vrednosti. Pod takvim uslovima EN 50160 se ne primenjuje. Standard se takođe ne primenjuje ako je DNO sprečen od strane vlade ili javne uprave da izvede neophodne izmene sistema napajanja.

EN 50160 je proizvodni standard koji daje karakteristike napona koje se mogu očekivati na napojnim priključcima

NAPOMENA:

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

u niskonaponskim i sredjenaponskim javnom mrežama. Ovaj standard ne opisuje prosečnu situaciju u javnim mrežama za napajanje nego najveće vrednosti ili promene karakteristika napona pod normalnim radnim uslovima koji mogu biti očekivani od strane korisnika na njegovom napojnom priključku u bilo kojoj tački mreže.

Svrha standarda nije da navede zahteve za električnu opremu ili impedansu mreže.

3. INSTRUMENT VMP 20

Instrumenta VMP 20 je radni etalon razvijen na FTN-u u Novom Sadu, domaće proizvodnje INSEL. S obzirom na deklarisanu tačnost instrumenta od 0,5 % za sve veličine koje meri koristi se kao radni etalon za umeravanje :

- voltmetara u trafo poljima 20 kV i 35 kV,
- ampermetara na uređajima za umeravanje zaštite i
- frekvencometara i uređaja za ispitivanje podfrekventne zaštite

Instrument meri i prikazuje na svom displeju četiri veličine: napon, struju, snagu, i faktor snage.

Napajanje mu je 220 V, 50 Hz, ima dva ulaza: strujni i naponski, oba su "plivajuća". Domašaj na naponskom nivou je 400 V, a na strujnom 5 A.

Kada se poveže sa PC-jem, uz pomoć softvera VMP 20 Ver. 4.0, on meri i prikazuje na monitoru još šest veličina: frekvenciju, moduo impedanse, reaktivnu snagu, prividnu snagu, aktivnu energiju i reaktivnu energiju. Na svakih 2s instrument beleži na hard-disk osnovne veličine koje karakterišu potrošača u toku vremena: realno vreme, napon, struju, aktivnu snagu, faktor snage i frekvenciju.

Iz gornjeg teksta slede mogućnosti upotrebe instrumenta VMP 20:

- Ekspertiza potrošnje monofaznih potrošača;
- Ekspertiza potrošnje trofaznih potrošača bez nultog voda, tada se koriste dva instrumenta VMP 20 vezana u Aronov spoj;
- Ekspertiza trofaznih potrošača sa nultim vodom, koriste se tri instrumenta VMP 20.

S obzirom da instrument meri izobličene talasne oblike, on može da služi za kontrolu gore navedenih parametara nelinearnih potrošača kao što su PWM invertori, razni tiristorski regulatori i drugi nelinearni potrošači koji se sreću u regulisanim elektromotornim pogonima. Ovaj instrument je svoju primenu našao i u kontroli kvaliteta remontovanih ili novih transformatora, indukcionih motora, prigušnica, itd. S obzirom na tačnost instrumenta, 0,1 % od domašaja + 0,1 % od očitane vrednosti, on može da se koristi za kontrolu brojila u elektro-distributivnoj mreži. Može da se koristi za pogonska merenja kod velikih potrošača snage i energije (ispitan je u trafostanicama 110 kV i 400 kV i pokazao je potpunu pouzdanost i potvrdio je definisane performanse).

4. CIRCUTOR – MREŽNI ANALIZATOR AR5

Instrument CIRCUTOR, mrežni analizator serije AR5 je programabilan instrument koji meri, računa i memoriše osnovne parametre trofazne električne mreže. Merenje, pomoću tri A.C. naponska ulaza i tri A.C. strujna ulaza (preko .../2 V a.c. strujnih klešta), dopušta jednovremenu analizu napona, struje i aktivne snage, trofazno, kao i frekvenciju u nekim mrežama. Računanje, pomoću ugrađenog procesora koji izračunava ostale električne parametre kao što su: faktor snage, induktivna ili

kapacitivna reaktivna trofazna snaga, kao i aktivnu i reaktivnu energiju. Podaci se skupljaju u internoj memoriji (1 Mbytes), da bi se kasnije prekopirali na PC računar. Merni i izračunati podaci se periodično čuvaju u memoriju u unapred definisanim intervalima (1s do 4h).

Najvažniji režimi rada ovog instrumenta su:

- Standardni režim kontinualnog merenja i memorisanje u memoriju srednjih vrednosti osnovnih električnih veličina.

- Mogućnost podešavanja praga memorisanja, tako da se samo podaci veći ili manji od definisanog praga smeštaju u memoriju.

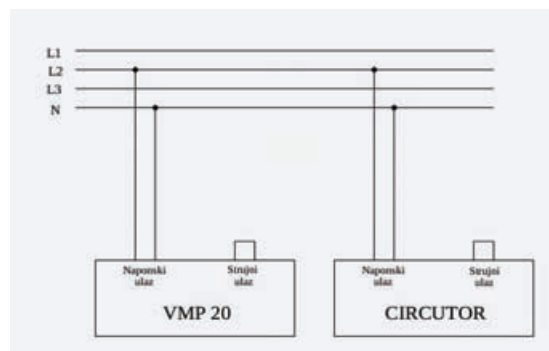
Podaci koje možemo čitati sa ekrana instrumenta su: napon, struja, aktivna snaga, indukciona reaktivna snaga, kapacitivna reaktivna snaga, faktor snage, frekvencija, prividna snaga, energija, datum i vreme.

Tačno vreme se čuva čak i ako se instrument isključi, zahvaljujući internoj, punjivoj bateriji.

5. MERENJE

Merenje kvaliteta električne energije je izvršeno mernim uređajima VMP 20 i CIRCUTOR mrežnim analizatorom serije AR5 u TS Podbara, 35/10 kV. Instrument VMP 20 smo podesili da meri napon i frekvenciju, a instrument CIRCUTOR da meri samo napon. Oba instrumenta vrše merenje na jednoj fazi (faza 2). Šema vezivanja instrumenata je prikazana na slici 1. Merenje je trajalo 46 sati, 26 minuta i 42 sekunde. Instrument VMP 20, podatke o merenoj veličini beleži na svaki sekund, uz podršku računara. Instrument CIRCUTOR smo sinhronizovali sa VMP 20, podesivši da snimljene podatke beleži na svaki sekund. Ovaj instrument ima svoju memoriju, koja je raspoloživa u zavisnosti od podešenog režima. U tom smislu memorija nas je ograničila, tako da rezultate merenja CIRCUTOR-om imamo za kraći vremenski period. Instrument VMP 20 je za vreme merenja u bazu zabeležio 167202 zapisa, dok je CIRCUTOR zabeležio 65535 zapisa.

Po završetku merenja dobijeni podaci s instrumenata preneseni su na PC. Zapisi oba instrumenta su prikazani u Microsoft Office Excel-u, tako da su oni od instrumenta VMP 20 razvršani u 6 Excel listova (Sheet), pet od po 30000 zapisa i šesti sa 17202 zapisa, a za instrument CIRCUTOR u 3 Excel lista, dva od po 30000 zapisa i treći sa 5535 zapisa. Za svaki Excel list je urađeno po dva grafika za napon i frekvenciju, na kojima se precizno vidi kako su se u toku vremena kretale njihove vrednosti. Odatle se uočava da kvalitet električne energije zadovoljava evropsku normu EN 50160.



Slika 1. Šema vezivanja instrumenata

6. TABELARNI PRIKAZ MERENIH VELIČINA

Kao što je već navedeno u prethodnom poglavlju, za instrument VMP 20, imamo 167202 uzorka, a za instrument CIRCUTOR 65535 uzorka. Ovi rezultati su predstavljeni u Excelu, u određenom broju Sheet-ova. Odatle su dobijeni grafici sa kojih možemo da posmatramo kvalitet merenog napona i frekvencije.

U Tabeli 1. je prikazan deo izmerenih veličina, sa 30 uzoraka (za pokazivanje instrumenta VMP 20).

Tabela 1. *Beleženje snimljenih vrednosti instrumentom VMP 20*

VREME	U1	I1	P1	F
15.3.2010 09:24:25	60.7	0.000	0.0	50.00
15.3.2010 09:24:26	60.7	0.000	0.0	49.99
15.3.2010 09:24:27	60.7	0.000	0.0	49.99
15.3.2010 09:24:28	60.7	0.000	0.0	50.00
15.3.2010 09:24:29	60.7	0.000	0.0	50.00
15.3.2010 09:24:30	60.7	0.000	0.0	50.00
15.3.2010 09:24:31	60.7	0.000	0.0	50.00
15.3.2010 09:24:32	60.6	0.000	0.0	49.99
15.3.2010 09:24:33	60.6	0.000	0.0	49.99
15.3.2010 09:24:34	60.6	0.000	0.0	50.00
15.3.2010 09:24:35	60.6	0.000	0.0	50.00
15.3.2010 09:24:36	60.6	0.000	0.0	50.00
15.3.2010 09:24:37	60.6	0.000	0.0	50.00
15.3.2010 09:24:38	60.6	0.000	0.0	49.99
15.3.2010 09:24:39	60.6	0.000	0.0	49.99
15.3.2010 09:24:40	60.6	0.000	0.0	49.99
15.3.2010 09:24:41	60.6	0.000	0.0	49.99
15.3.2010 09:24:42	60.7	0.000	0.0	50.00
15.3.2010 09:24:43	60.7	0.000	0.0	50.00
15.3.2010 09:24:44	60.6	0.000	0.0	50.00
15.3.2010 09:24:45	60.6	0.000	0.0	50.00
15.3.2010 09:24:46	60.6	0.000	0.0	49.98
15.3.2010 09:24:47	60.6	0.000	0.0	49.98
15.3.2010 09:24:48	60.6	0.000	0.0	49.99
15.3.2010 09:24:49	60.6	0.000	0.0	49.99
15.3.2010 09:24:50	60.6	0.000	0.0	49.99
15.3.2010 09:24:51	60.6	0.000	0.0	49.99
15.3.2010 09:24:52	60.6	0.000	0.0	49.99
15.3.2010 09:24:53	60.6	0.000	0.0	49.99

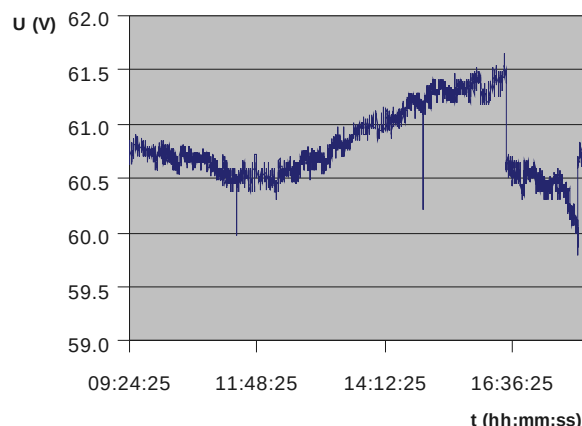
7. GRAFIČKI PRIKAZ MERENIH VELIČINA

Koristeći izmerene vrednosti predstavljene u tabeli, u Microsoft Office Excel zadajemo parametre za iscrtavanje dijagrama. Svaki dijagram predstavlja zavisnost od vremena posmatrane veličine, za 30000 uzoraka. Takvom podelom rezultata na tabele od po 30000 uzoraka dobijamo 6 tabela za instrument VMP 20 i 3 tabele za CIRCUTOR – mrežni analizator AR5. Ovde će biti prikazano samo tri dijagrama, od ukupno 14, koliko ih ima za oba instrumenta.

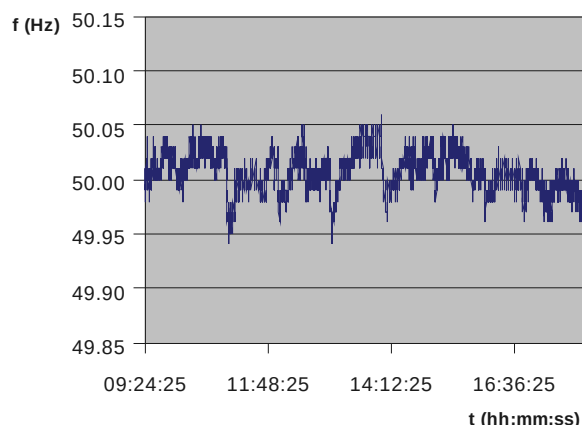
Da bi stekli bolju sliku o kvalitetu električne energije iscrtavamo grafike, koji pokazuju zavisnost napona i frekvencije od vremena.

Na slikama 2, 3 i 4 prikazani su dijagrami zavisnosti napona i frekvencije merenih instrumentom VMP 20 i napona merenog instrumentom CIRCUTOR od vremena, respektivno.

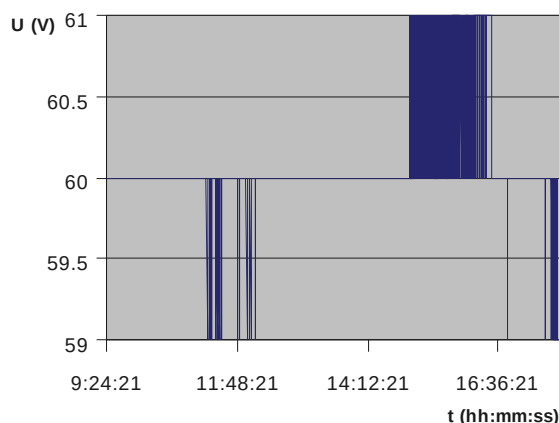
Diskutujući dobijene dijagrame, s obzirom na odstupanja posmatranih veličina od nominalnih vrednosti, utvrđujemo kvalitet električne energije.



Slika 2. *Snimak napona instrumentom VMP 20*



Slika 3. *Snimak frekvencije instrumentom VMP 20*



Slika 4. *Snimak napona instrumentom CIRCUTOR*

8. DISKUSIJA

Ovde će biti vršena diskusija izmerenih vrednosti napona i frekvencije (sa dijagrama) u cilju određivanja kvaliteta električne energije. Na dijagramima predstavljena je zavisnost napona i učestanosti od vremena, za vremenski period od 09:24, dana 15.03.2010. do 08:43, dana

18.03.2010. U tom periodu za napon i frekvenciju mogu se uočiti određene varijacije, čija će analiza i biti tema ove diskusije. Radi preglednosti i lakšeg uočavanja promena i odstupanja i lakšeg upoređivanja, kao što je već naglašeno, na svakom grafiku je predstavljeno po 30000 uzoraka.

Napon – Kao što se moglo i očekivati vrednost napona varira oko nazivne, koja je u ovom slučaju $100/\sqrt{3} \text{ V} = 57,74 \text{ V}$. Varijacije napona su približno iste u toku vremena, s tim što se primećuje da je u jutarnjim satima njegova vrednost niža, dok je u poslepodnevnim i večernjim časovima nešto viša. Za sve uzorke određene su maksimalna, minimalna i srednja vrednost napona. Pri tom proračunata je i standardna devijacija i ona iznosi 0,35 V. Standardna devijacija je mera koja nam govori koliko u proseku elementi odedenog skupa odstupaju od aritmetičke sredine tog skupa. U praksi, često se pretpostavlja da su podaci iz približno normalno raspodeljene populacije. Ako je ta pretpostavka opravdana, onda se oko 95 % vrednosti nalazi u intervalu od plus-minus dve standardne devijacije. Prema tome, možemo proračunati interval u kom se nalaze merene veličine sa sigurnošću od 95 % (prikazano u Tabeli 2). Dalje, može se izračunati i relativna nestabilnost napona, koja za ovako potavljene parametre iznosi oko 1,21 %. Iz ovga primećujemo da je vrednost napona u okviru predviđenih granica, koje su predočene evropskom normom EN 50160.

Frekvencija - U toku ovog snimanja frekvencija je takođe u određenoj meri odstupala od nazivne vrednosti od 50 Hz. U nekim periodima su te varijacije više, u nekim manje izražene. Sa prikazanih grafika se primećuje da je u poslepodnevnim i večernjim, kao i u ranim jutarnjim časovima kriva frekvenije vrlo "nemirnog" obika. Počevši od 18 h, pa do nekih 24 h, frekvencija varira između 49,9 Hz i 50,1 Hz. U toku noći ne zapažamo značajnije promene, da bi u ranim jutarnjim časovima, od 6 h, pa od 9 h, okvirno, frekvencija ponovo počela da varira u popriličnim granicama (ovoga puta sa nešto višom gornjom granicom). Dakle, ovde uočavamo da se varijacije frekvencije odigravaju u dva perioda. Interesantno je primetiti da u ta dva perioda frekvencija ne varira na isti način. U prvom, koji obuhvata poslepodnevne i večernje sate frekvencija varira podjednako između donje i gornje granice i ima približno "testerast" oblik. U drugom periodu, u jutarnjim satima zapažamo tikove frekvencije. Drugim rečima, oblik krive je približno isti kao i u toku noći, sa razlikom sto se par puta jave poprilični skokovi. Takođe, treba naglasiti da su u prvom periodu varijacije mnogo izraženije nego u drugom.

Za sve uzorke, određene su maksimalna, minimalna i srednja vrednost frekvencije. Pri tome proračunata standardna devijacija je iznosila 0,026 Hz. I ovde, kao u slučaju napona možemo proračunati interval u kom se nalaze merene veličine sa sigurnošću od 95 % (prikazano u Tabeli 1). Na kraju, može se izračunati i relativna nestabilnost frekvencije, koja za ovako potavljene parametre iznosi oko 0.10 %.

U Tabeli 2. date su vrednosti potrebne za praćenje parametara koji definišu kvalitet električne energije. Iz dobijenih rezultata vidi se da je kvalitet merenog uzorka, prema normi EN 50160, zadovoljavajući.

Tabela 2. Kontrola kvaliteta električne energije

	U (V)		f (Hz)
Maksimalna vrednost	61.65		50.13
Srednja vrednost	60.75		50
Minimalna vrednost	59.12		49.89
Standardna devijacija	0.35		0.03
Interval u kojem se nalaze merene velicine sa sigurnoscu od 95%			
Donja granica	60.05		49.95
Gornja granica	61.45		50.05
Relativne nestabilnosti napona i frekvencije			
	1.21%		0.10%

9. ZAKLJUČAK

Iz svega navedenog može se zaključiti da merene veličine zadovoljavaju uslove propisane Evropskom normom EN 50160. Kvalitet električne energije je izuzetno visok, što je primećeno u prethodnom poglavlju.

Još je interesantno primetiti da instrument CIRCUTOR snima napon sa korakom od 1V, dok instrument VMP 20 snima napon sa korakom od 0,1 V, što pri posmatranju ovako malih promena napona (reda 2 V), instrumentu VMP 20 daje značajnu prednost u odnosu na instrument CIRCUTOR. Ta prenost se lako može uočiti na prikazanim graficima. Kao eventualni nedostatak instrumenta VMP 20 se može navesti činjenica da on može da vrši merenja na jednoj fazi, što ga u neku ruku ograničava. To se može rešiti tako što se merenja ponove za svaku fazu posebno ili se koriste tri ovakva instrumenta.

10. LITERATURA

- [1] Vladimir Vujičić, "Stohastička adicijona A/D konverzija – I deo", FTN, Novi Sad, 2001.
- [2] Evropska norma EN50160

Kratka biografija:



Strahinja Terzić rođen je u Bačkoj Palanci 1985. god. Diplomirao je na ETF-u Univerziteta u Beogradu 1974. god. Magistarsku tezu odbranio je 1983. god., a doktorsku 1992. god. na Univerzitetu u Novom Sadu. Od 1975. god. radio kao asistent, vanredni i redovni profesor na Univerzitetu u Novom Sadu. Osnovne oblasti istraživanja su različite A/D konverzije odgovarajuće tehnike brze obrade u oblasti električnih merenja.



Vladimir Vujičić rođen je u Novom Sadu 1947.god. Diplomirao je na ETF-u Univerziteta u Beogradu 1974. god. Magistarsku tezu odbranio je 1983. god., a doktorsku 1992. god. na Univerzitetu u Novom Sadu. Od 1975. god. radio kao asistent, vanredni i redovni profesor na Univerzitetu u Novom Sadu. Osnovne oblasti istraživanja su različite A/D konverzije odgovarajuće tehnike brze obrade u oblasti električnih merenja.

UTICAJ VIŠIH HARMONIKA MAGNETNOPOBUDNE SILE STATORA NA PRIGUŠNI NAMOTAJ SINHRONOG TURBOGENERATORA**IMPACT OF HIGH ORDER MMF STATOR HARMONICS ON DAMPER WINDING OF SYNCHRONOUS TURBOGENERATOR**Aleksandar Mrkonjić, Dejan Reljić, Veran Vasić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U okviru rada je razmatran uticaj viših prostornih harmonika magnetnopolobudne sile (MPS) statora na prigušni namotaj sinhronog turbogeneratorsa. Pokazano je da se usled postojanja viših prostornih harmonika MPS-e u stacionarnom režimu rada sinhronog turbogeneratorsa javljaju struje u prigušnom namotaju. Predstavljen je algoritam za analitičko izračunavanje datih struja u prigušnom namotaju sinhronog turbogeneratorsa i prikazani su dobijeni rezultati.

Abstract – Damper winding is used to prevent pulsating variations of magnetic field in synchronous generator. However, damper currents could exist even in a steady state and this is due to the non sinusoidal stator magnetomotive force (MMF) distribution. This paper deals with the impact of stator high order MMF harmonics on damper winding currents of synchronous turbogenerator. Namely, it is shown that under steady state operation, stator high order MMF harmonics produce damper currents. Special algorithm is implemented in order to calculate damper currents. The simulation results, which confirm the validity of the proposed algorithm, are also included.

Ključne reči: MPS, viši harmonici, prigušni namotaj.

1. UVOD

Dizajn modernih mašina je često okarakterisan što nižim troškovima izrade i što nižom cenom finalnog proizvoda. Ovo je takođe slučaj i kod sinhronih turbogeneratorsa. Sa ciljem ostvarivanja što boljih karakteristika, pri projektovanju turbogeneratorsa je bitno poznavati sve gubitke koji se javljaju unutar mašine. Stoga, potrebno je odrediti i snagu gubitaka koja se javlja u prigušnom namotaju. Turbogeneratorsi u opsegu snage do 200 MW imaju samo u specijalnim slučajevima ugrađen dodatni prigušni kavez. U normalnim izvedbama, prigušni kavez je načinjen od električno provodnih žljebnih klinova [1]. Da bi se snaga gubitaka mašine mogla odrediti, neophodno je poznavati i struje koje teku kroz šipke prigušnog namotaja. Međutim, date struje se teško direktno mere [2] zbog same kavezne konstrukcije namotaja, a i zbog činjenice da prigušni namotaj rotira zajedno sa rotorom.

U literaturi se prigušni namotaj i njegov uticaj analizira kada se govori o prelaznom procesu u mašini. Međutim, i

u stacionarnom stanju, zbog postojanja viših harmonika MPS-e namotaja statora, se javljaju struje u prigušnom namotaju.

Klasična teorija rotacionih električnih mašina, koja se koristi u raznim programskim alatima za simulacije i analizu rada istih, usvaja pretpostavku da je magnetnopolobudna sila sinusnog oblika. Usvajanje ove pretpostavke dovodi do toga da u datim modelima nije moguće registrovati pojave i efekte koji se dešavaju zbog postojanja viših prostornih harmonika MPS-e. U ovom radu je prikazan uticaj viših prostornih harmonika MPS-e namotaja statora na gubitke u prigušnom namotaju.

2. TEORETSKI ASPEKTI

Primenom uopštenog Amperovog zakona na rotacione električne mašine dolazi se do sledećeg izraza:

$$\oint_C \vec{H} \cdot d\vec{l} = \sum_{n=1}^m i_n \quad (1)$$

gde je:

$\vec{H}$ – vektor jačine magnetnog polja,

$d\vec{l}$ – infinitezimalni element konture C,

i_n – fazne struje i

m – broj faza.

Kontura C je kontura koja obuhvata provodnike koji su smešteni u žljebove statorskog namotaja. Izraz sa desne strane jednačine (1) predstavlja MPS-u koju stvaraju struje u statorskim namotajima mašine.

Uvažavajući činjenicu da je magnetna permeabilnost gvožđa (μ_{Fe}) mnogo veća od magnetne permeabilnosti vazduha ($\approx \mu_0$) i smatrajući da je tangencijalna komponenta magnetnog polja duž obima vazdušnog zazora zanemarljiva, iz jednačine (1) se dolazi do sledećeg izraza za jačinu magnetnog polja:

$$H(t, x) = \frac{MPS(t, x)}{2\delta} \quad (2)$$

gde je:

δ – efektivna širina vazdušnog zazora.

Iz jednačine (2) se vidi da je jačina magnetnog polja u rotacionim električnim mašinama direktno proporcijalna MPS-i, a obrnuto proporcijalna dvostrukoj širini vazdušnog zazora mašine. Do oblika MPS-e se može doći jednostavnim sumiranjem struja unutar svakog žljeba uvažavajući šemu namotaja i raspored datih vrednosti struja duž obima statora, odnosno vazdušnog zazora. Usvaja se pretpostavka da se struje žljeba koncentrišu u centar žljeba. Pored šeme namotaja, MPS je funkcija vremenskog trenutka t i koordinate položaja x duž obima

NAPOMENA:

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

vazdušnog zazora električne mašine. Vremenski trenutak t je vezan za primenjene naizmenične struje statora. Iz relacije (2) sledi da je jačina magnetnog polja, kao i MPS, funkcija gore pomenutih veličina.

Pri projektovanju i izradi namotaja se teži ostvarivanju sinusne prostorne raspodele MPS-e duž vazdušnog zazora. Pored ovog zahteva potrebno je ispuniti i niz tehnoloških zahteva, kao što su minimalan utrošak bakra, obezbeđivanje odgovarajuće mehaničke i dielektrične čvrstoće namotaja, jednostavnost izrade, obezbeđivanje što boljeg hlađenja i dr.

Mnogi od ovih zahteva su oprečni i ne uspevaju se svi ispuniti u potpunosti. Zbog prethodno navedenog, realan izgled krive MPS-e odstupa od idealne sinusne krive. Nivo odstupanja od idealne sinusne krive zavisi od broja žljebova, primenjene šeme i tipa namotaja.

3. MPS STATORA SINHRONOG GENERATORA

Kod sinhronog generatora u režimu praznog hoda postoji samo magnetnopolubudna sila koja potiče od rotora, tj. pobudnog namotaja. Pri opterećenju struja u statoru stvara MPS-u statora, koja uzajamno deluje sa MPS-om rotora i utiče na rad mašine [3]. Kod turbogeneratora se uglavnom koriste dvoslojni raspodeljeni namotaji [4]. Ova vrsta namotaja je omogućila primenu navojaka sa skraćenim korakom namotavanja, čime je ostvareno suzbijanje viših harmonika MPS i ušteda u bakru.

U radu je sprovedena analiza na turbogeneratoru sledećih parametara:

p	I_m	N_s	q	y/τ	N_r
1	12,5kA	42	7	17/21	44

Tabela 1. Parametri turbogeneratora

gde je:

p – broj pari polova,

I_m – amplituda struja statora,

N_s – broj žljebova na statoru,

q – broj žljebova po polu i fazi,

y/τ – odnos koraka namotavanja i polnog koraka i

N_r – broj šipki prigušnog kaveza na rotoru.

Mrežna frekvencija f_n iznosi 50 Hz.

Usvajaju se sledeće pretpostavke:

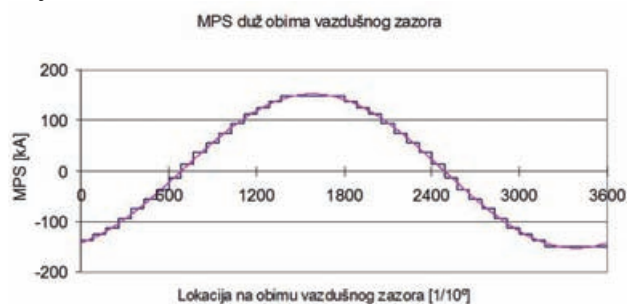
- mašina se nalazi u stacionarnom režimu rada,
- mašina je opterećena uravnoteženim opterećenjem,
- magnetna osa rotora i magnetna osa reakcije statora se poklapaju i
- zanemaruju se prigušne struje koje teku izvan šipki prigušnog namotaja.

Do izgleda krive raspodele struja žljebova duž obima statora dolazi se sumiranjem struja koje teku kroz svaki provodnik unutar žljeba. Dato sumiranje se vrši prema šemi namotaja. Na slici 1. je data raspodela struja za gornji i donji sloj, kao i ukupna struja žljebova duž obima statora za trofazni raspodeljeni dvoslojni namotaj sa skraćenim korakom namotavanja. Data raspodela struje je snimljena u vremenskom trenutku $t = 1,67$ ms. Namotaj je pobuđen prostoperiodičnim strujama koje obrazuju trofazni sistem struja.



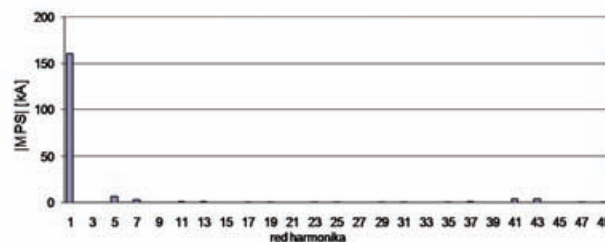
Slika 1. Raspodela struja žljebova/slojeva duž obima statora za $t = 1,67$ ms

Sa slike 1. se može uočiti da su krive raspodele struja po slojevima prostorno pomerene jedna u odnosu na drugu za 4 žljeba, tj. za razliku između polnog koraka i koraka namotavanja. Struja žljebova (plava linija) jednaka je zbiru struja u gornjem (crvena linija) i donjem sloju (zeleno-žuta linija). Kod dvoslojnog namotaja postoji više različitih vrednosti struja žljebova duž vazdušnog zazora u odnosu na jednoslojni namotaj. Kao posledica ovoga, javlja se i MPS koja ima više segmenata („stepenica“) i bolje oslikava sinusnu krivu.



Slika 2. MPS dvoslojnog namotaja za $t = 1,67$ ms

Na slici 2. je prikazana MPS koja je nastala od gore navedene raspodele struja. Stepeničasta (plava) linija predstavlja MPS-u, a sinusna (pink) kriva predstavlja osnovni harmonik MPS-e. Očigledno je da realan izgled MPS-e odstupa od sinusne prostorne raspodele, što za posledicu ima pojavu viših prostornih harmonika MPS-e. Primenom Furijeove analize je određen harmonijski sastav date MPS-e i prikazan na slici 3.

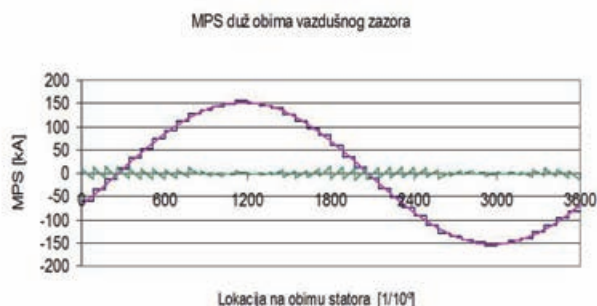


Slika 3. Harmonijski sastav MPS-e dvoslojnog namotaja

Sa grafika sa slike 3. se uočava da su prisutni samo neparni viši harmonici koji nisu deljivi sa tri, te da su njihove amplitude znatno manje u odnosu na osnovni harmonik. Izraženi su i prostorni harmonici koji potiču od efekta broja žljebova na statoru (harmonik 41 i 43). Kod sinhronih mašina u stacionarnom režimu rada nema relativnog pomeranja između sinhronotirajućeg polja statora i samog rotora, te stoga ne bi trebali da postoje gubici u prigušnim namotajima u datom režimu rada. Međutim, kako MPS statora pored osnovnog harmonika sadrži i više harmonike, indukovaće se elektromotorne

sile u prigušnom namotaju, odnosno javiće se struje u šipkama prigušnog namotaja.

Ukoliko se od MPS-e statora oduzme osnovni harmonik, dobija se komponenta MPS-e koja predstavlja sumu svih viših harmonika MPS-e. Ova komponenta MPS-e će se dalje u radu označavati skraćeno sa DMMF (*Disturbing Magnetomotive Force*). DMMF je uzrok pojave struja u prigušnom namotaju u stacionarnom režimu rada turbogeneratora.

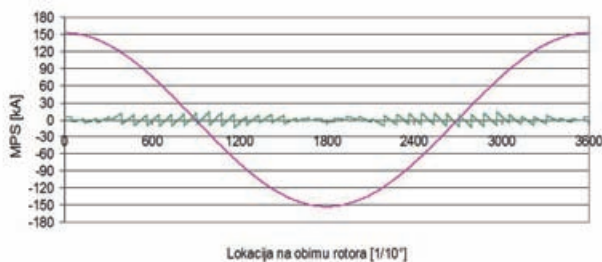


Slika 4. Izgled MPS-e, osnovnog harmonika MPS-e i DMMF-a, za $t = 4 \text{ ms}$

Na slici 4. je prikazana MPS (stepeničasta kriva), osnovni harmonik MPS-e (pink linija) i DMMF (zelena testerasta linija). Sa slika se vidi da obvojnica od DMMF-a iznosi oko 10% od vrednosti osnovnog harmonika MPS-e. DMMF se zajedno sa MPS-om kreće duž obima statora. Kako bi se izračunale struje u šipkama prigušnog namotaja, neophodno je posmatrati DMMF u sistemu koji je vezan za rotor.

3.1. MPS statora u koordinatnom sistemu rotora

Osnovni harmonik MPS-e statora rotira istom ugaonom brzinom kao i rotor, tako da u svakoj tački na površini rotora je uvek ista vrednost osnovnog harmonika MPS-e statora. Sledi da je prelazak sa referentnog sistema koji je vezan za stator, na referentni sistem koji je vezan za rotor, moguće sprovesti pomeranjem vrednosti osnovnog harmonika MPS-e i pripadajućih vrednosti DMMF-a uvek na iste pozicije, tj. tačke na površini rotora. Ovo pomeranje je realizovano tako što se pomera maksimum osnovnog harmonika prema jednoj referentnoj tački na površini rotora. Za vrednost datog pomeraja se pomeraju i sve ostale vrednosti osnovnog harmonika i pripadajućih vrednosti DMMF-a. Treba imati u vidu da se ovo pomeranje vrši za svaki trenutak u vremenu i na taj način se dobija prikaz osnovnog harmonika MPS-e statora koji miruje u odnosu na površinu rotora.

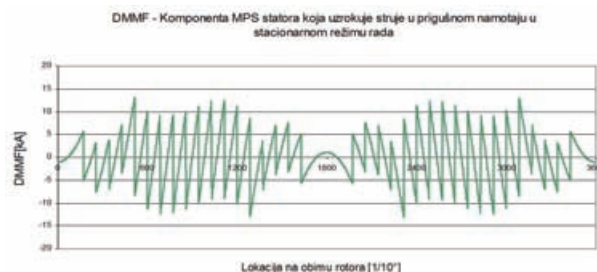


Slika 5. Osnovni harmonik MPS-e i DMMF u referentnom sistemu vezanom za rotor za $t = 4 \text{ ms}$

Na slici 5. je prikazan osnovni harmonik MPS-e statora i DMMF-a u referentnom koordinatnom sistemu koji je vezan za rotor. Osnovni harmonik MPS-e miruje u odnosu na rotor, tj. vrednosti osnovnog harmonika MPS-e

statora se ne menjaju duž obima rotora za različite vremenske trenutke.

Uočeno je da se DMMF menja i po obliku i po vrednosti, iako se posmatra u referentnom sistemu koji je vezan za rotor. Upravo te promene oblika i veličine DMMF-a su uzrok pojave indukovanih elektromotornih sila u prigušnom namotaju, odnosno struja u šipkama prigušnog namotaja. Uvećan prikaz DMMF-a je dat na slikama 6. i 7. gde se jasno vide razlike u obliku i veličini DMMF-a u dva različita vremenska trenutka.



Slika 6. DMMF za $t = 0 \text{ s}$



Slika 7. DMMF za $t = 4 \text{ ms}$

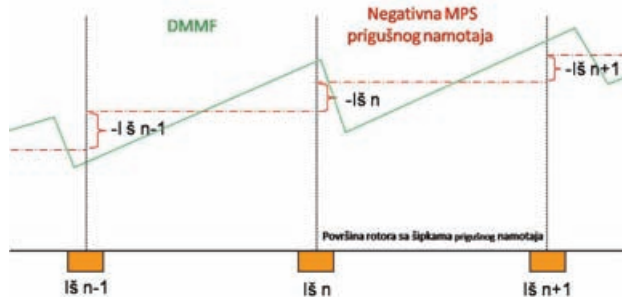
Tokom analize oblika DMMF-a u vremenu, uočeno je da duž obima rotora ova komponenta MPS-e statora menja oblik i veličinu na takav način da u pojedinim delovima na površini rotora (pol zona) ima manje vrednosti u odnosu na preostali deo rotora. Kao rezultat ovakve raspodele i promena vrednosti DMMF-a duž obima rotora, može se očekivati i pojava većih vrednosti struja u pojedinim šipkama prigušnog namotaja u odnosu na druge šipke.

4. ODREĐIVANJE STRUJA U ŠIPKAMA PRIGUŠNOG NAMOTAJA

Uvažavajući pretpostavku da prigušne struje teku samo u šipkama prigušnog namotaja (zanemarene su struje u gvožđu rotora), može se govoriti o magnetnopobudnoj sili koju stvaraju struje u šipkama prigušnog namotaja. MPS prigušnog namotaja se javlja kao reakcija na DMMF i teži da kompenzuje DMMF. U radu se razmatra potpuna kompenzacija DMMF-a kao slučaj u kome se javljaju najveće struje odnosno gubici u šipkama prigušnog namotaja.

Kao i MPS statora, tako je i MPS prigušnog namotaja (kaveza) stepeničasta kriva i promene MPS-e prigušnog namotaja se dešavaju na pozicijama gde se nalaze šipke duž obima rotora. Svaki skok vrednosti na krivi MPS-e zapravo predstavlja vrednost ukupne struje koja teče u žljebu koji se nalazi na poziciji skoka date krive. Sledi da, ukoliko se poznaje MPS prigušnog namotaja, se mogu odrediti i struje koje teku kroz šipke datog namotaja. Broj žljebova na statoru i broj žljebova prigušnog namotaja nije isti i da bi se došlo do MPS-e prigušnog namotaja neophodno je usrednjiti vrednosti DMMF-a između susednih šipki datog namotaja. Vrednosti dobijene na ovaj

način predstavljaju negativnu MPS-u prigušnog namotaja. Inverzijom ovih vrednosti se dolazi do stvarnih vrednosti MPS-a prigušnog namotaja koje će u potpunosti kompenzovati DMMF, odnosno više harmonike MPS-e statora.



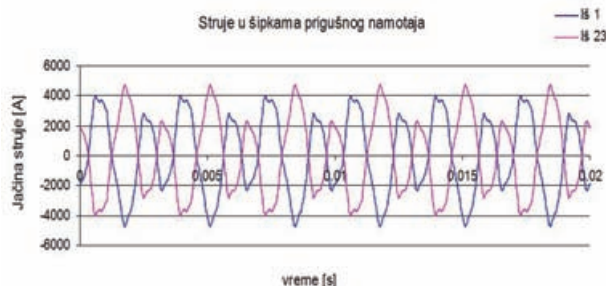
Slika 8. Grafički prikaz određivanja struja prigušnog namotaja iz DMMF-a u smislu kontra MPS-e

Na slici 8. dat je grafički prikaz gore opisanog metoda za izračunavanje struja u prigušnom namotaju. Na datoj slici testerasta zelena linija predstavlja DMMF, a crvena linija predstavlja usrednjenu vrednost DMMF-a između pojedinih pozicija prigušnih šipki, tj. negativnu MPS-u prigušnog namotaja. Označene su negativne vrednosti struja koje teku kroz pojedine šipke prigušnog namotaja u datom vremenskom trenutku. Sa promenom vremena menja se vrednost DMMF-a i ukoliko se dati algoritam za izračunavanje prigušnih struja primeni za svaki vremenski trenutak, dolazi se do talasnih oblika koji predstavljaju struje u pojedinim šipkama.

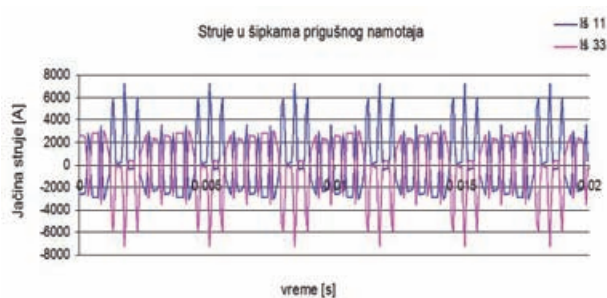
4.1. Struje u prigušnim namotajima

Primenjujući prethodno opisani metod izračunavanja struja u prigušnim namotajima, dolazi se do talasnih oblika struja u šipkama prigušnog namotaja. Na slici 9. je dat izgled struja u šipkama 1 i 23. Vrednosti struja u obe šipke su iste, ali su različitog predznaka jer je šipka 23 dijametralno postavljena u odnosu na šipku 1. Date šipke se nalaze u zoni pola. Na slici 10. su prikazane struje u šipkama 11 i 33 koje su takođe dijametralno postavljene jedna u odnosu na drugu, ali one se nalaze u zoni gde su smešteni pobudni navojci.

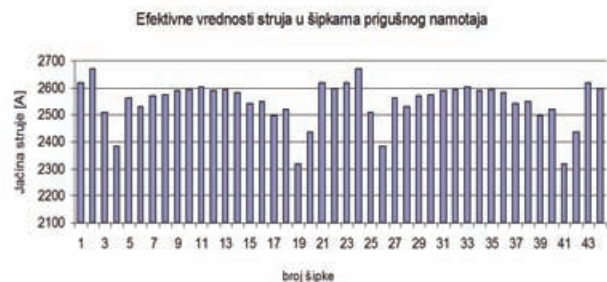
Sa stanovišta zagrevanja prigušnog namotaja bitne su efektivne vrednosti struja koje postoje u svim šipkama datog namotaja. Na slici 11. je dat prikaz efektivnih vrednosti struja u svim šipkama prigušnog namotaja. Sa slika 9, 10 i 11 se zaključuje da postoji razlika u vrednostima i talasnom obliku struja u šipkama koje se nalaze na različitim pozicijama na obimu rotora. Iz ovoga se potvrđuje činjenica da će se pojedine šipke više zagrevati u odnosu na druge.



Slika 9. Struje u šipkama 1 i 23 prigušnog namotaja



Slika 10. Struje u šipkama 11 i 33 prigušnog namotaja



Slika 11. Efektivne vrednosti struja u svim šipkama prigušnog namotaja.

5. ZAKLJUČAK

U radu je analiziran uticaj viših prostornih harmonika MPS-e namotaja statora na pojavu struja u prigušnom namotaju sinhronog turbogeneratorsa u stacionarnom stanju. Predstavljen je jednostavan metod izračunavanja istih. Jednostavnost se ogleda u malom potrebnom broju konstrukcionih podataka o mašini. Pokazano je da su struje u prigušnom namotaju u stacionarnom stanju relativno velike, što utiče na uvećanje gubitaka u mašini. Pri projektovanju prigušnog namotaja se ova pojava treba uvažiti.

Dalje usavršavanje izloženog algoritma treba usmeriti na uvažavanje nesimetričnih struja statora.

6. LITERATURA

- [1] J. Bacher, G. Maier „The Shielding Effect of the built in Damper Cage in a Synchronous Machine“, ICREPQ'04, Barcelona, 2004.
- [2] J. Matsuki, T. Katagi, T. Okada, „Damper windings phenomenon of synchronous machines during system oscillation“, IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol 9, No. 2, 2. June 1994.
- [3] L. Piotrovski „Električne mašine“, Tehnička knjiga, Zagreb, 1974.
- [4] I. Boldea „Synchronous generators“, Taylor & Francis, New York, 2005.

Kratka biografija:



Aleksandar Mrkonjić rođen je u Jesenicama 1985. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Energetska elektronika i električne mašine odbranio je 2010. god.

Dejan Reljić je magistrirao na Fakultetu tehničkih nauka 2006. godine, gde je zaposlen kao asistent.

Veran Vasić je doktorirao na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu 2001. Zaposlen je na Fakultetu tehničkih nauka kao vanredni profesor.

SLUČAJNA ŠETNJA PO GRAFU SA PRIMENOM U BEŽIČNIM SENZORSKIM MREŽAMA

APPLYING RANDOM WALK ON GRAPH ON WIRELESS SENSOR NETWORKS

Vladimir Harviljčak, Čedomir Stefanović, Dragana Bajić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – Prikazano je kako se bežične senzorske mreže mogu predstaviti preko grafa. Dati su modeli za kreiranje matrice povezanosti, kao i algoritmi za kreiranje matrice prelaza. Simulacije za poređenje algoritama su rađene u programskom paketu Matlab.

Abstract – This paper shows how graph can represent wireless sensors networks. Several models for creating connectivity matrix, and several algorithms for creating transition probability matrix are given. Simulation for comparing algorithms has been performed in Matlab software.

1. UVOD

I pored toga što se bežične mreže istražuju preko tri decenije, njihova posebna kategorija, bežične senzorske mreže je potpuno nova. Bežične senzorske mreže predstavljaju realizaciju namenskih mreža, sastavljenih od velikog broja međusobno povezanih i resursno ograničenih senzorskih uređaja. Tek poslednjih nekoliko godina se ulažu velika sredstva u istraživanje i razvoj ove oblasti. Cena i veličina hardverskog dela čvora je svedena na zadovoljavajući nivo, pa je ostalo usavršavanje samo softverskog dela.

Bežične senzorske mreže se mogu predstaviti pomoću grafa, na osnovu kog se onda vrši dizajn komunikacionih protokola i algoritama. Postoji nekoliko modela grafa (*Erdős and Rény*, *Regular lattice*, *Scale-free* i *Geometric random graph*) koji služe za modelovanje bežičnih mreža. U ovom radu su opisani algoritmi na osnovu kojih se kreira matrica prelaza. Na osnovu te matrice se dalje projektuju algoritmi za rutiranje. Izvršeno je poređenje pet najznačajnijih algoritama (*Random Walk*, *Maximiu Degree*, *Metropolis Hastings*, *FMMC*).

2. MODELI MREŽNOG GRAFA

Sa pogleda topološke organizacije mreže, svaka mreža može biti predstavljena kao skup tačaka i grana (graf), pri čemu tačke predstavljaju čvorove, a grane predstavljaju linkove između čvorova. Dve tačke na grafu su povezane ako u mreži postoji link između dva čvora, koji odgovaraju tim tačkama.

Kao što je pomenuto, postoje nekoliko modela grafa koji služe za modelovanje bežičnih mreža.

NAPOMENA:

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

Erdős and Rény random graph se formira tako što se na graf od N (broj čvorova u mreži) tačaka doda L (broj linkova u mreži) grana između nasumice izabranih tačaka. Naravno, ovakav model ne odgovara realnoj situaciji jer se kod kreiranja ovog grafa ne uzima u obzir rastojanje dve tačke, a od njega najviše zavisi da li će čvorovi biti povezani ili ne.

Regular lattice graph model grafa, je model grafa kod koga se prvo tačke rasporede u pravilnu rešetku pa se onda dodaju grane tako da su dve susedne tačke povezane sa verovatnoćom povezanosti p . Nedostatak ovakvog grafa je što položaj čvorova u bežičnim mrežama ne odgovara rasporedu tačaka koji zahteva ovaj model grafa. *Scale-free graph* predstavlja model grafa kod kog raspodela stepena čvorova ne zavisi od veličine mreže. Graf se kreira tako da se dodaje jedna po jedna tačka i povezuje sa fiksnim brojem prethodno postavljenih tačaka izabranih na slučajan način sa verovatnoćama proporcionalnim njihovim *degree*-ovima. Predstavljanje mreže pomoću ovog modela odgovara socijalnim mrežama ili mrežama koje je kreirao čovek, a nikako bežičnim mrežama sa uniformnom raspodelom čvorova, koje su nam najinteresantnije.

Geometric random graph modelom se najbolje mogu predstaviti mreže kod kojih su čvorovi raspoređeni na određenoj geografskoj površini. Kod ovakvog grafa postojanje grana (linkova) zavisi od rastojanja između tačaka i izražena je lokalna korelisanost grana.

2.1. Pathloss geometric random graph model

Pathloss geometric random graph model se bazira na činjenici da verovatnoća postojanja linka u bežičnim mrežama zavisi od kvaliteta radio-komunikacije između dva čvora. Ako pretpostavimo da za dobar prijem poruke, nivo radio-signala mora biti veći od neke minimalne vrednosti P , onda čvor i (čvor koji šalje signal) je povezan sa svim čvorovima j kod kojih je nivo signala veći od te minimalne vrednosti. Kod ovog modela verovatnoća postojanja grane između dve tačke je data izrazom (1.)

$$p(r_{ij}) = \begin{cases} 1, & 0 < r_{ij} \leq 1 \\ 0, & r_{ij} > 1 \end{cases} \quad (1.)$$

2.2. Longnormal geometric random graph model

Zbog prirode prostiranja radio-talasa varijacije u radio-signalu (snazi signala) u različitim čvorovima na istim rastojanjima od izvora su nezavisne i slučajne. Snaga primljena u čvoru j od čvora i koji se nalaze na rastojanju r_{ij} prema *longnormal* modelu data je izrazom (2.)

$$10 \log_{10}(P(r_{ij})) = 10 \log_{10}(P_a(r_{ij})) + x \quad (2.)$$

Da bi eliminisali parametre koji nisu interesantni za naša ispitivanja vrši se normalizacija promenljivih na sledeći način :

$$\hat{r}_{ij} = \frac{r_{ij}}{R} - \text{normalizovano rastojanje,}$$

$$\hat{P}\left(\hat{r}_{ij}\right) = \frac{P(r_{ij})}{p} - \text{normalizovana snaga.}$$

Zamenom ovih veličina u izraz (2.) dobijamo sledeći izrazi :

$$10 \log_{10} \left(\hat{P}\left(\hat{r}_{ij}\right) \right) = 10 \log_{10} \left(\hat{r}_{ij}^{-\eta} \right) + x \quad (3.)$$

Uslov za ispravan prijem radio-signal na normalizovanom rastojanju je da normalizovana snaga bude veća od 1, tj. da bude veća od 0 dB. Verovatnoća da su dva čvora povezana tada iznosi :

$$P(r_{ij}) = \frac{1}{2} \left[1 - \operatorname{erf} \left(\sqrt{\frac{\log(\hat{r}_{ij})}{\xi}} \right) \right], \xi = \frac{\sigma}{\eta} \quad (4.)$$

3. SLUČAJNA ŠETNJA PO GRAFU

3.1. Konvergencija ka stacionarnoj raspodeli

Markovljev lanac je stohastički proces $\{X_t : t \in T\}$ ako za bilo koji vremenski trenutak $t_1 < t_2 < \dots t_n \in T$ i proizvoljne vrednosti $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ važi:

$$P[X_{t_n} \leq x_n | X_{t_{n-1}} = x_{n-1}, \dots, X_{t_1} = x_1] = P[X_{t_n} \leq x_n | X_{t_{n-1}} = x_{n-1}] \quad (5.)$$

Brzina konvergencije Markovljevog lanca ka stacionarnom stanju se naziva *mixing time*, a zavisi od matrice prelaza. Pošto postoji više algoritama za kreiranje matrice prelaza, imamo i različite brzine konvergencije ka stacionarnoj raspodeli. *Mixing time* je definisan izrazom (6.)

$$\frac{1}{\log\left(\frac{1}{\mu}\right)} - \text{mixing time} \quad (6.)$$

Ovde bi bilo dobro naglasiti još jednom da se matrica povezanosti formira na osnovu jednog od gore pomenutih modela za predstavljanje bežičnih mreža pomoću grafova, a onda se na osnovu te matrice formira matrica prelaza pomoću algoritama opisanih u nastavku

3.2. Algoritmi za kreiranje matrice prelaza

Random Walk algoritam možemo opisati kao prost proces koji posećuje tačke na grafu na slučajan način. Proces počinje iz slučajne tačke i , a sledeća tačka se bira na uniforman slučajan način od skupa susednih tačaka. Verovatnoća prelaza u susednu tačku zavisi od *degree*-a tačke i i to na sledeći način :

$$p_{ij}^{rw} = \begin{cases} \frac{1}{d_i}, & \text{ako postoji link između } i \text{ i } j \wedge i \neq j \\ 0, & \text{inače} \end{cases} \quad (7.)$$

Maximum-degree algoritam kreira matricu prelaza tako što se prvo izračuna *degree* za svaku tačku, pa se onda uzme maksimum od tih *degree*-ova i kreira matrica prelaza na osnovu izraza (8.)

$$p_{ij}^{md} = \begin{cases} \frac{1}{d_{\max}}, & i \neq j \wedge \text{postoji link između } i \text{ i } j \\ 1 - \frac{d_i}{d_{\max}}, & i=j \\ 0, & \text{inače} \end{cases} \quad (8.)$$

Metropolis-Hastings algoritam određuje verovatnoće prelaza modifikacijom verovatnoća prelaza dobijenih *Random Walk* algoritmom.

$$p_{ij}^{mh} = \begin{cases} \min \left\{ \frac{1}{d_i}, \frac{1}{d_j} \right\} & (i, j) \in \varepsilon \wedge i \neq j \\ \sum_{(i,k) \in \varepsilon} \max \left\{ 0, \frac{1}{d_i} - \frac{1}{d_k} \right\}, & i = j \\ 0, & (i, k) \notin \varepsilon \end{cases} \quad (9.)$$

Random Weight Distribution je kompletno decentralizovan algoritam koji podešava verovatnoće prelaza tako da omoguću efikasno uniformno odabiranje pomoću slučajne šetnje. Pseudo kod za *Random Weight Distribution* algoritma izgleda ovako:

```

U svakom čvoru i:
    Inicijalizacija
    N:=Γ(i)
    δ:=Quantum
    pii=1-di/ρ
    foreach j ∈ Γ(i)
        pij=1/ρ
    end foreach
    Random Weight Distribution
    while pii≥δ and N≠{0}
        j:=random(N)
        reply:=send_mesg(j, INCREASE)
        if reply = ACK then
            pij= pij+ δ
            pii= pii- δ
        else
            N:=N-j
        end if
    end while

mesg:=receive()
j:=get_sender(mesg)
type:=get_type(mesg)
if pii≥ δ and type=INCREASE than
    pij= pij+ δ
    pii= pii- δ
    reply:=ACK
else
    reply:=NACK
endif

```

3.3. Fastest Mixing Markov Chani

Fastest Mixing Markov Chani algoritam podrazumeva simetričnu slučajnu šetnju na povezanom grafu.

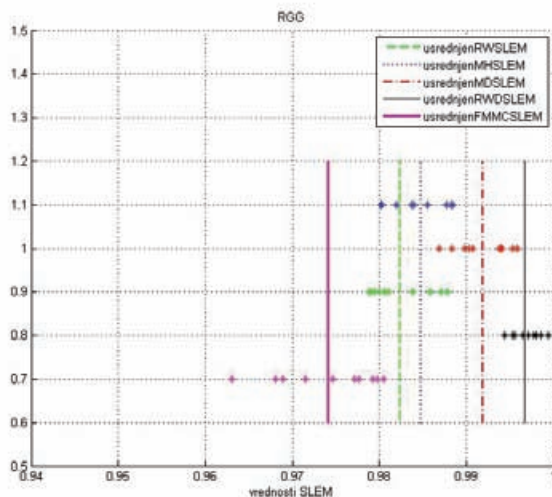
$$\begin{aligned} & \text{minimize } \mu(P) \\ & \text{subject to } P \geq 0, \quad P1 = 1, \quad P = P^T \\ & \quad P_{ij} = 0, \quad (i, j) \notin \varepsilon \end{aligned}$$

Ovako izgleda *Fastest Mixing Markov Chain* problem. Ovaj problem se dalje prevodu u SDP formu i rešava primenom SDP teorije.

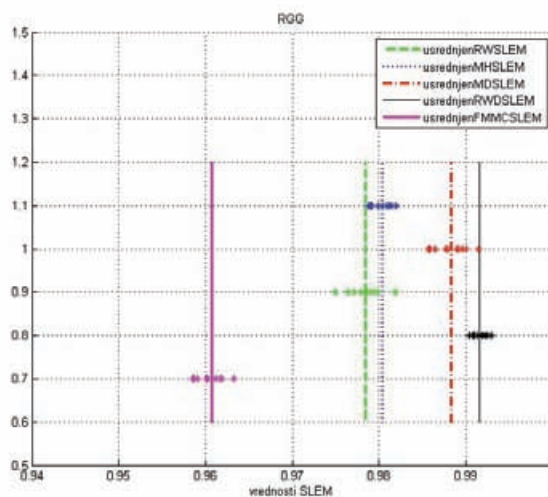
$$\begin{aligned} & \text{minimize } s \\ & \text{subject to } -sI \leq P - \frac{1}{n}11^T \leq sI \\ & \quad P \geq 0, \quad P1 = 1, \quad P = P^T \\ & \quad P_{ij} = 0, \quad (i, j) \notin \varepsilon \end{aligned}$$

4. SIMULACIONI REZULTATI

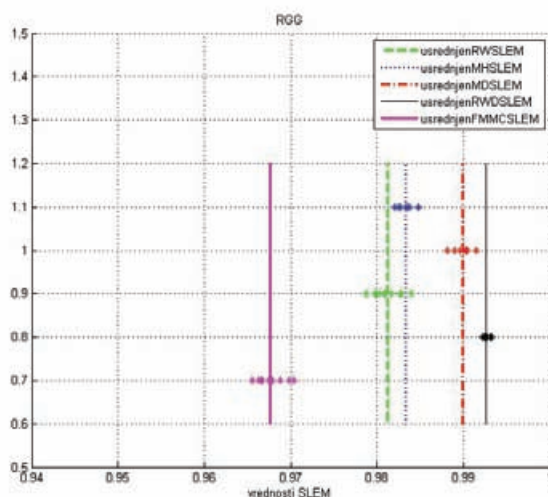
U ovoj glavi ćemo uporediti *SLEM*-ove dobijene primenom algoritama opisanih u prethodnoj glavi.



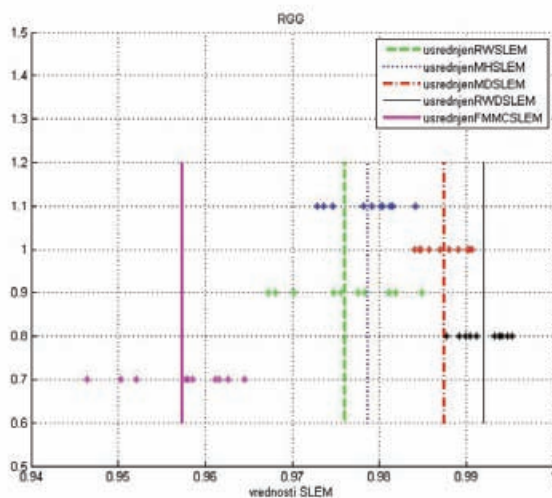
Slika 1. Rezultati simulacije N=100 tačaka



Slika 3. Rezultati simulacije N=300 tačaka



Slika 4. Rezultati simulacije N=400 tačaka



Slika 2. Rezultati simulacije N=200 tačaka

Tabela 1.

Broj tačaka=500, a rastojanje=0.1000		
RGG	Sr.Vr.SLEM	Varijansa
RW	0.9914	0.0012
MH	0.992	0.0008
MD	0.9954	0.0007
RWD	0.997	0.0005
LRGG1		
RW	0.9873	0.0015
MH	0.9885	0.0009
MD	0.9932	0.0008
RWD	0.9956	0.0006
LRGG2		
RW	0.9614	0.004
MH	0.969	0.002
MD	0.98	0.0021
RWD	0.9861	0.0014

Tabela 2.

Broj tačaka=1000, a rastojanje=0.1000		
RGG	Sr.Vr.SLEM	Varijansa
RW	0.9893	0.0008
MH	0.9901	0.0004
MD	0.9936	0.0006
RWD	0.9948	0.0003
LRGG1		
RW	0.9843	0.0012
MH	0.9862	0.0006
MD	0.9907	0.0008
RWD	0.9923	0.0004
LRGG2		
RW	0.9579	0.0033
MH	0.9654	0.0016
MD	0.9757	0.0018
RWD	0.9791	0.0012

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu su opisani algoritmi za kreiranje matrice prelaza, na osnovu koje se dalje projektuju algoritmi za rutiranje. Opisano je pet najznačajnijih algoritama i izvršeno je poređenje rezultata dobijenih primenom svakog od njih.

Iako je *Random Weight Distribution* algoritam jedan od najsloženijih, rezultati koji se dobijaju primenom tog algoritma nisu ni približno zadovoljavajući. Prilično prost algoritam ali sa rezultatima sličnim *RWD* algoritmu je *Maximum-Degree* algoritam. *Metropolis-Hastings* algoritam se našao u samoj sredini po pitanju oba kriterijuma (rezultata i kompleksnosti). *Random Walk* algoritmom su postignuti rezultati bolji od očekivanih. Po kompleksnosti jako prost algoritam, a po rezultatima najbliži *FMMC* algoritmu, ovaj algoritam zaslužuje visoko mesto u ovom poređenju.

Najkompleksniji sa najboljim rezultatima je definitivno *FMMC*. Njegova kompleksnost je ujedno i njegova mana, pa tako za 500 i 1000 tačaka, primenom ovog algoritma nije moguće odrediti *mixing time*.

6. LITERATURA

- [1] Edgar H.Callawey, Jr., *Wireless Sensor Networks- Architectures and Protocols*, CRC Press, 2004.
- [2] Ivan Stojmenović, ed, *Handbook of Sensor Networks- Algorithms and Architectures*, University of Ottawa, John Wiley & Sons, Inc., 2005.
- [3] *Getting Started Guide 7430-0022-07*, Revision A, Crossbow Technology, Inc., 2005.
- [4] Joseph Robert Polastre, "A Unifying Link Abstraction for Wireless Sensor Networks", University of California, Berkeley, 2005.
- [5] <http://cvxr.com/cvx/>

Kratka biografija:

Vladimir Harviljčak rođen je u Vrbasu 1982. god.

Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Telekomunikacije odbranio je 2010.god.

Čedomir Stefanović rođen je 1976.godine u Novom Sadu.

Magistrirao je na fakultet tehničkih nauka 2001. god. i sada je u zvanju asistenta na istom fakultetu.

Dragana Bajić rođena je u Beogradu 1961. Doktorirala je na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu 1995. god., a od 2006 je zvanju redovni profesor.

IMPLEMENTACIJA EMV STANDARDA NA JAVA CARD SMART KARTICAMA IMPLEMENTATION OF EMV STANDARD FOR SMART CARDS USING JAVA CARD TEHNOLOGY

Marko Vranjković, Milan Vidaković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – Ovaj rad se bavi analizom i implementacijom EMV standarda na Java Card smart karticama. Za implementaciju aplikacije korišćena je JavaCard 3.0.2. biblioteka. Za testiranje je korišćen cref emulator. Specifikacija sistema je predstavljena upotrebom UML dijagrama. Implementacija sistema je izvršena u programskom jeziku Java.

Abstract – This paper demonstrates the implementation of EMV standard using Java Card technology. Library used for the implementation of application is JavaCard 3.0.2. Cref emulator is used for testing. Specification of the system is presented using UML diagrams. Implementation of the system is done in the Java programming language

Ključne reči – EMV, Java, Java Card, Smart Cards, Integrated Circuit Card, Cref, Application Cryptogram, Electronic Purse, Electronic Wallet, Financial Transaction, SDA Off-line Authentication, Issuer Public Key Certificate.

1. UVOD

Ekspanzija interneta i bežičnih telekomunikacija drastično je promenila načine kako komuniciramo sa drugim ljudima. Tradicionalni načini kupovine postepeno se zamenjuju on-line kupovinom, gde se transakcija završava sa svega par klikova mišem. Rapidni napredak elektronskog poslovanja otvorio je nove mogućnosti komunikacije između prodavaca i kupaca. Potrebno je bilo zadržati isti nivo poverenja i sigurnosti poslovanja koji je postojao kod tradicionalnog (*face-to-face*) načina. Smart kartice ispunjavaju ove uslove. Sigurnosni mehanizmi i portabilnost smart kartica pružaju siguran, pouzdan i efektivan način elektronskog poslovanja, kao i široku mogućnost kreiranja novih aplikacija.

Smart kartice, ili kako ih drugačije nazivamo kartice sa integrisanim čipom (*Integrated Circuit Card*), iste su veličine kao i kreditne ili debitne magnetne kartice.

Za razliku od magnetnih kartica, one poseduju mogućnost procesiranja podataka, ali i niz drugih prednosti, kao što su povećana sigurnost, portabilnost i lakoća korišćenja.

NAPOMENA:

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

Komunikacija između smart kartice i host aplikacije koja se nalazi na terminalu, odvija se uz pomoć APDU (*Application Protocol Data Units*) protokola. Poruke koje se razmenjuju između njih sadrže, ili komandu host aplikacije, ili odgovor kartice. Komunikacija između hosta i kartice odvija se po modelu *master-slave*. Kartica je uvek u pasivnom položaju i čeka na APDU komandu host aplikacije. Kada je primi, izvršava instrukcije iz komande i šalje APDU odgovor [3].

2. JAVA CARD

Java Card tehnologija omogućuje programima napisanim u Java programskom jeziku da se izvršavaju na smart karticama i drugim uređajima sa ograničenim resursima. Zbog svoje ograničenosti u korišćenju memorije Java Card platforma podržava samo određeni, pažljivo odabran, podskup Java jezika. Aplikacije napisane za Java Card platformu nazivaju se apleti (*applet*).

Java Card *Runtime Environment* (JCRE) se sastoji od komponenti koje funkcionišu unutar smart kartice. JCRE je odgovoran za rukovanje memorijom, mrežnu komunikaciju, izvršavanje apleta, kao i za bezbednost celokupnog sistema na kartici. On predstavlja spregu između hardvera i nativnog operativnog sistema sa jedne strane, i aplikacija u vidu apleta sa druge.

2.1. Java Card Apleti

Apletom se naziva svaka klasa koja nasleđuje *javacard.framework.Applet*. Svaki aplet je jedinstveno identifikovan sa aplikacionim identifikatorom (AID). Životni ciklus apleta počinje kada se registruje sa *Applet.register* metodom i traje sve dok ne bude obrisan od strane *Applet Deletion Managera*-a. JCRE komunicira sa apletom preko njegovih javnih metoda: *install*, *select*, *deselect* i *process*. JCRE poziva nabrojane metode u sledećim slučajevima [1]:

- *install* – metoda se koristi za kreiranje instance apleta i njegovu registraciju.
- *select* – metoda se poziva kada JCRE primi *SELECT* APDU komandu sa AID-om apleta.
- *deselect* – Pre poziva metode *select*, JCRE treba da deselektuje aplet koji je u datom momentu selektovan. To se vrši pozivom njegove metode *deselect*.
- *process* – Sve APDU komande prihvata JCRE. Nakon toga vrši se njihovo preprocesiranje i kreira se instanca klase APDU koja se prosleđuje *process(APDU)* metodi trenutno selektovanog apleta.

3. EMV STANDARD

EMV (*Europay, MasterCard i Visa*) predstavlja standard za kreditne i debitne smart kartice. Standard se sastoji od niza specifikacija koji definišu način komunikacije i međusobne saradnje između EMV čip kartica i uređaja za prijem takvih kartica, kao što su POS terminali (*Terminal at Point Of Service*) i ATM (*Automated Teller Machine*) uređaji. Osnovni cilj standarda je da se omogući interoperabilnost kartica i terminala na globalnom nivou.

3.1. EMV Transakcija

Stavljanjem smart kartice u uređaj za čitanje kartica, počinje sesija kartice, koja se završava vađenjem kartice iz uređaja. Faze sesije kartice su:

1. Ubacivanje kartice u uređaj
2. Resetovanje kartice i uspostavljanje komunikacije između kartice i terminala
3. Izvršavanje transakcije
4. Odstranjivanje kartice iz uređaja

U drugoj fazi terminal šalje reset signal na koji kartica odgovara sa ATR (*Answer To Reset*) porukom. Kada se uspostavi inicijalni dogovor (*handshake*) kartice i terminala o korišćenom protokolu za prenos podataka prelazi se na fazu izvršavanja transakcije.

Tok transakcije bi se mogao podeliti na sledeće faze [2]:

1. Selekcija aplikacije (*Application selection*)
 2. Procesne opcije (*Get processing options*)
 3. Off-line autentikacija kartice (*Off-line data authentication*)
 4. Procesne restrikcije (*Processing restrictions*)
 5. Verifikacija vlasnika (*Cardholder verification*)
 6. Upravljanje rizikom (*Terminal Risk Management*)
 7. Autorizacija transakcije
- *Terminal action analysis*
 - Generisanje kriptograma aplikacije (GENERATE AC)
 - *Card action analysis*
8. On-line procesiranje transakcije i autentikacija izdavaoca kartice (*On-line processing and Issuer authentication*)
 9. Procesiranje skriptova (*Script processing*)

Aplikacija se selektuje uz pomoć SELECT APDU komande koja sadrži odgovarajući AID. Transakcija počinje slanjem komande GET PROCESSING OPTIONS.

Ukoliko je komanda uspešno obrađena od strane aplikacije, kartica je inicializovana za početak nove transakcije. Kartica kao odgovor vraća AIP (*Application Interchange Profile* tag 82) i AFL (*Application File Locator* tag 94), objekte koji su neophodni za uspešno izvršenje transakcije.

Off-line autentikacija kartice ima za svrhu proveru autentičnosti podataka upisanih u karticu. Postoje tri vrste off-line autentikacije:

- off-line SDA (*Static Data Authentication*)
- off-line DDA (*Dynamic Data Authentication*)
- off-line DDA u kombinaciji sa generisanjem kriptograma aplikacije (*Application Cryptogram*)

Uloga procesnih restrikcija je da se utvrdi u kojoj meri su aplikacije kartice i terminala kompatibilne, poređenjem određenih podataka iz ova dva entiteta. U fazi verifikacije vlasnika terminal utvrđuje da li je osoba koja pristupa terminalu i osoba koja je legitimni vlasnik kartice. Najčešće se upotrebljava verifikacija uz pomoć PIN (*Personal Identification Number*) koda.

U fazi autorizacije transakcije terminal na osnovu rezultata procesiranja transakcije, i podataka iz kartice i samog terminala, odlučuje da li da se transakcija odobri off-line, odbije off-line ili pošalje na on-line autorizaciju. Na osnovu donete odluke, šalje se tip kriptograma koji želi da se dobije sa GENERATE AC APDU komandom. Kartica može, nakon svog upravljanja rizicima, da prihvati poslati tip transakcije, odabere restriktivniji tip, ili odbije transakciju.

Ukoliko je kriptogram koji je kartica generisala tipa ARQC (*Authorization Request Cryptogram*), to terminalu govori da je potrebno da se autorizacija transakcije izvrši on-line, odnosno da je potrebno poslati transakciju izdavaču na analizu.

Procesiranje transakcije on-line omogućava izdavaču da izvrši izmene nekih podataka na kartici unetih u fazi presonalizacije. Primer predstavljaju promene: PIN koda, statusa PIN-a, kriptografskih parametara ili datuma važenja kartice. Izdavač takođe može da promeni status trenutne aplikacije, ali i kartice komandama BLOCK APPLICATION, UNBLOCK APPLICATION i CARD BLOCK.

4. EMV PURSE APLIKACIJA

Aplikacija za smart karticu EMV Purse predstavlja elektronski novčanik. Nakon svake uspešne transakcije, balans na kartici se umanjuje za odgovarajuću sumu. Aplikacijom su realizovane sledeće stvari:

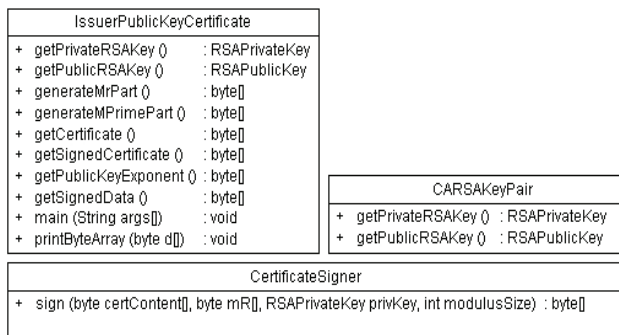
- promena balansa nakon svake uspešne transakcije
- SDA off-line autentikacija
- verifikacija korisnika uz pomoć nekriptovanog PIN koda
- generisanje jedinstvenog kriptograma za svaku transakciju
- upravljanje rizicima na kartici

5. SPECIFIKACIJA

EMV Purse podržava skup od šest ADPU komandi: SELECT, GET PROCESSING OPTIONS, READ RECORD, GET DATA, VERIFY i GENERATE AC. Svaka od komandi predstavlja pojedinačan slučaj korišćenja.

EMV Purse sadrži četiri paketa: *emvdemo*, *emvcert*, *util* i *constants*. Dijagrami klasa će biti prikazana za prva dva

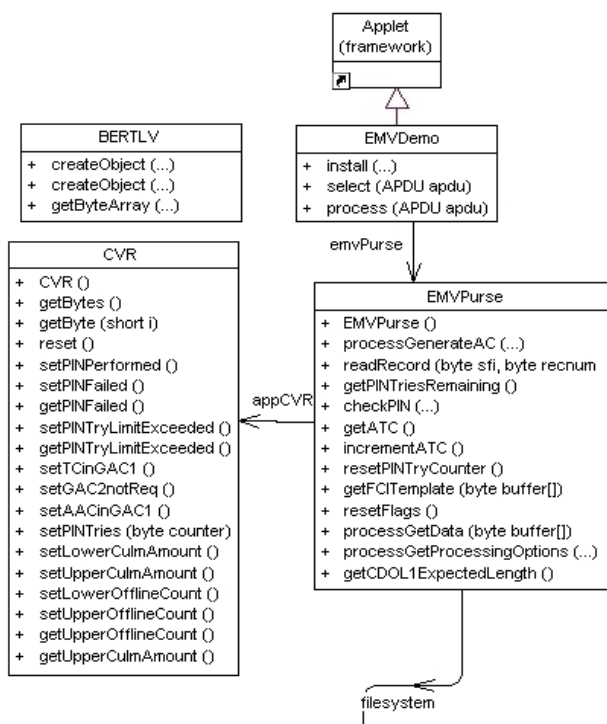
paketa. Druga dva predstavljaju pomoćne pakete, *constants* sadrži potrebne konstante za EMV, tagove, *sequence flag* i ostalo, dok *util* sadrži pomoćne metode, kao što su na primer prebacivanje heksa stringa u niz bajtova i obrnuto. Na Slici 1. prikazan je dijagram klasa paketa *emvcert*.



Slika 1. Dijagram klasa paketa *emvcert*

Klasa *CARSAKeyPair* predstavlja RSA ključ *Certificate Authority*-a (CA), kojim će se potpisati javni sertifikat izdavača, sadržan u klasi *IssuerPublicKeyCertificate*. Potpisivanje se vrši privatnim ključem CA uz pomoć klase *CertificateSigner*, tačnije njene statičke metode *sign* koja kao jedan od parametara prima javni sertifikat u vidu niza bajtova. *IssuerPublicKeyCertificate* klasa sadrži sve potrebne podatke za potpisivanje, kao i podatke potrebne za SDA autentikaciju.

Na slici 2. prikazan je dijagram klasa paketa *emvdemo*.



Slika 2. Dijagram klasa paketa *emvdemo*

Zbog štednje prostora, izostavljene su povratne vrednosti, kao i parametri nekih metoda i deo koji predstavlja EMV *filesystem*. Klasa *EMVDemo* nasledjuje *Applet* klasu i

njena uloga je da prihvata pristigle APDU komande. Jedan od njenih atributa je *emvPurse*, instanca *EMVPurse* klase. Kada prihvati komandu, *EMVDemo* prvo proverí validnost pristigle komande. Ukoliko je ona ispravna, poziva se odgovarajuća metoda instance klase *EMVPurse*

EMVPurse klasa sadrži sve potrebne metode za obradu podržanih APDU komandi. U nju je smešten i javni sertifikat izdavača u vidu niza bajtova. Kao atribut pojavljuje se i *fileSystem* instanca klase *EMVFileSystem* kojom je predstavljena organizacija datoteka. CVR (*Card Verification Results*) klasa služi za smeštanje rezultata upravljanja rizicima (*risk management*) kartice.

6. IMPLEMENTACIJA

Implementacija može da se podeli na tri dela: pisanje izvornog koda za deo van kartice i za deo na kartici, i pisanje skript scenarija. Izvorni kod van kartice pisan je u okviru platforme Java SE 6, dok je kod za karticu pisan korišćenjem Java Card 3 tehnologije. Skript scenario predstavlja niz APDU komadni koje će biti poslate kartici i uz pomoć kojih će se simulirati komunikacija kartice sa terminalom. Kao razvojno okruženje za pisanje koda korišćen je *Eclipse SDK 3.2*.

Deo koda koji ne ide na karticu predstavljen je *emvcert* paketom. Njegova uloga je da generiše nizove bajtova koji će predstavljati javni sertifikat i potpisane podatke. Ovi nizovi bajtova će biti upisani u instancu *EMVPurse* klase kao statički atributi.

Deo koda namenjen kartici implementiran je u sklopu paketa *emvdemo*. Ovaj deo koda realizuje *EMVPurse* aplikaciju. Inicijalizacija aplikacije vrši se u konstruktor klase *EMVPurse*. Konstruktor se poziva u sklopu *install* metode *EMVDemo* apleta. U fazi korišćenja aplikacije, svaka pristigla APDU poruka dostavlja se apletu *EMVDemo* preko njegove metode *process*. Poruka je predstavljena u vidu instance klase *APDU*. Tačnije, sam sadržaj poruke smešten je u bafer (niz bajtova) *APDU* klase. Ukoliko je poruka validna, šalje se dalje na procesiranje instanci *EMVPurse* klase.

U slučaju komande *GENERATE AC*, povećava se broj transakcija kartice metodom *incrementATC*, generiše se kriptogram i kartica vrši upravljanje rizicima. Upravljanjem rizicima se proverava da li se određeni događaj desio u toku transakcije, ili da li će možda dozvoljene novčane sume biti prekoračene nakon ove transakcije (npr. uspešan unos PIN-a je izvršen, gornji kumulativni iznos će biti prekoračen...). Ukoliko se neki od takvih događaja desio, to se beleži u CVR objektu postavljanjem vrednosti odgovarajućeg bita na jedan. Na osnovu upravljanja rizicima, kartica odlučuje da li prihvata odabranu vrstu transakcije ili bira restriktivniju.

Odgovor kartice, na sve poruke, upisuje se u bafer *APDU* objekta i šalje se JCRE-u, koji ga dalje prosleđuje host aplikaciji.

7. ZAKLJUČAK

U cilju olakšavanja trgovine u budućnosti i veće fleksibilnosti novčanih transakcija, aplikacije poput EMV

Purse postaju sve neophodnije radi boljeg funkcionisanja svetskog tržišta.

Java Card tehnologija na jednostavan i efikasan način omogućava kreiranje aplikacija za smart kartice. Svrha EMV standarda je da obezbedi interoperabilnost između kartica i terminala širom sveta. Raširenost EMV standarda i lakoća pisanja aplikacija na Java Card platformi, čine ih savršenom kombinacijom za razvoj platnih aplikacija za smart kartice. EMV *Purse* predstavlja jednu takvu aplikaciju. Iako po svojoj funkcionalnosti skromna, EMV *Purse* aplikacija prikazuje sve prednosti korišćenja navedenih tehnologija.

8. LITERATURA

[1] Sun Microsystems, *Runtime Environment Specification Java Card™ Platform, Version 3.0.1 Classic Edition*, 2009

[2] Cristian Radu, *Implementing Electronic Card Payment Systems*, Artech House Publishers, Norwood, 2002, ISBN 1580533051

[3] Chigun Chen, *Java Card Technology for Smart Cards: Architecture and Programmer's Guide*, Prentice Hall, New Jersey, 2000, ISBN 0201703297

Kratka biografija:

Marko Vranjković rođen je 1984. godine u Novom Sadu. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Računarstvo i automatika – Računarske nauke i informatika, odbranio je 2010. godine.

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

IMPLEMENTACIJA TERMINALSKE APLIKACIJE PO EMV STANDARDU

IMPLEMENTATION OF THE EMV TERMINAL APPLICATION

Veljko Stanišić, Milan Vidaković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj–Ovaj rad se bavi analizom i implementacijom EMV Terminalske aplikacije po EMV 4.2 specifikaciji. Za realizaciju aplikacije korišćena je Java SE. Aplikacija komunicira sa JavaCard aplikacijom EMV Purse i demonstrira upotrebnu moć smart kartica.

Abstract – This paper does the analysis and implementation of the EMV Terminal application in compliance with the EMV 4.2 standard. Java SE was used for implementation of the application. The application communicates with the EMV Purse JavaCard application and demonstrates the usability of smart cards.

Ključne reči – EMV, Java, JavaCard, Smart Cards, ATM, POS Terminal, Issuer Public Key, Application Cryptogram.

1. UVOD

EMV predstavlja standard za kreditne i debitne kartice sa integrisanim čipom iliti čip-kartice (ICC – *Integrated Circuit Card*). Ova vrsta kartica poseduje ugrađeni mikroprocesor zahvaljujući kome je povećan nivo bezbednosti, smanjena mogućnost zloupotrebe i omogućene su brojne druge funkcije koje tradicionalne magnetne kartice nisu posedovale.

EMV standard se sastoji od niza specifikacija koji definišu način komunikacije i međusobne saradnje između EMV čip kartica i uređaja za prijem takvih kartica, kao što su POS terminali (*terminal at Point Of Service*) i ATM-ovi (*Automated Teller Machine*) [1]. Osnovni cilj standarda je da se omogući interoperabilnost kartica i terminala na globalnom nivou.

Poštovanje standarda garantuje proizvođačima, kao i korisnicima kartica upotrebnu moć njihovog proizvoda širom sveta, odnosno gde god postoji komplementarna infrastruktura izvedena takođe po EMV standardu.

2. EMV TRANSAKCIJA

Tradicionalne magnetne kartice obično nose dva podatka, broj kartice i datum do kojeg kartica važi, a koji se prilikom finansijskih transakcija procesiraju radi dokaza validnosti. Transakcije vezane za čip kartice, međutim, uključuju brojne informacije koje međusobno razmenjuju

kartica i terminal, kao i terminal i banka koja je postavila terminal, a u cilju povećanja bezbednosti transakcije.

2.1. Tok transakcije

Terminalska i aplikacija kartice komuniciraju razmenom ADPU komandi i odgovora po klijent/server modelu. Klijenta u ovom slučaju predstavlja terminalska aplikacija i obraća se serverskoj aplikaciji koja se nalazi na kartici. Terminal inicira komunikaciju šaljući prvu komandu. Komanda se procesira na kartici, koja generiše odgovor i taj odgovor zajedno sa statusom izvršenja komande šalje nazad terminalu. Terminalska aplikacija dalje procesira podatke prosledene od strane kartice u okviru odgovora, kao i statusne reči koje su takođe deo odgovora. U slučaju greške ili neočekivanog ponašanja vrednost statusnih reči određuje kod greške. U slučaju da je proces prošao bez greške vrednosti SW1 i SW2 su 90 i 00 respektivno. Opisani proces odvija se iterativno za sve komande iz niza komandi od kojeg se i sastoji terminalska aplikacija.

Tok transakcije bi se mogao podeliti na sledeće faze:

1. Selekcija aplikacije (*Application selection*)
2. Procesne opcije (*Get processing options*)
3. Off-line autentikacija kartice (*Off-line data authentication*)
4. Procesne restrikcije (*Processing restrictions*)
5. Verifikacija vlasnika (*Cardholder verification*)
6. Upravljanje rizikom (*Terminal Risk Management*)
7. Autorizacija transakcije
 - *Terminal action analysis*
 - Generisanje kriptograma aplikacije (GENERATE AC)
 - *Card action analysis*
8. On-line procesiranje transakcije i Autentifikacija izdavaoca kartice (*On-line processing and Issuer authentication*)
9. Procesiranje skriptova (*Script processing*)

2.1.1. Selekcija aplikacije

Kao što je već opisano, čip kartice imaju osobinu da mogu da podrže više aplikacija sa kojima terminalska aplikacija može da interaguje. Terminal sadrži listu aplikacija koje podržava i pre same selekcije, on mora da odredi koju iz pomenute liste čip kartica trenutno podržava. Ovaj proces se sastoji iz kreiranja liste kandidata. Kreiranje ove liste može se obaviti na implicitan način korišćenjem PSE metode ili ako PSE nije

NAPOMENA:

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

podržan, na eksplicitan način koristeći listu AID-a koje podržava.

Kada se odredi bilo od strane terminala, bilo od strane vlasnika kartice, koja će se aplikacija pozvati terminal šalje SELECT APPLICATION komandu. U polju podataka komande naveden je AID izabrane aplikacije.

2.1.2. Procesne opcije

EMV transakcija počinje slanjem komande GET PROCESSING OPTIONS od strane terminala. Ako je komanda uspešno obrađena od strane aplikacije kartice, kartica je inicijalizovana za početak nove transakcije. Kartica u odgovoru vraća AIP (*Application Interchange Profile* tag 82) i AFL (*Application File Locator* tag 94).

2.1.3 Off-line autentikacija kartice

Postoje tri vrste *off-line* autentikacije:

- *off-line* SDA
- *off-line* DDA
- *off-line* DDA u kombinaciji sa generisanjem kriptograma aplikacije (*Application Cryptogram*)

U slučaju *off-line* SDA terminal proverava autentičnost podataka ubačenih u karticu od strane Izdavača kartice (*issuer*). Zahteva proces personalizacije kartice koji obavlja Izdavač pre izdavanja kartice vlasniku: Izdavač potpisuje podatke iz kartice svojim privatnim ključem i upisuje ih u polje *Signed Static Application Data*; Izdavač smešta u karticu CA sertifikat koji sadrži javni ključ Izdavača (*Issuer Public Key Certificate*).

U fazi upotrebe kartice, kada se u toku transakcije inicira *off-line* autentikacija, terminal obavlja sledeće funkcije: Verifikuje sertifikat javnim ključem CA (organizacija koja je izdala sertifikat); iz sertifikata dobavlja javni ključ Izdavača; koristi javni ključ Izdavača da verifikuje *Signed Static Application Data*.

2.1.4 Procesne restrikcije i Verifikacija vlasnika

Cilj ove faze je da se utvrdi u kojoj meri su aplikacije kartice i terminala kompatibilne, poređenjem određenih podataka iz ova dva entiteta. Terminal izvršava sve potrebne operacije u ovoj fazi, dok kartica samo obezbeđuje zahtevane podatke.

U fazi verifikacije vlasnika terminal utvrđuje da li je osoba koja pristupa terminalu i osoba koja je legitimni vlasnik kartice.

2.1.5 Upravljanje rizikom

Upravljanje rizikom (*Terminal Risk Management*) je deo procesa kojim terminal utvrđuje da li želi da procesira transakciju. Može da uključi nekoliko metoda koje za cilj imaju povećanje nivoa bezbednosti prilikom izvršavanja transakcije (Terminal floor limit, Velocity checking, Random transaction selection).

2.1.6 Autorizacija transakcije

U ovoj fazi terminal na osnovu rezultata procesiranja transakcije, i podataka iz kartice i samog terminala odlučuje da li da se transakcija odobri *off-line*, odbije *off-line* ili pošalje na *on-line* autorizaciju. Terminal vrši

poređenje vrednosti dva skupa registara sa vrednostima registra TVR. Oba skupa sadrže po tri registra koji kodiraju pravila po pitanju bezbednosti koja određuju Izdavač i Primalac (*Issuer Action Codes* i *Terminal Action Codes*). Kada terminal, na osnovu ovih poređenja, donese odluku o "sudbini" transakcije, on predlaže kartici akciju slanjem komande GENERATE AC.

2.1.7 On-line procesiranje transakcije

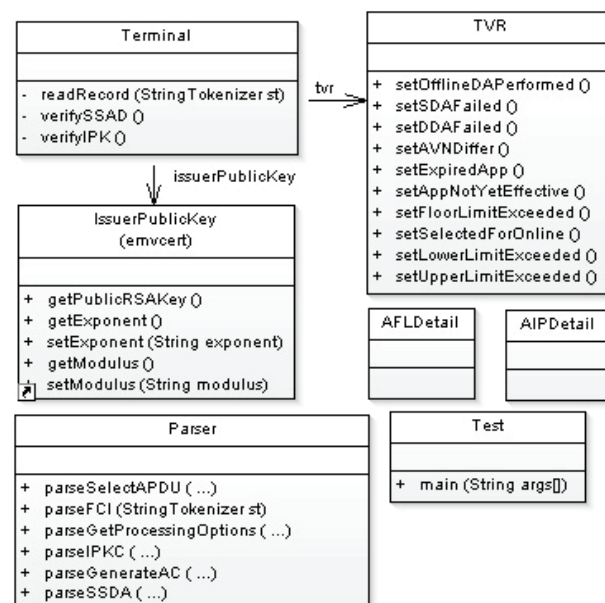
Ukoliko je kriptogram koji je kartica generisala tipa ARQC, to terminalu govori da je potrebno da se autorizacija transakcije izvrši *on-line*, odnosno da je potrebno poslati transakciju Izdavaču na analizu. Terminal šalje poruku kojom zahteva autorizaciju transakcije od strane Izdavača, i koja uključuje ARQC kao i druge podatke vezane za transakciju. Na osnovu ovog kriptograma server Izdavača (*Issuer Host IH*) može da proveriti autentičnost kartice, kao i da izvrši niz drugih provera koje nisu moguće na terminalu (npr. otkrivanje korišćenja ukradene kartice) i donese konačnu odluku na koji način će se transakcija završiti.

2.1.8 Procesiranje skripti

Procesiranje transakcije *on-line* omogućava Izdavaču da izvrši izmene nekih podataka na kartici unetih u fazi presonalizacije. Primer predstavljaju promene: PIN koda, statusa PIN-a, kriptografskih parametara, datuma važenja kartice. Izdavač takođe može da promeni status trenutne aplikacije ali i kartice komandama BLOCK APPLICATION, UNBLOCK APPLICATION i CARD BLOCK.

3. SPECIFIKACIJA

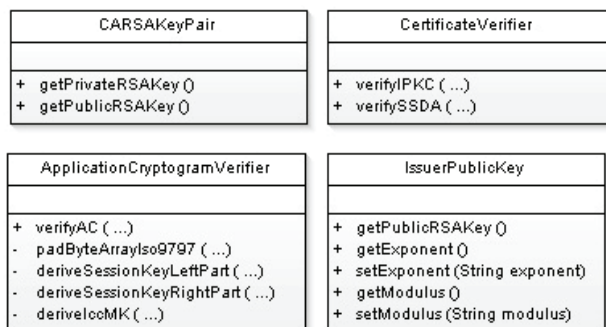
Klase aplikacije organizovane su u sledeće pakete: src, emvcert, forme i util.



Slika 1. Dijagram klasa paketa src

Paket src obuhvata klase koje definišu funkcionalnost aplikacije. Klasa *Terminal* obavlja čitanja odgovora na APDU komande iz datoteke za komunikaciju terminala i

kartice. Na osnovu pročitano, klasa *Terminal* prosleđuje poruku odgovarajućoj komandi klase *Parser*. Ova klasa je zaduzena za parsiranje odgovora i formatiranje rezultata parsiranja za prikaz. Klasa *TVR* opisuje ponašanje i stanje registra *Terminal Verification Results*.



Slika 2. Dijagram klasa paketa *emvcert*

Paket *emvcert* obuhvata klase koje se koriste za verifikacije koje se obavljaju u toku transakcije. *CARSAKeyPair* klasa opisuje sertifikat CA (organizacije za izdavanje sertifikata) koji se koristi za verifikaciju javnog ključa Izdavača. Klasa *IssuerPublicKey* opisuje javni ključ Izdavača koji se koristi za statičku autentikaciju. Metode klase *CertificateVerifier* obavljaju verifikaciju javnog ključa Izdavača, odnosno verifikaciju statičkih podataka aplikacije (*Signed Static Application Data*). Klasa *ApplicationCryptogramVerification* poseduje metode koje se koriste za verifikaciju kriptograma aplikacije.

Klase paketa *forme* predstavljaju GUI aplikacije, odnosno predstavljaju dijaloge (klase nasleđuju *JDialog* iz javinog *swing* paketa) koji vrše prikaz informacija o toku transakcije i omogućavaju interakciju sa korisnikom.

Paket *util* obuhvata dve klase, klasu *Converter* i klasu *CountryCodesMap*. Klasa *Converter* obezbeđuje funkcije potrebne za različite konverzije bajt stringova u stringove koji sadrže heksa-decimanlne vrednosti, i obrnuto. Klasa *CountryCodesMap* poseduje, kao atribut, dve mape koje kodove država i kodove valuta mapiraju na njihove nazive.

4. IMPLEMENTACIJA

Aplikacija EMV Terminal je implementirana u programskom jeziku Java. Kao razvojno okruženje korišćen je Apache Eclipse SDK 3.2.0. Terminalska aplikacija i aplikacija kartice komuniciraju posredstvom *.output* datoteke, koja predstavlja izlaznu datoteku JavaCard Emulatora. U okviru terminalske aplikacije implementirane su metode za čitanje i parsiranje odgovora kao i prikazivanje rezultata korisniku. Od bezbednosnih mehanizama implementirani su *off-line* SDA i verifikacija kriptograma aplikacije, kao i upravljanje rizicima.

4.1 Čitanje i parsiranje odgovora

Početak rada aplikacije označava prikazivanje početnog dijaloga, koji omogućava da se odabere lokacija ulazne datoteke (*defalut.output*) u kojoj se nalazi rezultat rada aplikacije smart kartice. Klasa *Terminal* je zaduzena za

čitanje iz datoteke za komunikaciju i pozivanje metoda klase *Parser*, za parsiranje pročitanih linija koje predstavljaju odgovore kartice na APDU komande terminala. Podržane su komande SELECT, GET PROCESSING OPTIONS, READ RECORD, GET DATA, VERIFY i GENERATE AC.

4.2 Off-line SDA

Da bi izvršio *off-line* SDA, terminal prvo rekonstruiše javni ključ Izdavača. Kada je terminal dobio potrebne objekte za obavljanje procesa verifikacije javnog ključa Izdavača, poziva se metoda klase *Terminal* *verifyIPKC* koja obavlja pripremne radnje i poziva metodu *verifyIPKC* klase *CertificateVerifier*. Ova metoda obavlja algoritam prezentovan u aneksu A2.1 knjige [4] i u slučaju uspešne verifikacije vraća niz bajtova koji sadrži podatke o javnom ključu Izdavača i na osnovu kojih se rekonstruiše sam javni ključ Izdavača.

Nakon dobavljanja Javnog ključa Izdavača u procesu verifikacije, i nakon dobavljanja vrednosti objekta *Signed Static Application Data* čitanjem odgovora kartice, *Terminal* poziva metodu *verifySSAD* u cilju izvršenja Statičke autentikacije podataka. Zatim se poziva metoda *verifySSAD* klase *CertificateVerifier* koja obavlja algoritam prezentovan u aneksu A2.1 knjige [4]. Algoritam se obavlja nad *Signed Static Application Data* korišćenjem Javnog ključa Izdavača. Rezultat izvršenja ove metode predstavlja rezultat SDA.

4.3 Verifikacija kriptograma aplikacije

Rezultat metode *verifyAC* klase *ApplicationCryptogramVerifier* predstavlja rezultat poređenja izračunatog kriptograma i kriptograma poslatog od strane kartice. Prvi se sračunava primenom MAC algoritma opisanog u aneksu A1.2 knjige [4]. U koliko se podudaraju, verifikacija kriptograma aplikacije smatra se uspešnom i on se uzima za dokaz o učestvovanju kartice u transakciji.

5. ZAKLJUČAK

Tržište *smart* kartica se širi i njihova upotrebna vrednost je sve veća i sve očiglednija. EMV Terminalska aplikacija u kombinaciji sa *JavaCard* aplikacijom EMV *Purse* demonstrira prednosti ovakvih kartica čija procesna moć omogućava daleko viši nivo bezbednosti nego do sada korišćene tehnologije. Autentičnost podataka na kartici ostvaruje se uz pomoć *off-line* SDA autentifikacije. Uz pomoć PIN koda vrši se autentifikacija korisnika. Za svaku transakciju generiše se jedinstveni kriptogram čime se postiže neporecivost izvršene transakcije. Kao dodatna mera sigurnosti terminal vrši upravljanje rizicima uz pomoć kojih može da odbije transakciju ukoliko ona ne ispunjava željene uslove.

Primena EMV standarda obezbeđuje interoperabilnost terminala i kartica na globalnom tržištu. EMV standard za debitne/kreditne *smart* kartice u platnim sistemima je svojom velikom rasprostranjenošću postao de fakto standard u datoj oblasti. Standard obezbeđuje viši nivo sigurnosti i visok nivo pouzdanosti kod *off-line* transakcije čime se smanjuju troškovi same transakcije.

6. LITERATURA

- [1] EMVCo, <http://www.emvco.com/>
- [2] Cristian Radu, *Implementing Electronic Card Payment Systems*, Artech House Publishers, Norwood, 2002, ISBN 1580533051
- [3] EMVCo, *EMV Integrated Circuit Card Specifications for Payment Systems Book 1 Application Independent ICC to Terminal Interface Requirements*, 2008
- [4] EMVCo, *EMV Integrated Circuit Card Specifications for Payment Systems Book 2 Security and Key Management*, 2008

Kratka biografija:

Veljko Stanišić rođen je 1984. godine u Vlasenici. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Računarstvo i automatika – Računarske nauke i informatika, odbranio je 2010. godine.

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

ALGORITMI ZA UPRAVLJANJE I REGULACIJU BRZINE I MOMENTA U KOMERCIJALNIM PRETVARAČIMA UČESTANOSTI

ALGORITHMS FOR SPEED AND TORQUE CONTROL IN COMMERCIAL FREQUENCY CONVERTERS

Pavle Papuga, Veran Vasić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu utvrđeni su i objašnjeni algoritmi kojima pretvarači učestanosti tri velika svetska proizvođača (ABB, Control Techniques i Danfoss) ostvaruju upravljanje i regulaciju brzine i momenta asinhronih motora.

Abstract – This paper identifies and explains the algorithms which the frequency converters of three leading world manufacturers (ABB, Control Techniques and Danfoss) employ in order to achieve speed and torque control of induction motor.

Ključne reči: Algoritam, princip, upravljanje, regulacija.

1. UVOD

Razvojem energetske elektronike i mikroračunarske elektronike, omogućena je sinteza pretvarača učestanosti pomoću kojih je moguće kontrolisati (u ovom radu pod pojam kontrola određene veličine spada i upravljanje tom veličinom i regulacija te veličine) brzinu asinhronog motora. U početku su pretvarači učestanosti bili skupi pa u većini slučajeva nije bilo ekonomski opravdano u pogone promenljive brzine, umesto motora jednosmerne struje, ugrađivati asinhronne motore. Međutim vremenom su, sa razvojem energetske elektronike, pretvarači učestanosti bivali sve jeftiniji i njihov udeo u ukupnoj ceni pogona je bio sve manji. Tako su danas, zahvaljujući pretvaračima učestanosti, asinhroni motori potisnuli motore jednosmerne struje gotovo u svim primenama u pogonima promenljive brzine.

Rad je posvećen izučavanju komercijalnih pretvarača učestanosti (KPU). Cilj je da se oni približe korisnicima kroz analizu algoritama kojima ostvaruju kontrolu brzine i momenta asinhronog motora. Izučeni su pretvarači proizvođača: ABB, Control Techniques i Danfoss.

Svi algoritmi koji će biti proučavani se mogu svrstati u jednu od sledeće četiri grupe: algoritmi za upravljanje brzinom, algoritmi za upravljanje momentom, algoritmi za regulaciju brzine i algoritmi za regulaciju momenta. Dešava se da algoritam iz jedne grupe uz male izmene postaje algoritam iz neke druge grupe. Ta dva algoritma se zasnivaju na istom principu. U proučavanim serijama se sreću sledeći principi: U/F UPRAVLJANJE (U/F), OPEN LOOP VECTOR CONTROL (OLVC), VOLTAGE VECTOR CONTROL PLUS (VVC^{PLUS}), VEKTORSKO UPRAVLJANJE (FOC), DIREKTNO UPRAVLJANJE MOMENTOM (DTC).

NAPOMENA:

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

2. PRINCIPI I ALGORITMI

U sledećoj tabeli navedeni su svi principi i algoritmi zasnovani na njima koji se sreću u proučavanim serijama pretvarača učestanosti:

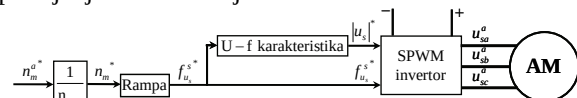
Tabela 1. Principi i algoritmi zasnovani na njima

PRINCIP	ALGORITMI
U/F	ub
OLVC	ub rm
VVC ^{PLUS}	ub rb rm
FOC	rb rm
DTC	um rb

u/r-upravljanje/regulacija; b/m-brzina/momenat

2.1. U/f upravljanje (U/F)

Na sledećoj slici je blok šemom predstavljen algoritam za upravljanje brzinom koji se zasniva na U/F UPRAVLJANJU:



Slika 1. Ub algoritam koji se zasniva na U/F UPRAVLJANJU

Oblik U-f karakteristike određuje nivo namagnetisanosti mašine pri različitim učestanostima. Smanjenjem nivoa namagnetisanosti smanjuju se gubici u gvožđu kao i buka. Loša strana je smanjenje nominalnog i prevalnog momenta. Osnovni oblik U-f karakteristike je linearan i on obezbeđuje maksimalno dozvoljeni nivo namagnetisanosti. Pored linearne u proučavanim serijama se sreću kvadratna, korisnički definisana kao i U-f karakteristika koja je od strane pretvarača automatski prilagođena opterećenju. Kvadratna U-f karakteristika je prilagođena opterećenju sa ventilatorskom karakteristikom (ventilatori, centrifugalne pumpe).

Pri niskim učestanostima izražen je uticaj R_s . To uzrokuje smanjenje namagnetisanosti mašine pa samim tim i prevalnog momenta. Da bi se taj uticaj kompenzovao (IR kompenzacija) linearna i kvadratna karakteristika se pri niskim učestanostima nadograđuju.

Da bi se kod algoritama zasnovanih na U/F UPRAVLJANJU ostvarila nezavisnost brzine od opterećenja primenjuje se kompenzacija klizanja. Ona se ostvaruje tako što se računa klizanje koje se zatim dodaje na referencu brzine. Da bi se izračunalo klizanje prvo se računa momenat motora. Ako se smatra da je stanje stacionarno, da je $R_s=0$ i da je koordinatni sistem vezan za polifazor napona statora u_s onda je:

$$m = (|u_s| / f_{u_s}^s) i_{sd} \quad (1)$$

Izračunati momenat figure u kvadratnoj jednačini čijim se rešavanjem dolazi do klizanja ω_r . Ona glasi:

$$(m/\omega_{rp})\omega_r^2 - 2m_p\omega_r + m\omega_{rp} = 0 \quad (2)$$

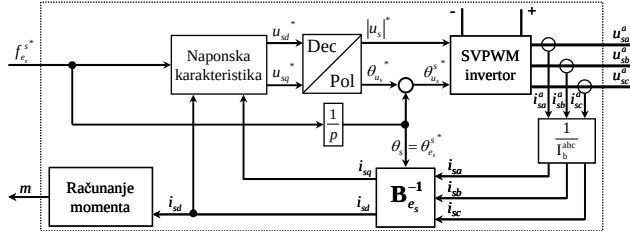
Prethodna jednačina je posledica Klosove jednačine.

2.2. Open Loop Vector Control (OLVC)

OLVC je princip razvijen od strane proizvođača Control Techniques [2], koji u svojim pretvaračima nudi sledeće algoritme zasnovane na ovom principu:

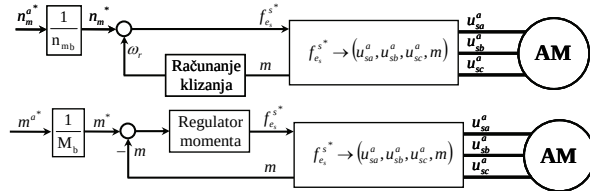
- Algoritmi za upravljanje brzinom,
- Algoritmi za regulaciju momenta.

Zajednički deo blok šema ova dva algoritma je:



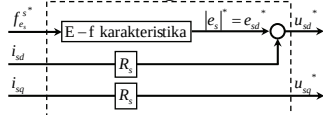
Slika 2. Zajednički deo algoritama zasnovanih na OLVC-u

Na sledeće dve slike su prikazane blok šeme algoritama za upravljanje brzinom i regulaciju momenta:



Slika 3. Ub i rm algoritam koji se zasniva na OLVC-u

Pri čemu blok „ $f_s \rightarrow (u_{sa}, u_{sb}, u_{sc}, m)$ ” predstavlja strukturu sa slike 2. koja je uokvirena tačkastom linijom. U algoritmima zasnovanim na OLVC principu se koristi koordinatni sistem vezan za polifazor indukovan ems u statoru e_s . Pretpostavlja se da unutrašnjost bloka „Naponska karakteristika” izgleda:



Slika 4. Unutrašnjost bloka „Naponska karakteristika”

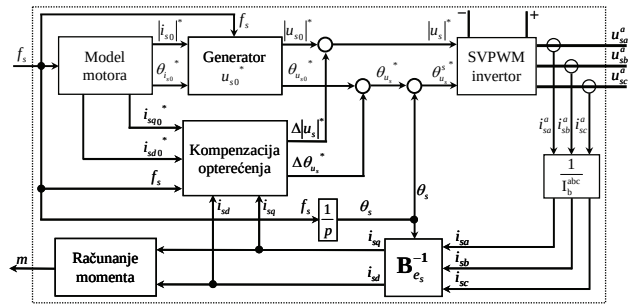
Sa prethodne šeme jasno je da se ovde karakteristika primenjuje na referencu učestanosti indukovan ems u statoru, a ne na referencu učestanosti statorskog napona (kao što je to bio slučaj kod algoritama koji se zasnivaju na U/F UPRAVLJANJU). Tako se po karakteristici formira referenca efektivne vrednosti indukovan ems u statoru, a ne referenca efektivne vrednosti statorskog napona. Stoga se može reći da se ovde primenjuje E-f karakteristika. CT-ovi pretvarači korisniku nude izbor između linearne i dinamičke E-f karakteristike. Kada se izabere dinamička E-f karakteristika onda pretvarač nivo namagnetisanosti mašine automatski prilagođava opterećenju. Do reference polifazora napona u_s^* (slika 4.) se dolazi na osnovu $|e_s|^*$, i_{sd} i i_{sq} , primenom statorskih naponskih jednačina.

2.3. Voltage Vector Control plus (VVC^{PLUS})

VVC^{PLUS} je princip razvijen od strane proizvođača Danfoss [6], koji u svojim pretvaračima nudi sledeće algoritme zasnovane na ovom principu:

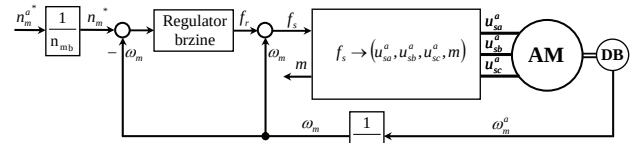
- Algoritmi za upravljanje brzinom,
- Algoritmi za regulaciju brzine,
- Algoritmi za regulaciju momenta.

Zajednički deo blok šema ova tri algoritma je:



Slika 5. Zajednički deo algoritama zasnovanih na VVC^{PLUS}

Pretpostavka je da se upravljanje brzinom i regulacija momenta ostvaruju slično kao na slici 3. Kada se ima regulacija brzine, pretpostavka je da se ona ostvaruje algoritmom koji je blok šemom prikazan na sledećoj slici:



Slika 6. Rb algoritam koji se zasniva na VVC^{PLUS} principu

Pri čemu blok „ $f_s \rightarrow (u_{sa}, u_{sb}, u_{sc}, m)$ ” predstavlja strukturu sa slike 5. koja je uokvirena tačkastom linijom.

U algoritmima zasnovanim na VVC^{PLUS} principu se koristi sinhronotirajući koordinatni sistem. Nažalost nije utvrđeno za koji je polifazor taj sistem vezan. Zbog toga je za njegovu učestanost obrtanja koristi opšta oznaka f_s .

Danfoss u svojim pretvaračima nudi korisniku da izabere da li će se imati maksimalno dozvoljeni nivo namagnetisanosti, nivo namagnetisanosti koji je prilagođen opterećenju sa ventilatorskom karakteristikom ili će nivo namagnetisanosti pretvarač prilagođavati opterećenju svojom automatskom procedurom.

Nivo namagnetisanosti, koji je određen bilo od strane korisnika bilo, automatski, od strane pretvarača, je potrebno održavati takvim bez obzira na opterećenje. Zato se prvo za konkretan nivo namagnetisanosti odredi referenca polifazora statorske struje i_{s0}^* koja taj nivo namagnetisanosti obezbeđuje u slučaju idealnog praznog hoda. Reference komponenti tog polifazora su $(i_{sd0}^*$ i $i_{sq0}^*)$, a reference modula i položaja $(|i_{s0}^*|, \theta_{i_{s0}}^*)$. Za ovo je zadužen blok „Model motora”.

Kada se odredilo i_{s0}^* sledi određivanje reference polifazora u_{s0}^* koji tu struju praznog hoda uspostavlja. S obzirom da se radi o idealnom praznom hodu, rotorska struja je jednaka nuli. Uzimajući to u obzir, iz statorskih naponskih jednačina, se na osnovu i_{s0}^* određuje u_{s0}^* . Ovaj račun sprovodi blok „Generator u_{s0}^* ”.

Kada se ima opterećenje onda je na u_{s0}^* potrebno dodati korekciju Δu_{s0}^* radi održavanja nivoa namagnetisanosti onakvim kakav bi se imao u idealnom praznom hodu. Za računanje Δu_{s0}^* je zadužen blok „Kompenzacija opterećenja”.

2.4. Vektorsko upravljanje (FOC)

U proučavanim serijama se sreću sledeći algoritmi koji su zasnovani na VEKTORSKOM UPRAVLJANJU:

- Algoritmi za regulaciju brzine,
- Algoritmi za regulaciju momenta.

Cilj ovih algoritama jeste da se postigne raspregnuto upravljanje momentom i magnetnim stanjem motora.

$$m = (M / L_r) i_{sq} \psi_{rd} \quad (4)$$

$$T_r(d\psi_{rd}/dt) + \psi_{rd} = Mi_{sd} \quad (5)$$

S obzirom na način na koji se u algoritmima zasnovanim na FOC principu dolazi do podatka o položaju polifazora rotorskog fluksa u odnosu na stator (orijentaciji polja), taj se princip deli na dva potprincipa [1][3][4][5]:

- Kod algoritama koji se zasnivaju na DFOC, orijetnacija polja se određuje tako što se prvo, na osnovu izmerenih terminalnih veličina (struja i napona mašine) pomoću statorskih naponskih jednačina (ks je statorski), određuju ψ_{sd} i ψ_{sq} , a zatim se iz tih komponenti, pomoću magnetnih jednačina, dolazi do komponenti ψ_{rd} i ψ_{rq} , odnosno položaja ψ_r u odnosu na stator θ_r^s i modula $|\psi_r|$.

Kod algoritama koji se zasnivaju na IFOC, $\theta_{w_s}^s$ se određuje

Na sledećoj slici je blok šemom predstavljen algoritam za regulaciju brzine koji se zasniva na DFOC:



Blok šema rb algoritma koji se zasniva na IFOC se od šeme sa slike 7. razlikuje u tome što nema regulacije momenta i fluksa (pošto se određuje samo θ_{vr}^s) i što se θ_{μ}^s određuje na osnovu drugih veličina (i_{sd}^* , i_{sq}^* i ω_m).

Gore je prikazano da se stvarna brzina meri, pomoću davača brzine. Pretvarači svih proučavanih serija koji nude algoritme zasnovane na FOC principu imaju razvijene i sensorless tehnike za određivanje brzine.

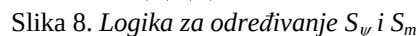
2.5. Direktno upravljanje momentom (DTC)

- Algoritmi za upravljanje momentom,
- Algoritmi za regulaciju brzine.

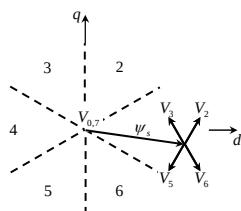
Koristi se statorski koordinatni sistem odnosno $\theta_s=0$. Jasno je da se promenom $|\psi_s|$ utiče na promenu nivoa namagnetisanosti mašine. Pokazuje se da se promenom θ_{sc} utiče na promenu momenta. Tako se upravljanjem

Ako se zanemari staterska otpornost, u konačno kratkom vremenskom intervalu Δt , važi da je $\Delta\psi_s = u_s \Delta t$. Sledi da se u toku Δt polifazor staterskog fluksa ψ_s pomeri za $\Delta\psi_s$, u smeru polifazora staterskog napona u_s . Znači nametanjem staterskog napona odgovarajućeg polifazora moguće je ostvariti odgovarajuću promenu ψ_s . Tranzistorski naponski inverter (sa tri grane) dopušta osam vrednosti u_s . To su dve nulte V_0 i V_7 , i šest nenulatih međusobno pomenjenih za 60° $V_1 \div V_6$. Sedam vrednosti u_s treba iskoristiti za ostvarenje zahtevane promene ψ_s .

Zahtev koji se postavlja je održati grešku momenta $m^* \cdot m$ u okviru $(-\Delta m, \Delta m)$, kao i grešku modula polifazora statorskog fluksa $|\psi_s|^* - |\psi_s|$ u okviru $(-\Delta \psi_s, \Delta \psi_s)$. Da bi se numerički predstavilo da li se te greške nalaze u ili izvan navedenih granica, formiraju se veličine S_ψ i S_m . Vrednosti S_ψ i S_m se određuju na osnovu sledeće logike:



2065



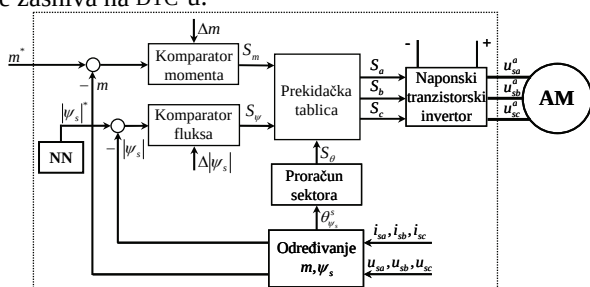
Slika 9. Vrednosti u_s kojima se ostvaruje najbrža promena ψ_s kada je ψ_s u 1. sektoru

Sledi da, ako je potrebno povećati $|\psi_s|$ ($S_\psi=1$) onda u obzir dolaze V_2 i V_6 . Ako je potrebno smanjiti $|\psi_s|$ ($S_\psi=0$) onda u obzir dolaze V_3 i V_5 . Ako je potrebno povećati momenat ($S_m=1$) onda u obzir dolaze V_2 i V_3 . Ako ga je potrebno smanjiti ($S_m=1$) onda u obzir dolaze V_5 i V_6 . Ako momenat ne treba menjati ($S_m=0$) onda se primenjuje jedna od nultih vrednosti V_0 i V_7 . Izbor se vrši tako da se smanji broj komutacija prekidača u okviru invertora (da se komutuje jedan umesto dva prekidača). Na osnovu prethodnih zaključaka dolazi se do konkretnih vrednosti polifazora u_s za različite kombinacije S_ψ i S_m , kada je $S_\theta=1$. Na sličan način se dolazi do vrednosti polifazora u_s i za različite kombinacije S_ψ i S_m , kada $S_\theta \in \{2,3,\dots,6\}$. Tako se dobija celokupna prekidačka tablica:

Tabela 2. Prekidačka tablica

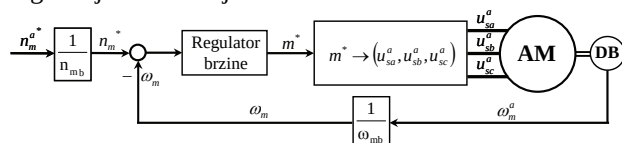
		S_θ (broj sektora)					
S_ψ	S_m	1	2	3	4	5	6
1	1	V_2	V_3	V_4	V_5	V_6	V_1
	0	V_7	V_0	V_7	V_0	V_7	V_0
	-1	V_6	V_1	V_2	V_3	V_4	V_5
0	1	V_3	V_4	V_5	V_6	V_1	V_2
	0	V_0	V_7	V_0	V_7	V_0	V_7
	-1	V_5	V_6	V_1	V_2	V_3	V_4

Za potrebe određivanja vrednosti veličina S_θ , S_ψ i S_m neophodno je poznavati m i ψ_s . Za to se koriste statorske naponske jednačine i jednačina momenta (pri $\omega_s=0$). Na osnovu gore datih objašnjenja dolazi se do jednostavne blok šeme algoritma za upravljanje momentom koji se zasniva na DTC-u:



Slika 10. Um algoritam koji se zasniva na DTC principu

Na sledećoj slici je blok šemom predstavljen algoritam za regulaciju brzine koji se zasniva na DTC-u:



Slika 11. Rb algoritam koji se zasniva na DTC principu

Pri čemu blok „ $m^* \rightarrow (u_{sa}^a, u_{sb}^a, u_{sc}^a)$ ” predstavlja strukturu sa slike 10. koja je uokvirena tačkastom linijom. U šemi je prikazano da se stvarna brzina meri, ali pretvarači iz ABB-ove serije ACS800 (jedina od proučavanih serija čiji

pretvarači nude algoritme koji su zasnovani na DTC principu) imaju razvijene i sensorless tehnike za određivanje stvarne brzine.

U ovom poglavlju su opisane osnovne izvedbe algoritama koji se zasnivaju na DTC principu. Komercijalni pretvarači koriste poboljšane izvedbe.

4. PRINCIPI I NA NJIMA ZASNOVANI ALGORITMI PO SERIJAMA

	Seriya	U/F	OLVC	VVC ^{PLUS}	FOC
ABB	ACS55	ub			
	ACS150	ub			
	ACS350	ub			rb rm
	ACS550	ub			rb rm
	ACH550	ub			rb
CT	Commander SK	ub	ub rm		
	Affinity	ub	ub rm		rb rm
	Unidrive SP	ub	ub rm		rb rm
Danfoss	FC51	ub		ub	
	FC100			ub	
	FC200	ub		ub	
	FC300	ub		ub rb rm	rb rm

5. ZAKLJUČAK

KPU su složeni uređaji pomoću kojih je moguće ostvariti visokokvalitetan rad elektromotornog pogona. Da bi se to postiglo, KPU je potrebno poznavati u što većem broju aspekata. Ovaj rad je, utvrđivanjem i analizom algoritama kojima ostvaruju kontrolu brzine i momenta asinhronog motora, upoznao KPU u jednom od tih aspekata.

Dalja istraživanja bi išla u dva smera. Prvi je bolje upoznavanje KPU sa aspekta proučavanog u ovom radu, a drugi je upoznavanje KPU i u ostalim bitnim aspektima.

6. LITERATURA

- [1] Peter Vas, „Sensorless Vector and Direct Torque Control“, Oxford University Press, London, 1998.
- [2] Bill Drury, „The Control Techniques Drives and Controls Handbook“, IEE, London, 2001.
- [3] Petar Matić, „Novi Algoritmi za Direktno Upravljanje Momentom i Fluksom Trofaznog Asinhronog Motora“, Univerzitet u Novom Sadu, 2002.
- [4] Vladan Vučković, „Električni pogoni“, Akademska Misao, Beograd, 2002.
- [5] Borislav Jeftenić, Veran Vasić, Đura Oros, „Regulisani elektromotorni pogoni“, Akademska Misao, Beograd, 2004.
- [6] Danfoss training and education, „Facts Worth Knowing about Frequency Converters“

Kratka biografija:



Pavle Papuga rođen je u Vrbasu 1985. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Energetska elektronika i električne mašine odbranio je 2010. god.



Veran Vasić je doktorirao na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu 2001. Zaposlen je na Fakultetu tehničkih nauka kao vanredni profesor.

MODELOVANJE I SIMULACIJA WDM SISTEMA

MODELING AND SIMULATION OF WDM SYSTEMS

Petar Bojanić, Miloš Živanov, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – Potreba za što većim brzinama i propusnošću u prenosu podataka optičkim kablovima svakodnevno raste. Napretkom optoelektronike i telekomunikacija došlo se do jednog od efikasnih rešenja – WDM tehnologija. Dobra strana WDM sistema prenosa je mogućnost iskorišćenja već postojećih mreža optičkih kablova radi povećanja propusnog opsega. WDM sistemi se zasnivaju na multipleksiranju signala po talasnim dužinama čime se postiže prenos više signala istim optičkim kablom ali na različitim talasnim dužinama. Kako složenost mreža raste i dizajn i analiza postaju vrlo složeni i vremenski zahtevni procesi. Kao rezultat toga, ove operacije sada se mogu obavljati temeljno i efikasno korišćenjem naprednih programskih alata.

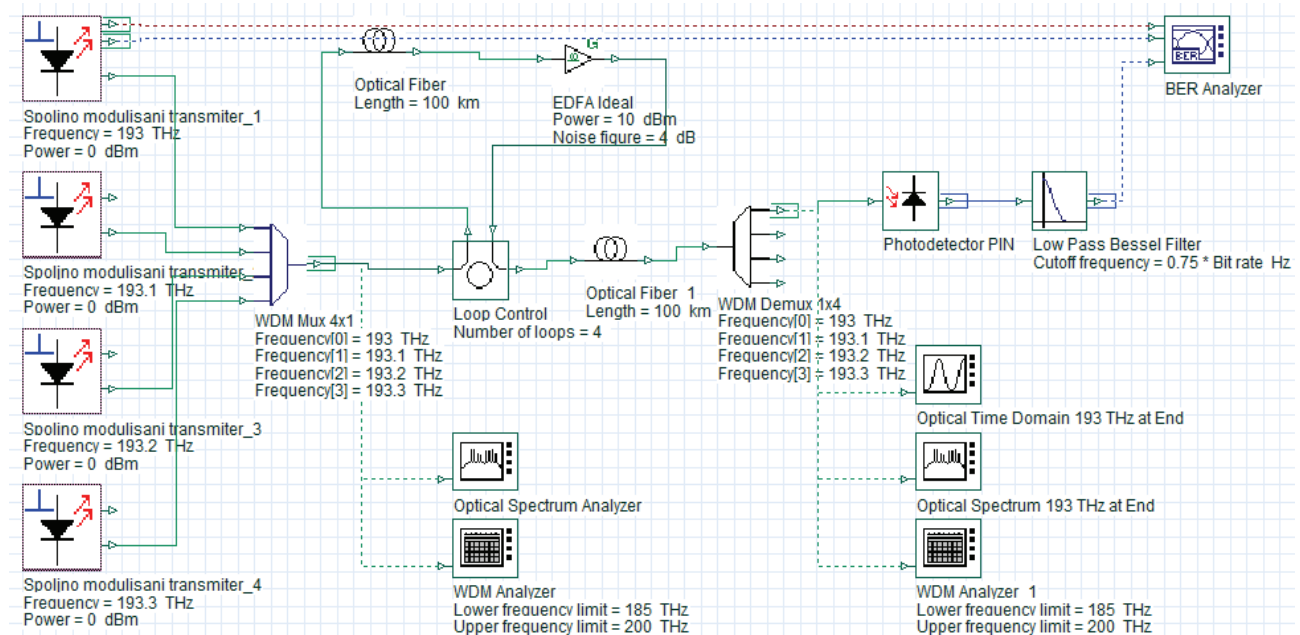
Abstract – The need for higher speeds and bandwidth in data transmission using optical cables grows on daily. Technical advancement in optoelectronics and telecommunications brought one efficient solution - WDM technology. The good side of WDM transmission system is the possibility of utilization existing fiber optic network to increase the bandwidth. WDM systems based on multiplexing the signal by it's wavelength, achieving the transmission of multiple signals over the same fiber optic cable at different wavelengths. As the network grows so

does the complexity of the design, and analysis become very complex and time consuming proces. As a result, these operations can now only be done thoroughly and efficiently using advanced software tools.

Ključne reči: Optoelektronika, WDM, Modelovanje, Simulacija

1. UVOD

Optičke mreže bazirane na multipleksiranju po talasnim dužinama (WDM, Wavelength Division Multiplexing), smatraju se jednom od veoma obećavajućih solucija za realizaciju optičkih transportnih mreža izuzetno velikih kapaciteta [1]. WDM optička mreža sastoji se od određenog broja čvorova međusobno povezanih optičkim linkovima po kojima se ostvaruje prenos optičkih signala na većem broju talasnih dužina po jednom optičkom vlaknu [2]. U radu će biti objašnjeni rezultati simulacije modela baziranog na WDM sistemu koji je prikazan na slici 1. Zapravo, biće obrađene zavisnosti kvaliteta prenetog signala od nekih parametara elemenata modela sistema. U fokusu će biti zavisnosti od parametara optičkih kablova i optičkih pojačavača signala kao i zavisnosti od bitskog protoka, odnosno brzine prenosa podataka koja se koristi u modelu WDM sistema.



Slika 1. Modelovani WDM sistem

NAPOMENA:

- Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji entor je bio prof.dr Miloš Živanov.
- Rad je prethodno publikovan na konferenciji INFOTEH, Jahorina, mart 2010.

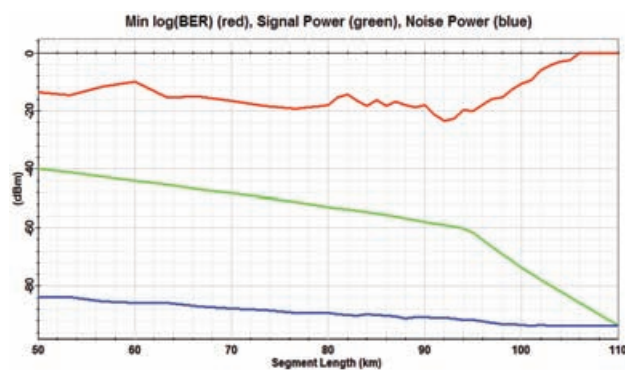
Početni modelovani sistem ima sledeće parametre:

- bitski protok je 2,5 Gb/s;
- četvorokanalni WDM sistem koji prenosi signale na: 193 THz, 193.1 THz, 193.2 THz i 193.3 THz;
- koristi se monomodni optički kabl (referentne frekvencije 193 THz);
- EDFA (Erbium-doped fiber amplifier – pojačavačko vlakno dopirano erbijumom) radi u režimu kontrole snage (10 dBm);

prenosni deo se sastoji od pet segmenata kabla (od 100km) i četiri EDFA među njima (koji rade u režimu kontrole snage od 10 dBm), što ukupno ostvaruje prenos na rastojanje od 500 km.

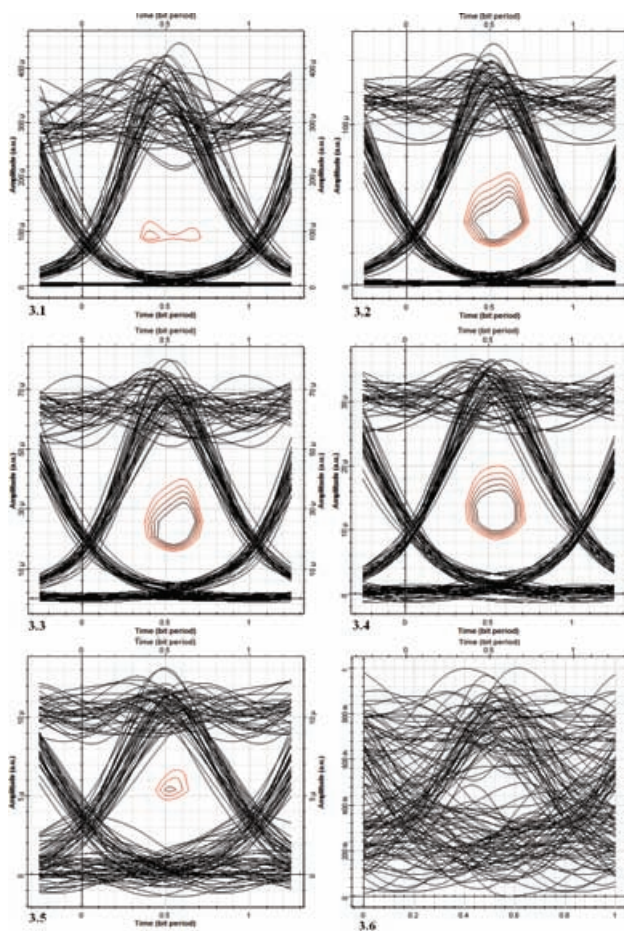
2. KVALITET PRENOSA SIGNALA U ZAVISNOSTI OD DUŽINE SEGMENTA OPTIČKOG KABLA

U ovom delu rada prikazana je zavisnost kvaliteta prenosa signala od dužine optičkog kabla. Korišćen je postojeći model WDM sistema uz dodatak da je prikazana zavisnost u 40 iteracija (menjanjem dužine segmenata optičkih kablova od 50 do 110 km jer se tu očekuje prelomna tačka, odnosno dužina segmenta kabla do koje je prenos dovoljno kvalitetan a u isto vreme i jeftin). Kako optičko pojačanje ne bi uticalo na izbor dužine segmenta koristi se idealni EDFA pojačavač koji je i korišćen u modelu WDM sistema. Osim toga, da bi celokupna dužina prenosnog dela bila ista, ili bar slična u ovom slučaju, za svaku iteraciju dužine segmenta optičkog kabla je postavljena odgovarajuća vrednost za broj iteracija u prenosnom delu (*Loop Control*). Ostali parametri sistema u ovom odeljku ostali su nepromenjeni. Za referentnu meru kvaliteta prenosa koristiće se minimalna BER (*Bit Error Rate*) vrednost i snage signala i šuma na kraju prenosa. Zavisnost ovih vrednosti od dužine segmenta optičkog kabla date su na slici 2.



Slika 2. BER i snage signala i šuma na kraju prenosa u zavisnosti od dužine segmenta

Na slici 3. dati su "dijagrami oka" za neke od dužina kabla kako bi se dobio "osećaj" o kvalitetu prenosa. Zatvorene krive predstavljaju sektore BER vrednosti od 10^{-12} do 10^{-8} .

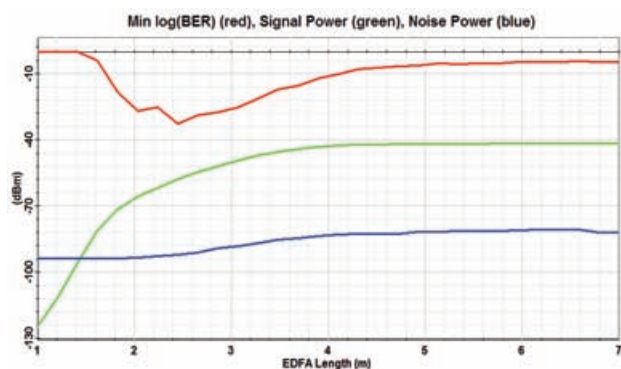


Slika 3. "Dijagram oka" za dužine segmenta 60, 80, 90, 96, 100, 105 km respektivno

Sa slika 2 i 3 može se zaključiti da je za ovaj WDM sistem preporučena dužina segmenta za koju se dobijaju dovoljno dobri rezultati od 90 do 94 km. Preko toga i BER i snaga signala su lošiji a za kraće segmente dobija se na snazi signala, ali s obzirom da je u tom slučaju potreban i veći broj EDFA pojačavača pa i cena prenosa u tom slučaju raste.

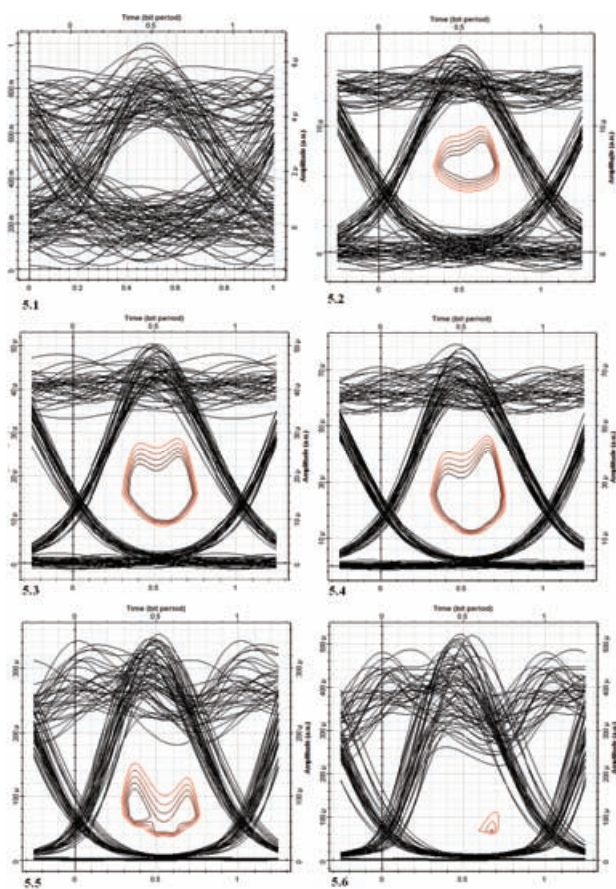
3. KVALITET PRENOSA SIGNALA U ZAVISNOSTI OD DUŽINE EDFA

U ovom delu rada biće prikazana zavisnost kvaliteta prenosa signala od dužine EDFA. Kao što je spomenuto EDFA je zapravo optički kabl dopiran erbijumom. Dakle, kao što se može i pretpostaviti - od dužine segmenta EDFA raste i pojačanje. U ovom delu koristi se postojeći WDM sistem sa izmenom da se ne koristi idealni EDFA od 10 dBm već parametrizovani EDFA, a parametar koji će biti posmatran je upravo dužina segmenta. Što se tiče dužine segmenta optičkog kabla koristiće se dužina od 90km. S obzirom da je dužina EDFA u metrima to neće mnogo uticati na celokupnu dužinu prenosnog dela WDM sistema, tako da je broj iteracija za *Loop Control* postavljen na 4.



Slika 4. BER i snage signala i šuma na kraju prenosa u zavisnosti od dužine EDFA

Na slici 5. dati su “dijagrami oka” za neke od dužina EDFA kako bi se dobio “osećaj” o kvalitetu prenosa. Zatvorene krive predstavljaju sektore BER vrednosti od 10^{-12} do 10^{-8} .

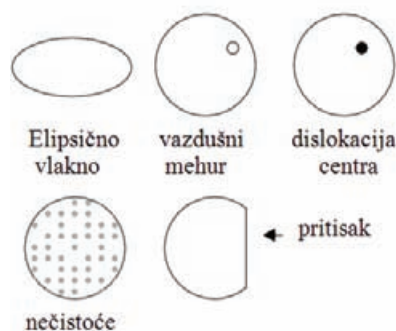


Slika 5. “Dijagram oka” za dužine EDFA 1.62, 1.83, 2.24, 2.45, 3.50, 4.10 m respektivno

Sa slika 4 i 5 može se zaključiti da je za WDM sistem iz glave preporučena dužina EDFA za koju se dobijaju prihvatljivi rezultati od oko 2.5 m sa stanovišta BER-a, a ako se posmatra i snaga signala mogla bi se koristiti dužina i do 4 m. Preko 4 m kvalitet prenosa (sa stanovišta BER-a) opada dok snaga vrlo malo raste. Treba napomenuti da je EDFA korišćen u ovom primeru sa standardnim vrednostima, sa pumpanjem unapred, snage pumpanja od 20 dBm na talasnoj dužini 980 nm.

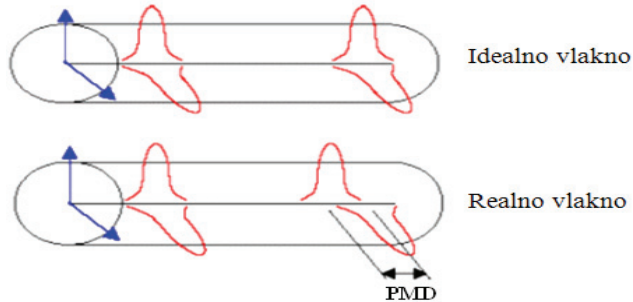
4. PMD (POLARIZATION MODE DISPERSION)

Jedan od efekata koji veoma utiče na domet optičkog prenosa pri velikim bitskim protocima je polarizaciona disperzija ili PMD (Polarization Mode Disperzion). Ovaj problem postaje sve aktuelniji, jer ranije nije uticao na prenos pri nižim bitskim protocima. Sa porastom bitskog protoka uticaj PMD-a eksponencijalno raste. Svetlost je elektromagnetni talas. Kao takav, sam impuls se sastoji od dve komponente u polarizovanim ravnima. Dok se svetlost prostire kroz sredinu, u ovom slučaju optičko vlakno, ona je u konstantnoj interakciji sa njom. Ovo dovodi do stanja da dve komponente impulsa više nisu jednake po intezitetu i smeru što vodi do PMD-a. Na slici 6 prikazane su nepravilnosti vlakna usled kojih dolazi do disperzije.



Slika 6. Nepravilnosti optičkog vlakna usled kojih dolazi do disperzije

Na slici 7 prikazan je uticaj PMD-a. Kao što se vidi, dolazi do kašnjenja jedne komponente impulsa u odnosu na drugu. Dakle što je prenos duži impuls postaje slabijeg inteziteta i širi i na prijemu dolazi do preklapanja. Ako se uzme u obzir da je pri većim bitskim protocima razmak među impulsima proporcionalno manji, jasno je da za veće brzine uticaj PMD-a postaje bitan ograničavajući faktor pri projektovanju sistema.



Slika 7. Uticaj PMD-a

5. KVALITET PRENOSA SIGNALA U ZAVISNOSTI OD BITSKOG PROTOKA

U ovom delu rada biće obrađena zavisnost kvaliteta prenosa od bitskog protoka. Koristiće se početni WDM sistem sa izmenom da će se za dužinu segmenta optičkog kabla uzeti dužina od 90 km, sa dužinom EDFA od 2.5 m za koju je pokazano da je optimalna.

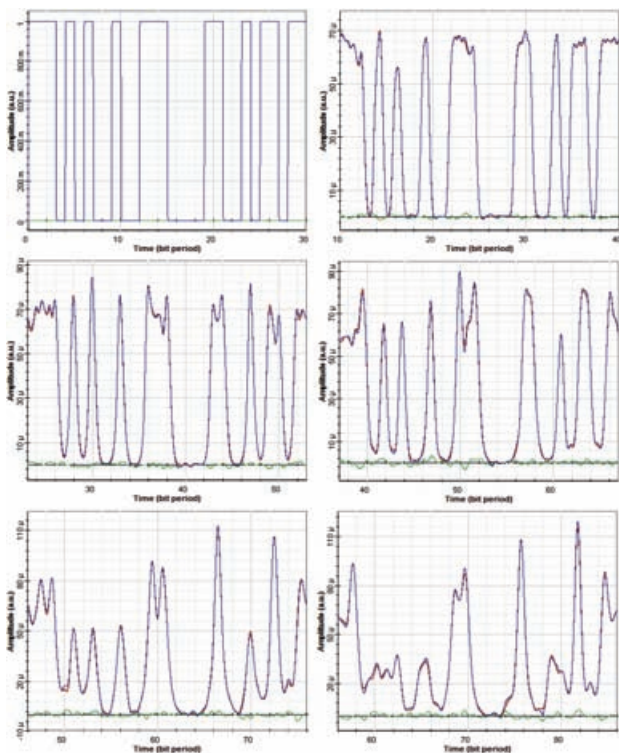
Uticaj disperzije biće prikazan pomoću “dijagram oka” i minimalne BER vrednosti, koji će dati okvirnu sliku o

kvalitetu prenosa, kao i izgledom samih signala pre i posle prenosa. Signali se posmatraju osciloskopom na NRZ generatoru, odnosno pre predaje signala, i na izlazu besselovog filtra, odnosno na prijemu signala. Urađene su simulacije za 1, 1.75, 2.5, 3.25, 4, 4.5, 5, 5.5 i 6 Gb/s. U tabeli 1 date su minimalne vrednosti BER-a za neke od obrađenih bitskih protoka. Sa njih se vidi da je za ovaj sistem maksimalni bitski protok, za koji bi sistem radio optimalno sa prihvatljivim BER-om, 4 Gb/s.

Tabela 1. Vrednosti BER-a za određene bitske protoke

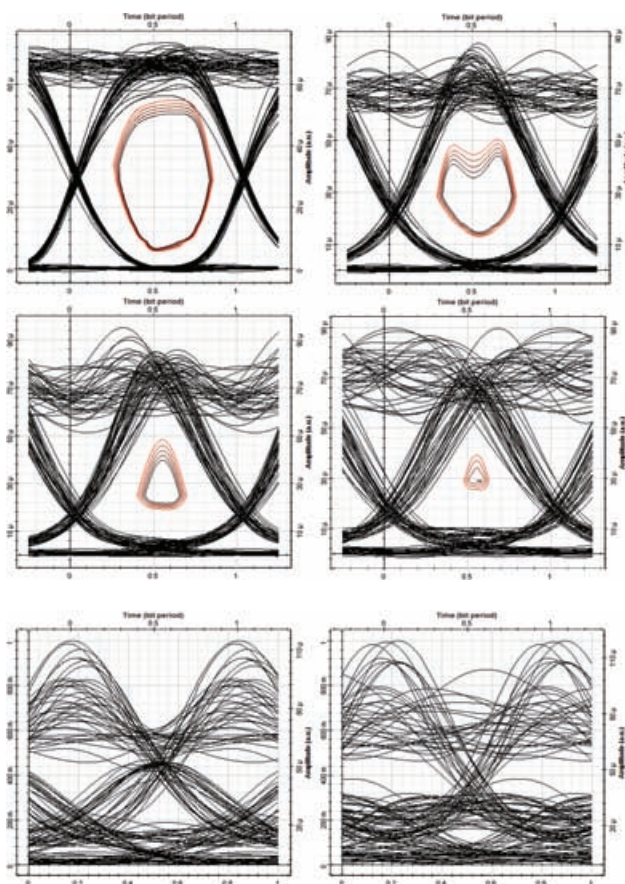
bitr(Gb/s)	min BER	bitr(Gb/s)	min BER
1	$2.03866 \cdot 10^{-82}$	1.75	$2.38886 \cdot 10^{-55}$
2.5	$1.51621 \cdot 10^{-29}$	3.25	$1.03102 \cdot 10^{-20}$
4	$1.00602 \cdot 10^{-12}$	4.5	$1.37471 \cdot 10^{-6}$
5	0.00018329	5.5	0.0109036
6	1		

Na slici 8. dat je deo ulaznog signala koji je u svim simulacijama isti (umesto pseudoslučajnog generatora signala korišćen je generator čiju sekvencu određuje korisnik) i izlazni signali za neke od obrađenih bitskih protoka. Sa ovih slika se takođe vidi ono što je i zaključeno uz pomoć vrednosti iz tabele 1. a to je da kvalitet signala u simulacijama modela sa bitskim brzinama većim od 4 Gb/s značajno opada.



Slika 8. Ulazni signal i izlazni signali za 1, 2.5, 4, 5 i 6 Gb/s respektivno

Na slici 9. dati su "dijagrami oka" za neke od vrednosti bitskih protoka kako bi se dobio "osećaj" o kvalitetu prenosa signala. Zatvorene krive predstavljaju sektore BER vrednosti od 10^{-12} do 10^{-8} .



Slika 9. "Dijagram oka" za bitske vrednosti od 1, 2.5, 3.25, 4, 5 i 6 Gb/s respektivno

6. ZAKLJUČAK

Analizom modelovanog WDM sistema može se zaključiti da je prenos optičkih signala osetljiv i složen proces. Zaključeno je da dužina EDFA preko 4 m utiče negativno na kvalitet prenosa, odnosno da se povećava BER. Pokazano je da na brzinama prenosa većim od 4 Gb/s dolazi do velikog uticaja PMD-a, odnosno do pada kvaliteta signala. Odabirom odgovarajućih parametara WDM sistema može se sačuvati kvalitet prenosa signala na velikim udaljenostima i bitskim protocima.

7. LITERATURA

- [1] L. N. Binh, „Digital optical communications”, CRC Press, USA, 2009.
- [2] Miloš B. Živanov, Miloš P. Slankamenac, „Optoelektronika, praktikum za laboratorijske vežbe”, Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, 2006.

Kratka biografija:



Petar Bojanić rođen je u Sremskoj Mitrovici 1985. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Mikroročunarska elektronika na temu Modelovanje i simulacija WDM sistema odbranio je 2010. god.

KOMPAJLER IZUZETNO BRZOG SIMULATORA UREĐAJA ENERGETSKE ELEKTRONIKE

COMPILER OF AN ULTRA-FAST SIMULATOR OF POWER ELECTRONICS DEVICE

Aleksandar Ostojić, Marko Vekić, Nikola Čelanović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu je opisan kompajler digitalnog simulatora u stvarnom vremenu, sa naglaskom njegov deo koji transformiše matrice stanja posmatranog elektromotornog pogona u pogodan oblik za rad matričnog množača. Na kraju rada dati su i upoređeni rezultati simulacije sa rezultatima stvarnog pogona.

Abstract – This paper describes the compiler of digital simulator in real time, with an emphasis on one part which transforms the state matrices of the observed electrical drive into a form suitable for matrix multiplier. At the end of the paper are given and compared the results of simulation with the results of real electric drive.

Ključne reči: digitalni simulator u stvarnom vremenu, simulacija, kompajler, elektromotorni pogon, matrični množač

1. UVOD

Polaznu tačku prilikom gotovo svih faza razvojnog procesa uređaja energetske elektronike - planiranja, osmišljavanja, izrade prototipa i na kraju samog testiranja predstavljaju simulacije. Razvojem energetske elektronike i njenom sve širom primenom, takođe je sve izraženija potreba za simulatorima koji će raditi u stvarnom vremenu sa periodom odabiranja reda 1 μ s, pa i manje. Ovakva perioda odabiranja nameće se analizom vremenskog opsega perioda upravljanja u zatvorenoj povratnoj petlji (reda veličine 100 μ s), zatim perioda viših harmonika kao i prelaznih procesa u slučajevima kvara (reda veličine 10 μ s). Druga važna karakteristika nove generacije simulatora je njihova mogućnost komunikacije sa realnim hardverom, pre svega sa digitalnim kontrolerima. Kako bi se postigla vremena odabiranja od 1 μ s i kraća neophodno je primeniti tehnologiju FPGA (Field Programmable Gate Array) kola [1].

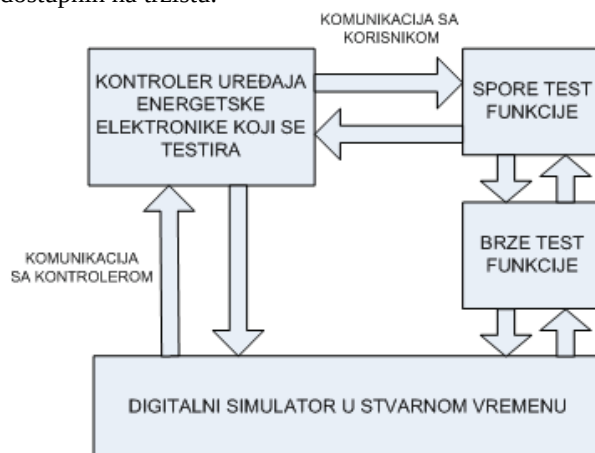
Digitalni simulatori energetske elektronike imaju izuzetne mogućnosti da značajno ubrzaju razvoj uređaja energetske elektronike. Njihovim korišćenjem smanjuju se vreme i troškovi razvoja zbog mnogo veće fleksibilnosti prilikom testiranja pomoću simulatora u poređenju sa testiranjem u visokonaponskim laboratorijama.

Struktura digitalnog simulatora je prikazana na slici 1. Funkcije, zavisno od koraka simulacije kojima treba da se izvršavaju, se mogu podeliti na brze i spore funkcije.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio doc. dr Nikola Čelanović.

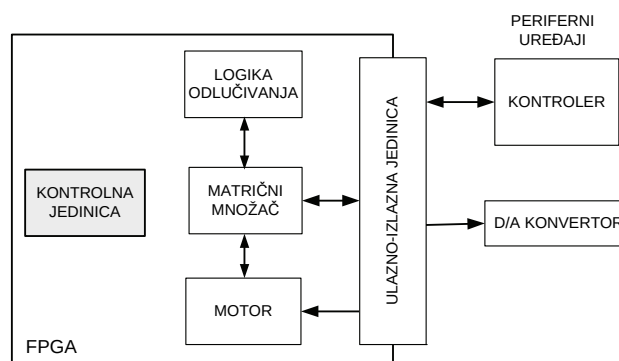
Perioda brzih funkcija u prototipu simulatora opisanog u ovom radu je 1 μ s što je oko 50 puta brže od simulatora dostupnih na tržištu.



Slika 1. Struktura digitalnog simulatora u stvarnom vremenu

2. MATRIČNI MNOŽAČ DIGITALNOG SIMULATORA

Sklop digitalnog simulatora čini nekoliko funkcionalnih delova prikazanih na slici 2. To su ulazno-izlazna jedinica, matrični množač kao jezgro i najvažniji deo arhitekture čitavog simulatora, zatim logika odlučivanja i podsistem za simulaciju motora i opterećenja, i konačno, kontrolna jedinica koja služi za sinhronizaciju rada svih pomenutih delova [5].



Slika 2. Blok šema arhitekture simulatora

Matrični množač predstavlja jezgro i najvažniji deo arhitekture čitavog simulatora, čiji je zadatak da u svakoj periodi ponovo množi matricu sistema sa vektorom koji je formiran od dva vektora, od vektora koji sadrži vrednosti promenljivih stanja iz prethodne periode i vektora ulaza iz

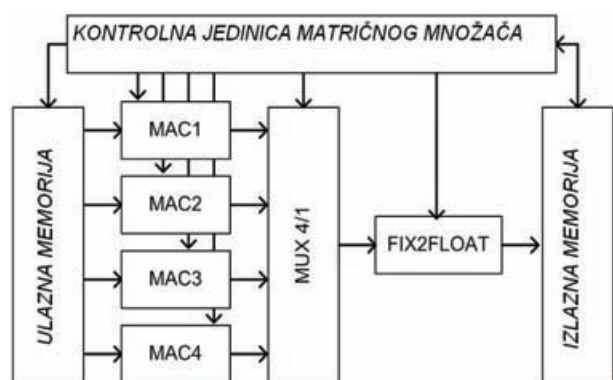
tekuće periode koji matrični množač dobija od U/I podsistema [4].

$$\begin{bmatrix} x(n) \\ y(n) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A(n-1) & B(n-1) \\ C & D \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x(n-1) \\ u(n) \end{bmatrix} = \text{SYSM} \cdot \begin{bmatrix} x(n-1) \\ u(n) \end{bmatrix} \quad (1)$$

Arhitektura matričnog množača sastoji se od sledećih blokova: sopstvene kontrolne jedinice, memorije, četiri množača-akumulatora, multipleksera i konvertora koji pretvara podatke iz aritmetike sa nepokretnim zarezom u aritmetiku sa pokretnim zarezom.

Memorija matričnog množača podeljena je na tri zasebne memorijske jedinice. One su prikazane na slici 3 i to su:

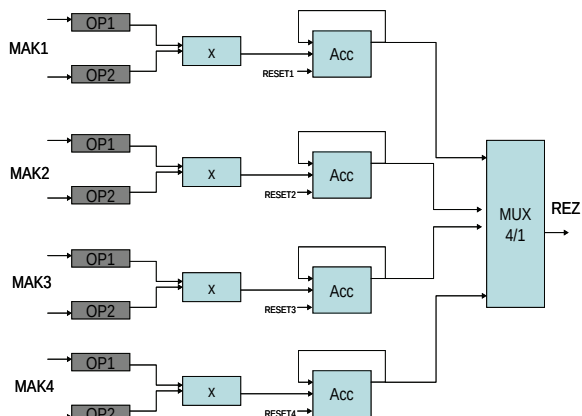
- memorija kontrolne jedinice
- ulazna memorija
- izlazna memorija.



Slika 3. Blok šema arhitekture matričnog množača

Zbog četiri moguća stanja u kojima se sistem može naći u ulaznoj memoriji uskladištene su jedna za drugom sve četiri matrice, ali ne u svom originalnom obliku, već izmenjene i prilagođene načinu rada matričnog množača (slika 4). Za svaki množač-akumulator postoji jedan blok u ulaznoj memoriji matričnog množača. Svaki blok sadrži matricu koja ima dve kolone (Val) i (Col).

U izlaznu memoriju matričnog množača upisuju se elementi koji se dobijaju na izlazima množača-akumulatora (slika 4). Nakon svake periode sistema upisuju se nove, upravo izračunate vrednosti.



Slika 4. Blok šema paralelnog rada množača-akumulatora

3. KOMPJALER DIGITALNOG SIMULATORA

Kompajler digitalnog simulatora Typhoon RTDS150 se sastoji iz dva dela: kompajlera generisanja sistemskih matrica i kompajlera matričnog množača. Kompajler generisanja sistemskih matrica je deo kompajlera zadužen za generisanje sistemskih matrica iz modela datog u *Matlab/Simulink*-u. Kompajler matričnog množača je deo zadužen za skladištenje prethodno generisanih matrica u pogodnom obliku, kako bi se obezbedio pouzdan i brz rad matričnog množača.

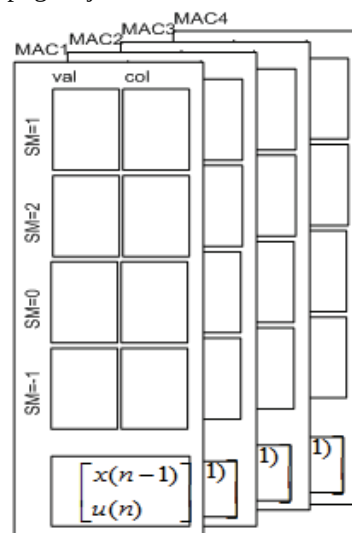
3.1. Kompajler sistemskih matrica

Kompajler sistemskih matrica predstavlja specijalizovani softver posebno razvijen za potrebe digitalnog simulatora TyphoonRTDS 150, na Massachusetts Institute of Technology (MIT). Ovaj softver je realizovan u *Matlab/Simulink* paketu i omogućava lako sastavljanje RTDS modela direktno iz Simulink-ovog GUI-a. Sastoji se iz grafičkog korisničkog okruženja i biblioteke komponenti (implementirane kao Simulink Toolbox), Topološkog tumača (koji prevodi grafičku reprezentaciju kola u poseban format u Matlab-u, i generatora parametrizovanog modela u prostoru stanja. Izlaz iz ovog softvera je parametrizovani model koji se sastoji od:

- Skupa matrica prostora stanja
 - Definicije željenih topologija
 - Nelinearnih parametara prostora stanja
- $$\{ \dot{x} = f(x) \}$$

3.2. Kompajler matričnog množača

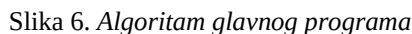
Deo kompajlera digitalnog simulatora Typhoon RTDS150 predstavlja program koji je zadužen za reorganizaciju matrica generisanih iz kompajlera sistemskih matrica, a u skladu sa zahtevima koje nameće arhitektura RTDS150, tačnije arhitektura matričnog množača, koja je opisana u prethodnom poglavlju.



Slika 5. Organizacija ulazne memorije

Val je niz realnih vrednosti koje predstavljaju uglavnom nenulte elemente sistemske matrice. Prisutni su i nulti elementi koji su dodati zbog pravilnog rasporedjivanja računskih ciklusa.

Nakon toga bi trebalo da se u sledećoj periodi upiše rezultat sa izlaza drugog množača-akumulatora koji je bio spreman, ali njega više neće biti, jer je množenje sledeće vrste i odgovarajućeg vektora već počelo. Sada je na izlazu tog množača-akumulatora međurezultat novog množenja, a konačan rezultata koji je trebalo da bude uskladišten u memoriju je nepovratno izgubljen. Ovakava



4. REZULTATI SIMULACIJE I OGLEDA

Tek T Trig'd M Pos: 4.400ms CH2

Coupling **DC**

BW Limit **Off** 60MHz

Volts/Div **Coarse**

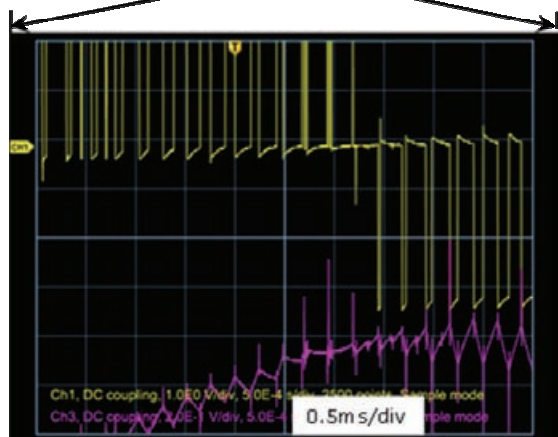
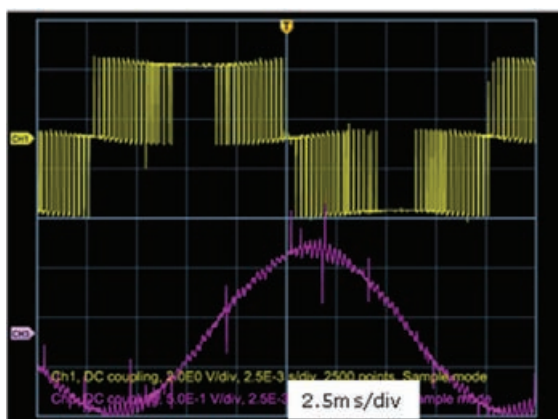
Probe 1X Voltage

Invert **Off**

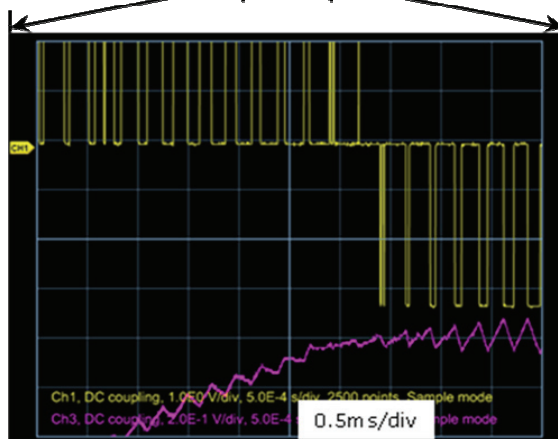
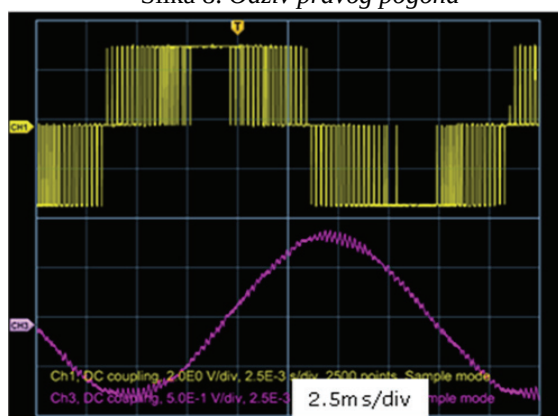
CH1 2.00V CH2 5.00V M 5.00ms CH3 40.0mV

CH3 2.00V CH4 2.00V 23-May-10 20:45 542.809Hz

Sa gornje slike se mogu uočiti odzviji svojstveni datoj vrsti pogona – trofazni motor napajan sa monofazne mreže putem jednofaznog pretvarača i trofaznog invertora (ABB ACS150 drive). Međutim, konačnu potvrdu ispravnosti rada, kao i ogromnih mogućnosti koju pruža Typhoon RTDS simulator možemo imati tek poređenjem sa odzivom stvarnog pogona. Na raspolaganju je bio motor Sever ZK1 A4, pa su njegovi parametri iz Severovog kataloga korišćeni u novoj simulaciji. Pošto izlazni (dv/dt) filter nije dostupan, on nije simuliran u ovom slučaju. Izmereni su linijski napon na motoru i njegova struja. Slika 8 predstavlja odziv stvarnog pogona, a na slici 9 je odziv simulatora. U donjim delovima slika 8 i 9 je uvećan po vremenskoj osi jedan isečak da bi se prikazale mogućnosti simulatora u pogledu razlučivosti (rezolucije). Ono što se odmah uočava je poklapanje amplituda merenih signala stvarnog sistema i Typhoon RTDS simulatora. Ulegnuća u linijskom naponu izmerena na stvarnom pogonu mogu se objasniti uticajem merne sonde. U stvarnom sistemu takođe je vidan i šum merenja kod struje motora. Ovaj šum bi bio mnogo veći da nije izvršena kompenzacija sa 30 navojaka na strujnim klještim.



Slika 8. Odziv pravog pogona



Slika 9. Odziv simulatora

5. ZAKLJUČAK

Sam proces razvoja jednog digitalnog simulatora u stvarnom vremenu sastoji se iz više faza. U ovom radu prikazan je jedan korak u razvoju ovakvog uređaja a to je realizacija dela kompajlera zaduženog za sistemske matrice. Kompajler sistemskih matrica prevodi matrice u pogodan oblik i omogućava brz i pouzdan rad matričnog množača, od koga najviše zavisi brzina digitalnog simulatora. Rezultati simulatora koji koristi dati kompajler, upoređeni sa odzivima stvarnog pogona, nedvosmisleno pokazuju snagu digitalnog simulatora u pogledu verodostojnosti same simulacije i izuzetne razlučivosti (rezolucije), koju u ovom trenutku može postići jedino Typhoon RTDS simulator.

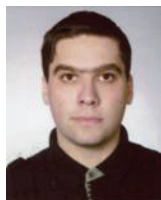
4. LITERATURA

- [1] Dušan Majstorović, Zoltan Pele, Aleksandar Kovačević, Nikola Čelanović, „Computer based emulation of power electronics hardware“, ECBS 2009, Novi Sad, Serbia, 2009.
- [2] Bimal K. Bose „Power Electronics And Motor Drive - Advances And Trends“, Elsevier, 2006.
- [3] Zoran Ivanović, Marko Vekić, Stevan Grabić, Nikola Čelanović, „Pregled alata i metoda modelovanja pretvarača energetske elektronike u realnom vremenu“
- [4] Sandra Zeljković, Nikola Teslić, Vladimir Katić, Nikola Čelanović, „Arhitektura simulatora elektromotornog pogona u realnom vremenu“
- [5] Todor Todorčević, Laslo Nađ, Vladimir Katić, Nikola Čelanović, „Verifikacija simulatora elektromotornog pogona u realnom vremenu metodom kosimulacije“

Kratka biografija:



Aleksandar Ostojić rođen je u Sremskoj Mitrovici 1985. god. Diplomski-master rad je odbranio na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Energetska elektronika i električne mašine odbranio je 2010. god.



Marko Vekić je asistent na Fakultetu tehničkih nauka. Magistarski rad je odbranio na Fakultetu tehničkih nauka 2007. Oblast interesovanja su mu energetska elektronika, elektromotorni pogoni, obnovljivi izvori energije i FACTS uređaji.



Nikola Čelanović je docent na Fakultetu tehničkih nauka i osnivač firme Tajfun. Doktorski rad odbranio 2000. godine na Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia. Oblast interesovanja su mu energetska elektronika, električne mašine i regulacija elektro-motornih pogona.

EVOLUCIJA SISTEMA ZA PRENOS AUDIO SIGNALA IZMEĐU STUDIJA I PREDAJNIKA

EVOLUTION OF SYSTEMS FOR TRANSMISSION OF AUDIO SIGNALS BETWEEN STUDIO AND TRANSMITTER

Maja Lilić, Željen Trpovski, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Sadržaj – U ovom radu prezentovan je razvoj sistema za prenos audio signala od studija do predajnika. Dat je kratak osvrt na tradicionalan način prenosa, kao i opis novih tendencija prenosa audio signala putem IP mreže. U cilju praćenja novih trendova i tehnoloških inovacija, prikazana je realizacija transporta signala putem WAN IP mreže, za potrebe jedne radio stanice.

Ključne reči: audio procesing, RF opseg, IP, WAN IP, modulacije, standardi za obradu audio signala, FEC, jitter.

Abstract – This paper presents the development of systems for transmission of audio signals from studio to transmitter. There is given a brief review of the traditional mode of transmission, as well as the description of the new tendency to transfer audio signals over IP networks. In order to follow new trends and technological innovation, the implementation of signal transmission through the WAN IP network, for one radio station is shown.

Key words: audio procesing, RF bandwidth, IP, WAN IP, modulation, audio standardization, FEC, jitter.

1. UVOD

Zbog ubrzanog razvoja radio-difuznih telekomunikacija od sredine XX veka, došlo je do naglog razvoja elektronskih medija što je za posledicu imalo potrebu za novim frekvencijskim prostorom.

Analogni sistemi za difuziju radio i TV programa koriste frekvencijski multipleks. Zbog ograničenog raspoloživog RF opsega, dodela i korišćenje frekvencija strogo su kontrolisani. Jedino rešenje koje će moći da obezbedi dovoljno frekvencijskog prostora jeste prelazak na digitalno emitovanje TV i radio programa. Da bi se prešlo na digitalno emitovanje TV i radio programa potrebno je izgraditi odgovarajuću prenosnu mrežu. Jedno od mogućih rešenja jeste izgradnja optičkih ili radio-relejnih veza, zasnovanih na savremenoj IP platformi baziranoj na Ethernet platformi i Wireless Ethernet (WLAN) tehnologiji.

U ovom radu je na konkretnom primeru pokazana implementacija novih načina prenosa radio signala, putem IP mreže, koji omogućuje pouzdan prenos radio programa na trasi između studija i predajnika. Pored toga što je ovim putem obezbeđen siguran i kvalitetan prenos radio

signala, kao dodatna pogodnost ovakvog prenosa omogućen je pristup i slušanje radio programa on-line, na internetu.

2. PREGLED RAZVOJA RADIO KOMUNIKACIJA

2.1. Istorijat prenosa audio signala radio vezama

U radio-difuziji nastoji se da radio talasi pokrivaju što veću oblast u okolini predajnika, kako bi se što veći broj prijemnika našao u zoni prijema. Spojni put od tačke do tačke u ovim sistemima obrazuje se generisanjem, slobodnim prostiranjem i prijemom elektromagnetnih talasa. U ovom slučaju predajnik i prijemnik nisu povezani fizičkim vodom, već se signal, kao električni proces, izračen elektromagnetskim talasima, prenosi kroz medijum koji ih okružuje. Jednu od osnovnih veličina koja karakteriše ove talase predstavlja učestanost ovog oscilatornog fenomena. Ona direktno utiče na pojavu prostiranja, a samim tim i na vezu kao celinu. Pojava prostiranja javlja se na višim učestanostima, stoga prenos signala u njihovom osnovnom opsegu učestanosti (za prenos govornog signala (300-3400)Hz, za prenos muzike (30-15000)Hz) nije moguć. Zato svi sistemi radio veza rade ne principu VF prenosa.

Potpuno suprotno, našem verovanju, audio procesing nije star koliko i broadcast. Za početak ere modernog audio procesinga uzima se 1959. kada je predstavljen tada novi uređaj CBS Audimax I. Pre Audimax-a, postojala su razna AGC (Automatic Gain Control) pojačala i peak limiteri, ali je njihova glavna namena bila da održavaju nivo ili da spreče premodulaciju signala. Pre pojave Audimaxa, profesija „kontrolora nivoa“ na radio i TV stanicama je bila češća pojava od hardvera koji bi tu istu funkciju radio automatski. Glavni razlog je bio taj što tehnologija još nije bila dovoljno razvijena da bi se izbegle neželjene pojave kao što su distorzija, podizanje šuma, itd.

Iako se FM pojavio u kasnim 40-im, nije bilo specijalno dizajniranih procesora za ovaj novi medij sve do 70-ih godina! Ili bi stanice koristile standardne peak limitera da izbegnu premodulaciju, ili ne bi koristile ništa, što nije bila retkost. U kasnim 50-im Fairchild Recording Equipment Co. predstavio je novi uređaj Conax, koji je postao otac svih stereo limitera za broadcast. Iako je prezentovan u kasnim 50-im godinama prošlog veka, i danas je aktuelan limiter visokih frekvencija u mnogim studijima za snimanje muzike.

Krajem 80-ih bilo je jasno da se audio signal može obrađivati u digitalnom domenu i da na taj način mogu biti realizovane mnoge prednosti. Početkom 90-ih, ne tako skupa, brzi DSP čipovi omogućili su digitalnu obradu audio signala.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog–master rada čiji mentor je bio prof. dr Željen Trpovski.

2.2. Opis tradicionalnog prenosa signala od studija do predajnika - tzv. headend

Tradicionalni vid prenosa signala od studija do predajnika - tzv. headend podrazumeva prenos signala RR vezama, koje zahtevaju optičku vidljivost, jer rade u spektru za koji je to potrebno. Kako je raspodela radio-frekvencijskog opsega strogo kontrolisana, domet radio stanica je ograničen preko ograničenja u snazi predajnog signala i usmerenosti antena, frekvencije na kojoj se emituje, zakrivljenosti Zemlje, itd.

Optička vidljivost između predajne i prijemne antene zahteva pozicioniranje tih antena na mestima koja su fizički uzdignuta, odnosno na takvoj poziciji da se izbegnu sve fizičke prepreke na liniji optičke vidljivosti.

Na niskim frekvencijama (ispod $\approx 2\text{MHz}$) radio signali putuju kao površinski talasi, koji prate zakrivljenost teritorije preko koje se prostiru.

Na frekvencijama između 1MHz i 30MHz , talasi mogu da se reflektuju od F1/F2 slojeva jonosfere, na taj način ovim talasima je moguće ostvariti najduže veze, potencijalno globalne, pomoću multipliciranih skrenuto usmerenih pravolinijskih prostiranja. Efekat višestruke difrakcije i refrakcije dovodi do makroskopske "kvazi-zakrivljene putanje".

Međutim, na višim frekvencijama i u nižim slojevima atmosfere, ni jedan od ovih efekata nije primenljiv. Prema tome, bilo koja prepreka između predajne i prijemne antene blokiraće signal.

U praksi, propagaciona karakteristika radio talasa razlikuje se u zavisnosti od tačne frekvencije i snage prenošenog signala (u funkciji karakteristika i predajnika i same antene). Emitovanje FM radija, na komparativno niskim frekvencijama oko 100MHz , jednostavno propagiraju (prostiru se) kroz zgrade i prirodu, jer je informacija utisnuta u fazu signala.

Sistemi koji služe za prenos zvuka, mogu da se podele u dve grupe, koje se razlikuju po izboru modulacije koju koriste za translaciju spektra prenošenih signala u područje visokih učestanosti. Jednu predstavljaju oni koji koriste *amplitudsku modulaciju* (AM), drugu čine sistemi sa *frekvencijskom modulacijom* (FM).

Oba ova sistema zasnivaju se na odgovarajućoj obradi nosioca, koji predstavlja napon ili struju čiji je talasni oblik sinusoidalni. Kao deterministička veličina, nosilac sobom ne nosi nikakvu informaciju. Međutim, moguće je jedan od njegovih karakterističnih parametara, amplitudu, učestanost ili fazu, menjati po vremenskom zakonu koji predstavlja prenošenu poruku.

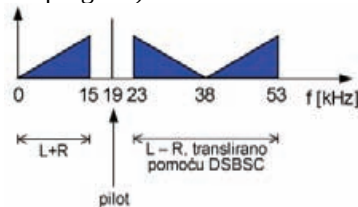
Ako se učestanost nosioca i njegova faza drže konstantnim, a amplituda mu se menja po zakonu koji predstavlja poruku, dobiće se jedan nov signal, koji u sebi sadrži poruku, a celokupan spektar nalazi mu se u području visokih učestanosti. Za takav signal kaže se da je amplitudski modulisan.

Postupkom frekvencijske modulacije u suštini se obavlja sličan proces. Učestanost nosioca menja se po zakonu po kom se menja prenošeni signal. Mada u pogledu spektra ovako dobijenog FM signala ima nekih suštinskih razlika u odnosu na spektar AM signala, praktično se može uzeti da je i spektar FM signala koncentrisan u jednom relativno uskom opsegu oko učestanosti nosioca.

Osnovna razlika je u tome što je spektar FM signala znatno širi od spektra AM signala. Ovaj nedostatak ima i

svoju prednost. Pokazaće se da je odnos signal/šum u prenosu sa frekvencijskom modulacijom bolji od odnosa koji se postiže amplitudskom modulacijom.

FM stereo (stereofonska) radio difuzija podrazumeva prenos dva kanala (levog i desnog) istog kvaliteta. Princip je da se ne prenose originalni kanali, već njihov zbir i njihova razlika (kako bi se omogućilo da mono prijemnik može da prima program).



Slika 1 - FM stereo signal

Na 38kHz moduliše se razlika $L-R$ i to korišćenjem DSB modulacije, čime dobijamo dva bočna opsega ($\pm 15\text{kHz}$) bez nosioca (Slika 1). Viši bočni opseg je razlika $L-R$, dok je niži bočni opseg invertovan $L-R$. Da bi na prijemnoj strani dobili ovaj isti signal, potreban nam je i nosilac na 38kHz koji će biti sinhronizovan sa onim na predajnoj strani. Iz tog razloga se na 19kHz šalje pilot signal iz kojeg na prijemnoj strani od njegovog drugog harmonika formiramo nosilac na 38kHz koji je sinhron sa onim na predajnoj strani. Posle ovoga, na frekvenciji 57kHz modulišu se podaci RDS sistema, brzine podataka (data stream brzine) 1187.5bps .

Na prijemnoj strani, kada izdvojimo zbir $L+R$ (mono) i razliku $L-R$, njihovom kombinacijom dobijamo posebno levi L i desni R audio signal.

Pri projektovanju radio-relejne veze, kod prenosa analognog signala, mera kvaliteta koja se uzima u obzir je kvalitet odnosa signal-šum, koji se izražava u [dB].

Kod digitalnog prenosa radio-relejne veze mera kvaliteta je verovatnoća greške, koja se izražava u $[\text{BER}=10^{-6}]$ prenetih bit-a, a može da bude i više, u zavisnosti od korišćene modulacije].

U telekomunikacionim sistemima sa radio-relejn timer vezama koriste se sve poznate modulacije: AM, SSB, FM, ASK, BPSK, QPSK, OQPSK, OFSK,...,N-PSK, FSK, MSK, GFSK

Mikrotalasni opseg je: 2GHz , 14GHz , 12GHz , 23GHz , 31GHz , 38GHz , 40GHz .

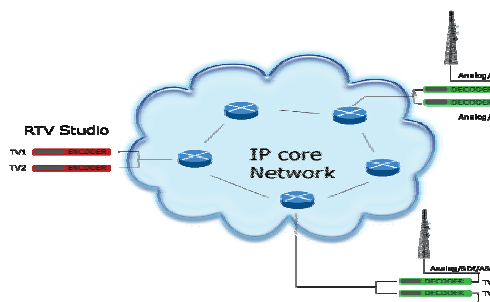
2.3. Kratak opis novih tendencija prenosa signala

Kako je potrebno obezbediti dovoljno frekvencijskog prostora u već ograničenom i raspodeljenom prostoru, neophodno je bilo osmisliti nove vidove transporta audio/video signala. Jedno od rešenja koje će moći da obezbedi dovoljno frekvencijskog prostora jeste potpuna digitalizacija prenosa TV i radio programa. Da bi se prešlo na digitalno emitovanje TV i radio programa potrebno je izgraditi odgovarajuću prenosnu mrežu. Jedno od mogućih rešenja je izgradnja radio-relejnih veza, zasnovanih na savremenoj IP platformi sa korišćenjem Ethernet i Wireless Ethernet (WLAN) tehnologije.

Distribucija TV i radio signala vrši se korišćenjem enkodera na strani studija i dekodera na strani predajne lokacije. Signal sa enkodera može se ubacivati u sistem na bilo kojoj čvornoj tački.

Prenos podataka može se realizovati u režimu tačka-tačka (*point-to-point*), kada svaki paket sadrži tzv. unicast IP

adresu željene destinacije ili u režimu tačka-više tačaka (*point-to-multipoint*) gde se definiše tzv. multicast IP adresa za određenu grupu krajnjih korisnika. Za prenos TV i radio signala unutar mreže koristi se multicast režim zbog toga što omogućava prenos istog sadržaja do više predajnih lokacija, a da iskorišćeni kapacitet pri tome ostaje isti bez obzira na broj krajnjih korisnika. Dekodirani se pridružuju multicast grupama korišćenjem IGMP (*Internet Group Management Protocol*) v2/v3 protokola. Ovakav sistem omogućuje jednostavnu kontribuciju video i audio signala sa različitim lokacija, pa je moguće vršiti razmenu audio/video materijala između više studija, obezbediti direktan prenos ili prenos audio/video sadržaja regionalnih TV i radio stanica (Slika 2).



Slika 2- Blok šema prenosa TV i radio signala

Razvoj broadbanda u Srbiji inicirao je zahteve za multi-medijom, početak 2002. god. smatra se prekretnicom zbog potražnje za BRI ISDN-om koji je omogućavao prenos do 128 Kbps simetrično UP/DL (2xB kanala). Početkom 2003. na postojeći Real server pridodat je i Windows Media server (WMS). Streaming tehnologija bazira se na konverziji (audio/video) u digitalni signal i primenu odgovarajućeg kodeka (koji se baziraju na algoritmima za obradu signala), u zavisnosti od standarda.

Standardi:

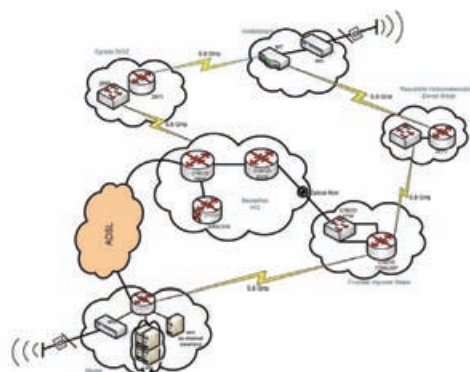
- ✚ **MPEG 1** - razvijen za pokretne slike i audio (koristi se kod Video CD-a, MP3 rane verzije, definisan 1992. godine)
- ✚ **MPEG 2** - standard za digitalnu televiziju (koristi se kod Digital Television set top boxes DVD; definisan 1994. godine)
- ✚ **MPEG 4** - verzija 1 i 2, standard za multimedijalne aplikacije (odobren 1999. godine)
- ✚ **MPEG 7** - standard predviđen za WEB aplikacije koje se nalaze na *storage* sistemima
- ✚ **H.264/AVC/MPEG 4 Part 10** - standard namenjen za video kompresiju (isti kvalitet na duplo manjem BitRate-u MPEG-2, MPEG-4 Part 2)
- ✚ **OGG Free Open** - standard frejm (koji prenosi druge standarde)

Dial-up digitalna kola, uključujući ISDN i Switched 56, nekada su predstavljali uređaje od kojih se očekivalo da će zameniti analogne dial-up servise koji se i danas svakodnevno koriste. Kako se ovo još nije dogodilo, ovi servisi su lako dostupni i isplativi. ISDN (PRI/BRI) servisi se rutinski koriste za daljinski brodcast i audio kontribuciju. Može se koristiti i kao studio-transmitter link (headend), ali kako su ISDN servisi izgrađeni i zasnovani na vremenskoj osnovi (time base), pa ukoliko stalna brzina (flat rate) ne može biti skraćena, ovo nije dobar

izbor za permanentnu upotrebu. Međutim, ISDN servis je idealan kao rezervni link (backup).

2.4. Kratak opis izvedenih radova na mreži

Realizacija savremenog transporta audio/video signala u broadcast kvalitetu, u današnje vreme teži da se realizuje putem IP protokola. Samim tim, prateći nove trendove i tehnološke inovacije, opredelili smo se da za potrebe jedne radio stanice realizujemo transport signala putem IP-a. Za potrebe transporta iskorišćena je rutirana WAN IP mreža, koja se bazira na transportu kroz optičke i radio link-ove, dok se za sam proces enkodovanja i dekodovanja koristi profesionalna audio oprema proizvođača Mayah Communication C1135/31, koja ima ulogu da analogni audio signal prilagodi transportnoj mreži.



Slika 3 - Blok šema realizacije mreže za prenos audio signala od studija do predajnika

Kao što se može zaključiti, na osnovu prikazane principijelne šeme toka signala (Slika 3), mreža je koncipirana na Cisco L3/L2 opremi koja je bazirana na OSPF dinamičkom routing protokolu, čime se omogućava dinamički backup između određenih tačaka koje su nam bitne, i višestrukim linkovima koji se postavljaju na tako definisane tačke. Detaljna konfiguracija same WAN mreže, kao i samog QoS na njoj, nisu predmet ovog diplomskog rada. Glavna vodilja tokom projektovanja ovako koncipirane mreže bio je zadatak da ostvareni odziv između dve tačke bude što manji, tj. da teži ispod <10ms. Obzirom na ovako definisan zahtev i primenu QoS-a uspeli smo da ostvarimo prosečno kašnjenje IP paketa od 4ms, a u najvećim peak-ovima kada se pojavljuje mogućnost zagušenja, odziv je iznosio do 10ms. Samim tim, možemo smatrati da smo zahteve oko konfiguracije IP mreže ispunili. Bitno je napomenuti da je FEC na svim link-ovima podržan od strane transportne opreme, što je naročito izraženo na bežičnim transportnim link-ovima.

3. OPIS USVOJENOG REŠENJA

Korišćeni uređaji imaju više mogućnosti podešavanja kroz prednji panel, telnet ili web interface. Mi smo se opredelili da inicijalno podešavanje uradimo kroz prednji panel, tj. da uređajima kroz prednji panel dodelimo samo IP adrese a nakon toga sva detaljna podešavanje uradimo preko web interface-a.

Nakon inicijalnog podešavanja dodeljene IP adrese su: Encoder 192.168.100.2 i Decoder 192.168.200.2. Dalja podešavanja vršimo putem web interface-a i uređajima pristupamo tako što u polju za URL kucamo <http://192.168.100.2> i <http://192.168.200.2>.

Nakon logovanja kroz web brauzer dobićemo web menadžment konzolu uređaja:



Slika 4 - Web menadžment konzola uređaja C1131

Sa pokazane slike (Slika 4) može se zaključiti da smo audio ulaze već priključili na izvor audio signala što nam je pokazano grafičkim vumetrima (zelenom bojom su prikazani trenutni nivoi signala u dB). Kroz opciju NEW definisali smo IP adresu dekodera kao i željeni kodek koji će se koristiti. Tako definisan profil markiramo u profilu Codec → PHONEBOOK i pritiskom na taster CONNECTED otpočinjemo proces kodovanja. Svetlosna indikacija nam pokazuje da su se Encoder i Decoder međusobno konektovali ("connected") a u polju CONNECTIONTIME vidimo koliko dugo međusobna konekcija već postoji. Ujedno, vidi se i profil za audio signal, gde smo definisali da će se stream kodovati sa AAC kodekom u kvalitetu 128 kbps, 44.1 KHz sampling-om i da ceo stream sa overhead-om iznosi 144 kbps. Istim principom pristupamo i Decoder-u, kroz web interface (Slika 5).



Slika 5 - Web menadžment konzola uređaja C1135

Obzirom da na INPUT kanalima vidimo trenutne nivoe signala (u dB), možemo sa sigurnošću reći da je proces dekodovanja u toku i da na izlazima uređaja imamo analogni signal. Ujedno možemo da pratimo lost i drop pakete, kao i nivo jitter-a. U našem slučaju, ove vrednosti su 0, što pokazuje da je WAN IP mreža dobro i uravnoteženo iskonfigurisana adekvatno zahtevima korisnika.

IP mreže su paketski-orjentisane mreže. Ove mreže nisu sinhronizovane clock-om, pa je uobičajeno da vreme prijema paketa varira u zavisnosti od mrežnog okruženja i opterećenja u saobraćaju. Kako bi izbegli audio smetnje na ovakvim mrežama neophodno je konfigurisati Encoder/ Decoder na određeni način kako bi se postigla najveća pouzdanost i jednostavnost u primeni. Mayah je u tu svrhu razvio Automatic Jitter Compensation (AJC) tehnologiju zasnovanu na standardima (standards-based).

4. DOBIJENI REZULTATI

Na osnovu praćenja prenosa na mreži u periodu od 15 dana, 2 sata i 18 minuta [$T=1304280s$] pri brzini prenosa od 55 paketa/s, ustanovljen je gubitak 2066 paketa. Na osnovu ovih podataka obavljen je proračun pouzdanosti prenosa i dobijen je sledeći rezultat:

$$55 \text{ paketa} : 1s = X : 1304280s$$

$$X = 71735400 \text{ paketa}$$

gde X predstavlja isporučene pakete.

Stoga, gubitak u prenosu iznosi:

$$100\% : 71735400 \text{ paketa} = X_1 : 2066 \text{ paketa}$$

$$X_1 = 0.003\%$$

Na osnovu čega zaključujemo da je pouzdanost prenosa 99.997%. Što je vrlo zavidan rezultat.

5. ZAKLJUČAK

U radu je opisan alternativni način prenosa radio audio signala između studija i predajnika, kroz IP mrežu.

Audio prenos kroz IP mrežu postaje važan segment za radio industriju kao mogući vid prenosa, što je posledica dostupnosti i porasta frekvencijskih opsega dok se troškovi takvog rešenja gotovo konstantno umanjuju.

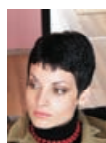
Za potrebe transporta audio signala između studija i predajnika, opisanog u radu, iskorišćena je rutirana WAN IP mreža, koja se bazira na transportu kroz optičke i radio link-ove, dok se za sam proces enkodovanja i dekodovanja koristi profesionalna audio oprema proizvođača Mayah Communication C1135/31, koja ima ulogu da analogni audio signal prilagodi transportnoj mreži.

Na predajniku se signal iz digitalnog formata vraća u analogni, i kao takav emituje u etar.

6. LITERATURA

- [1] Wolfgang Hoeg Berlin, Germany (formerly head of division at Deutsche Telekom Berkom), Thomas Lauterbach University of Applied Sciences, Nürnberg, Germany - DIGITAL AUDIO BROADCASTING - Principles and Applications
- [2] Chang Texas A&M University - RF AND MICROWAVE WIRELESS SYSTEMS
- Internet sajtovi:
- [3] <http://en.wikipedia.org>
- [4] <http://www.mayah.com/products/c11/c1130-overview.htm>

Kratka biografija:



Maja Lilić rođena je u Beogradu 1981. god. U Beogradu je završila Višu PTT školu, a 2003. godine nastavila je studije na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu gde završava diplomatske - master studije iz oblasti telekomunikacija.



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

**FIBER OPTIČKI SENZORSKI ELEMENTI SA UNUTRAŠNJOM REŠETKOM,
MODELOVANJE I SIMULACIJA****IN-FIBER GRATING OPTIC SENSOR ELEMENTS, SIMULATION AND MODELING**Milan Đorđević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U ovom radu prikazaćemo simulaciju senzorskog elementa sa Bragovom rešetkom (FBG) pri različitim dužinama rešetke. Pokazano je da dužina rešetke predstavlja jedan od kritičnih parametara koji doprinose visokim performansama FBG senzorskih elemenata, kao što je ravniya karakteristika u propusnom delu opsega. Simulirane rešetke pri različitim dužinama su analizirane i dizajnirane proračunavanjem transmitovanog i reflektovanog spektra, i propusnog opsega. Takođe ćemo se osvrnuti na uticaj indeksa modulacije, njegove amplitude na transmitovani/reflektovani spektar kao i na širinu propusnog opsega.

Abstract – In this paper we perform a simulation of fiber Bragg grating sensor element (FBG) with different grating lengths. It is shown that the grating length represents as one of the critical parameters in contributing to a high performance fiber Bragg grating sensor elements. The simulated fiber gratings with different lengths were analyzed and designed by calculating reflection and transmission spectra, and the bandwidth. We will also show the influence of the index

modulation, its amplitude on the transmitted/reflected spectrum and on the width of the bandwidth.

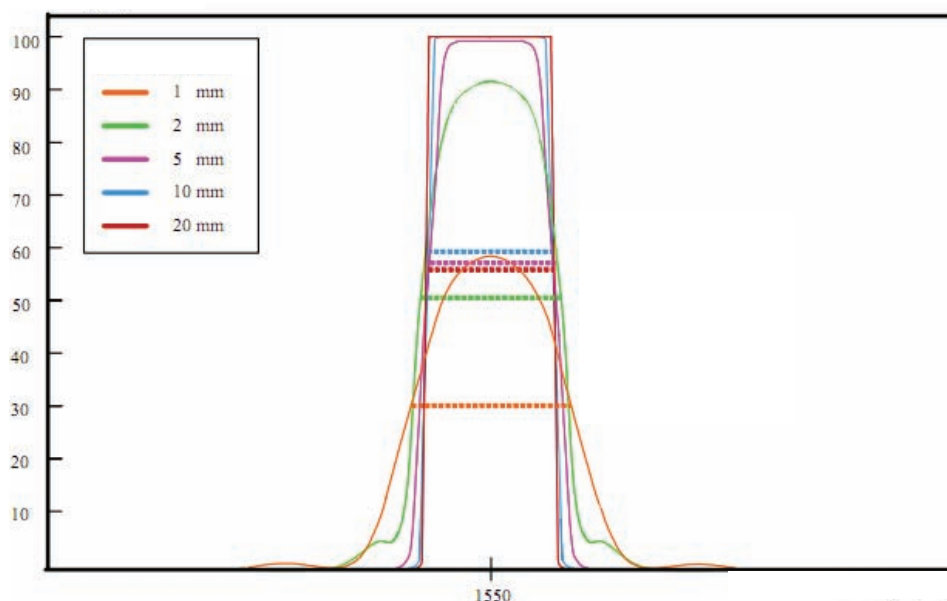
Ključne reči: Optoelektronika, FBG, Modelovanje, Simulacija

1. UVOD

Intenzivna istraživanja i veliki naponi su uloženi u razvoj nove klase fiber optičkih komponenti – UV pisanih optičkih rešetki [1]. FBG-ovi su bazirani na principu Bragove refleksije.

Kada se svetlost prostire kroz periodične oblasti velikog i malog indeksa prelamanja, delimično se reflektuje na svakoj površini između regiona.

Ako je razmak između regiona takav da svaka parcijalna refleksija povećava fazu, totalna refleksija može da dostigne vrednost blizu 100%, pored toga što su vrednosti pojedinačnih refleksija veoma male [2]. Naravno ti uslovi će biti ispunjeni samo za određene talasne dužine. Za sve ostale talasne dužine reflektivnosti neće biti u fazi pa će se međusobno poništavati, rezultujući visokom transmitivnošću.



Slika 1. Uporedni prikaz širine propusnog opsega dužine 1, 2, 5, 10, 20 mm

NAPOMENA:

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

2. SIMULACIJA I KARAKTERISTIKE PRI RAZLIČITIM DUŽINAMA REŠETKE

Najbitnije karakteristike rešetke FBG senzorskih elemenata su reflektivnost i širina propusnog opsega, pored njih pojavljuju se i bočna ispupčenja koja je potrebno eliminisati. Na osnovu posmatranja ovih parametara simuliraćemo i odabrati odgovarajuću dužinu rešetke. U simulaciji ćemo koristiti rešetke čija je dužina u intervalu od 1 do 20 mm i iz dobijenih rezultata doći ćemo do zaključka koja dužina je najpogodnija. Tabela sadrži vrednosti parametara koje će biti korišćene u simulaciju. U tabeli su date smo vrednosti bez detaljnijih objašnjenja. Indeks modulacije je približno odabran, u daljem tekstu će biti reči o njemu i njegovom uticaju na ključne osobine senzorskog elementa.

Tabela 1. Parametri rešetke

Parametar	Podešavanja
Oblik rešetke	Sinusni, $f(z) = \sin\left(\frac{2\pi}{\Lambda} z\right)$
Prosečan indeks	Nepromenljiv (uniforman)
Indeks modulacije	0.0017
Centralna talasna dužina	1550 nm
Indeks prelamanja jezgra vlakna	1.46
Indeks prelamanja omotača vlakna	1.45
Perioda rešetke	$\approx 534\mu\text{m}$

3. ŠIRINA PROPUSNOG OPSEGA

Ispitivanje promene širine propusnog opsega FBG senzorskog elementa, FWHM (full width half maximum) vrednosti FBG-a sa pet različitih dužina rešetke, 20, 10, 5, 2 i 1 mm, su merene. Ispitivanje FWHM-a signala FBG-a je uobičajeno za objašnjavanje promene širine propusnog opsega. FWHM označava propusni opseg sa 50% reflektivnosti pika senzorskog elementa. Simulacijom u softveru dobijamo sledeće vrednosti koje su prikazane na slici 1. zapažamo promene širine propusnog opsega kako se dužina rešetke povećava. U slučaju kada je FBG element dužine 1mm, širina propusnog opsega je 1.4 nm. širina se smanjuje na 1.32 za dužinu rešetke od 2 mm. Zatim se širina ponovo smanjuje na 0.8 nm kako se dužina rešetke povećala na 5 mm. Širina propusnog opsega ostaje ista (0.8 nm) za slučajeve dužine rešetke 10 mm i 20 mm. Primećujemo da širina propusnog opsega opada dok ne dođe do dužine rešetke od 5 mm gde dostiže vrednost od 0.8 nm i zadržava tu vrednost i za veće dužine.

Kriva koja opisuje promene širine propusnog opsega usled promene dužine rešetke prikazana je na slici 2. a vrednosti simuliranih rešetki su prikazane i u tabeli 2. Na grafiku možemo uočiti približno eksponencijalnu zavisnost širine propusnog opsega sa povećanjem dužine rešetke.

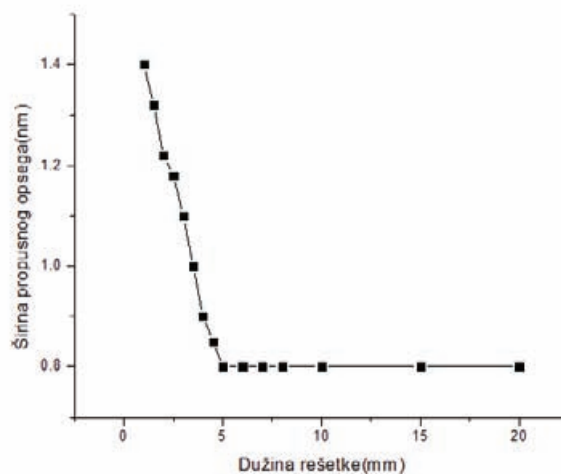
Tabela 2. Zavisnost širine propusnog opsega od dužine rešetke

Dužina rešetke (mm)	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	6	7	8	10	15	20
Širina propusnog opsega (nm)	1,4	1,32	1,22	1,18	1,1	1,08	1	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8

4. TRANSMITIVNOST/ REFLEKTIVNOST

Reflektivnost i transmitivnost kao i širina propusnog opsega FBG senzorskog elementa se menjaju ako se menja dužina rešetke. Na sledećih nekoliko grafika na slici 3. uočićemo promene reflektivnosti usled promene dužine rešetke. Kao što je prikazano, reflektivnost se povećava sa porastom dužine rešetke. FBG je dostigao reflektivnost od 100% pri dužini rešetke od 10 mm i zadržao je i za veće dužine. Tendencija je veoma slična sa rezultatima promene trodecibelske širine propusnog opsega ali u suprotnom smeru. Reflektivnost raste sa porastom dužine rešetke kao što je prikazano na slici 4. Iz prethodno izloženih rezultata dolazimo do zaključka da simulirani FBG element ima bolje performanse sa porastom dužine rešetke do dužine od 10 mm kada dostiže vrednost od 100% reflektivnosti.

Rezultati koji su dobijeni simuliranjem većeg broja rešetki različite dužine prikazani su u tabeli 3. kao i na slici 4.

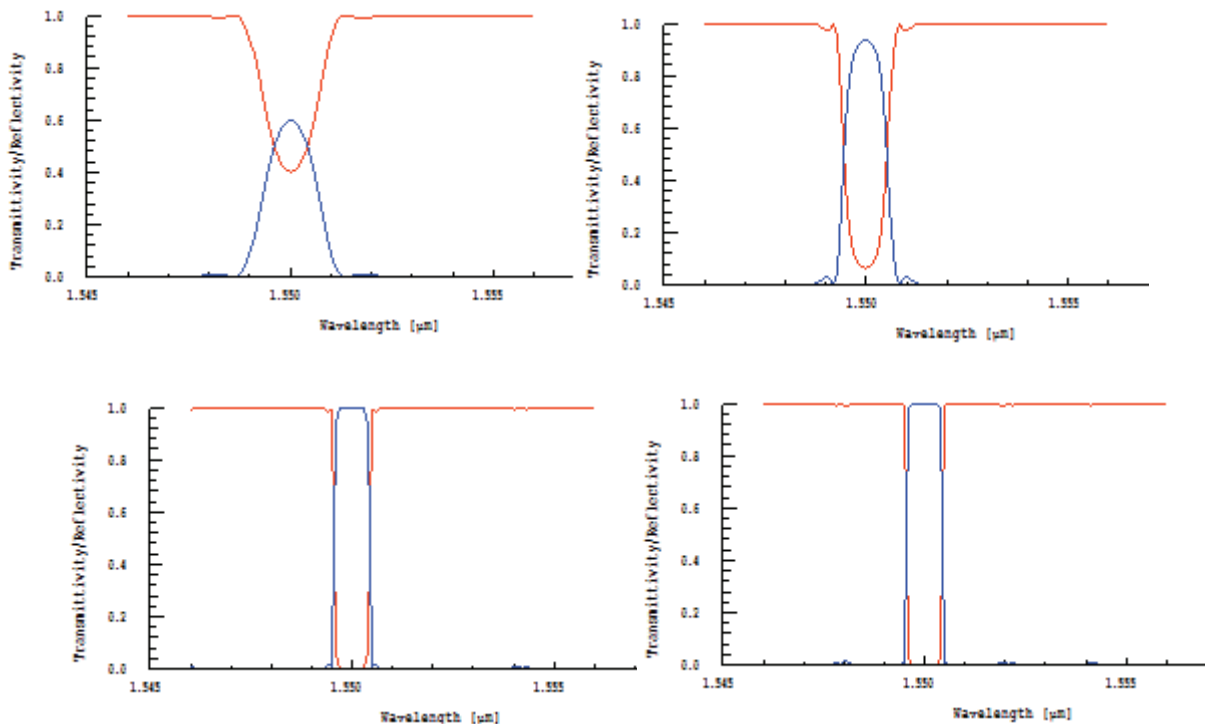


Slika 2. Grafik zavisnosti širine propusnog opsega od dužine rešetke

Imajući u vidu konstantnu težnju savremenih tehnologija ka minijaturizaciji i razmatrajući rezultate koji su dobijeni

prethodnim simulacijama dolazi se do zaključka da je rešetka dužine 10mm najpogodnija za željeni senzorski element. Sa datim parametrima rešetke i pri dužini od 10

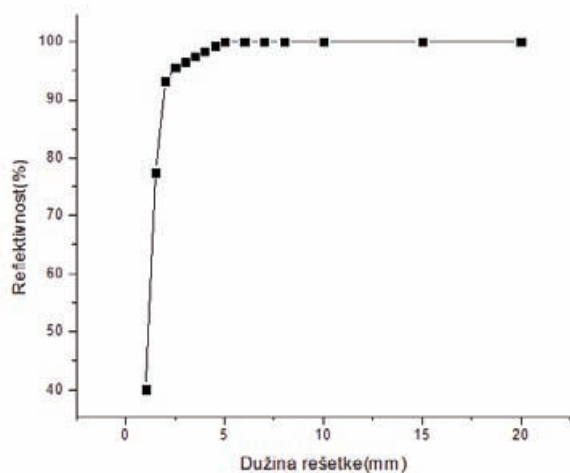
mm, modelovana rešetka ima reflektivnost od 100%, što je veoma bitno i širinu propusnog opsega od 0.8 nm.



Slika 3. Karakteristika reflektivnosti/transmitivnosti za dužine rešetke od 1, 2, 5, 10 mm respektivno

Tabela3. Zavisnost reflektivnosti od dužine rešetke

Dužina rešetke(mm)	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	6	7	8	10	15	20
Reflektivnost (%)	40	77,4	93	95,6	96,5	97,4	98,3	99	99,97	99,98	99,99	99,99	100	100	100



Slika 4. Grafik zavisnosti reflektivnosti od dužine rešetke

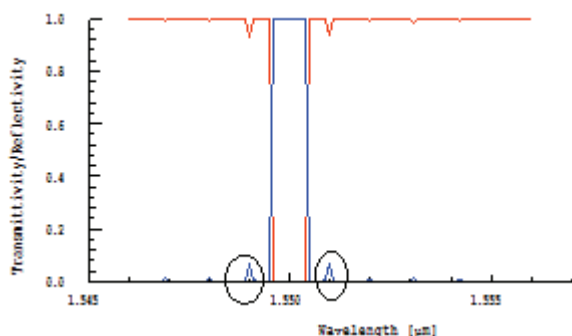
5. BOČNA IZOBLIČENJA

Pored dve prethodno definisane i prikazane osobine rešetke senzorskog elementa, veoma bitna osobina za samo modelovanje su bočna izobličenja (*side-lobe*).

Bočno izobličenje definisano je kao maksimalni pik van opsega glavnog pika, što je prikazano na slici 5. Na slici su zaokružena bočna izobličenja sa leve i desne strane glavnog pika reflektivnosti. Radi lakšeg uočavanja izobličenja na slici je prikazana karakteristika rešetke dužine 20 mm. Bočna izobličenja predstavljaju problem prilikom projektovanja rešetke FBG elementa, iz razloga što bi idealan senzor trebalo da reflektuje svetlost samo na određenoj talasnoj dužini i pri tom ima određenu širinu propusnog opsega. Pojavljivanje bilo kakvih izobličenja u reflektivnom spektru može dovesti do pogrešnog merenja tj. senzor neće davati realne vrednosti na izlazu, samim tim je neupotrebljiv.

Jedan od glavnih zadataka pri modelovanju senzorskih elemenata jeste i eliminacija ovih izobličenja. Dve metode se koriste za njihovu eliminaciju tj. smanjivanje, jedna je smanjivanje amplitude indeksa modulacije a druga je apodizacija.

Ukoliko koristimo metodu promene amplitude indeksa modulacije tj. njenog smanjivanja može se značajno smanjiti izobličenje. Pored smanjenja izobličenja dolazi do još jedne promene i to promene u širini propusnog opsega.



Slika 5. Prikaz bočnih izobličenja

Zaključujemo da smanjenje amplitude indeksa modulacije značajno utiče na širinu propusnog opsega, što ne želimo. Iz toga sledi da eliminacija izobličenja promenom amplitude indeksa modulacije nije pogodna. U nastavku razmatranja prikazaćemo metodu eliminacije izobličenja apodizacijom. Apodizacija je parametar koji je voma bitan, jer kao što će biti prikazano u narednim razmatranjima postoje tri osnovne osobine rešetke koje moraju biti kontrolisane, a to su reflektivnost, širina propusnog opsega i bočna ispuščenja (*side-lobe*). Apodizacija se odnosi na raspodelu indeksa prelamanja tako da pri krajevima rešetke on bude nula. Njena uloga tj. značaj je u suzbijanju bočnih ispuščenja a da pri tome ne dođe do poremećaja propusnog opsega i pika reflektivnosti. Osnovne funkcije apodizacije su Gausovska i tangens hiperbolična. Bitno je primetiti da korišćenje apodizacije nije uticalo na promenu širine propusnog opsega što je veoma bitno. Dolazimo da zaključka da je apodizacija odgovarajuća metoda za eliminaciju, smanjenje bočnih izobličenja.

6. ZAKLJUČAK

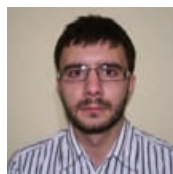
U ovom radu ispitivali smo karakteristike signala FBG senzora sa različitim dužinama rešetke koristeći metode simulacije. Zaključci do kojih smo došli su sledeći:

- Širina propusnog opsega FBG senzorskog elementa smanjuje se sa povećanjem dužine senzora.
- Kada dužina rešetke dostigne 5 mm, širina propusnog opsega se smanji na 0.8 nm i zadržava se na toj vrednosti i za veće dužine.
- Reflektivnost FBG elementa povećava se sa povećanjem njegove dužine.
- Reflektivnost se povećava sa povećanjem dužine rešetke sve dok ne dostigne vrednost od 100% za dužinu rešetke od 10 mm i zadržava tu vrednost i za veće dužine.
- Bočna izobličenja koja imaju veliki uticaj na kvalitet senzorskog elementa veoma se efikasno mogu eliminisati funkcijom apodizacije, bez uticaja na ostale parametre rešetke.

7. LITERATURA

- [1] Shizhuo Yin, Paul B. Ruffin, Francis T. S. Yu, „*Fiber optic sensors*”, CRC Press, USA, 2008.
- [2] Miloš B. Živanov, Miloš P. Slankamenac, „*Optoelektronika, praktikum za laboratorijske vežbe*”, Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, 2006.

Kratka biografija:



Milan Đorđević rođen je u Baroševcu 1985. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Mikroračunarska elektronika na temu Fiber optički senzorski elementi sa unutrašnjom rešetkom, modelovanje i simulacija odbranio je 2010. god.

**REALIZACIJA NADZORNO-UPRAVLJAČKOG SISTEMA ZA UPRAVLJANJE
POSLOVNIM OBJEKTIMA****IMPLEMENTATION OF SUPERVISORY AND CONTROL SYSTEM FOR BUILDING
MANAGEMENT SYSTEMS**

Miloš Stanić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – Ovaj rad je usmeren na istraživanje i analizu sistema za upravljanje poslovnim objektima - BMS sistemima (Building Management Systems). Na početku su opisani nadzorno-upravljački sistemi i razvoj i dat je opis sistema za upravljanje poslovnim objektima. Predstavljen je korišćen programski paket Siemens WinCC. Zatim je dato tehničko rešenje sistema za upravljanje poslovnim objektom koje obuhvata opis pojedinačnih sistema kojima se upravlja i hardversku konfiguraciju sistema. Na kraju je dato i softversko rešenje nadzorno-upravljačkog sistema.

Abstract – Subject of this paper is based on researching and analysis of Building Management System (BMS). Beginning of the paper gives a description of supervisory control systems, development and description of building management systems. Used program package Siemens WinCC was presented. Afterwards, technical solution for BMS was presented and it contains description of individual systems that are managed and hardware configuration of system. At the end the software solution for supervisory-control system is presented.

Cljučne reči: WinCC SCADA, Building Management System (BMS)

1. UVOD

Na današnji izgled stambenih objekata uticali su način življenja i potrebe modernog društva, na primer: udaljenost radnog mesta od kuće i sve manje slobodnog vremena stvara potrebu za efikasnošću, sve veća potreba modernijih zdravstvenih usluga za stariju populaciju, itd. Takođe i prirodne sile utiču na temperaturu, vlažnost i kvalitet vazduha unutar stambenog objekta, što se odražava na ekonomičnost potrošnje električne energije. Nove tehnologije omogućavaju da se ove potrebe modernog društva ostvare. Pod tim se podrazumeva korišćenje novih materijala, tehnologija komunikacija, kao i nove informacije iz oblasti upravljanja stambenim objektima. Možemo uočiti tendenciju sve veće "inteligencije" u industriji upravljanja zgradama. Pod "inteligencijom" se podrazumevaju uređaji koji prikupljaju informacije o trenutnom stanju zgrade putem senzora i na osnovu tih signala izvrše podešavanja u skladu sa potrebama stanovnika [1,2].

NAPOMENA:

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

U Siemens-ovom SCADA WinCC alatu urađeno je softversko rešenje nadzorno-upravljačkog sistema za upravljanje poslovnim objektom. Takođe je predstavljeno i tehničko rešenje sistema za upravljanje poslovnim objektom. U tehničkom rešenju je opisana oprema automatskog upravljanja, SCADA sistem koji je baziran na web aplikaciji, opis pojedinačnih sistema kojima se upravlja, topologija mreže i opis hardverske konfiguracije.

2. SCADA SISTEM

SCADA podrazumeva ceo spektar opreme, sistema i rešenja koja omogućavaju prikupljanje podataka o nekom procesu - udaljenom sistemu, obradu istih, nadzor, i u pojedinim slučajevima i reagovanja na adekvatan način. SCADA je softver koji služi za distribuiranu kontrolu i prikupljanje podataka u nekom procesu [3].

Ovo su dve tipične definicije SCADA sistema:

- SCADA je tehnologija koja omogućava korisniku da prikuplja podatke sa jednog ili više udaljenih uređaja i/ili da šalje ograničene upravljačke instrukcije tim uređajima. [4].
- SCADA je sistem koji radi sa šifrovanim signalima preko komunikacionih kanala i tako omogućava upravljanje RTU (Remote Terminal Unit) opremom. [5].

Osnovne komponente svakog SCADA sistema su: podsistem za definisanje veličina; podsistem za alarme; podsistem za prikaz trendova; podsistem za izveštaje; grafički; komunikacioni i podsistem za pristup bazama podataka [6].

**3. SISTEMI ZA UPRAVLJANJE POSLOVNIM
OBJEKTIMA**

Pametne zgrade, Building Management Systems (BMS ili Building Energy Management Systems (BEMS) su uobičajene skraćenice). Building IT, Building Automation Systems (BAS), su najzastupljeniji komercijalni nazivi, po kojima se na tržištu prepoznaju sistemi centralizovanog upravljanja poslovnim zgradama. Poslovna zgrada inteligentan pridev dobija "prilagođavajući" svoje parametre kompletnoj organizaciji ili različitim organizacijama koje sa zaposlenima i klijentima u njoj provode radno vreme. Ovaj zadatak pred informatičke tehnologije automatizacije upravljanja postavlja niz novih složenijih i kompleksnijih zahteva za inoviranjem, unapređenjem i integracijom sistemskih rešenja. Sadašnji najnoviji unapređeni sistemi zasnovani su stoga na principima koji obezbeđuju investitorima i korisnicima sledeće korisnosti:

- potpunu integraciju svih podsistema u jedan,

- otvorenost i veze za integraciju više rasličitih tehnologija, što investitoru daje veću mogućnost izbora,
- ukupne energetske uštede od minimum 20%,
- period povrata investicije u pravilno projektovan i optimalno dimenzionisan sistem od 2-5 godina,
- optimizaciju svih parametara zgrade,
- ekonomsku i tehnološku optimizaciju kroz povećanu fleksibilnost pri projektovanju i maksimalni procenat iskorišćenja funkcija sistema,
- potpunu kontrolu nad svom opremom u i oko objekta,
- jedinstveni informativni sistem,
- kontrolu i upravljanje prostorom i imovinom,
- upravljanje, smanjenje i predikciju troškova,
- smanjenje troškova održavanja, obuke i treninga osoblja,
- povećanje ukupne profitabilnosti zgrade,
- merenje i alociranje svih energetskih ušteda i identifikovanje prostora za uštede,
- kontinuirano podržavanje, podešavanje, praćenje rada i servis sistema,
- mogućnost za kontinuirano unapređenje i nadogradnju sistema novim budućim inovativnim tehnološkim rešenjima,
- povećanu efikasnost i pojednostavljenje upravljanja sistemom,
- pruža klijentima dodatnu vrednost,
- obezbeđuje tehnološko liderstvo u najnaprednijim tehnologijama u branši,
- moćno marketinško oruđe pri iznajmljivanju prostora ili prodaji cele zgrade,
- povećanje produktivnosti zaposlenih koji rade u prijatnom okruženju,
- društveno odgovorno ponašanje kroz brigu o zaštiti životne sredine,
- validne informacije, analize, izveštaje, grafikone i baze podataka za donošenje kvalitetnih i pravovremenih odluka, realnih prognoza i smanjenje finansijskog rizika [7],[8].

4. SIEMENS WinCC PROGRAMSKI PAKET

Pod SCADA sistemom se najčešće podrazumeva centralni sistem koji nadgleda i kontroliše celokupan tehnološki proces sa određene udaljenosti. Prikupljanje podataka počinje na nivou PLC-a koji očitava podatke direktno sa senzora i transmitera. Podaci se zatim obrađuju i transformišu u oblik pogodan za komunikaciju i šalju na SCADA-u. SCADA vrši vizualizaciju podataka i ako je potrebno, šalje upravljačke signale nazad na PLC koji ih izvršava. WinCC SCADA je moćan HMI sistem koji se koristi pod Microsoft Windows operativnim sistemom. SCADA sistem vrši komunikaciju i sa operaterom i sa PLC-om. WinCC je modularni sistem. Njegove osnovne komponente su Configuration Software (CS) i Runtime Software (RT). CS podrazumeva kreiranje grafičkog sistema, rad sa alarmima, arhiviranje podataka, konfigurisanje sistema za komunikaciju i sl. Sa druge strane, osnovni zadaci RT-a su pokretanje i zaustavljanje procesa, prikaz procesnih slika (celina), pristup bazi

podataka i razmena podataka sa PLC-om. Paket WinCC organizovan je kao standardna Windows aplikacija.

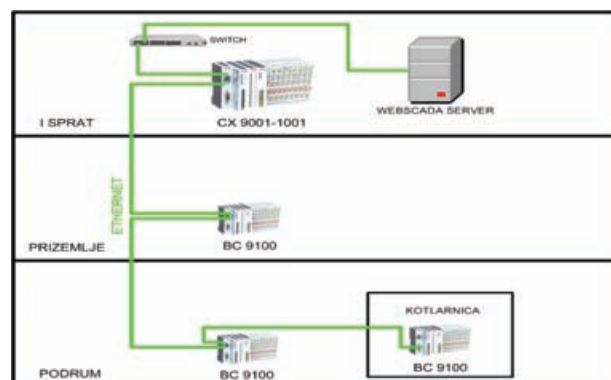
5. TEHNIČKO REŠENJE

Zadatak ovog projekta je realizacija BMS sistema na objektu. To se postiže integracijom određenih podsistema objekta na višem nivou, čime dobijamo BMS sistem, koji omogućava razmenu informacija između podsistema. Ono što je bitno napomenuti je da se prilikom izgradnje objekta imalo u vidu da će biti instaliran BMS sistem. Cilj realizacije BMS sistema je: smanjenje troškova eksploatacije objekta i održavanja zgrade, povećanje nivoa komfora i vrednosti objekta, povećanje nivoa kontrole nad radom svih podsistema, povećan nivo sigurnosti i fleksibilnosti.

5.1 Oprema automatskog upravljanja

Oprema automatskog upravljanja treba da bude realizovana primenom industrijskog PLC kontrolera i distribuiranih jedinica, koje su u stanju da sa jedne strane komuniciraju sa postojećim podsistemima (bilo putem komunikacionih portova, bilo putem digitalnih/analognih I/O), a sa druge strane sa SCADA sistemom i HMI aplikacijom. Rešenje je bazirano na jednom PLC kontroleru Beckhoff CX 9001-1001 i tri distribuirane jedinice Beckhoff BC 9100. PLC kontroler, distribuirane jedinice, kao i SCADA server su spojeni ethernet (Ethernet) mrežom, čija se topologija može videti na slici 1.

Oprema za automatsko upravljanje treba da realizuje sve automatske funkcije BMS.-a i u slučaju da SCADA nije u funkciji npr. zbog kvara računara. Ova oprema radi po unapred utvrđenim scenarijima koji se konfigurišu sa SCADA sistema. S obzirom na strukturu objekta i raspored ormana sa opremom sistem treba realizovati distribuirano.



Slika 1. Topologija mreže

5.2 Integrisani podsistemi

Sledeći podsistemi su integrisani u BMS sistem: upravljanje osvetljenjem, automatizacija rada fan coil uređaja, automatsko očitavanje brojila električne energije, KGH sistem (klimatizacija, grejanje i hlađenje), prikupljanje informacija sa protiv-požarne centrale, prikupljanje informacija sa alarmne centrale, prikupljanje informacija sa kontrolera u kotlarnici, integracija sistema za video nadzor CCTV u BMS.

6. SOFTVERSKA APLIKACIJA – MOGUĆNOST I FUNKCIONALNOST

Početni ekran BMS-a prikazan je na slici 2 i on se sastoji od sledećih glavnih celina: MENIJA „ALARMNE TABELE i GLAVNOG PROZORA – u kom se u odnosu na odabranu opciju iz menija prikazuje odgovarajuća slika.

Odabirom nekih od opcija Podrum, Prizemlje, Prvi Sprat u glavnom prozoru se prikazuje slika-osnova odabranog sprata sa podacima o osvetljenju, radu i režimu rada fan coil-a po prostorijama. Takođe, na osnovi odabranog sprata pritiskom na bilo koji deo prostorije pojavljuje se novi prozor na kome su informacije vezane za tu prostoriju, stanje fan coil-a, informacija o osvetljenju, podatak o prisustvu korisnika prostorije, takođe tu su i komande za prebacivanje fan coila između *Auto ON* i *Auto OFF* kao i tasteri za forsirano uključenje i isključenje (*Force ON*, *Force OFF*), tasteri za uključenje osvetljenja *ON* i *OFF*.



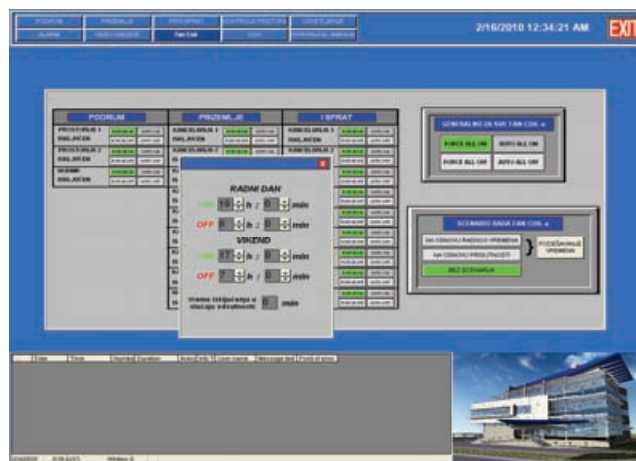
Slika 2. Početni ekran BMS-a

Izborom nekih od ostalih opcija: Kontrola pristupa, Osvetljenje, Alarmi, Video nadzor, Fan coil, KGH (Klimatizacija, Grejanje i Hlađenje), Potrošnja električne energije prikazuju se odgovarajuće slike u glavnom prozoru.

Izborom opcije Kontrola pristupa, na glavnom ekranu se može vršiti konfiguracija korisnika, tj. unos novog korisnika sa podacima: ID broja kartice, broj-oznaka prostorije u kojoj je korisnik, a takođe se može izvršiti i brisanje korisnika. (Ukoliko ovo nije moguće iz SCADA-e pomenuta konfiguracija se obavlja u posebnom softveru kontrole pristupa, a na ekranu SCADA-e se samo prikazuju podaci pročitani iz baze podataka).

Izborom opcije Osvetljenje pojavljuje se padajući meni u kome se može izabrati podešavanje spoljašnjeg ili unutrašnjeg osvetljenja. Izborom spoljašnjeg osvetljenja dobija se ekran na kome se vrši izbor scenarija za spoljašnje osvetljenje, a ponuđeni su: 1. Scenario na osnovu podešenog vremena, 2. Scenario na osnovu informacija sa foto releja, 3. Ručno upravljanje. Kod izbora prve varijante potrebno je uneti informacije o vremenu uključjenja i isključenja osvetljenja za radne dane i dane vikenda. Pored toga na ekranu se vidi i informacija sa foto releja (DAN - NOĆ), trenutno aktivan scenario, a

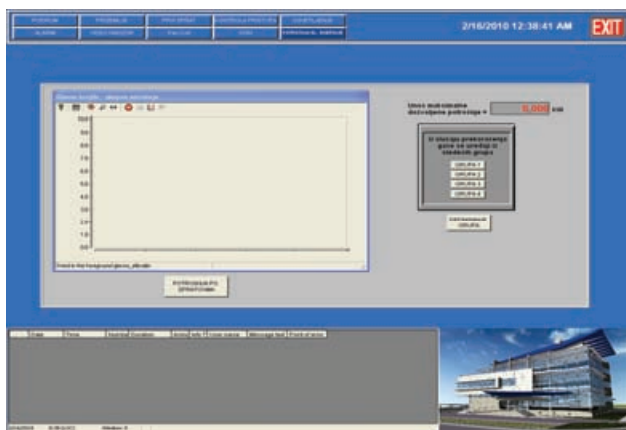
tu su i tasteri za forsirano upravljanje osvetljenjem. Izborom opcije unutrašnje osvetljenje dobija se ekran na kome se nalaze tasteri za forsirano upravljanje osvetljenjem po prostorijama, takođe postoje tasteri kojima se upravlja celokupnim osvetljenjem u zgradi. Izborom opcije „Fan Coils” (Slika 3), na glavnom ekranu se pojavljuje odgovarajuća slika na kojoj se vrši izbor predefinisanih scenarija, koji mogu biti : 1. Fan Coil scenario na osnovu prisutnosti u prostoriji; 2. Fan Coil scenario na osnovu radnog vremena; 3 Rad bez scenarija. Izborom prve varijante, Fan Coil uređaji se uključuju samo u slučaju čekiranja korisnika u sistemu kontrole pristupa, a isključuju se po njegovom odjavljivanju (za prostorije u kojima ima više korisnika, startovanje uređaja se vrši po pristiglom statusu o prisutnosti barem jedne osobe koja se u kontroli pristupa vodi kao jedan od korisnika prostorije, a stopiranje fan coil uređaja će uslediti nakon odjavljivanja svih korisnika za pomenutu prostoriju). Ovde se zadaje i vreme nakon kog usledi stopiranje rada fan coil uređaja u slučaju da u prostoriji nije niko prisutan (npr. izašao iz kancelarije na par sati, s tim da se po njegovom povratku ,tj. signalom iz kontrole pristupa. Izborom druge varijante, Fan Coil uređaji u svim prostorijama se startuju i stopiraju u odnosu na zadato vreme (npr. radno vreme, uređaji se startuju u 8:00, a stopiraju u 16:00). Vreme za startovanje i stopiranje se zadaje posebno za radne dane, a posebno za dane vikenda. U slučaju izbora režima rada bez scenarija, četvrta varijanta, sistem KGH-Fan Coils se ponaša kao pre uvođenja BMS-a. Takođe na ovom ekranu se nalaze i tasteri za generalno stavljanje svih fan coil uređaja u zgradi, kao i pojedinačno u *Auto ON*, *Auto OFF* mod i njihovo forsirano uključenje ili isključenje *Force ON*, *Force OFF*.



Slika 3. Ekran za upravljanje KGH sistemom

Izborom opcije KGH prikazuju se sve značajne informacije o ovim sistemima i vrši upravljanje grejanjem i hlađenjem. Na ekranu je prikazan značajan parametar spoljna temperatura, na osnovu ove temperature reguliše se grejanje i hlađenje, unošenjem temperature iznad koje se dozvoljava hlađenje i temperature ispod koje se dozvoljava start grejanja. Prikazuju se i sledeće informacije detekcija rad/kvar toplotne pumpe, kao i vreme rada pumpe. Ovde se vrši i unos najvažnijeg parametra - željena temperatura u objektu.

Izborom opcije „Video nadzor” na glavnom ekranu se pojavljuje odgovarajuća slika sa tri video ekrana slika. Izborom opcije „Potrošnja električne energije” pojavljuje se ekran na kom se prikazuje ukupna potrošnja električne energije objekta, kao i potrošnja po spratovima (Slika 4). Omogućen je i unos vrednosti maksimalne dozvoljene potrošnje (npr. potrošnja koju je zadala elektrodistribucija i u slučaju njenog prelaženja, cena struje drastično skače) i izbor grupa potrošača koji će da se isključuju u slučaju prelaženja te vrednosti. Klikom na taster Definisanje grupa vrši se prikaz svih potrošača po spratovima, kojim se može upravljati (osvetljenje, fan coil-i) i korisnik vrši definisanje pripadnosti određenoj grupi, za svakog potrošača pojedinačno (npr. upisom broja 1 u polje pored oznake Hodnik i Fan Coil1 u prizemlju, svrstava ove potrošače u Grupu 1).



Slika 4. Potrošnja električne energije

7. ZAKLJUČAK

Ovako koncipiran BMS je baziran na upotrebi standardnih komponenata koje se koriste u aplikacijama automatizacije u industriji, čime se postiže robusnost i dugotrajan radni vek opreme. Sa druge strane, sistem je potpuno otvoren za eventualna buduća proširenja, budući da ovakva oprema ima standardizovane nivoe signala (kako analognih, tako i digitalnih), kao i da se u komunikaciji koriste mahom standardni komunikacioni protokoli. Sva oprema je izvedena modularno, jer se proširenje sistema izvodi dodavanjem novih kartica na već ugrađeni PLC uređaj, ili dodavanjem novih PLC uređaja u već postojeću mrežu. SCADA sistem se proširuje jednostavnim dodavanjem licenci za veći broj tagova ili za nove module (u slučaju da se ispostavi da su oni neophodni).

Održavanje ovakvog sistema je olakšano utoliko što ovakvu opremu poznaje i sa njom radi niz preduzeća i pojedinaca, pa je relativno lako pronaći servisera koji je u stanju da otkloni eventualne probleme ili proširi sistem. Takođe, akvizicijom podataka će se steći baza podataka o potrošnjama energenata, čija analiza će omogućiti da se u budućnosti dođe do optimalnih algoritama rada pojedinačnih podsistema, čijom implementacijom će se ostvariti uštede.

8. LITERATURA

- [1] O. Gassmann, H. Meixner, „*Sensors in Intelligent Buildings*“, Wiley-VCH Verlag, 2001.
- [2] H. Dibowski, H. Oezluek, J. Ploennings, K. Kabitzsch, „Realizing the automated design of building automation systems“, *Industrial Informatics 2006 IEEE International Conference*, Singapore, 8. january 2007.
- [3] V. Bugarski, F. Kulić, Lj. Francuski, V. Vasić: „Realizacija distribuiranog sistema za nadzor i upravljanje hladnjačom“, *PTEP – časopis za procesnu tehniku i energetiku u poljoprivredi*, Nacionalno društvo za procesnu tehniku i energetiku u poljoprivredi, Broj 3(2008), pp. 168-170, 2008.
- [4] S.A. Boyer, „*SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition Control*“, ISA The Instrumentation Systems and Automation Society, 3rd edition, 2004.
- [5] IEEE Standard C37.1-1994, Definition, Specification, and Analysis of Systems Used for Supervisory Control, Data Acquisition and Automatic Control.
- [6] R.L. Krutz: „*Securing SCADA Systems*“, Wiley Publishing, Inc., 2005.
- [7] R.A. Panke, „*Energy management systems and direct digital control*“, Fairmont Press, 2002.
- [8] T. Samad, „*Perspectives in control engineering*“, IEEE Control System Society, 2001.

Kratka biografija:



Miloš Stanić je rođen 27. maja 1982. godine u Vrbasu. Završio je osnovnu školu „Branko Radičević“ u Ravnom Selu. U Vrbasu je pohađao Gimnaziju „Žarko Zrenjanin“, prirodno-matematički smer, koju je završio 2001. godine. Na Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, Odsek za elektrotehniku i računarstvo upisuje se iste godine. Tri godine kasnije opredeljuje se za usmerenje na Katedri za automatiku i upravljanje sistemima.

**PRIMERI SIMULACIJE UPRAVLJANJA MATLAB MODELOM OBJEKTA UPOTREBOM
REGULATORA REALIZOVANOG U DRUGOM PROGRAMSKOM JEZIKU****SIMULATION EXAMPLES OF CONTROLLING A MATLAB MODEL OBJECT USING
REGULATOR IMPLEMENTED IN OTHER PROGRAMMING LANGUAGE**

Ivan Radivojević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – Ovaj rad bavi se mogućnostima integracije programskog jezika Matlab sa drugim programskim jezicima. Kao demonstrativni primer, poslužio je Simulink model rezervoara vode čijim punjenjem upravlja PID regulator. Ovaj rad realizuje PID regulator u drugom programskom jeziku i demonstrira različite metodologije koje Matlab poseduje, za pozivanje i uklapanje regulatora u model vodenog rezervoara. Na kraju rada su analizirane prednosti i mane određenih tehnika povezivanja.

Abstract – This paper explains various possibilities to integrate Matlab with other programming languages. A water tank simulation model, together with a PID controller, had been realized in Simulink. The goal of this paper is the PID controller implementation in other programming language, and demonstration of different Matlab's methodologies for invoking the controller in the water tank simulation system.

Ključne reči: simulacija, Matlab, Simulink, PID regulacija

1. UVOD

Matlab je interaktivno okruženje za numeričke proračune i programski jezik četvrte generacije. On omogućava: jednostavnu manipulaciju matricama, rad sa funkcijama, brzu implementaciju prototipa algoritma, stvaranje grafičkih korisničkih interfejsa, i sve u svemu, rešavanje raznih tehničkih problema brže nego tradicionalnim programskim jezicima. Široku primenu, našao je na univerzitetima kao alat za obuku i istraživanje i za rešavanje raznih praktičnih inženjerskih i matematičkih problema.

Matlab se distribuira zajedno sa Simulinkom koji predstavlja softver za modeliranje, simulaciju i analizu dinamičkih sistema (sistemi čiji se izlazi menjaju tokom vremena). Simulink je usko integrisan sa Matlab okruženjem, koje mu je neophodno za pokretanje, rad, definisanje i izračunavanje parametara blokova.

Novije verzije Matlaba, sve više pažnje posvećuju mehanizmima za spoljnu komunikaciju. Pomoću njih, Matlab razmenjuje podatke i funkcionalnosti sa raznim eksternim uređajima, softverima, programskim jezicima, bazama podataka, itd.

NAPOMENA:

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

Komunikacija je dvosmerna i omogućavaju je ugrađeni Matlab toolbox-ovi i interfejsi (blokovi u Simulinku), u koje spadaju: web servisi, MAT fajlovi (Matlab fajlovi za podatke), OPC Toolbox, interfejs za serijski port, toolbox za baze podataka i interfejsi za komunikaciju sa drugim programskim jezicima i raznim eksternim softverima [1].

U ovom radu su prikazane razne mogućnosti koje Matlab i Simulink poseduju za komunikaciju sa drugim programskim jezicima (akcenat je stavljen na programske jezike C/C++). Da bi te mogućnosti bile ilustrovane u Simulinku je realizovan model vodenog rezervoara sa PID regulatorom. U prvom delu rada se opisuje zamena PID regulatora implementacijom u drugom programskom jeziku i demonstriraju se različiti načini koje Matlab poseduje za pozivanje i uklapanje takvog regulatora u model vodenog rezervoara. U drugom delu rada je PID regulator realizovan kao poseban blok u Simulinku, a iz spoljašnjih aplikacija mu se zadaju paramteri - konstante proporcionalnog, integralnog i diferencijalnog dejstva (K_p , K_i , K_d), kao i željena visina vodenog stuba u rezervoaru, nakon čega se pokreće simulacija modela vodenog rezervoara. Na kraju se rezultat simulacije - promena nivoa vode tokom vremena, prosleđuje eksternoj aplikaciji i grafički prikazuje.

Na kraju rada su analizirane prednosti i mane određenih tehnika povezivanja.

2. MATLAB/SIMULINK I DRUGI PROGRAMSKI JEZICI

Matlab i Simulink definišu brojne opcije za interakciju sa drugim programskim jezicima. Budući da Simulink poseduje razne mehanizme za pozivanje Matlab koda napisanog u M fajlovima, sve Matlab mogućnosti za spoljnu komunikaciju dostupne su i Simulinku.

2.1. Korišćenje mogućnosti drugih programskih jezika u Matlab/Simulink-u

Uvoz funkcionalnosti iz drugih programskih jezika u Simulink, veoma efikasno, se realizuje definisanjem korisničkih blokova S-funkcija. S-funkcija je mehanizam za proširenje mogućnosti Simulink okruženja, gde se definiše ponašanje dela modela preko programa napisanog u nekom od jezika: Matlab, C, C++, Ada ili Fortran. Programski opis bloka se prevodi u MEX fajl - dinamički linkovane rutine koje Matlab interpreter automatski učitava i izvršava. S-funkciju je moguće implementirati kao: Level-1 M-file S-funkciju, Level-2 M-file S-funkciju (L2MS-funkcija) i kao S funkciju u programskim jezicima C/C++, Ada ili Fortranu [2].

L2MS-funkcija omogućava kreiranje korisnički definisanog bloka upotrebom Matlab M jezika. Time svi Matlab načini za povezivanje sa spoljašnjim aplikacijama postaju dostupni i u Simulink okruženju. U njih spadaju:

- Matlab interfejs za deljene biblioteke (DLL): podržava biblioteke sa funkcijama kreiranim u bilo kom programskom jeziku. Svaka deljena biblioteka mora posedovati fajl zaglavlja, koji sadrži deklaracije svih funkcija u biblioteci. Matlab pristupa funkcijama implementiranim u eksternim, deljenim bibliotekama preko interfejsa iz komandne linije [1].
- MEX fajlovi (Matlab Executable): su dinamički linkovane funkcije koje Matlab poziva na isti način na koji poziva i svoje ugrađene funkcije. Izvorne MEX fajlove je moguće pisati u programskim jezicima C/C++ ili Fortran. Kompajliranjem izvornog MEX fajla, dobija se binarni MEX fajl, nakon čega funkcija koju implementira, postaje dostupna u Matlab okruženju [1, 7].
- Matlab interfejs za pozivanje Java klase: Svaka instalacija Matlab-a uključuje Java Virtual Machine (JVM) [1] softver, koji omogućava korišćenje Java interpretera uz pomoć Matlab komandi, kao i kreiranje i pokretanje programa koji pristupaju Java objektima [1].
- Matlab COM [1] interfejs: Postoje dve tehnike za kreiranje programa u kojima se Matlab koristi kao COM klijent:
 - Moguće je uključiti bilo koju COM komponentu u Matlab aplikaciju, i
 - Moguće je pristupiti postojećim aplikacijama koje otkrivaju objekte preko Automation-a [1].

C MEX S-funkcije predstavljaju opis Simulink bloka u programskom jeziku C. Njih je moguće kreirati pomoću *Legacy Code toolbox-a*, *S-Function Builder-a* i direktnim pisanjem koda [2]. Direktni pristup kodu C MEX S-funkcije i njenim povratnim metodama, obezbeđuje najveću programsku fleksibilnost i korišćenje punih potencijala C MEX S-funkcija. To omogućava API (*Application Programming Interface*) za C MEX S-funkcije, koji je obimniji od API-a drugih S-funkcija. Pored jednostavnog pozivanja funkcija definisanih u C fajlovima, korisnicima su na raspolaganju i interfejsi za spoljnu komunikaciju, programskog jezika C, u kome su ove funkcije napisane (pri tome se vodi računa o internoj strukturi C MEX S-funkcije koja je strogo struktuirana).

2.2. Korišćenje mogućnosti Matlab-a u drugim programskim jezicima

Matlab poseduje brojne mehanizme za eksportovanje svojih mogućnosti. Pomoću njih, programski jezici kao što su: C/C++, Visual Basic, Java, itd. mogu koristiti svo bogatstvo Matlab okruženja, za rešavanje raznih zadataka. Na raspolaganju su tehnike: Matlab Engine-a, Matlab Automation servera, Matlab kompajlera i Real Time Workshop-a.

Matlab Engine biblioteka sadrži rutine koje omogućavaju pozivanje Matlab-a iz drugih programskih jezika kao što su C, C++ i Fortran. Na Windows operativnim sistemima komunikacija sa Matlabom se ostvaruje pomoću COM-a. Matlab obezbeđuje biblioteku funkcija koje omogućavaju pokretanje, završavanje Matlab procesa, slanje podataka

ka i od Matlab-a, kao i slanje komandi koje će se izvršavati u Matlabu.

Na Windows operativnim sistemima Matlab je implementiran kao COM Automation server. Bilo koji program na Windows-u, koji se može konfigurisati kao Automation kontroler, može se povezati sa Matlab-om (Microsoft Excel, Microsoft Access, aplikacije pisane u Visual Basic-u itd.). API za Matlab Automation server je gotovo identičan API-u Matlab Engine-a [1].

Matlab kompajler prevodi M fajlove, MEX fajlove, Matlab objekte i druge Matlab kodove i kao izlaz generiše ili samostalne aplikacije (na UNIX, Windows i Macintosh platformama) ili C/C++ deljene biblioteke (DLL, na Windows-u). On se distribuira zajedno sa familijom sličnih alata čija je namena prevodenje Matlab aplikacija u komponente, koje se distribuiraju ciljanim aplikacijama. Ovi Builder-i predstavljaju proširenja Matlab kompajlera. U njih spadaju:

- Matlab Builder EX - formira COM objekte kojima se može prisupati iz Microsoft Excel-a ;
- Matlab Builder JA - omogućava pakovanje funkcija iz M-fajlova kao jedne ili više Java klase;
- Matlab Builder NE - pakuje Matlab funkcije na način da im .Net okruženje može pristupiti iz bilo kog CLS (*Common Language Specification*) jezika. Ovim alatom se mogu kreirati i COM komponente kojima se može pristupiti iz bilo kog programskog jezika koji podržava COM objekte.

Real Time Workshop (RTW) može generisati C/C++ izvorni kod, kao i izvršne (EXE) fajlove od algoritama koji se modeliraju: grafički u Simulink okruženju, programski sa Embedded podskupom Matlab jezika ili od Matlab koda koji se uklapa u Simulink modele [4].

3. MODEL VODENOG REZERVOARA

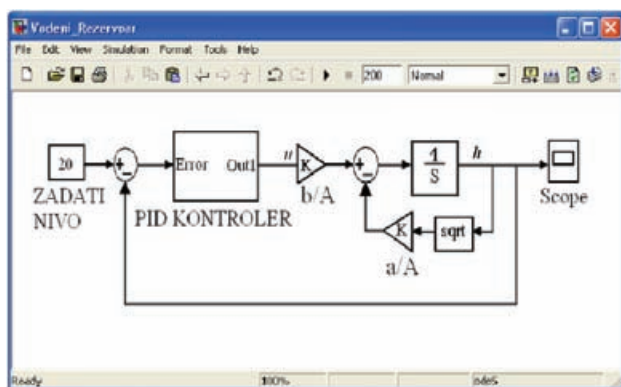
Kao test primer za proveru mogućnosti povezivanja Matlab/Simulink okruženja sa drugim programskim jezicima, poslužio je jednostavan model koji se sastoji iz vodenog rezervoara sa ulaznom i odvodnom cevi i pumpe koja dodaje vodu u rezervoar. Brzina kojom voda ulazi u rezervoar se reguliše da bi se ostvarila željena visina vodenog stuba u rezervoaru. Pumpu pokreće elektromotor tako da je njen protok proporcionalan naponu motora u , a brzina kojom voda izlazi iz rezervoara proporcionalna je kvadratnom korenu visine nivoa vode u rezervoaru. Diferencijalna jednačina promene visine nivoa vode u rezervoaru h tokom vremena, data je sa:

$$\dot{V}(t) = S \cdot \dot{h}(t) = b \cdot u(t) - a\sqrt{h(t)} \quad (1)$$

gde je V zapremina vode u rezervoaru, S površina poprečnog preseka rezervoara, b konstanta vezana sa brzinu protoka vode u rezervoar i a konstanta vezana za brzinu protoka iz rezervoara. Dati matematički model sadrži jedno stanje h koje je ujedno i izlaz i jedan ulaz u .

3.1. Model vodenog rezervoara u Simulinku

Simulink model ponašanja vodenog rezervoara se sastoji od (slika 1): samog rezervoara, bloka PID regulatora koji menja napon pumpe, referentnog signala kojim se zadaje željena visina vode u rezervoaru i Scope bloka za prikaz promene nivoa vode tokom vremena. Napon u je ulaz u deo sistema vodenog rezervoara, a takođe i izlaz iz bloka PID regulatora.



Slika1. Simulink model rezervoara vode

4. PRIMERI REALIZACIJE I ANALIZA REŠENJA

4.1. Uvoz funkcije PID regulatora u Simulink model

Testirana je mogućnost uklapanja funkcije PID regulatora u prikazani Simulink model pomoću L2MS i C MEX S-funkcija. Pri tome se blok S-funkcije sastojao iz jednog ulaza – signala greške (razlika između željene i stvarne visine vodenog stuba u rezervoaru), koji je ujedno i jedini argument funkcije PID regulatora, i jednog izlaza – generisanog upravljanja (napon koji se dovodi pumpi), koji predstavlja povratnu vrednost funkcije PID regulatora. Za realizaciju funkcije PID regulatora u drugim programskim jezicima, korišćen je pozicioni digitalni PID zakon upravljanja [8].

L2MS-funkcije

Upotreba L2MS-funkcija omogućava nekoliko načina realizacije, tako da je funkcija PID regulatora realizovana i pozivana korišćenjem sledećih Matlab interfejsa:

- Matlab interfejs za deljene biblioteke: U programskom paketu Visual Studio 2008 C++ (VS C++) razvijena je Win32 DLL [5] aplikacija u kojoj je implementirana funkcija PID regulatora i fajl zaglavlja sa deklaracijom ove funkcije. Tako je kreirana DLL biblioteka čija se funkcija PID regulatora poziva pomoću Matlab interfejsa za deljene biblioteke.

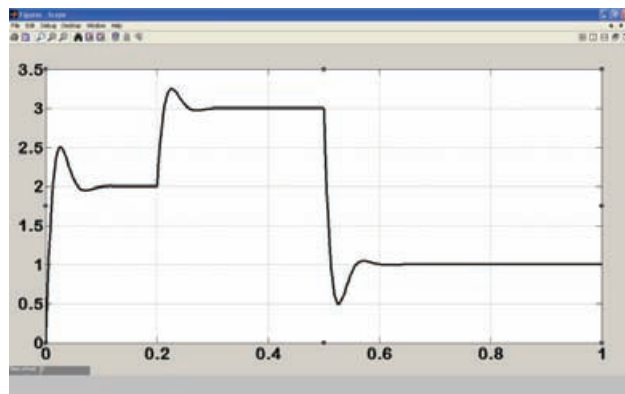
- Java Matlab interfejs: U Java okruženju je definisana klasa, sa funkcijom PID regulatora. U povratnoj metodi *PreLoadFcn* [2], Simulink modela vodenog rezervoara, poziva se M skripta u kojoj se navodi putanja Java klase PID regulatora. Pored toga, u *Outputs* metodi L2MS-funkcije kreira se objekat Java klase, a zatim se metoda PID regulatora poziva upotrebom Java sintakse.

- Matlab COM klijentski interfejs: U VS C++, razvijen je ATL projekat [5], koji omogućava konstrukciju COM serverskog objekta. Izabran je *In-Process* server (DLL fajl), i dodati su mu jedan interfejs i metoda PID regulatora. U Matlabu se pomoću metode *activexserver* [1] povezuje na COM objekat (poziva se iz M skripte u povratnoj metodi *PreLoadFcn*, Simulink modela vodenog rezervoara) i time dobija primarni interfejs kreiranog objekta, preko koga se pristupa funkciji PID-a.

Na slici 2 prikazan je primer izgleda izlaza iz modela vodenog rezervoara dobijenog dejstvom PID regulatora. Funkcija regulatora je realizovana upotrebom ATL COM Serverske biblioteke i poziva se preko Matlab interfejsa u sklopu L2MS-funkcije.

- Matlab MEX fajlovi: U programskom jeziku C je kreiran izvorni MEX fajl, koji implementira funkciju PID regulatora. Komandom *mex* [1], izvorni fajl se kompajlira

i povezuje u binarni EXE fajl sa istim imenom u sklopu Matlaba. Komanda *mex* se izvršava u povratnoj metodi *InitFcn* [2] u inicijalnoj fazi prilikom pokretanja modela vodenog rezervoara. Nakon toga se funkcija PID regulatora poziva u *Outputs* metodi, L2MS-funkcije, kao da je reč o nekoj od ugrađenih Matlab funkcija.



Slika 2. Promena visine nivoa vode tokom vremena

C MEX S-funkcije

Najjednostavniji način pozivanja funkcije PID regulatora, definisane u programskom jeziku C, je direktan poziv u *mdlOutputs* metodi C MEX S-funkcije. To je postignuto upotrebom *Legacy Code toolbox-a* koji automatski generiše C MEX S-funkciju za pozivanje funkcije PID-a. Pored ovoga, realizovane su C i C++ MEX S-funkcije koje pozivaju funkciju PID regulatora iz WIN32 DLL-a i COM ATL serverskog objekta respektivno. Pozivi su realizovani korišćenjem sintakse pogramskih jezika C/C++ i uključivanjem biblioteke *windows.h* [5].

Analiza rešenja

Pozivanje funkcije PID regulatora (realizovane u C-fajlu) pomoću C MEX S-funkcija predstavlja najprirodniji način za uvoz ove funkcije u Simulink model vodenog rezervoara. Sa druge strane, ova metodologija zahteva poznavanje sintakse programskog jezika C, kao i interne strukture izvornih fajlova u kojima su ove funkcije definisane, što nije slučaj kod drugih rešenja u kojima se koriste gotovi Matlab interfejsi. U C/C++ MEX S-funkcijama su realizovani i pozivi PID funkcija iz WIN32 DLL-a i COM ATL serverskog objekta, čime je demonstriran alternativan način pozivanja spoljašnje metode u odnosu na upotrebu gotovih Matlab interfejsa.

Svaka tehnika za sebe i L2MS i C MEX S-funkcije ima svojih prednosti. Prednost L2MS-funkcija je brzina razvoja aplikacije. Kreiranje L2MS-funkcija izbegava utrošak vremena koji postoji kod faza kompajliranja, linkovanja. L2MS-funkcije takođe imaju lakši pristup Matlab *toolbox* funkcijama i gotovim interfejsima. Kada su u pitanju komplikovaniji modeli, kod MEX-file S-funkcija, simulacija se odvija brže nego kod M-file S-funkcija, zato što L2MS-funkcije pozivaju Matlab interpreter za svaku *Callback* [2] metodu.

4.2. Komunikacija sa Simulink modelom rezervoara izvan Matlab/Simulink okruženja

Komunikacija sa Simulink modelom vodenog rezervoara, se može realizovati Visual Basic ili C++ aplikacijom. Pri tome se preko Matlab Engine-a i Matlab Automation servera može direkno komunicirati sa Simulink modelom vodenog rezervoara. Drugačiji način, upotrebom Matlab

kompajlera i RTW tehnologije, takođe omogućava povezivanje sa Simulink modelom vodenog rezervoara, ali je tada Simulink model "zapakovan" u DLL ili EXE fajlove.

Da bi se potvrdile opisane mogućnosti povezivanja realizovana je Matlab Engine biblioteka modela i upotrebljena je u VS C++ konzolnoj aplikaciji. Aplikacija je omogućila: prikaz Simulink modela vodenog rezervoara, unos željene visine nivoa vode u rezervoaru i parametara Kp, Ki i Kd PID regulatora, prosleđivanje unesenih vrednosti modelu, simulaciju modela, iscrtavanje rezultata (funkcija nivoa vode tokom vremena) i na kraju zatvaranje modela i sesije Matlab Engine-a. Ista funkcionalnost je realizovana pokretanjem Matlab Automation servera iz Visual Basic - *Windows Forms* aplikacije.

Upotrebom RTW-a, na osnovu Simulink modela vodenog rezervoara se formira izvršna (EXE) aplikacija, koja se nakon toga može pokretati nezavisno od Matlaba. U VS C++ razvijena je konzolna aplikacija koja obezbeđuje: unos željene visine nivoa vode i parametara Kp, Ki i Kd PID regulatora, prosleđivanje unesenih vrednosti EXE fajlu, pokretanje EXE fajla (odgovara pokretanju simulacije u Simulinku) i pribavljanje rezultata simulacije. Pri tome C++ aplikacija i EXE fajl razmenjuju podatke preko MAT fajlova, dok se iscrtavanje rezultata realizuje upotrebom Matlab Engine biblioteke.

Model vodenog rezervoara se, pre kompajliranja Matlab kompajlerom, realizuje kao M funkcija, korišćenjem komandi iz *Control System Toolbox-a* [3]. Funkcija poseduje četiri ulaza (zadati nivo visine vodenog stuba i parametre PID regulatora: Kp, Ki i Kd) i jedan izlaz (promena visine vode tokom vremena). Budući da *Control System toolbox*, omogućava kreiranje isključivo linearnih modela, deo Simulink modela vodenog rezervoara sa kvadratnim korenom u povratnoj sprezi, je bilo neophodno linearizovati. To je ostvareno korišćenjem ugrađene Matlab funkcije *linearize* [2] i podešavanjem radne tačke i margina za deo modela koji je potrebno linearizovati. Rezultat funkcije *linearize* je u obliku linearnog matričnog modela koji reprezentuje (zamenjuje) nelinearni deo modela.

Pomoću Matlab kompajlera, generiše se C DLL biblioteka koja implementira opisanu M funkciju. Upotrebom VS C++ kreirana je konzolna aplikacija, koja je imala zadatak da pozove funkciju vodenog rezervoara iz C DLL biblioteke, generisane Matlab kompajlerom i iscrta rezultate.

Analiza rešenja

Matlab Engine se pokreće u pozadini kao odvojen process od aplikacije koja ga poziva, što omogućava da se aplikacija umesto povezivanja sa čitavim Matlab programom povezuje na1 manju Engine biblioteku. Matlab kompajler generiše C DLL biblioteku koja implementira funkciju PID-a. Biblioteci je moguće priključiti *Matlab Compiler Runtime* (MCR) [6], koji omogućava korišćenje komponente i na mašinama koje nemaju instaliran Matlab.

Model vodenog rezervoara je u ovom slučaju realizovan pomoću *Control System toolbox-a*, zbog ograničenja Matlab kompajlera koji ne podržava kompajliranje funkcija koje koriste grafičke interfejse, kao ni rad sa

Simulinkom, što predstavlja manu ovog načina eksportovanja Matlab mogućnosti.

RTW tehnologijom se kreira binarni EXE fajl, koji implementira Simulink model vodenog rezervoara, nezavisan od Matlaba.

5. ZAKLJUČAK

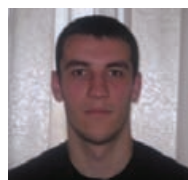
Novije verzije Matlaba, sve više pažnje posvećuju mehanizmima za integraciju sa drugim programskim jezicima. U prvom delu rada, demonstrirano je sedam različitih metodologija za uvoz funkcije PID regulatora u model vodenog rezervoara. Pri tome su korišćeni gotovi Matlab interfejsi (u sklopu L2MS-funkcija), kao i korisnički definisane C/C++ MEX S-funkcije kojima je demonstrirana paralelna metodologija gotovim Matlab interfejsima.

U drugom delu rada se sa modelom vodenog rezervoara komunicira iz VS C++ i Visual Basic aplikacija. Tehnologije zasnovane na COM-u (Matlab Engine i Matlab Automation), predstavljaju najjednostavniji način za eksportovanje mogućnosti Matlab okruženja u druge programske jezike, ali zahtevaju instalaciju Matlaba na sistemu. Matlab Kompajler i RTW produkt omogućavaju pakovanje modela vodenog rezervoara u DLL i EXE fajlove, koji se dalje, nezavisno od Matlaba, mogu distribuirati ciljanim aplikacijama.

6. LITERATURA

- [1] The MathWorks Inc., „*External Interfaces, Version 7*“, 2008.
- [2] The MathWorks Inc., „*Simulink 7 Reference*“, 2008
- [3] Lennart Ljung, „*System Identification Toolbox 7 Reference*“, The MathWorks Inc., 2008
- [4] Houman Zarrinkoub, Grant Martin, „*Best Practices for a Matlab to C Workflow Using Real-Time Workshop*“, Matlab Digest, 2009
- [5] <http://www.msdn.microsoft.com>
- [6] Jack Phan, „*MATLAB C/C++*“, Colorado State University, 2004
- [7] Jason Laska, „*Writing C Functions in MATLAB (MEX-Files)*“, 2004, <http://cnx.org/content/m12348/1.2/>.
- [8] Milić R. Stojić, „*Digitalni sistemi upravljanja*“, Nauka, Beograd, 1994

Kratka biografija:



Ivan Radivojević rođen je u Titovom Velesu 1984. god. Apsolvent je na Fakultetu tehničkih nauka, odsek Računarstvo i automatika, katedra za automatiku i upravljanje sistemima.

PROGRAMABILNO VEŠTAČKO OPTEREĆENJE AKUP-20 ZA TESTIRANJE KAPACITETA AKUMULATORSKIH BATERIJA

Slobodanka Isakov, FTN Novi Sad isakovs@gmail.com
Miroslav Lazić, IRITEL a.d, Beograd mlazic@iritel.com
Goran Stojanović, FTN Novi Sad sgoran@uns.ac.rs

Sadržaj - Preduslov za neprekidnost rada elektroenergetskih postrojenja je ispravan rad rezervnih izvora energije, akumulatorskih baterija. Kontrola se zasniva na periodičnim testiranjima baterija, tzv. kapacitivnim probama. Testira se da li baterije imaju dovoljan energetske kapacitet da podrže rad mernih, regulacionih i nadzornih sistema kada ne postoji primarni izvor energije tj. naizmenični napon iz mreže. Ova testiranja spadaju u redovno održavanje sistema i prema važećim propisima, za svaki set baterija trebalo bi raditi kapacitivne probe jednom u godinu dana. To je dugotrajan postupak koji za jedan set baterija traje oko 20 sati. S obzirom na trend stalnog povećanja broja objekata i stalnog smanjenja broja zaposlenih u službama održavanja elektroenergetskih postrojenja, postoje radne jedinice gde se ni teoretski ne mogu uraditi kapacitivne probe u toku jedne godine. Ovaj rad opisuje realizaciju zahteva preduzeća "Elektro distribucija Beograd" da se omogući programabilno testiranje kapaciteta baterija iz centra za nadzor i upravljanje (SDNU). Realizovano je veštačko opterećenje - pražnjak AKUP-20, koji pomoću DNU 24, uređaja iz SDNU-a, vrši programabilno testiranje kapaciteta akumulatorskih baterija.

1. UVOD

Akumulatorske baterije predstavljaju obnovljivi hemijski izvor električne energije i služe kao rezervni izvor električne energije u elektroenergetskim postrojenjima. Priključene su na sabirnice jednosmernog pomoćnog napona paralelno s ispravljačima koji se napajaju iz elektrodistributivne mreže. Dok je naizmenični napon iz mreže prisutan, baterije su u režimu stalnog dopunjavanja, a jednosmerne potrošače napajaju ispravljači. Kad nestane napajanja iz elektrodistributivne mreže, akumulatorske baterije preuzimaju napajanje potrošača osiguravajući neprekidnost napona ili ukoliko je sistem za neprekidno napajanje u konfiguraciji sa dizel agregatom, energija baterije je često odabrana samo za obezbeđivanje neprekidnosti rada do sigurnog starta agregata.

NAPOMENA:

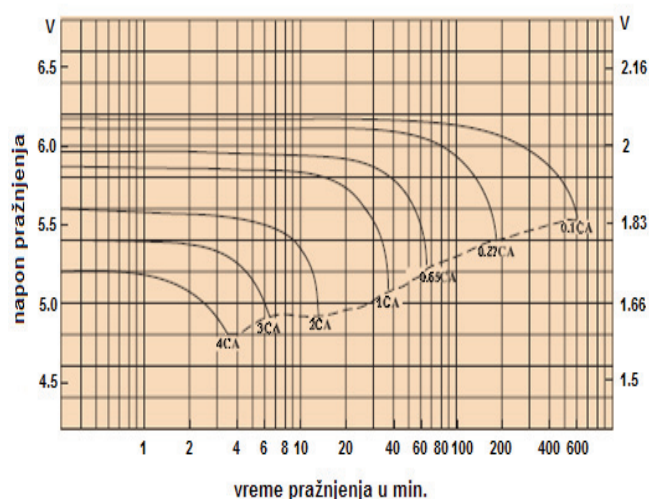
- Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Goran Stojanović, vanr.prof.
- Rad je prethodno objavljen na konferenciji ETRAN, Donji Milanovac, juni 2010. god.

Na kvalitet rada, odnosno kapacitet baterija, a samim tim i izbor baterija utiču razni faktori, a to su: trajanje pražnjenja, intenzitet pražnjenja, broj punjenja i pražnjenja, visoke i niske temperature, vibracije itd.

U udaljenom centru za nadzor vrši se očitavanje i analiza rezultata, kao i upravljanje. S obzirom na to da periferni objekti mogu biti udaljeni i do 100km od centara za nadzor, SDNU bitno povećava efikasnost rada službi održavanja uređaja energetske elektronike.

Postoji nekoliko načina da se realizuje testiranje kapaciteta baterija (kapacitivna proba) korišćenjem sistema za daljinski nadzor i upravljanje (SDNU). Izbor načina zavisi od stanja na objektu, njegovog prioriteta, mogućnosti korisnika itd.

Sama kapacitivna proba baterija se sastoji u tome da se akumulatorska baterija prazni poznatom strujom. U toku pražnjenja akumulatorske baterije kontroliše se napon baterije. Zabeleženi podaci, prikazani u obliku grafika, porede se sa podacima proizvođača baterija datim kroz specifične krive pražnjenja (Slika 1) za određeni tip baterije (specificirana serija, kapacitet u Ah). Uobičajeno je da struja pražnjenja baterije bude vrednosti 0.1C (C je kapacitet baterije izražen u Ah) do vrednosti 0.25C (test se tada vrši u kraćem vremenskom periodu). Upoređivanjem snimljenog grafika sa karakteristikom proizvođača procenjuje se da li je testirana baterija zadovoljavajućeg kvaliteta.



Slika 1. Kriva pražnjenja baterije 160Ah/6V, YUASA

2. VARIJANTE KAPACITIVNIH PROBA

Prvi od tri načina koji su ovde predstavljeni je i najprostiji, a ogleda se u realizaciji kapacitivne probe sa postojećim potrošačem i uređajem DNU24 (osnovni element sistema SDNU). Zasniva se na iskorišćenju postojeće, zatečene situacije.

Veštački se izazove nestanak mrežnog napona u tačno definisanom vremenskom trenutku i u željenoj dužini trajanja. Ovo je moguće zahvaljujući tome što DNU24 ima mogućnost da upravlja ispravljačkim postrojenjem ili odgovarajućim sklopom preko koga se dovodi mrežni napon. Naravno, ovakva komanda zahteva odgovarajuću autorizaciju, a zbog pouzdanosti ovakvog rešenja komanda za ovakvo upravljanje sistemom je realizovana kroz vremenski ograničen rok trajanja; uz to, korisnik sistema dobija posebno obaveštenje o njenom izvršenju, koje je dužan da potvrdi u sistemu.

DNU24 neprekidno memoriše podatke povezane sa osnovnim veličinama (napon mreže, naponi i struje baterija i potrošača) i prikazuje ih preko grafika i tabela (15-minutni zapis merenja). Struja potrošača se proglašava strujom pražnjenja, a podrazumeva se da je poznat tip baterije i njen kapacitet.

U slučaju da je struja pražnjenja baterija mala u odnosu na njihov nazivni kapacitet moguće je realizovati kapacitivnu probu baterija uz pomoć dodatnog veštačkog opterećenja. To je druga varijanta kapacitivnih proba.

Ovde postoji više varijanti povezivanja opterećenja sa ispravljačkim postrojenjem. U prvoj varijanti veštačko opterećenje bi se jednostavno priključilo u željenom trenutku i za definisan vremenski period na izlaz ispravljačkog postrojenja, tj. paralelno sa potrošačem i baterijama. Ispravljačko postrojenje bi se isključilo daljinskim signalom. Struja pražnjenja bi bila zbir struje potrošača i struje veštačkog opterećenja. Druga varijanta je od interesa ako je struja potrošača nedefinisana u smislu minimalne ili maksimalne vrednosti ili se previše menja u vremenu. Na baterije se priključi veštačko opterećenje, a baterije se odvoje od potrošača u toku testiranja. Ovo rešenje je sa gledišta tehničke realizacije više složeno nego prethodno. Tada je struja pražnjenja baterija jednaka tačno definisanoj struji kroz veštačko opterećenje. Drugi set baterija (ako postoje dva seta na objektu), koji nije odvojen od potrošača, bi održavao neprekidnost napajanja u slučaju da nestane mrežni napon u toku testiranja baterija.

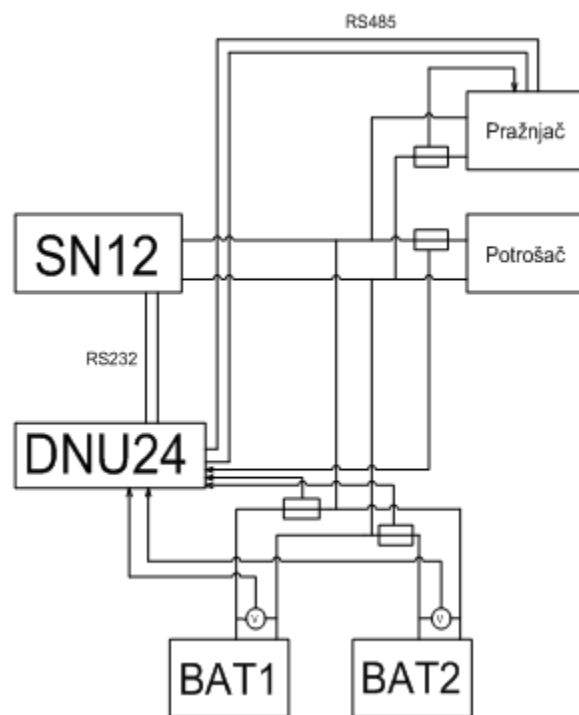
I na kraju treća varijanta kapacitivne probe je modifikovana prethodna realizacija. Ukoliko na objektu ne postoji DNU24, veštačko opterećenje mora imati mogućnost memorsanja izmerenih podataka i komunikaciju prema udaljenom centru za nadzor. Komande koje stižu iz udaljenog centra za nadzor prihvata veštačko opterećenje i realizuje sva merenja [1].

3. ODABIR POSTUPKA KAPACITIVNE PROBE

U skladu sa potražnjom distribucije, realizovan je pražnjač upravljani iz centra za nadzor i upravljanje (SDNU) pomoću uređaja DNU 24. Šema sistema za pražnjejne data je na slici 2.

Pri izboru rešenja za pražnjač AKUP-20 pošlo se od uslova da se ne unose direktne izmene kod već postojećeg

postrojenja. Izbegnuto je rešenje da se potrošač odvaja od baterije koja se testira. Pražnjač ima svoju nezavisnost, lako se montira i demontira, te postrojenje ne trpi nikakve fizičke izmene.



Slika 2. Šema sistema za pražnjenje

4. OPIS RADA SISTEMA ZA PRAŽNjenje

Kao što se vidi na slici 2, opterećenje se vezuje paralelno sa potrošačem i baterijama koje se kontrolišu. DNU24 ima mogućnost isključivanja ispravljačkog postrojenja SN12 i na taj način se napajanje potrošača prebacuje na baterije. Uređaj DNU24 očitava veličine napona baterija, struja baterija i struje potrošača i šalje ih ka mikrokontroleru pražnjača preko interfejsa RS485. Mikrokontroler na osnovu tih podataka i podatka o struji pražnjača primljenog sa internog senzora koriguje otpornost pražnjača, sa ciljem da struja kojom se prazne baterije bude konstantna - nezavisna od promene napona baterija. Po pozivu iz centra za nadzor mikrokontroler šalje grafičke prikaze stanja preko RS485 ka DNU24.

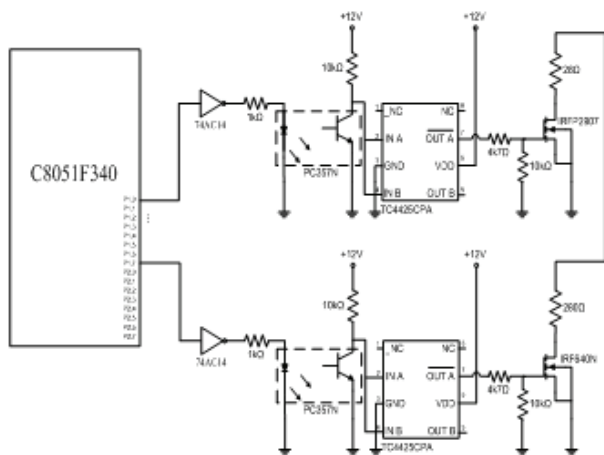
5. PROJEKTOVANJE PRAŽNJAČA AKUP-20

Za testiranje kapaciteta akumulatorskih baterija uobičajeno je da struja pražnjenja baterije I_{bz} bude vrednosti 0,1C (C je kapacitet baterije izražen u Ah) do vrednosti 0,25C (test se tada vrši u kraćem vremenskom periodu). Struja potrošača I_{po} je uglavnom manja od I_{bz} i najčešće je jednaka jednoj polovini te struje [2]. Da bi se uradilo korektno testiranje neophodno je da se akumulatorska baterija dodatno optereti strujom pražnjača. Cilj je da zbir struja potrošača i pražnjača bude I_{bz} . U toku pražnjenja napon baterije se smanjuje i samim tim se menja struja potrošača (povećava se, jer je u pitanju potrošač konstantne snage koji "vuče" još struje iz baterije), pa je neophodno kompenzovati struju dodavanjem pražnjača.

Neprekidan rad merne, regulacione i telekomunikacione opreme u trafo stanicama u elektrodistribuciji Beograda obezbeđuju ispravljačka postrojenja. Ulazni napon u ispravljačka postrojenja je 230V AC +10% , -15%. Izlazni napon je nominalne vrednosti 110Vdc, a dozvoljene su varijacije napona od +10% i -15%. Kao rezervni izvor napajanja se koriste akumulatorske baterije istog napona, pa je za opseg ulaznih jednosmernih napona uzeto 120 - 90V.

Akumulatorske baterije koje će se koristiti u realizaciji zahteva preduzeća "Elektrodistribucija Beograd" su kapaciteta 160Ah [4]. Ukoliko se, kao što je navedeno, uzme da struja pražnjenja baterija treba da bude 0,1C (10 sati pražnjenja), onda ona iznosi 16A. Na kraju, ako se uzme u obzir da struja potrošača ne ide ispod 5A, sledi da je dovoljno da veštačko opterećenje ima mogućnost podešavanja struje u opsegu od 4 do 30A sa tačnošću od oko 400mA. Do ovih vrednosti se došlo proračunima koji su se oslanjali na opseg napona i broj otpornika predviđenih za realizaciju, čije vrednosti su takođe određene na osnovu ovih podataka.

Na slici 3 prikazana je uprošćena šema pražnjača AKUP-20:



Slika 3. Uprošćena šema pražnjača AKUP-20

Pražnjenje se vrši sa dva seta paralelno vezanih otpornika. Prva grupa se sastoji od 6 otpornika otpornosti 28Ω, a druga od 10 otpornika, otpornosti 280Ω. Set od prvih šest otpornika služi za tzv. grubo, a preostalih deset za fino podešavanje struje pražnjača. Disipacija snage na prvih 6 otpornika je nominalno 2600W, te je stavljen hladnjak. Disipacija na preostalih 10 otpornika je nominalno 430W. Maksimalna ukupna disipacija je oko 3600W.

Za prekidače su korišćeni MOSFET-ovi IRFP2907 i IRF640N [5]. Disipacija na prekidačima je zamemarljiva. Postavljen je otpornik između gejta i sorsa od 10kΩ, da bi se polarisao gejti u odnosu na sors, odnosno osigurao ispravan rad prekidača.

Struja koja se dovodi na FET mora biti dovoljna da bi se brzo uključio, pa je stavljen pobudno kolo TC4425CPA. Napon kojim se uključuju prekidači je 8,5V, a ulazna kapacitivnost je 13nF. Pobudno kolo na

izlazu može imati stuju maksimalno 1,5A. Sledi da je najkraće moguće vreme uključjenja oko 0,71ns.

Upotrebljeni mikrokontroler C8051F340 [3] u inicijalnom stanju na izlaznim pinovima ima logičke jedinice, pa je dodatno stavljeno invertorsko, NI kolo.

Optokapler PC357N služi kao galvanska izolacija između dva dela kola, čime se obezbeđuje pouzdano razdvajanje različitih nivoa napona i sprečavanje mogućeg oštećenja pojedinih komponenti i delova kola, pri otkazivanju glavnih prekidačkih elemenata [6].

6. OPIS RADA PRAŽNJAČA

Po uključanju mikrokontroler na izlazima ima stanje visokog potencijala, tj. logičke jedinice. Signal se invertuje i u tom slučaju optokapler ne provodi. Na ulazu pobudnog kola je visok nivo signala, a na izlazu **OUT A** je onda nula i prekidač je isključen. Da bi se uključio prekidač, na izlazu mikrokontrolera treba da budu logičke nule. Tada optokapler provede, a ulazi pobudnog kola TC4425CPA su na niskom potencijalu. Na izlazu pobudnog kola će biti jedinice i uključuje se prekidač.

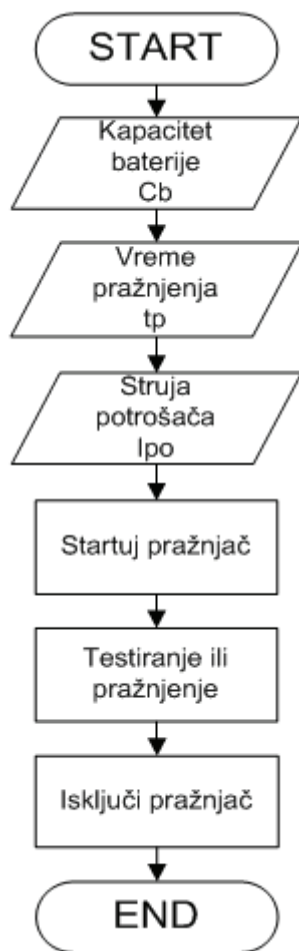
7. OPIS RADA MIKROKONTROLERA

1. Mikrokontroler od DNU24 dobija:
 - a. sinhronizaciju vremena
 - b. informaciju za start i prekid rada pražnjača
 - c. merene vrednosti trenutnih struja (potrošač, baterije) da bi vršio regulaciju
 - d. vrednost struje koju treba da održava u toku kapacitivne probe
2. Mikrokontroler uključuje i isključuje rad pražnjača. (DNU24 prebacuje napajanje sa ispravljačkog postrojenja SN12 na baterije.)
3. U toku rada mikrokontroler po definisanom algoritmu vrši regulaciju struje pražnjenja i generiše alarme na određene zabranjene situacije i stanja.
4. Mikrokontroler sakuplja merenja 6 analognih veličina na osnovu kojih se na poziv iz centra za nadzor u softverskoj aplikaciji u centru formiraju petominutni dijagrami sa rezolucijom od 1s.

8. ALGORITAM RADA PRAŽNJAČA

Na slici 4 prikazan je osnovni algoritam rada pražnjača. Od korisnika se traži da u softverskoj aplikaciji unese: potrebne karakteristike baterije (proizvođač, kapacitet) i željeno vreme pražnjenja. DNU24 meri struju potrošača i uključuje pražnjač, pa prosleđuje te podatke mikrokontroleru. Korisnik bira da li želi da radi testiranje ispravnosti rada pražnjača ili da vrši pražnjenje po

definisanim algoritmima Nakon završetka tih procesa DNU24 isključuje pražnjač.



Slika 4. Osnovni algoritam rada pražnjača

9. ZAKLJUČAK

Pre implementacije sistema za nadzor i upravljanje (SDNU) testiranja kapaciteta baterija nisu bila precizno kontrolisana, rađena na optimalan način i dovoljno često. Sa ugradnjom SDNU-a u elektroenergetske sisteme, omogućeno je da se kao sporedna funkcija sistema ostvaruju i kapacitivne probe. Međutim, da bi se testiranje radilo na u potpunosti pouzdan, tačan i za sistem nesmetan način, bez značajnih izmena u konfiguraciji koja koristi SDNU, bilo je potrebno realizovati programabilno veštačko opterećenje predstavljeno u ovom radu. Uređaj je napravljen tako da se vrlo lako može unaprediti i koristiti nezavisno od DNU24. Ima

prostora za dodavanje interfejsa RS232 za komunikaciju uređaja AKUP-20 i internog displeja. Postoji i dovoljno ulaza za prijem merenja svih analognih veličina koje u ovakvoj realizaciji prikuplja DNU24.

LITERATURA

- [1] Lazić M., Stajić D., Plavšić B., IRITEL a.d.Beograd: *Jedno rešenje kontrole ispravnosti akumulatorskih baterija*, Infoteh, Jahorina 2010.
- [2] Lazić M., Cvetković J.: *Optimizacija rada ispravljačkih postrojenja*, YUINFO 2010.
- [3] Silicon Laboratories: *Full Speed USB Flash MCU Family*, 2006.
- [4] Yuasa Battery: *EN & ENL SERIES*, 2007.
- [5] International Rectifier: *Automotive mosfet*, <http://www.irf.com/package/>
- [6] SHARP Corporation: *PC357N Series*, 2003.

Abstract - Precondition for continuity work of electroenergetic equipment is a proper work of reserve energy sources, batteries. Control is based on periodic battery testing, so called capacitive tests. Testing is about whether the batteries have sufficient power capacity to support the operation of systems for measuring, control and supervision when there is no major source of energy, ie. AC voltage from the network. These tests include the regular maintenance of the system and according to applicable regulations, for each set of batteries testing should be done once a year. It is a time consuming procedure that for one set of batteries lasts about 20 hours. Given the trend of continuous increase in the number of objects and permanent reduction in the number of employees in the services for maintenance of electroenergetic systems, there are units which neither theoretically cannot be tested once per year. This paper describes the implementation requirements of enterprise "Elektro distribucija Beograd", for enabling the programmable testing of a battery capacity from the center for supervision and control (SDNU). It is realized an artificial load - discharger AKUP-20, which is doing programmable testing of a battery capacity using device DNU 24 from SDNU.

PROGRAMMABLE ARTIFICIAL LOAD AKUP-20 FOR CAPACITY TESTING OF BATTERIES

Slobodanka Isakov, isakovs@gmail.com
 Miroslav Lazić, mlazic@iritel.com
 Goran Stojanović, sgoran@uns.ac.rs

PREGLED PRORAČUNA STANDARDNIH METODA ZA DOZVOLJENO STRUJNO OPTEREĆENJE ENERGETSKIH KABLOVA

REVIEW OF POWER CABLE STANDARD RATING METHODS

Nebojša Kopilović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – Termički model predstavljen u ovom radu, koristi se za izračunavanje temperature kablova.

Model uzima u obzir vrstu kablova, jednožilni ili trožilni, uzima u obzir materijale od kojih su izrađeni slojevi kabla i njihovu sposobnost za odvođenje toplote, kao i broj i raspored instaliranih kablova, osobine materijala u koji su kablovi instalirani, kao i sposobnost okolnog medijuma za odvođenje toplote.

Abstract – Thermal model presented in this paper, is used to calculate the temperature cables.

The model takes into account the type of cable, single core or three core cables, taking into account the materials from which layers are made of cable and their capacity for heat removal, and the number and arrangement of installed cables, properties in which the cables are installed, and the ability of the surrounding medium removal of heat.

Ključne reči: *Dozvoljeno strujno opterećenje, podzemni kablovi, termička kola, termičko-električni ekvivalent.*

1. UVOD

Pojam dozvoljenog strujnog opterećenja je postavljen od strane Del Mar-a(1951). Dozvoljeno strujno opterećenje u podzemnim kablovskim sistemima je određen kapacitetom sistema da izvuče toplotu iz kablova i disipira po okolnom zemljištu i atmosferi. Maksimalna radna temperatura kabla je funkcija izdržljivosti izolacije visokih radnih temperatura. Izolacija podnosi različite temperature kao funkcija od trajanja struje koje teku u provodnicima. Postoje tri standardizovane vrednosti dozvoljenog strujnog opterećenja; opterećenje u stacionarnom stanju, u prelaznim procesima i u slučaju kratkih spojeva. U ovom materijalu razmatraće se samo dozvoljena strujna opterećenja u stacionarnom stanju.

Rešavanje dozvoljenih strujnih opterećenja energetskih kablova je predmet više međunarodnih standarda koje izdaju IEC (*International Electrotechnical Commission*) i IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*). IEC metode uključuju nekoliko novih istraživanja nakon objave materijala Neher i McGrath(1957), tako da iako su

metode u oba standarda u principu slične, IEC je sveobuhvatniji dokument sa više Neher i McGrath materijala. Pošto se ovaj materijal zadržava na stacionarnim stanjima, metode proračuna za kablove položene pod zemljom, uzima se u obzir da dolazi do isušivanja zemljišta usled generisanja toplote u kablovima. Metode proračuna za kablove u vazduhu su nešto drugačije odnosno, prisustvo sunčevog zračenja i vetra mogu imati značajan uticaj na maksimalne dozvoljene vrednosti struje kablova.

U ovom radu predstavimo osnovne mehanizme prenosa toplote kroz kabl. Nakon toga posvetićemo se modelovanju termičkih kola sa osvrtom na osnovne jednačine termičke otpornosti. Sledeće, obrađuju se jednačine termičkog modela u stacionarnom stanju, razmatrani su parametri od kojih zavisi strujno opterećenje kablova. Kasnije su postavljene jednačine sa šemama za izračunavanje povećanja temperature kabla iznad temperature ambijenta, za ukopane kablove, kao i za kablove u vazduhu. Zatim su detaljno razmatrani: ac otpornost provodnika, dielektrični gubici, faktori gubitaka omotača i oklopa, termičke otpornosti izolacije, termičke otpornosti između omotača i oklopa, termičke otpornosti spoljašnjeg pokrivača kao i spoljašnje termičke otpornosti. Na kraju je urađen jednostavan primer za proračun temperature kablova koji se nalaze u kablovskoj kanalizaciji.

2. MEHANIZMI PRENOSA TOPLOTE U ENERGETSKIM KABLOVIMA

Dva najvažnija zadatka u proračunu dozvoljenih strujnih opterećenja kablova su opredeljenje za temperaturu provodnika imajući u vidu struju opterećenja, ili obratno, određivanje dozvoljene struje za datu temperaturu provodnika. U cilju obavljanja ovih zadataka, mora se izračunati toplota generisana u kابلu i nivo njene disipacije iz provodnika za dati materijal provodnika i dato opterećenje. Sposobnost okolnog medijuma na disipaciju toplote igra veoma važnu ulogu u određivanju, i varira zbog nekoliko faktora kao što su sastav tla i sadržaj vlage, temperatura okoline i uslovi vetra. Osnovni načini prenosa toplote kroz kabl i njegovu okolinu su: provodnost, konvekcija i zračenje.

Provodnost - Za podzemne instalacije, toplota se prenosi sa provodnošću provodnika i drugih metalnih delova, kao i sa izolacijom. Moguće je kvantifikovati proces prenosa toplote u smislu odgovarajućih odnosa jednačina:

$$q = -\frac{1}{\rho} \frac{d\theta}{dx} \quad (1)$$

NAPOMENA:

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

Toplotni fluks q (W/m^2) je brzina prenosa toplote u pravcu x po jedinici površine normalne na pravac prenosa, ρ je termička otpornost ($K \cdot m/W$) i karakteristika materijala. Znak minus je posledica činjenice da se toplota prenosi u smeru opadanja temperature.

Konvekcija - Konvekcije prenosa toplote mogu biti klasifikovane u skladu sa prirodom protoka. Postoje prinudna konvekcija kada je protok uzrokovan spoljnim sredstvima i slobodna (ili prirodna) konvekciju. Jednačina je oblika:

$$q = h(\theta_s - \theta_{amb}) \quad (2)$$

gde je q konvektivni toplotni fluks (W/m^2), proporcionalan je razlici temperature površine i temperature ambijenta, θ_s i θ_{amb} , respektivno, a h ($W/m^2 \cdot K$) je konvekciski koeficijent.

Zračenje - Termičko zračenje je energija emitovana sa kabla ili površine kanala. Toplotni fluks koju emituje površina kabla dat je Stefan-Bolcman-ovim zakonom:

$$q = \varepsilon \sigma_B \theta_s^{*4} \quad (3)$$

gde je θ_s^* apsolutna temperatura (K) površine, σ_B je Stefan-Bolcman-ova konstanta ($\sigma_B = 5.67 \cdot 10^{-8} W/m^2 \cdot K^4$) i ε je osobina zračenja površine koja se zove emisija, čija je vrednost u opsegu $0 < \varepsilon < 1$.

3. MODELOVANJE TERMIČKIH KOLA

U rešavanju problema toplotne disipacije kablova, elektro inženjeri koriste fundamentalne sličnosti između toka toplote, zbog temperaturnih razlika između provodnika i njegovog okolnog medijuma i protoka električne struje uzrokovane razlikom potencijala. Koristeći se analogijom između električnih i termičkih kola, usvojene su analogne metode za opisivanje toplotne provodljivosti. Metoda počinje delenjem fizičkog objekta na više delova od kojih svaki predstavlja termičku otpornost i kapacitivnost. Termička otpornost je definisana kao sposobnost materijala da zaustave protok toplote. Slično, toplotna kapacitivnost je definisana kao sposobnost materijala da čuva toplotu. Stoga, termička kola se modeluju po uzoru na analogna električna kola, u kojima su naponi ekvivalenti sa temperaturom a struja sa tokom toplote.

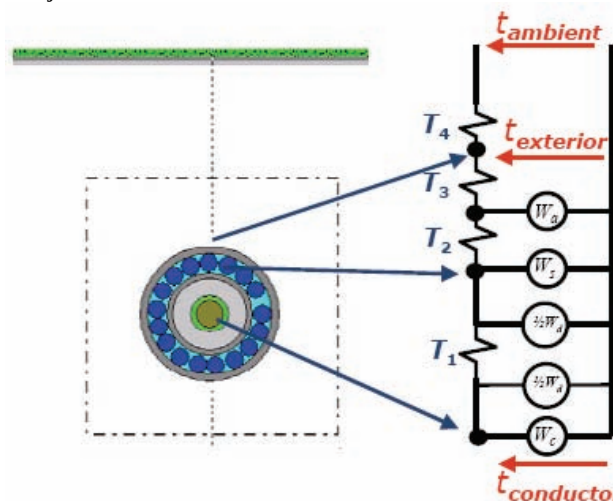
Termička otpornost - Svi neprovodni materijali u kابلu će sprečavati protok toplote od kabla (termička otpornost metalnih delova u kابلu, iako nije jednaka nuli, veoma je mala i obično se zanemaruje u proračunima). Dakle, treba razmatrati materijale otporne na tok toplote. Poseban interes je izraz za termičku otpornost cilindričnih slojeva, npr. izolacija kabla, sa konstantnom termičkom otpornošću ρ_{th} . Ako su unutrašnji i spoljašnji poluprečnici ovog sloja r_1 i r_2 respektivno, onda je termička otpornost cilindričnog sloja po jedinici dužine

$$T = \frac{\rho_{th}}{2\pi} \ln \frac{r_2}{r_1} \quad (4)$$

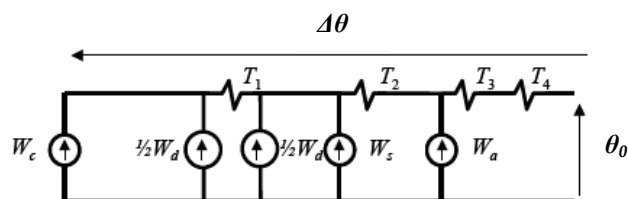
gde su: ρ_{th} = termička otpornost materijala, $K \cdot m/W$, S = presek površine tela, m^2 , l = debljina tela, m .

Ekvivalentna termička kola kablova - Tehnika poznata kao Neher-McGrath-ov metod za računanje dozvoljenog strujnog opterećenja je zasnovana na termičko-električnoj analogiji. Osnovna ideja je da se posmatrana oblast izdela na nivoe. Tada se zamenjuje toplotni izvor sa strujnim izvorima, termička otpornost sa električnom otpornošću i termička kapacitivnost sa električnom kapacitivnošću.

Slika 1 prikazuje raspored između komponenti kablovskih instalacija i elemenata električnih kola za računanja dozvoljenih strujnih opterećenja u stacionarnom stanju. Primetimo da kapacitivnosti ne igraju ulogu u određivanju maksimalnih dozvoljenih vrednosti struja stacionarnih stanja.



Slika 1: Termičko kolo



Slika 2: Električni ekvivalent

Na slici 2 je prikazan električni ekvivalent termičkog kola. Potencijal svakog čvoru kola je analogan sa temperaturom regiona između slojeva. Dakle, potencijalna razlika između izvoda kola i u samoj unutrašnjosti strujnog izvora predstavlja porast temperature jezgra kabla sa uvažavanjem temperature ambijenta. Stoga, temperatura kablovskih žila je temperatura ambijenta plus $\Delta\theta$. Jednačine su date u nastavku.

4. JEDNAČINE TERMIČKOG MODELA U STACIONARNOM STANJU

Mogućnost strujnog opterećenja kablovskih sistema zavisi od nekoliko parametara. Najvažniji od njih su: broj kablova i različiti tipovi korišćenih kablova u instalacijama, konstrukcija kablova i korišćeni materijali za izradu različitih tipova kablova, sredina u kojoj su kablovi instalirani, uticaj susednih kablova i površine zemlje i način uzemljenja metalnog omotača.

Za neke konstrukcije kablova, radni napon može biti od izuzetnog značaja. Izračunavanje parametra koji se pojavljuju u jednačinama termičkog modela kablova, u nekim slučajevima su veoma složena jer zahtevaju poznavanje velikog broja podataka vezanih za karakteristike samih materijala, položaja kablova kao i načina instalacije istih.

Ukopani kablovi - Proračuni stacionarnog stanja uključuju rešavanje jednačina kojima se opisuje ekvivalentno termičko kolo prikazano na slici 2. W_c , W_d , W_s i W_a (W/m) predstavljaju gubitke u provodniku, gubitke u dielektriku, gubitke u omotaču, i gubitke u oklopu, respektivno. T_1 , T_2 , T_3 i T_4 (K·m/W) su termičke otpornosti, gde je T_1 termička otpornost po jedinici dužine između jednog provodnika i omotača, T_2 je termička otpornost po jedinici dužine posteljice između omotača i oklopa, T_3 je termička otpornost po jedinici dužine spoljašnjeg omotača kabla, i T_4 je termička otpornost po jedinici dužine između površine kabla i okolnog medijuma.

Pozivajući se sada na dijagram na slici 2, i podsećajući se analogije između električnih i termičkih kola, možemo pisati sledeći izraz za $\Delta\theta$, koji predstavlja porast temperature provodnika u odnosu na temperaturu ambijenta:

$$\Delta\theta = (W_c + 0.5W_d)T_1 + [W_c(1 + \lambda_1) + W_d]nT_2 + [W_c(1 + \lambda_1 + \lambda_2) + W_d]n(T_3 + T_4) \quad (5)$$

gde su W_c , W_d , λ_1 i λ_2 definisane iznad, a n je broj opterećenih provodnika u kablju (smatra se da su provodnici istih karakteristika i isto opterećeni). Temperatura ambijenta je temperatura okolnog medijuma pod normalnim uslovima na mestu gde je kabl instaliran, ili gde se instalira, uključujući lokalne izvore toplote, ali ne povećavajući temperaturu u neposrednoj blizini kabla zbog toplote nastale od njega.

Nepoznata veličina je ili struja provodnika I ili njegova radna temperatura θ_c (°C). U prvom slučaju maksimalna radna temperatura provodnika je data, a u drugom slučaju struja provodnika je naznačena. Vrednost dozvoljene temperature se dobija iz jednačine (5). Ako je $W_c = I^2 R$, dobija se

$$I = \left[\frac{\Delta\theta - W_d [0.5T_1 + n(T_2 + T_3 + T_4)]}{RT_1 + nR(1 + \lambda_1)T_2 + nR(1 + \lambda_1 + \lambda_2)(T_3 + T_4)} \right]^{0.5} \quad (6)$$

gde je R ac otpornost po jedinici dužine pri maksimalnoj radnoj temperaturi.

5. IZVOĐENJE PARAMETARA

AC otpornost provodnika – Otpornost provodnika je podatak koji je često dat od strane proizvođača kablova. Ako to nije slučaj, ac otpornost provodnika se računa u dve faze. Prva, dc vrednost R' (Ω/m) je dobijena iz sledećeg izraza:

$$R' = \frac{1.02 \cdot 10^6 \cdot \rho_{20}}{S} [1 + \alpha_{20}(\theta - 20)] \quad (7)$$

U drugoj fazi, DC vrednost je modifikovana da bi se uzeo u obzir skin efekat i efekat blizine. Otpornost provodnika kada provodi naizmeničnu struju je veća od one kada provodi jednosmernu struju. Glavni razlozi za povećanje su: skin efekat, efekat blizine, gubici usled vrtložnih i histerezisnih struja u blizini feromagnetskih materijala, indukovani gubici u kratko spojenim neferomagnetskim materijalima. Step en složenosti izračunavanja značajno varira. Izuzev u kablovima veoma visokih napona sastavljenih od velikih segmentnih provodnika, uobičajno je da se u obzir uzme samo skin efekat, efekat blizine, i u

nekim slučajevima, aproksimacija efekta metalnih omotača i/ili cevi. Ogdovarajući izrazi su:

$$R = R'(1 + y_s + y_p) \quad (8)$$

Dielektrični gubici - Kada su papir i čvrsta izolacija izloženi naizmeničnom naponu, oni deluju kao veliki kondenzator i struja punjenja teče u njima. Rad zahteva efekat poravnanja elektrona svaki put kad se smer napona promeni (tj. 50 ili 60 puta u sekundi), proizvodi se toplota i realizuju se gubici realne snage koji se zovu dielektrični gubici, koje treba razlikovati od reaktivnih gubitaka. Za jedinicu dužine kabla, veličina potrebne struje punjenja je funkcija dielektrične konstante izolacije, dimenzije kabla i radnog napona. Za neke konstrukcije kablova, posebno za visok napon, papirno izolovane kablove, ovi gubici mogu imati značajan uticaj na maksimalno dozvoljene vrednosti kablova. Dielektrični gubici su izračunati iz sledećih izraza:

$$W_d = 2\pi f \cdot C \cdot U_0^2 \cdot \tan \delta \quad (9)$$

gde električnu kapacitivnost dobijamo iz

$$C = \frac{\epsilon}{18 \ln \left(\frac{D_i}{d_c} \right)} \cdot 10^{-9} \quad (10)$$

Faktor gubitaka omotača - Gubici omotača su strujno zavisni, i mogu se podeliti u dve kategorije u zavisnosti od načina uzemljenja. To su gubici zbog cirkularnih struja koje teku u omotačima jednožilnih kablova, i gubici zbog vrtložnih struja, koje cirkulišu radijalno (skin efekat) i efekat blizine. Gubici vrtložnih struja javljaju se i u jednožilnim i u trožilnim kablovima, bez obzira na način uzemljenja. Gubici vrtložnih struja u omotaču jednožilnih kablova, koji su čvrsto uzemljeni su znatno manji od gubitaka cirkularnih struja, i zanemaruju se izuzev za kablove sa velikim provodničkim segmentima.

Gubici omotača u jednožilnim kablovima zavise od više faktora od kojih je jedan od načina uzemljenja omotača. U suštini, način uzemljenja omotača je drugi najvažniji parametar u izračunavanju dozvoljenog strujnog opterećenja kablova posle spoljašnje termičke otpornosti kablova. Postoje tri osnovne opcije za uzemljivanje omotača jednožilnih kablova. To su: uzemljenje u jednoj tački, čvrsto uzemljenje i unakrsno uzemljenje.

Gubici snage u omotaču ili ekranu (λ_1) sadrže gubitke uzrokovane cirkularnim strujama (λ_1) i vrtložnim strujama (λ_1''). Dakle

$$\lambda_1 = \lambda_1' + \lambda_1'' \quad (11)$$

Faktor gubitaka oklopa - Oklopljeni jednožilni kablovi za generalnu upotrebu u AC sistemima obično imaju nemagnetski oklop. To je zbog veoma visokih gubitaka koji se javljaju u jednožilnim kablovima sa magnetskim oklopom postavljenih blizu jedan drugom. S druge strane, kad se koristi magnetski oklop, gubici zbog vrtložnih struja i histerezisa u čeliku moraju biti razmatrani. Za nemagnetske trake ojačanja gde se trake ne preklapaju, otpornost ojačanja je funkcija dužine položene trake. Saveti dati u IEC 60287 bave se ovim kako sledi u nastavku.

a. Ako trake imaju veoma mali ugao ukošenja u odnosu na osu kabla, tada je ona gotovo

longitudinalna(uzdužna) traka, otpornost je uzeta kao ekvivalent cevi koja ima istu masu po jedinici dužine i isti unutrašnji prečnik kao i traka.

- b. Ako su trake namotane pod uglom od oko 54° u odnosu na osu kabla, otpornost je uzeta da je dvostruka ekvivalentna otpornost cevi.
- c. Ako su trake namotane sa veoma velikim uglom ukošenja u odnosu na osu kabla, pretpostavlja se da je otpor beskonačan, dakle, ojačanje nema efekat na gubitake.

Ako postoje 2 ili više slojeva trake u dodiru jedan sa drugim i imaju veliki ugao ukošenja, otpornost je uzeta da bude dvostruka vrednost ekvivalentne otpornosti cevi. Ovo ima za cilj da se uzme efekat otpornosti kontakata između traka.

Faktor gubitaka u oklopu je sastavljen od dve komponente; to su cirkularne struje(λ_2') i , za magnetski oklop, uzrokovan sa histerezisom (λ_2''). Dakle,

$$\lambda_2 = \lambda_2' + \lambda_2'' \quad (12)$$

Termičke otpornosti - Unutrašnja termička otpornost je karakteristika data konstrukcijom kabla.

Jedinice termičke otpornosti su K/W za specificirane dužine. Budući da je ovde smatrana dužina 1m, termička otpornost komponente kabla je izraz u K/W po metru, koji se mnogo češće piše kao K·m/W. Termička otpornost izolacije i spoljašnje okoline kablova imaju najveći uticaj na maksimalne dozvoljene vrednosti kablova.

Postoje četiri termičke otpornosti: T_1 -termička otpornost izolacije (termička otpornost između provodnika i omotača), T_2 -termička otpornost između omotača i oklopa, T_3 -termička otpornost spoljašnjeg pokrivača i T_4 -spoljašnja termička otpornost. Izrazi na osnovu kojih se izračunava svaka od navedenih termičkih otpornosti zavisi od tipa kabla(jednožilni ili trožilni kao i od njegovog sastava, odnosno materijala svakog pojedinačnog dela kabla), a za spoljašnju termičku otpornost nam je bitno da znamo gde je kabl instaliran kao i poznavanja osobina okolnog medijuma kabla.

6. PRIMER PRORAČUNA

Metoda izračunavanja temperature kabla prikazana je na sledećem primeru. Postavili smo devet jednožilnih kablova u betonsku kablovsku kanalizaciju na dubinu od 0.8m. Dimenzije kanalizacije su 580mm x 580mm u kojoj ima 9 plastičnih cevi(kroz svaku od njih prolazi jedan kabl) prečnika 110mm.

Jednožilni kabl je 50mm² koji ima sledeće slojeve: bakarni provodnik koji je prečnika 8.33mm, izolaciju od umreženog polietilena(XLPE) koja je debljine 3.4mm, omotač je od bakarnih žica a sam omotač je debljine 1.075mm, izolacija između omotača i oklopa je od polivinilhlorida(PVC) čija je debljina 1.2mm, oklop je od aluminijumskih žica a debljina ovog sloja je 1.6mm, spoljni pokrivač(omotač) je od PVC-a a njegova debljina je 1.9mm.

Ako su kablovi istih dužina, imaju jednak razmak tokom cele trase voda, jednako su opterećeni a to opterećenje je 80% od nominalnog, dobijene su sledeće vrednosti međurezultata pa na kraju i porast temperature iznad temperature ambijenta: gubici u provodniku $W_c=19.76W/m$,

dielektrični gubici $W_c=0.01215W/m$, faktor gubitaka omotača $\lambda_1=0.145$, faktor gubitaka oklopa $\lambda_2=0.187$, termička otpornost izolacije $T_1=0.322 K \cdot m/W$, termička otpornost između omotača i oklopa $T_2=0.116 K \cdot m/W$, termička otpornost spoljašnjeg pokrivača $T_3=0.1067 K \cdot m/W$ i spoljašnja termička otpornost $T_4=1.064 K \cdot m/W$. Na kraju, kada se ove vrednosti uvrste u izraz (5) dobijamo konačni porast temperature iznad temperature ambijenta koji iznosi $\Delta\theta=40.022^\circ C$. Nakon detaljnije analize možemo zaključiti da dielektrični gubici ne utiču bitno na proračun pa se mogu zanemariti, a sa zanemarenjem dielektričnih gubitaka porast temperature iznad temperature provodnika je $\Delta\theta=39.998^\circ C$. Pošto je temperatura ambijenta korišćena u proračunima $20^\circ C$, ukupna temperatura kabla pri 80% opterećenja i pri opisanim uslovima polaganja iznosi $59.998^\circ C$.

7. ZAKLJUČAK

Ova metodologija za izračunavanje temperature kablova je dobra, jer uvažava veliki broj parametara, počev od tipova kablova, svaki sloj kabla (materijal od koga je svaki sloj izrađen), njegovu sposobnost odvođenja toplote, uvažava gubitke s obzirom na način uzemljenja i uvažava sposobnost odvođenja toplote okolnog medijuma kabla.

Da mi mogli veoma precizno da govorimo o temperaturi kabla koja se ovom metodologijom može dobiti, potrebni su nam precizni ulazni podaci, što često stvara problem. Kao mana ove metode upravo se može navesti to da je potrebno izrazito veliki broj parametara koje treba poznavati, do kojih se veoma teško dolazi, da bi došli do precizno određene temperature. Potrebno je tačno poznavati raspored kablova, uslove instalacije, sve materijale koji su korišćeni za postavljanje kablova, a ako se neki od ovih podataka ne poznaju, potrebno je imati iskustvo u pretpostavkama ovih parametara da bi dobili verodostojne rezultate.

8. LITERATURA

- [1] George J. Anders, "Rating of Electric Power Cables: Ampacity Computations for Transmission, Distribution, and Industrial Applications", IEEE Press/McGraw Hill, 1997.
- [2] Francisco de Leon, "Calculation of Underground Cable Ampacity", 2005.
- [3] Anjan K. Deb, "Powerline Ampacity System: Theory, Modeling and Applications", 2000.

Kratka biografija:



Nebojša Kopilović rođen je u Subotici, Srbija, 1985. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Elektroenergetika radi 2010. pod mentorstvom prof.dr.Bekut Duška.

**VIZUELIZACIJA MODELA SPOLJAŠNJE I UNUTRAŠNJE STRUKTURE
ODBRAMBENIH NASIPA PRIMENOM PROGRAMSKOG PAKETA MATLAB****VISUALISATION OF THE MODEL FOR EXTERNAL AND INTERNAL STRUCTURE
OF THE EMBANKMENTS USING MATLAB SOFTWARE PACKAGE**Jovan Radaković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U ovom radu izvršena je analiza postojećih tehnologija daljinske detekcije sa aktivnim senzorima. Izvršena je akvizicija geoprostornih podataka sa reprezentativne lokacije i rezultati akvizicije vizuelizovani razvijenom aplikacijom u programskom paketu MATLAB.

Abstract – This paper contains analysis of technologies using remote sensing with active sensors. Acquired geospatial data was later used for visualisation in application developed using MATLAB software package.

1. UVOD

Opasnost od poplava postaje sve veći problem, posebno u oblastima sa niskom nadmorskom visinom. Analiza i održavanje odbrambenih nasipa postaje sve bitnija. Postoji veliki broj tehnologija koje se koriste za analizu odbrambenih bedema. U okviru rada analizirane su i primenjene tehnologije daljinske detekcije aktivnim senzorima zasnovane na prostiranju elektromagnetnih (EM) talasa, LIDAR (za akviziciju površinskih tačaka) i GPR (i za prikupljanje podataka potpovršinskih struktura). Laserskim skeniranjem iz aviona snimljena je oblast u dužini od 8,3 km, dok je korišćenjem GPR tehnologije skenirana spoljašnja i unutrašnja struktura reprezentativne oblasti površine 160x50 m. Podaci dobijeni skeniranjem, obrađeni su softverskim alatima TerraSolid 9.0 (za podatke o spoljašnjoj strukturi) i RADAN (za podatke o unutrašnjoj strukturi). Svi dobijeni geoprostorni podaci, vizuelizovani su razvojem aplikacije u okviru programskog paketa MATLAB 7.0.

**2. TEHNOLOGIJE DALJINSKIH DETEKCIJA
AKTIVNIM SENZORIMA**

Klasifikaciju daljinske detekcije bazirane na primeni EM talasa, moguće je izvršiti prema frekventnim opsezima kojima pripadaju EM talasi i prema nameni tehnologije:

- a) LIDAR (opseg talasne dužine 1-100 μm)
- b) RADAR (opseg talasne dužine 1mm-30 cm)
- o SAR tehnologija - antena na velikom rastojanju od površine zemlje
- o GPR tehnologija - antena na bliskom rastojanju ili neposrednom kontaktu sa površinom zemlje

NAPOMENA:

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

2.1. LIDAR

Lasersko skeniranje prikuplja informacije o obliku i eventualno o izgledu objekata iz realnog sveta. Prikupljeni podaci se zatim mogu koristiti za konstruisanje digitalnih dvodimenzionalnih crteža, ili trodimenzionalnih modela. Prednost laserskog skeniranja se ogleda u činjenici da se ovim putem može snimiti veliki broj tačaka, sa visokom tačnošću, za relativno kratko vreme. Lasersko skeniranje se zasniva na merenju rastojanja od izvora laserske svetlosti do merenog objekta. Principi za određivanje rastojanja su:

- a) vreme putovanja pulsa (zraka)
- b) pomeraj faze
- c) triangulacija

Trenutno dostupni laseri predstavljaju potpuno integrisane sisteme, koji kombinuju skener, kontrolnu tablu, skladište podataka, bateriju i specijalne dvoosne kompenzatore (automatski poravnavaju skener) u jednom komadu opreme. Neki skeneri imaju i uređaje za priključivanje GPS prijemnika i INS kompenzatora da bi se direktno odredila pozicija i orijentacija skenera u prostoru. Avionski laserski skeneri uglavnom koriste metodu merenja vremena putovanja pulsa. Brzina merenja kod ovih sistema je 100-200 kHz, sa preciznošću od nekoliko centimetara do jednog decimetra. U odnosu na visinu leta, postoje skeneri sa ograničenjem na 1000m, dok se drugi koriste na visinama do 5km. Uglavnom se koriste dve talasne dužine lasera: 1.06 μm i 1.5 μm , dok maksimalno vidno polje skenera, izmereno u odnosu na pravac letenja iznosi od $\pm 7^\circ$ do $\pm 30^\circ$, u zavisnosti od tipa skenera. [1]

2.2. GPR

Tehnologije skeniranja Georadarom obuhvataju skeniranje potpovršinskog sloja do 10m dubine, pa do skeniranja na većim dubinama, za potrebe geoloških istraživanja. Interpretacija podataka sa radargrama se odnosi na detekciju i karakterizaciju cilindričnih podzemnih objekata, i označavanje zemljišta u okruženju. Radargrami cilindričnih podzemnih objekata imaju specifičan oblik hiperbole, čija geometrija sadrži informacije o nizu parametara, kao što su relativna dubina z_0 , radijus R, prostorna orijentacija cevi, relativna permitivnost zemljišta koje okružuje cev (ϵ_R). Georadar se sastoji od sklopa predajne i prijemne antene, upravljačke jedinice sa operativnim sistemom, baterijskog napajanja i pokretnog vozila, koje je opremljeno obrtnim enkoderom (za tačno pozicioniranje centra antene) i markerom, koji obezbeđuje pozicije detalja od značaja. Za merenja na dubinama od 0 do 10m (20m), koriste se antene sa frekvencijama od 100 do 1600 MHz, dok se u ekstremnim slučajevima koriste neokopljene

antene (frekvencije 16-80 MHz), za dubine od 0 do 50m i horn antene frekvencije 2.2 GHz, za dubine do 0.75m [2]. U toku kretanja, predajna antena emituje polarizovane EM talase visoke frekvencije u zemljište. Usled različitih nehomogenosti u zemljištu tipa raslojenosti zemljišta, podzemnih infrastrukturnih objekata, kamenja, šljunka i sličnog, jedan deo EM talasa se reflektuje od graničnih površi između različitih materijala, dok drugi deo refrakcijom prolazi do narednih slojeva. Proces se ponavlja sve dok slabljenje emitovanog signala ne bude isuviše veliko. Refleksija EM talasa od graničnih površi je posledica razlike u električnim i magnetnim svojstvima materijala objekata infrastrukture i slojeva zemljišta. Za potrebe samog merenja, koristi se brzina propagacije EM talasa kroz zemljište, za šta se koristi izraz 1, pri čemu je μ - magnetna konstanta medijuma, ε - električna konstanta medijum, c - brzina svetlosti i ε_R - relativna električna konstanta medijuma.

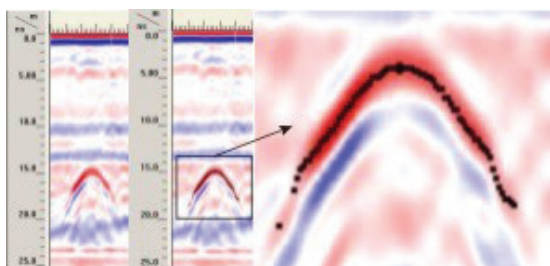
$$v = \frac{1}{\sqrt{\mu \cdot \varepsilon}} = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon_R}} [m/s] \quad (1)$$

Generator impulsa emituje vrlo kratak visokonaponski impuls (svaki put kada dobije instrukciju sa upravljačke jedinice), koji se prenosi na predajni deo antene Georadara i emituje se na određenoj frekvenciji u okruženje. Prijemni deo antene vrši akviziciju reflektovanih signala u semplovima koji predstavljaju digitalnu reprezentaciju amplitude i faze signala u odedenim vremenskim trenucima. Veći broj radargrama obezbeđuje bolju vertikalnu rezoluciju. Uobičajeni broj semplova po radargramu je 1024, dok se u ekstremnim slučajevima ide i do 8192 semplova po radargramu.

Preprocesing radargrama je obuhvatio primenu samo funkcija koje povećavaju mogućnost prepoznavanja refleksija i odstranjuju nepotrebne delove radargrama, a ne funkcije koje menjaju dispoziciju podataka refleksije u radargramu. Softverska obrada, izvršena u okviru ovog rada, uključuje primenu specijalizovanog softvera za prikaz, filtriranje i obradu radargrama- **RA**dar **D**ata **AN**alzyer (**RADAN**). Za potrebe rada primenjene su sledeće funkcije:

- o *Set Time- zero*
- o *Background Removal*
- o *Vertical Low Pass filter*

Ekstrakcija podataka iz radargrama spada u zadatke *signal processing* i *pattern recognition* tehnika. U osnovi se vrši raslojavanje ulazne slike na teksture, izdvajaju se i klasificiraju segmenti teksture koje sadrže oblik hiperbolične refleksije i iz izdvojenog segmenta ekstrahuju podaci. Koordinate ekstrahovanih tačaka (x_N , t_N) predstavljaju ulazne parametre za proces fitovanja. [3] Na slici 1. dat je tipičan radargram i rezultat ekstrakcije.



Slika 1. Tipičan radargram i rezultat ekstrakcije [4]

3. PROGRAMSKI PAKET MATLAB

MATLAB je u osnovi programski paket za rad sa matricama. MATLAB je moderno matematičko i simulaciono okruženje, koje se može koristiti za modelovanje i analizu dinamičkih sistema. Radi sa kontinualnim, diskretnim, linearnim ili nelinearnim sistemima. To je otvoreno okruženje, sa mnogo specijalizovanih toolbox-ova. Najčešće korišćeni toolbox-ovi su *Simulink* (služi za simuliranje dinamičkih sistema), *Control System Toolbox*, *Optimization Toolbox*, *Signal Processing*. Za potrebe ovog rada korišćeni su *Image Acquisition Toolbox*, *Spline Toolbox*, velik broj osnovnih funkcija MATLAB-a, kao i MATLAB-ov ugrađen interfejs za rad sa korisnicima.

U okviru rada korišćene su funkcije MATLAB-a, potrebne za akviziciju podataka dobijenih pomoću LIDAR i Georadar tehnologija, koji su u konačnom obliku predstavljali tekstualne datoteke. Korišćene su funkcije potrebne za obradu dobijenih podataka, kao i njihovih konverzija u oblike pogodne za dalje korišćenje i funkcije za iscrtavanje samih grafika i mapa. Konačno, za lakše snalaženje u okviru programa korišćene su funkcije MATLAB-a, potrebne za pravljenje jednostavnog i funkcionalnog korisničkog interfejsa.

Sledeće funkcije, detaljnije objašnjene u [5], najznačajnije su za stvorenu aplikaciju u okviru programskog paketa MATLAB:

- o *dlmread* - funkcija koja prevodi ASCII datoteku u matricu
- o *meshgrid* - funkcija koja generiše x i y nizove potrebne za grafike u 3 dimenzije
- o *griddata* - funkcija koja se koristi za formiranje koordinatne mreže
- o *surf* - funkcija koja formira grafike sa trodimenzionalno senčenim površinama
- o *mesh* - funkcija koja formira mrežaste grafike

4. AKVIZICIJA PODATAKA

Neposredna primena LIDAR i Georadar tehnologija je izvršena na lokaciji u neposrednoj blizini Novosadskog naselja Šangaj, kod Termoelektrane - Toplane Novi Sad (Novi Sad, Srbija), na levoj obali Dunava, za analizu procesa iznošenja materijala iz propusnog sloja nasipa prilikom nadolaženja ili povlačenja Dunava, odnosno promene nivoa podzemnih voda u zoni stratumata. Akvizicija je izvršena u julu 2009. godine. Na slici 2. dat je digitalni model terena generisan od tačaka na terenu dobijenih laserskim skeniranjem.



Slika 2. Mapa lokacije

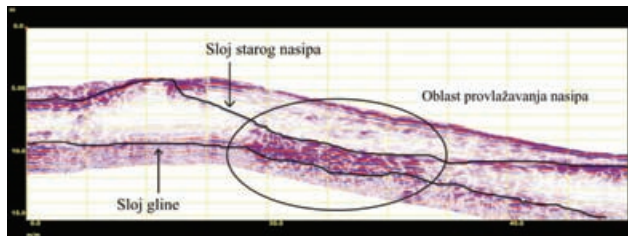
Na slici 2. u oivičenom žutom pravougaoniku data je reprezentativna oblast, koja je kasnije skenirana primenom GPR tehnologije.

Prvobitna merenja urađena su pomoću LIDAR tehnologije, kako bi se dobio izgled same oblasti skeniranja. Avionskim skeniranjem je obuhvaćen nasip na Dunavu kod rafinerije nafte "Novi Sad", u dužini od 8,3 km. Snimanje je izvršeno sa visine od 1070m, sa gustinom 4 tačke po m². Skeniranje je izvršeno laserskim skenerom Optech ATM.

Posle skeniranja laserom, podaci su obrađeni, kako bi se izolovale samo tačke od značaja, što su za ovaj rad tačke same površine zemljišta. Nakon obrade za skeniranu oblast u dužini od 8,3 km dobijeno je preko 700 000 tačaka, tj. ravanskih koordinata. Sve vrednosti tih koordinata su smeštene u tekstualnu datoteku pod nazivom "nasip_raf_zemlja.xyz".

Skeniranje lokacije Georadarom izvršeno je na području 160 x 50 metara, sa tim da je područje bilo tako orijentisano da se u skeniranju, ka Dunavu išlo 15 metara od sredine nasipa, a ka TE- TO 35 metara, dok se po dužini sporedni put koji se vidi na slici nalazio otprilike na sredini skeniranja. U okviru skeniranja urađeno je 17 poprečnih radargrama i 7 uzdužnih na rastojanjima od 10 metara, dok je jedan od uzdužnih radargrama urađen na samoj sredini odbrambenog nasipa. Tako je dobijena mreža, sa poljima veličine 10x10 metara. GPS uređajem, Trimble 5800 (u RTK VRS modu), izmerene su početne i krajnje vrednosti koordinata svih radargrama. Skeniranje je izvršeno Georadarom sa antenama centralne frekvencije 200 MHz sa kontinualnim premerom pozicije i visokom rezolucijom skeniranja od 1024 semplova po radargramu, tj. 100 scan/m. Maksimalna dubina skeniranja je bila 8 metara, u zavisnosti od karakteristika zemljišta, strukture nasipa i mogućnosti antena. [6]

Podaci dobijeni skeniranjem Georadarom, dalje su obrađivani programskim paketom RADAN, kompanije *Geophysical Survey Systems, Inc.* Na slici 3. obrađenoj u programskom paketu RADAN, posle skeniranja Georadarom, možemo videti određene slojeve zemljišta, koji su kasnije u programskom paketu MATLAB pretvoreni u trodimenzionalne grafike. Gornji sloj, obeležen crnom bojom, predstavlja granicu starog nasipa, na koji je kasnije naneta zemlja, kako bi se dobio novi nasip. Donja crna linija, predstavlja sloj vodonepropusne gline. Nakon obrade, uočena je vodena zona, koja predstavlja provlažavanje nasipa, koja se prostire na nekih 20 metara, paralelno sa nasipom.



Slika 3. Izgled jednog poprečnog radargrama [3]

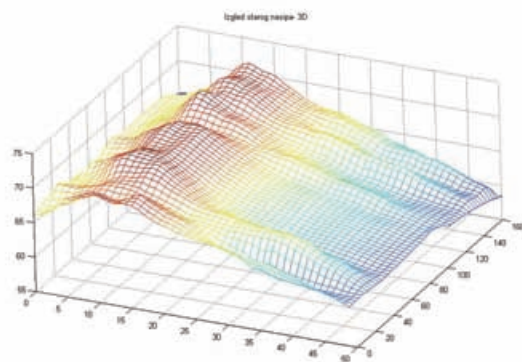
5. OBRADA PODATAKA

Tokom skeniranja, dobijeno je 17 poprečnih i 7 uzdužnih radargrama. Ti radargrami obrađeni su programskim paketom RADAN i iz njih je ekstrahovano 24 tekstualne datoteke, u kojima su se nalazili podaci o tačkama svakog

radargrama. Time je dobijeno 17 poprečnih koordinatnih parova za x i z koordinate, dok su vrednosti za y koordinatu generisane pomoću funkcija programskog paketa MATLAB. Time je dobijeno 17 matrica sa po tri kolone u kojima su se nalazile vrednosti za sve trojke koordinata. Radi lakše obrade, ta matrica je podeljena na tri matrice XI, YI i ZI sa po samo jednom kolonom, u kojima su se nalazile vrednosti za x, y, i z koordinatu, respektivno. Broj tačaka ovako dobijenih matrica, predstavljao je problem za softverske resurse MATLAB-a, tako da je broj redukovao. Na kraju je za svaki radargram dobijeno po 200 tačaka dok je ostatak tačaka aproksimiran funkcijama MATLAB-a. Na taj način dobijen je skup tačaka, pogodan za vizuelizaciju.

6. VIZUELIZACIJA REZULTATA

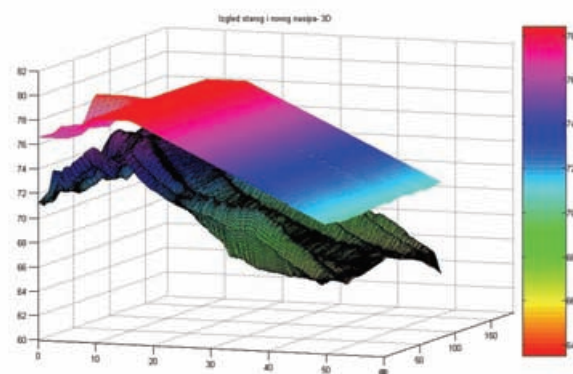
Za potrebe vizuelizacije dobijenih rezultata, korišćene su ugrađene funkcije programskog paketa MATLAB, od kojih su funkcije *mesh* i *surf*, pokazale najbolje rezultate. Na slici 4. možemo videti prikaz unutrašnjeg sloja odbrambenog nasipa, formiranog korišćenjem funkcije *mesh*.



Slika 4. Vizuelizacija unutrašnjeg sloja nasipa

I pored smanjene rezolucije, na slici 4. se vide dobre mogućnosti vizuelizacije korišćenjem formirane aplikacije u MATLAB-u, pri čemu je omogućena sloboda u pregledu trodimenzionalnog prikaza, u vidu pomeranja kamere, zumiranja i rotiranja cele slike.

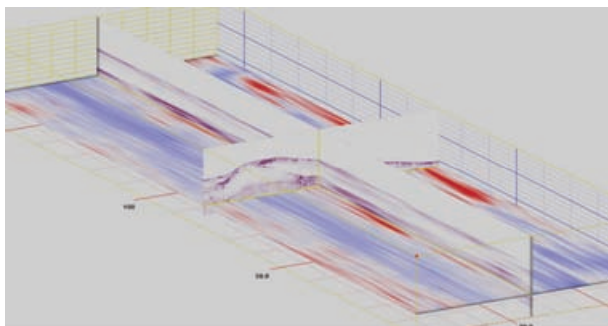
Prema postavljenim zadacima rada, neophodno je bilo ostvariti zajednički prikaz unutrašnjeg i spoljašnjeg sloja odbrambenog nasipa, kao i utvrditi gde nasip propušta, odrediti položaj vodopropusnih slojeva, kao i utvrditi gde bi novi nasip mogao biti najranjiviji. Na slici 5. dat je paralelan prikaz spoljašnjeg i unutrašnjeg sloja odbrambenog nasipa, kako bi se videla njihova razlika u visini i prostiranju.



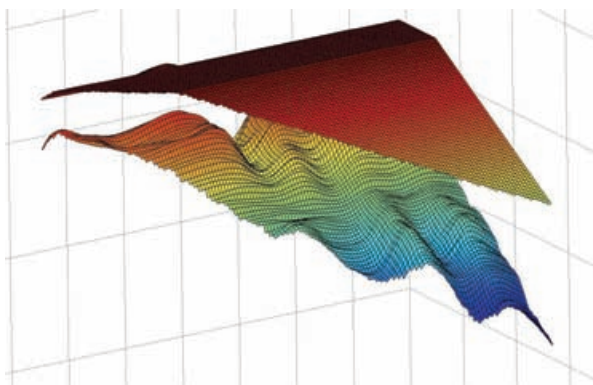
Slika 5. Zajednički prikaz spoljašnjeg i unutrašnjeg sloja

Prilikom formiranja zajedničke slike starog i novog sloja nasipa, uočeno je da njihova razlika u visini negde iznosi i do 8 metara. Iz tog razloga, kao jedan od postavljenih ciljeva je bio da se izračuna zapremina nasute zemlje. Za potrebe ovog zadatka, razvijena je procedura za simuliranje integrala. Pošto je već postojala mreža x i y koordinata u vidu matrice 200x200 tačaka, nalažena je srednja vrednost visine (z-koordinata) za svaki naspramni pravougaonik za oba sloja. Tako su dobijeni parovi visina za svaki pravougaonik, čija je razlika množena sa površinom pravougaonika (polja mreže), predstavljala pojedinačne zapremine mreže kvadrova. Jednostavnim petljom, ove pojedinačne zapremine su sabrane i izračunata vrednost zapremine između dva sloja. Ovakvim postupkom dobijena je zapremina od 34 609 m³. Ova dobijena vrednost predstavlja najtačniju vrednost u odnosu na druge potencijalne metode za njeno izračunavanje.

Vizuelizacija formirana od strane programskog paketa RADAN, prikazuje samo poređane uzdužne i poprečne radargrame, čime se dobija trodimenzionalna slika. Prostor između dva radargrama predstavlja aproksimaciju urađenu od strane funkcija samog programskog paketa, tako da taj prostor ostaje nevidljiv za krajnjeg korisnika. Time je onemogućen uvid u preseke pod određenim uglom u odnosu na osu nasipa. Korišćenjem aplikacije, razvijene u okviru programskog paketa MATLAB, a realizovane u okviru ovog rada, ovaj nedostatak je prevaziđen. Na slikama 6. i 7. može se videti razlika u vizuelizaciji programskih paketa RADAN i MATLAB.



Slika 6. Vizuelizacija u programskom paketu RADAN



Slika 7. Vizuelizacija u programskom paketu MATLAB

Na slici 7. može se uočiti da je dat presek oba sloja nasipa pod određenim uglom, dok vizuelizacija u programskom paketu RADAN, data na slici 6. daje samo poprečne ili uzdužne preseke, ili određenu visinu na kojoj se presek nalazi.

7. ZAKLJUČAK

U okviru rada i dalje obrade, izvršena je akvizicija realnih geoprostornih podataka na reprezentativnom lokalitetu nasipa u blizini glavne TE - TO Novi Sad. Avionskim laserskim skeniranjem prikupljeni su podaci, u dužini od oko 8,3 km, koji su obrađeni softverskim alatom TerraSolid 9.0 i iskorišćeni za formiranje digitalnog modela terena. U okviru ove zone odbrambenog nasipa, uzeta je oblast od 160x50 m, koja je skenirana korišćenjem GPR tehnologije. U okviru skeniranja Georadarom dobijeno je 17 poprečnih i 7 uzdužnih radargrama, koji su dalje obrađeni programskim paketom RADAN 6.0.

U okviru programskog paketa MATLAB, a realizovano u okviru ovog rada, stvorena je aplikacija koja omogućava vizuelizaciju spoljašnjeg i unutrašnjeg sloja odbrambenog nasipa, kako pojedinačno, tako i zajedno, za potrebe uporedne analize ova dva sloja. Ovo omogućava uvid u stanje odbrambenog nasipa, radi pravovremene sanacije nasipa. Ova aplikacija je proširena sa metodama za izračunavanje zapremine zemlje između dva sloja, kao i procedurom za vizuelizaciju dva sloja nasipa pod određenim uglom, što nije bilo omogućeno dosadašnjim alatima za vizuelizaciju geoprostornih podataka.

8. LITERATURA

- [1] Fujii, T., Fukuchi, T., 2005. Laser Remote Sensing, Taylor & Francis, Boca Raton, FL, USA, 888 pp.
- [2] Daniels, D. J., 2004. Ground Penetrating Radar - 2nd Edition, The Institution of Electrical Engineers, London, United Kingdom, 726 pp.
- [3] GSSI, Radan 6 User Manual, North Salem, USA, 2004.
- [4] Ristić, A., maj 2009., Estimacija optimalnih vrednosti parametara podzemnih cilindričnih objekata i zemljišta korišćenjem Georadara, doktorska disertacija, FTN Novi Sad, 133pp.
- [5] MathWorks - MATLAB and Simulink for Technical Computing, april, 2010.
- [6] Ristić A., Petrovački D., Govedarica M., Flooding bank structure modelling using GPR, GNSS and airborne laser scanning technologies, 3. The International Symposium on Global Navigation Satellite Systems, Space-Based and Ground-Based Augmentation Systems and Applications, Berlin: Senate Department for Urban Development Berlin, 2009, str. 99-103, ISBN 978-3-938373-93-4

Kratka biografija:



Jovan Radaković je rođen u Novom Sadu, 19. jula 1982. godine. Upisao je Fakultet tehničkih nauka, u Novom Sadu, 2001. godine, na departmanu za Računarstvo i automatiku, a na trećoj godini studija se opredelio za smer Automatika i upravljanje sistemima. Diplomski - master rad odbranio je 2010. godine.

Predlog optimizacije tačnosti transcendentálnih brojeva nezavisne od ciljne arhitekture

Ana T. Ačanski, Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad

Sadržaj — U ovom radu je dat predlog optimizacije greške koja se javlja pri najjednostavnijim računarskim operacijama, a nastale kod necelobrojnog količnika dva prirodna broja. Osnovni cilj ove metode je tačnost, dok je složenost stavljena u drugi plan. Po svojoj prirodi pripada skupu optimizacionih metoda, mada se u konkretnim inženjerskim problemima može svesti na aproksimativnu. Poznavajući prirodu ovog problema može se dokazati transcendentálnost brojeva.

Ključne reči — Konkretna greška, transcendentálnost, optimizacija.

I. UVOD

Poznavanjem pravila o brojevima deljivim brojem dva, tri, pet sužava se problem prostih brojeva. Prva prepreka javlja se kod broja sedam kod kojeg je dovoljno deliti u šest iteracija kako bi se dobili koeficijenti koji se periodično ponavljaju. Uopšteno, svaki broj p je deljiv bilo kojim brojem n u skupu racionalnih brojeva sa maksimalnom tačnošću na $(n-1)$ -oj cifri iza decimalnog zapisa i minimalnom greškom na n -toj cifri.

II. FORMAT RACIONALNOG BROJA

Za brojeve p i n ($p, n \in \mathbf{N}$) postoji broj q ($q \in \mathbf{Q}$) za koji važi da je:

$$Q\left(\frac{p}{n}\right) = \sum_{i=1}^{n-1} A_i * 10^{-i} + A_n * 10^{-(n-1)} \quad (1)$$

tačno rešenje nakon $(n-1)$ koraka ako i samo ako je $p > n$.

Za $p < n$ važi:

$$Q\left(\frac{p}{n}\right) = \frac{10^s * Q\left(\frac{p}{n}\right)}{10^s} = \frac{1}{10^s} Q\left(\frac{t}{n}\right) \quad (2)$$

$$= \frac{1}{10^s} \left(\sum_{i=1}^{n-1} A_i * 10^{-i} + A_n * 10^{-(n-1)} \right)$$

gde je t prirodan broj za koji važi $t > n$, a s je broj cifara prirodnog broja n .

Koeficijente A_i ($i = 1, 2, \dots, n-1$) dobijamo iterativnim postupkom koji se ponavlja $(n-1)$ puta, kao celobrojne

Predlog maksimalne optimizacije tačnosti transcendentálnih brojeva nezavisne od ciljne arhitekture

Ana T. Ačanski, Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad (telefon: +381-(0)21-633-50-91; e-mail: trajkovicana@yahoo.com).

NAPOMENA:

- Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio prof.dr Mihajlo Katona.
- Rad je prethodno publikovan na konferenciji TELFOR, Beograd, novembar 2009.

vrednosti dobijene prilikom deljenja, a ostatak koristimo u sledećoj operaciji za dobijanje A_{i+1} , kao kod standardne procedure deljenja. Sama pojava deljenja daje utisak kompleksnosti ovog algoritma, koja dovodi u pitanje njegovu upotrebljivost na platformama sa ograničenim resursima. Ipak deljenje se može znatno uprostiti operacijom oduzimanja iz razloga što je u svakoj iteraciji tačnost rezultata deljenja dovoljna do $(n-1)$ decimala.

Izlazni kriterijum, da bi se ova metoda mogla primeniti na sve prirodne brojeve, je $A_n \neq A_1$ i $A_n = 0$. Da bi se proverio izlazni kriterijum dovoljno je obaviti još jednu iteraciju. Iz ovoga sledi da je potreban broj iteracija jednak broji n .

Ukoliko se traži veća tačnost od $(n-1)$ -ve decimale, reda k ($k \in \mathbf{N}$) i $k/n=r+m$, tada važi da je :

$$Q\left(\frac{p}{n}\right) = \sum_{j=0}^{r-1} \left(\sum_{i=1}^{n-1} A_i * 10^{-i} \right)^{-j(n-1)} + \sum_{i=1}^m A_i * 10^{-(r*(n-1)+i)} \quad (3)$$

rezultat do željene tačnosti gde važi:

- $m \in \mathbf{N}$, $1 < m < n-1$ predstavlja ostatak k/n
- r celobrojna vrednost količnika k/n , a

$$G\left(\frac{p}{n}\right) = \sum_{c=1}^{\infty} \sum_{l=m+1}^{n-1+m} A_l * 10^{-(r*(n-1)+l)*c} \quad (4)$$

predstavlja grešku dobijenog rezultata.

Za $m=1$ dobija se da je k/n celobrojna vrednost te je rezultat:

$$Q\left(\frac{p}{n}\right) = \sum_{j=0}^{r-1} \left(\sum_{i=1}^{n-1} A_i * 10^{-i} \right)^{-j(n-1)} + A_1 * 10^{-(r*(n-1)+1)} \quad (5)$$

Jednačina (4) koja predstavlja grešku izračunavanja predstavlja tačnu i preciznu grešku dobijenog rezultata. Zbog toga se uvodi novi pojam, konkretna greška, koja se od apsolutne i relativne razlikuje po tome što je i precizna i tačna. Za beskonačno velike vrednosti n konkretna greška teži nuli

$$\lim_{n \rightarrow \infty} G\left(\frac{p}{n}\right) = \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{c=1}^{\infty} \sum_{l=m+1}^{n-1+m} A_l * 10^{-(r*(n-1)+l)*c} = 0 \quad (6)$$

III. PRIMENA NA PRIMERU TRANSCEDENTALNOG BROJA

Neka je dat izraz:

$$\sum_{k=1}^n \frac{1}{k} \quad (7)$$

primenom ove optimizacione metode može se dokazati njegova transcendentnost u skupu racionalnih brojeva.

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n \frac{1}{k} =$$

Primenom izraza (2) dobija se:

$$\begin{aligned} &= \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n (10^{-s} * (\sum_{j=1}^{r-1} (\sum_{i=1}^{k-1} A_i * 10^{-i}) * 10^{-j(k-1)} + \sum_{i=1}^m A_i * 10^{-(r^*(k-1)+i)})) \\ &= \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n (10^{-s} * (\sum_{j=1}^{r-1} (\sum_{i=1}^{k-1} A_i * 10^{-i}) * 10^{-j(k-1)} + \sum_{i=1}^m 10^{-s} (\sum_{i=1}^m A_i * 10^{-(r^*(k-1)+i)})) \\ &= \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n (10^{-s} * (\sum_{j=1}^{r-1} 10^{-j(k-1)} * (\sum_{i=1}^{k-1} A_i * 10^{-i}) + (\sum_{i=1}^m 10^{-r(k-1)-s} (\sum_{i=1}^m A_i * 10^{-i}))) \\ &= \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n (10^{-s} * (\sum_{j=1}^{r-1} 10^{-j(k-1)} * (\sum_{i=1}^{k-1} A_i * 10^{-i}) + (10^{-r-s} \sum_{k=1}^n 10^{-r^*k} (\sum_{i=1}^m A_i * 10^{-i}))) \\ &= \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n (10^{-s} * (\sum_{j=1}^{r-1} 10^{-j(k-1)} * A * 10^{-(k-1)} + (10^{-r-s} \sum_{k=1}^n 10^{-r^*k} * A * 10^m))) \\ &= \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n (10^{-s} * (A * \sum_{j=1}^{r-1} 10^{-j(k-1)-(k-1)} + (A * 10^{r+m-s} \sum_{k=1}^n 10^{-r^*k}))) \\ &= \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n (10^{-s} * (A * \sum_{j=1}^{r-1} 10^{-(j+1)^*(k-1)} + (A * 10^{r+m-s} \sum_{k=1}^n 10^{-r^*k}))) \\ &= \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n (10^{-s} * (A * \sum_{j=1}^r 10^{-j^*(k-1)} * 10^{-(k-1)} + (A * 10^{r+m-s} \sum_{k=1}^n (10^{-r})^k))) \\ &= \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n (10^{-1} * (A * 10^{-(k-1)} * \sum_{j=1}^r (10^{-(k-1)})^j + (A * 10^{r+m-s} (\sum_{k=0}^n (10^{-r})^k - 1)))) \\ &= \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n (A * 10^{-k} * \sum_{j=1}^r (10^{-(k-1)})^j + (A * 10^{r+m-s} (\frac{(10^{-r})^{n+1} - 1}{10^{-r} - 1} - 1))) \\ &= \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n (A * 10^{-k} * (\sum_{j=0}^r (10^{-(k-1)})^j - 1) + (A * 10^{r+m-s} (\frac{(10^{-r})^{n+1} - 1}{10^{-r} - 1} - 1))) \\ &= \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n (A * 10^{-k} * (\frac{(10^{-(k-1)})^{r+1} - 1}{10^{-(k-1)} - 1} - 1) + (A * 10^{r+m-s} (\frac{(10^{-r})^{n+1} - 1}{10^{-r} - 1} - 1))) \\ &= \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n (A * 10^{-k} * (\frac{(10^{-(k-1)})^{r+1} - 1 - (10^{-(k-1)} - 1)}{10^{-(k-1)} - 1} + (A * 10^{r+m-s} (\frac{(10^{-r})^{n+1} - 1}{10^{-r} - 1} - 1)))) \end{aligned}$$

primenom pravila za razliku binoma dobija se:

$$\begin{aligned} &= \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n (A * 10^{-k} * (\frac{(10^{-(k-1)} - 1)(\sum_{z=0}^{r+1} 10^{-(k-1)^*(r+1)-z} - 1) - 1}{10^{-(k-1)} - 1} + (A * 10^{r+m-s} (\frac{(10^{-r})^{n+1} - 1}{10^{-r} - 1} - 1)))) \\ &= \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n (A * 10^{-k} * ((\sum_{z=0}^{r+1} 10^{-(k-1)^*(r+1)-z} - 1) - 1) + (A * 10^{r+m-s} (\frac{(10^{-r})^{n+1} - 1}{10^{-r} - 1} - 1)))) \\ &= \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n (A * 10^{-k} * ((\sum_{z=0}^{r+1} 10^{-(k-1)^*(r+1)-z} - r - 1 - 1) + (A * 10^{r+m-s} (\frac{(10^{-r})^{n+1} - 1}{10^{-r} - 1} - 1)))) \\ &= \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n (A * 10^{-k} * (10^{-(k-1)^*(r+1)} (\sum_{z=0}^{r+1} 10^{-z} - r - 2) + (A * 10^{r+m-s} (\frac{(10^{-r})^{n+1} - 1}{10^{-r} - 1} - 1)))) \\ &= \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n (A * 10^{-k} * (10^{-(k-1)^*(r+1)} (\frac{10^{-(r+2)} - 1}{10^{-1} - 1})) + (A * 10^{r+m-s} (\frac{(10^{-r})^{n+1} - 1}{10^{-r} - 1} - 1))) \end{aligned}$$

$$= \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n (A * 10^{-k-r^*k-k+r+1} * (\frac{10^{-(r+2)} - 1}{10^{-1} - 1})) + (A * 10^{r+m-s} (\frac{(10^{-r})^{n+1} - 1 - 10^{-r} + 1}{10^{-r} - 1} - 1)))$$

$$= \lim_{n \rightarrow \infty} A * 10^{r+1} (\frac{10^{-(r+2)} - 1}{10^{-1} - 1}) \sum_{k=1}^n (10^{-2k-r^*k}) + A * 10^{2^*r+m-s} \frac{(10^{-r})^n}{10^{-r} - 1}$$

$$= \lim_{n \rightarrow \infty} A * 10^{r+1} (\frac{10^{-(r+2)} - 1}{10^{-1} - 1}) \sum_{k=1}^n (10^{-(2+r)k}) + A * 10^{2^*r+m-s} \frac{(10^{-r})^n}{10^{-r} - 1}$$

$$= \lim_{n \rightarrow \infty} A * 10^{r+1} \frac{10^{-(r+2)} - 1}{10^{-1} - 1} * \frac{10^{-(2+r)(n+1)} - 1}{10^{-(2+r)} - 1} + A * 10^{2^*r+m-s} \frac{(10^{-r})^n}{10^{-r} - 1} = \frac{A * 10^{2^*r+m+s}}{10^{-r} - 1}$$

$$= \lim_{n \rightarrow \infty} A * 10^{r+1} \frac{10^{-(r+2)} - 1}{10^{-1} - 1} * \frac{10^{-(2+r)(n+1)} - 1}{10^{-(2+r)} - 1} + A * 10^{r+(r+m)-s} \frac{(10^{-r})^n}{10^{-r} - 1}$$

Kako je $t/n=r+m$:

$$= \lim_{n \rightarrow \infty} A * 10^{r+1} \frac{10^{-(r+2)} - 1}{10^{-1} - 1} * \frac{10^{-(2+r)(n+1)} - 1}{10^{-(2+r)} - 1} + A * 10^{\frac{r+s}{n}} \frac{(10^{-r})^n}{10^{-r} - 1} = \frac{A * 10^{-r-s}}{10^{-r} - 1}$$

dobija se konačan broj koji opisuje prirodu transcendentnog broja u zavisnosti od međusobnog položaja parametara r i s u skupu prirodnih brojeva.

Na osnovu ovoga se može zaključiti da za broj

$$\sum_{k=1}^n \frac{1}{k}$$

postoji polinom

$$P(\sum_{k=1}^n \frac{1}{k}) = \sum_{i=0}^n A_i * (\sum_{k=1}^n \frac{1}{k})^i$$

čiji je on koren.

IV. ZAKLJUČAK

Na primeru transcendentnog broja (7) može se zaključiti da je tačnost transcendentnog broja ograničena cilnom platformom u inženjerskim problemima, a teorijski je nezavisna od nje. Kako ciljna arhitektura ograničava opseg parametara p i s u skupu prirodnih brojeva sledi da se dokazani transcendentni broj može zapisati samo prividno konačnim brojem cifara, a realno beskonačnim u skupu ($n \in \mathbb{N}$), $n \rightarrow \infty$.

Data teoretska osnova se može primeniti na rešavanje transcendentnih jednačina. Ona može predstavljati i ideju za stvaranje novih ocena grešaka, za formiranja izlaznih kriterijuma i možda kao osnova za izvođenje novog numeričkog postupka. Činjenica da se primenom ovog postupka mogu dobiti tačni i precizni rezultati ograničeni cilnom platformom, otvara mogućnost primene metode u inženjerskim oblastima koje zahtevaju maksimalnu preciznost (arhitektura, građevina, biomedicinski inženjering, ...).

LITERATURA

- [1] Alan Baker, Transcendental Number Theory, Cambridge University Press, 1975, ISBN 0-521-39791-X.
- [2] Peter M Higgins, "Number Story" Copernicus Books, 2008, ISBN 978-84800-000-1
- [3] Serge Lang, Introduction to Transcendental Numbers, Addison-Wesley Publishing Company, 1966

ABSTRACT

This paper presents short overview of transcendental number accuracy optimization proposal not dependant of target platform. Main goal of this method is accuracy, leaving complexity problem as unessential. By it's nature it is optimization method, but in some real engineering problems it can be used as approximation method. Using this method one can prove that number is transcendental.

TRANSCENDENTAL NUMBER ACCURACY OPTIMIZATION PROPOSAL NOT DEPENDANT OF TARGET PLATFORM

Ana T. Ačanski

PRIMENA SKLADIŠTA PODATAKA U ANALIZI PODATAKA O EVIDENCIJI RADNOG VREMENA

AN APPLICATION OF DATA WAREHOUSE FOR DATA ANALYSIS OF WORKING TIME RECORDS

Duško Mirković, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – Članak ukratko prikazuje jedan sistem za evidenciju radnog vremena i potrebu za analizom podataka o radnom vremenu u cilju boljeg upravljanja ljudskim resursima. Za te potrebe implementiran je BI sistem, a posebna pažnja posvećena je skladištu podataka kao jednom od centralnih elemenata svakog BI sistema.

Abstract – This paper briefly presents a system for storing of working time records and emphasizes the need for data analysis of these records, aiming for better human resources management. BI system has been implemented for that purpose with special attention on data warehouse as one of central elements of every BI system.

Ključne reči: OLAP, BI, skladište podataka, ERV, izveštavanje, analiza podataka

1. UVOD

U nastavku će biti prikazan jedan sistem za evidenciju radnog vremena koji će poslužiti za ilustraciju problema koji se javljaju prilikom analize podataka kao i načina za njihovo prevazilaženje upotrebom *Business Intelligence* (BI) sistema.

Analizom zahteva u slučaju ERV aplikacije došlo se do sledećih zaključaka. Postoji potreba za konkretnim izveštajima koji će prikazivati prisutnost zaposlenih i eventualna kašnjenja. Ti izveštaji treba da prikazu vrednosti za svakog zaposlenog ponaosob ali i sumarne podatke po grupama, mesečno i godišnje ili ukupne vrednosti za zaposlenog u određenom periodu.

Osim uvoda i zaključka rad sadrži dva dela. U drugom delu dat je kratak opis zatečenog sistema. Treći deo daje opis rešenja sa posebnim fokusom na transformaciji i skladištu podataka.

2. SISTEM ZA EVIDENCIJU RADNOG VREMENA

U kompaniji Telvent DMS autor je upoznat sa sistemom za evidenciju radnog vremena (ERV). Ovaj sistem omogućava definisanje radnog vremena i praćenje prisustva zaposlenih. Svaki zaposleni je u obavezi da prilikom dolaska (odlaska) na posao evidentira svoj dolazak (odlazak) u ERV sistemu.

Jedan deo ERV sistema je web aplikacija koja zaposlenima omogućava pristup ERV sistemu. Osnovni

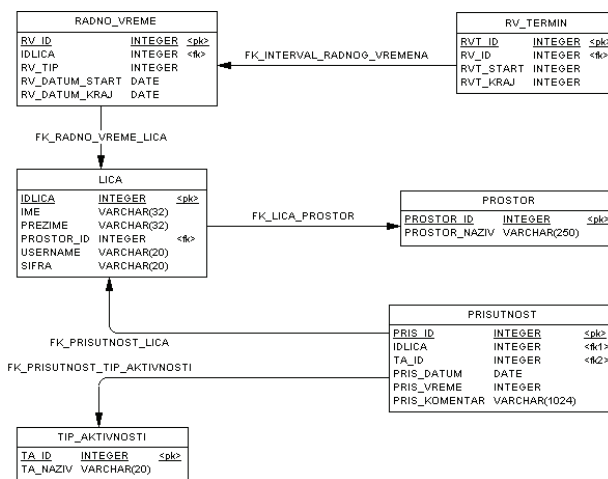
NAPOMENA:

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

scenariji upotrebe ERV sistema od strane zaposlenih uključuju prijavu dolaska (odlaska), definisanje radnog vremena, naknadna prijava dolaska (odlaska) i pregled podataka o radnom vremenu i prisustvu.

2.1. Interpretacija podataka

Dolazak i odlazak zaposlenih posmatra se u odnosu na unapred definisano radno vreme. Shodno tome, kašnjenje je definisano kao dolazak nakon početka definisanog radnog vremena (samo prvog intervala ukoliko postoje prekid u radnom vremenu) za taj dan. Prisustvo zaposlenih definiše se kao ukupan broj sati (minuta) koje je zaposleni proveo na poslu. Smatra se da je zaposleni na poslu od trenutka kad prijavi dolazak na ERV sistem do trenutka kad prijavi prvi sledeći odlazak (interval prisustva). Zaposleni mora imati najmanje jedan dolazak i jedan odlazak u toku radnog dana. Ukoliko ima više dolazaka i odlazaka, prisustvo je suma svih intervala prisustva u toku tog dana.



Slika 1 - Šema baze podataka ERV sistema

2.2. Šema baze podataka

Slika 1 prikazuje deo šeme baze podataka ERV sistema koji je korišćen prilikom implementacije BI sistema. Strelice na slici obeležavaju veze tipa N:1 ($N \rightarrow 1$). Strani ključevi su obeleženi oznakom <fk> (<fk1>, <fk2>...) uz desnu ivicu i nose isti naziv kao pripadajući primarni ključ u referenciranoj tabeli.

2.3. Izveštajni podsistem

U ERV web aplikaciji koja je namenjena zaposlenima postoje dva oblika prikaza podataka koji su na raspolaganju korisniku. Prvi oblik je vrlo jednostavan i prikazuje zaposlenom planirano i ostvareno radno vreme

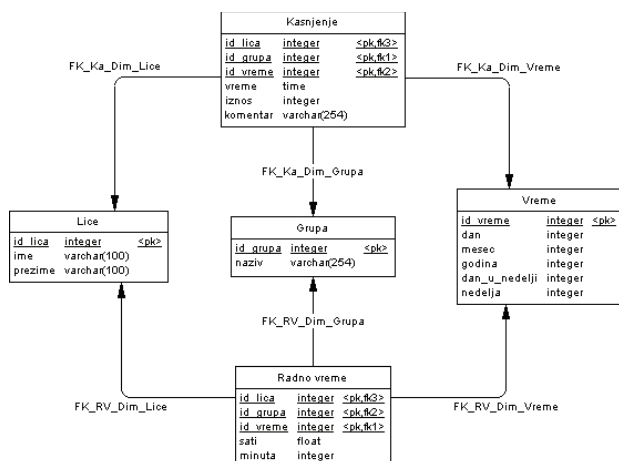
u toku dana. Drugi oblik je pregled planiranog i ostvarenog radnog vremena u tekućem mesecu. Pored navedenih prikaza podataka za zaposlene postoji i poseban skup prikaza za administratore ERV sistema. Ti prikazi su slični po formi ali se razlikuju po tome što prikazuju podatke za više zaposlenih i eventualno sumiraju podatke po određenim kategorijama.

3. OPIS REŠENJA

3.1. Skladište podataka

Pokazatelji koji će biti korišćeni za generisanje izveštaja su prisutnost i kašnjenje u toku jednog dana. Prema zahtevima, minimalni period za koji je potrebno posmatrati oba parametra je jedan dan. Prema očekivanoj vrednosti oba pokazatelja donešena je odluka da se kašnjenje meri minutama a prisutnost satima. Zbog potrebe kontrole i eventualnih budućih potreba analize prisutnosti odlučeno je da se za prisutnost čuva i vrednost u minutama.

Iz zahteva za grupisanjem i sortiranjem podataka uočene su tri dimenzije pokazatelja (Slika 2). Prva dimenzija je zaposleni. Osnovni podaci o zaposlenom koji će se čuvati u okviru ove dimenzije su ime i prezime. Druga dimenzija je vremenska. Prema zahtevima u pogledu granulacije



Slika 2 - Šema skladišta podataka

ključnih pokazatelja odlučeno je da se u vremenskoj dimenziji dani posmatraju kao najmanje jedinice. Podaci koji će biti čuvani o svakom danu mogu biti različiti i najviše zavise od potreba kompanije. Najmanji skup koji bi trebalo podržati podrazumeva redni broj dana u mesecu, mesec, godina, broj dana u nedelji i broj nedelje u kalendarskoj godini. Mesec i godina nam omogućavaju hijerarhijsku organizaciju u okviru vremenske dimenzije koja je posebno korisna kod OLAP analize.

Za treću dimenziju odabrana je grupa kojoj zaposleni pripada. Na prvi pogled to je suvišna dimenzija koja se mogla implementirati u vidu hijerarhije na dimenziji zaposlenih (u vidu stranog ključa koji referencira tabelu grupa). Kod modelovanja to bi verovatno bio i najbolji pristup jer je pripadnost grupi karakteristika zaposlenih a ne prisutnosti. S druge strane, posmatrajući sistem iz ugla zahteva, možemo uočiti da je prisutnost zaposlenih koji pripadaju grupi karakteristika te grupe koja je interesantna u izveštajima. Iako bi taj podatak bio pristupačan čak i ukoliko bi se primenila *snowflake* šema, na ovaj način se postiže jednostavnija struktura koja omogućava lakše

generisanje izveštaja. Osim toga, u slučajevima kada zaposleni promeni grupu u skladištu podataka će ostati korektna vrednost za postojeće podatke jer se radno vreme koje je zaposleni imao do trenutka promene neće automatski prebaciti u novu grupu. To je izuzetno važna karakteristika skladišta podataka. Prema tome, možemo reći da bi eliminisanje tranzitivne zavisnosti, koja se ovde javlja između prisutnosti i grupe, izazvalo neželjeno ponašanje skladišta podataka.

Jedna od najvažnijih osobina skladišta podataka jeste strategija indeksiranja. Primarni zahtev prema skladištima podataka u pogledu performansi jeste da se obezbedi velika brzina i konkurentan pristup za operaciju čitanja. Struktura najvećeg broja upita kojima bi se tražili podaci od strane raznih korisnika uopšteno se može opisati kao spoj tabele pokazatelja i njoj odgovarajućih tabela dimenzija sa filterima definisanim pomoću kolona u tabelama dimenzija. U takvim upitima možemo uočiti dve kritične operacije: operaciju spoja i operaciju filtriranja. Primarni ključ tabele pokazatelja se sastoji od svih obeležja koja referenciraju tabele dimenzija i po tom ključu se definiše i njen primarni indeks. Većina sistema za upravljanje bazama podataka (SUBP) može da iskoristi ovu činjenicu i da napravi optimizovan plan izvršavanja (execution plan) koji će iskoristiti te indekse na najbolji način. Time se postiže maksimalna brzina operacije spoja. To je i glavni razlog zbog kog se kod tabele pokazatelja ne vrši redukcija ključa.

Očigledan način da ubrzamo filtriranje (i pretrage) jeste da obezbedimo indekse po svakom obeležju koje će biti korišćeno u pretragama. Ovo na prvi pogled deluje kao radikalni i nepotreban potez koji povećava zauzeće memorije i usporava operacije ažuriranja. Međutim, od skladišta podataka se očekuje da ima mali broj takvih operacija koje su po pitanju performansi sekundarnog karaktera. S druge strane dobitak na performansama za pretragu i filtriranje podataka je veoma veliki a takve operacije tipično čine preko 95% svih zahteva prema skladištu podataka. Osim toga, dobro poznavanje domena obeležja može pomoći boljem odabiru vrste indeksa što dodatno može popraviti performanse ili čak smanjiti zauzeće memorije i opterećenje na operacije ažuriranja. Na primer, obeležja malog kardinaliteta mogu koristiti *bitmap* indekse koji nude veliku uštedu u zauzeću memorije i brzinu koristeći nizove bita za svaku vrednost iz domena. Zahvaljujući tome pretraga se vrši jednostavnim logičkim operacijama nad elementima tih nizova. Sličan pristup se može iskoristiti kod povezivanja tabele pokazatelja sa tabelom dimenzija malog kardinaliteta. Alternativa tome je B-stablo indeks koji je pogodniji u drugim situacijama (na primer veliki ili beskonačan broj elemenata domena).

3.2. Transformacija podataka

Nakon modelovanja skladišta podataka prešlo se na planiranje transformacije podataka iz postojećeg (OLTP) sistema za evidenciju radnog vremena u upravo kreirano skladište podataka. ERV sistem je baziran na događajima koji definišu ponašanje zaposlenih. Da bi se utvrdilo vreme prisustva ili odsustva zaposlenih potrebno je posmatrati odgovarajuće događaje. Prisustvo je definisano kao vreme između dolaska zaposlenog i prvog sledećeg

odlaska. Skup svih takvih intervala u toku jednog dana je ukupna dnevna prisutnost koja predstavlja pokazatelj koji želimo da čuvamo u skladištu podataka.

Koristeći događaje, kašnjenje možemo definisati kao vreme koje protekne između definisanog početka radnog vremena i prvog evidentiranog dolaska zaposlenog u tom danu. Prema tome, ukoliko zaposleni evidentira dolazak pre početka definisanog radnog vremena ili ne evidentira dolazak ceo dan, smatra se da nije zakasnio na posao i to se ne evidentira skladištu.

Da bi se mogla definisati transformacija potrebna za dobijanje pokazatelja potrebno je definisati transformacije kojima će se popuniti tabele dimenzija. U ovom slučaju transformacije su praktično trivijalne jer se dimenzije grupa i lice podudaraju sa postojećim tabelama zaposleni i prostor. Da bi se transformacija pokazatelja dodatno olakšala odlučeno je da se sačuvaju identifikatori lica i grupa iz postojećeg sistema. Na taj način će se smanjiti broj potrebnih upita prilikom unosa pokazatelja u skladište.

Za dimenziju vreme odlučeno je da čuva vremenski period koji je sistem bio u upotrebi. Pošto nije unapred poznata krajnja granica tog perioda postoji potreba da se pre svakog dodavanja pokazatelja proširi i dimenzija vreme. Transformacija koja popunjava dimenziju vreme sadrži korak koji na osnovu datuma popunjava sve kolone dimenzije vreme.

Ukoliko se dogodi promena u dimenzijama lica i grupe biće potrebno izvršiti ažuriranje pre dodavanja pokazatelja da bi se obezbedilo da uvek postoje dimenzije za pokazatelje koji pristižu (na primer ukoliko je zaposlen novi radnik ili reorganizacijom nastala nova grupa).

Za razliku od dimenzija, transformacija podataka za prisutnost je dosta složenija. Transformacija mora da obezbedi tačnost i konzistentnost podataka koji se unose u skladište. U tom smislu treba obratiti pažnju na sledeće situacije:

- u slučaju da zaposleni prestane da radi njegova grupa postaje nedefinisana (ima vrednost NULL). To je pravilo koje nameće postojeći sistem. Potrebno je posebno tretirati takve situacije zavisno od slučaja.
- ukoliko zaposleni zaboravi da evidentira odlazak neće biti moguće izračunati prisutnost. Takve slučajeve bi trebalo izdvojiti i posebno tretirati.
- prisutnost manja od 0. Iako poslovna logika diktira da ovakav slučaj ne može da se dogodi, u praksi je ustanovljeno da postojeći sistem nije u stanju da obezbedi konzistentnost podataka o dolascima pa treba obratiti pažnju na ovakve slučajeve radi očuvanja konzistentnosti skladišta podataka.

U ovom rešenju, ovi slučajevi moraju biti predmet analize kvaliteta podataka. Prečišćavanje podataka se vrši u sklopu ETL zadatka tako što će podaci koji ne ispunjavaju potrebne norme biti izolovani i predati na dalju obradu administratoru.

Da bismo definisali transformaciju podataka za kašnjenje potrebno je obratiti pažnju na sledeća pravila koja su definisana poslovnom logikom:

- Potencijalno kašnjenje je definisano razlikom dolaska i početka radnog vremena koje je na snazi za taj radni dan. Kako su vremena dolaska i početka radnog vremena izražena minutama proteklim od ponoći onda je ova razlika moguća i daje broj minuta zakašnjenja. Ukoliko je ta razlika veća od nule smatra se kašnjenjem.
- Radno vreme je na snazi za radni dan ukoliko je njegov datum veći ili jednak početku važenja zahteva za definisanje radnog vremena. Ukoliko zahtev ima definisan krajnji rok važenja onda datum mora da bude striktno manji.
- Ukoliko postoji više zahteva za definisanje radnog vremena koji važe za jedan dan, konflikti se razrešavaju sledećim redosledom. Najveći prioritet ima zahtev sa tipom 8, manji prioritet ima zahtev sa tipom 1-7 i najmanji prioritet ima zahtev sa tipom 0.
- Ukoliko postoji više zahteva koji važe za jedan dan i imaju isti tip, prioritet ima zahtev čiji rok važenja počinje kasnije.
- Ukoliko zaposleni ne pripada ni jednoj grupi (bivši zaposleni), podatke o kašnjenju tretirati odvojeno (analogno podacima o prisutnosti)

Tip zahteva bliže opisuje na koje dane se odnosi zahtev za promenom radnog vremena i tumači se na sledeći način. Zahtev sa tipom 0 označava definiciju osnovnog radnog vremena i odnosi se na sve radne dane u intervalu koji pokriva. Zahtev sa tipom 1-7 definiše radno vreme za odgovarajući dan u nedelji (broj određuje redni broj dana u nedelji takav da je ponedeljak broj 1 a nedelja broj 7) u intervalu u kom je definisan. Na primer zahtev sa tipom 5 definiše radno vreme za svaki petak u intervalu u kom je definisan. Zahtev sa tipom 8 definiše radno vreme za interval visokog prioriteta i odnosi se na sve dane u intervalu za koji je definisan. Obično se koristi za definisanje kratkotrajnih vanrednih promena radnog vremena bez narušavanja uobičajene rutine definisane tipovima 0-7 (u smislu da će se ta rutina nastaviti nakon završetka ovog zahteva).

Jedno od važnih pitanja prilikom implementacije ETL procesa je pitanje opterećenja OLTP sistema iz koga se preuzimaju podaci. Kao što će u nastavku biti prikazano, nekada je moguće kontrolisati stepen opterećenja izvornog sistema pogodnim odabirom načina prihvata podataka. U ovoj situaciji, transformacija je zahtevala kompleksne spojeve koji bi teško bili implementirani korišćenjem mehanizama koje nudi ETL alat. Čak i ukoliko bi bila implementirana takva transformacija postavlja se pitanje njenih performansi. Zbog toga je odlučeno da se jedan deo te transformacije obavi na izvornom sistemu jer se zahtevane operacije mnogo lakše rešavaju na takav način i neće značajno umanjiti performanse izvornog sistema.

Prvi korak prihvata podatke iz izvornog sistema nakon početne obrade. Ta obrada opisana je upitom kojim se vrši prihvrat:

```

SELECT DOLASCI.*, RV_ID, RV_TIP FROM
  (SELECT IDLICA, PRIS_DATUM
    , MIN(PRIS_VREME) PRVI_DOLAZAK
    FROM PRISUTNOST
    WHERE (PRIS_DATUM >= ${day_first})
    AND (PRIS_DATUM <= ${day_last})
    GROUP BY IDLICA, PRIS_DATUM) AS DOLASCI
INNER JOIN RADNO_VREME
  ON DOLASCI.IDLICA = RADNO_VREME.IDLICA
  AND PRIS_DATUM >= RADNO_VREME.RV_DATUM_START
  AND (PRIS_DATUM < RADNO_VREME.RV_DATUM_KRAJ
    OR RADNO_VREME.RV_DATUM_KRAJ IS NULL)
  AND RV_TIP IN (0, 8, EXTRACT(WEEKDAY FROM
    PRIS_DATUM-1)+1)
ORDER BY PRIS_DATUM, IDLICA, RV_TIP ASC
, RV_ID ASC

```

U ovom slučaju koriste se mehanizmi koje nudi SUBP da se pripreme podaci o dolascima tako da budu lakši za obradu u sledećim koracima. Ta priprema podrazumeva određivanje zahteva za definisanje radnog vremena koji je na snazi za dan u kom je registrovan dolazak. Zbog mogućnosti naknadnog definisanja dolaska ne može se računati na njegov identifikator (koji je sekvencijalan) pa se koristi minimalno vreme dolaska za svaki dan. Kao i u slučaju podataka o prisutnosti koriste se parametri *\${day_first}* i *\${day_last}* za određivanje dana za koje se vrši transformacija.

Nakon toga vrši se pridruživanje podataka o radnom vremenu prema već definisanim pravilima da bi se ustanovilo koji zahtev za definisanje radnog vremena je na snazi. U navedenim uslovima nedostaju pravila za rešavanje konflikta u slučaju važenja više zahteva. Ti uslovi su implementirani kroz ETL transformaciju da bi se izbeglo dodatno opterećenje izvornog sistema. Još jedna od važnih priprema je i uređenje koje je definisano nad podacima o dolascima. Ovakvo uređenje omogućava razrešavanje konflikta odabirom poslednjeg reda (po redosledu prihvatanja) što je implementirano kroz drugi korak transformacije. Nakon toga vrši se spajanje tih podataka sa podacima o početku radnog vremena i proveru da li postoji kašnjenje. U slučaju da postoji, vrši se obračun kašnjenja i određivanje dimenzija (ključa u svakoj dimenziji).

Da bi se obezbedila priprema parametara kao i izvršavanje transformacija u pravilnom redosledu definisan je ETL proces. Za razliku od ETL zadatka (u terminologiji Kettle alata „*transformation*“) koji je baziran na tokovima podataka, ETL proces (u terminologiji Kettle alata „*job*“) se oslanja na tokove kontrole (upravljanja). To znači da veze između pojedinih elemenata označavaju tok upravljačkih parametara a ne podatke koji će se obrađivati.

3.3. Pentaho BI suite

Za izradu BI sistema za analizu podataka evidenciji radnog vremena korišćen je Pentaho BI suite koji predstavlja jedno od vodećih *open source* rešenja na tržištu BI sistema. Elementi koji čine Pentaho BI suite su: BI platforma (objedinjuje ostale elemente u jedinstven sistem), Kettle (skup alata za razvoj i izvršavanje ETL zadatka), Mondrian (omogućava OLAP analizu), Pentaho Reporting (alati za uređivanje i generisanje izveštaja, preuzet projekat JFreeReport) i Weka (alat za *data mining*, preuzet projekat Waikato univerziteta sa Novog Zelanda) [3].

Za implementaciju ERV BI sistema iskorišćena je Pentaho BI platforma. Ovu platformu sačinjava web aplikacija koja obezbeđuje povezivanje svih elemenata BI sistema i korisnički interfejs koji korisnicima nudi interakciju sa tim elementima. U Pentaho terminologiji koristi se izraz „rešenje“ da se definiše skup dokumenata koji opisuju ETL procese, meta podatke i izveštaje kao delove jednog BI sistema. Da bi se korisniku maksimalno olakšalo korišćenje BI sistema ali i da bi se obezbedilo da su ispunjeni određeni preduslovi za izvršavanje određenih procesa u sistemu, korisniku nisu direktno dostupni gradivni elementi sistema (ETL transformacije, šabloni izveštaja, meta podaci itd.). Umesto toga korisniku se prezentuju „akcije“ koje definišu preduslove koji moraju biti ispunjeni i procese koji se izvršavaju kada korisnik startuje akciju. Meta podaci za generisanje *ad-hoc* izveštaja se čuvaju u formi XML dokumenta i opisuju model skladišta poslovnim jezikom korisnika. Meta podaci za OLAP analizu se takođe čuvaju u formi XML dokumenta i opisuju hiperkocke nad kojima radi OLAP engine (Mondrian).

4. ZAKLJUČAK

Osnova svakog BI sistema je skladište podataka. Bez kvalitetnih podataka nema ni sistema. U ovom slučaju postojanje platforme je težište radova skoro u potpunosti prebacilo na projektovanje skladišta podataka i transformacija (ETL procesa) podataka iz izvornog sistema u skladište. Kvalitet izvornih podataka ukazao na još jedan važan aspekt koji se često previdi prilikom projektovanja skladišta a to je profilisanje i čišćenje ulaznih podataka (profiling and cleansing). Može se reći da je prilikom implementacije ovog sistema najviše vremena utrošeno upravo na projektovanje skladišta i izradu ETL procesa. Izgradnja BI sistema svakako nije mali posao. Prednosti koje on nosi treba posmatrati i u kontekstu napora koje treba uložiti da se jedan takav sistem implementira. S druge strane objektivna potreba za analizom podataka svakako postoji i svakim danom dobija sve više na značaju i u tom pogledu dobra strategija razvoja BI sistema može značiti prednost na tržištu.

5. LITERATURA

- [1] H. P. Luhn, "A Business Intelligence System", IBM Journal, pp. 314-319, October 1958.
- [2] Daniel J. Power. (2007, March) „A Brief History of Decision Support Systems“.
- [3] Pentaho Inc. Pentaho Community Web site. <http://community.pentaho.com> (dostupno u junu 2010.)

Kratka biografija:



Duško Mirković rođen je u Metkoviću 1982. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Računarstvo i automatika odbranio je 2010.god.

OCENA KORISTI OD PRIMENE AUTOSEKSIONALIZERA

BENEFIT ESTIMATION OF AUTOSEKSIONALIZERS APPLICATION

Savo Kozić, Matić Miloš, Miroslav Nimrihter, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu dat je prikaz uticaja distributivne automatike na pokazatelje pouzdanosti. Posebno smo posvetili pažnju autosekcionalizirima kao elementima distributivne automatike. Takođe dat je proračun pokazatelja pouzdanosti. Pokazatelji pouzdanosti su računati za slučaj postavljanja rastavljača, sekcionalizera i njihove kombinacije.

Abstract – The paper presents an overview of influence distribution automation on the reliability indices. We devote particular attention to auto sectionalizers as elements of the distribution automation. Also given a detailed calculation of reliability indices. Reliability indices are counted in case of setting up disconnectors, autosectionalizers or in their combination.

Ključne reči: autosekcionalizeri, pokazatelji pouzdanosti, distributivna automatika.

1. UVOD

Jedan od osnovnih zahteva koji treba da zadovolji svaki elektroenergetski sistem jeste da se postigne što veća pouzdanost u napajanju potrošača. Pouzdanost je jako važna za distributivne mreže, a posebno za SN distributivne mreže jer se na tom djelu sistema događa 80% kvarova. Potrošači vremenom postaju sve više zavisni od energije, i oni zahtevaju pouzdano napajanje. U velikom broju država sveta potrošači su dobili pravo da naplate penale od distribucije za svaki period vremena koji su proveli u bez naponskom stanju. Iz tih razloga dolazi do ubrzanog razvoja uređaja za povećanje pouzdanosti elektroenergetskih sistema. Gledajući naš elektroenergetski sistem, penali za ne isporučenu energiju nisu još počeli da se naplaćuju ali ozbiljno se vrše proračuni i analize kao priprema za uvođenje penala. Zbog toga je i kod nas potrebno postepeno povećavati nivo pouzdanosti.

Jedan od najboljih načina da se poveća pouzdanost jeste primena uređaja distributivne automatike. Pomoću ovih uređaja se značajno smanjuje vreme detekcije kvara i vreme eliminacije kvara a samim tim i vreme koje potrošači provedu bez napajanja. Potrebno je reći da se pored značajnog smanjenja trajanja kvara redukuju i operativni troškovi zbog smanjenja broja manipulacija pri izolaciji kvara i obnovi djelova mreže bez kvara.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada Save Kozića. Mentor je bio dr Miroslav Nimrihter, red.prof.

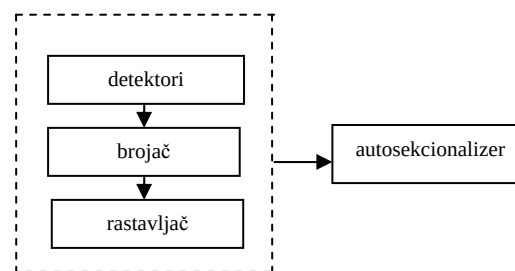
Medjutim cena uređaja distributivne automatike nije mala, i iz tih razloga postavlja se pitanje na kojim delovima elektroenergetskog sistema postoji potreba za njima. Takođe jedno od glavnih pitanja jeste pronalazak najbolje moguće lokacije postavljanja, jer treba da se zadovolji zahtjev da uz što manje troškove dobijemo što veću pouzdanost. Ovi uređaji imaju troškove održavanja koji nisu zanemarljivi. Najveća isplativost se dobija na početku ugradnje, tj. na početku imamo najbolji omjer troškova i povećanja pouzdanosti. Odnos ovih veličina postepeno opada tako da svaka distribucija za sebe mora da odluči do kog nivoa će povećavati pouzdanost, odnosno do kog nivoa je opravdano ulagati u distributivnu automatiku.

2. UREĐAJI DISTRIBUTIVNE AUTOMATIKE

U svetu postoji veliki broj proizvođača opereme za distributivnu automatiku. Izbor je postao jako veliki, od proizvoda, do njihovih funkcija koje oni obavljaju. Pokazalo se da se najbolji rezultati postižu sa autosekcionalizirima i rekoserima. U nastavku će biti govora o ovim proizvodima od proizvođača ABB-a i delimično Coopera. Posebna pozornost je posvećena autosekcionalizirima.

2.1. Autosekcionalizeri

Autosekcionalizeri su uređaji koji u sprezi sa zaštitnim uređajima sa strane izvora, kakvi su rekloseri ili prekidači, reaguju i vrše sekcionalizaciju određenog djela mreže.



Slika 1. Prikaz osnovnih delova autosekcionalizera

Detektori navedeni na slici 1. su detektori sniženog napona i povišene struje. Kada se pojavi struja veća od nominalne i kada je bez naponsko stanje, oni daju nalog brojaču da otpočne brojanje. Autosekcionalizier će da djeluje kada brojač dostigne podešenu vrednost.

Oni izoluju stalne kvarove, i ograničavaju prekide na manje delove mreža. Lako je izvršiti kordinaciju sa drugim zaštitnim uređajima u sistemu.

Autosekcionalizeri se mogu koristiti umesto osigurača ili između uređaja za ponovno uključenje i prekidača bez dodatnih podešavanja veličina na drugim uređajima. Autosekcionalizere možemo podeliti na jednofazne i trofazne.

Opšte karakteristike

Jednofazni autosekcionalizer je dizajniran i postoji u mrežama sveta dugo kao jedan vid zaštite monofaznih linija. Jednofazni autosekcionalizeri mogu biti hidraulični i elektronski. Oni su primarno instalisani iza jednofaznih reklosera za izolovanje kvarova na manje oblasti. Jednostavan unutrašnji mehanizam upravlja radom autosekcionalizera. Mehanizam sadrži niz seriskih veza pobuđujućih kalema, klipa i pokretnog klipa za obavljanje brojanja i drugih operacija. Autosekcionalizer se otvara automatski a zatvara manualno pomoću žute ručke koja se nalazi ispod zaštite.



Slika 2. Jednofazni autosekcionalizer

Trofazni autosekcionalizeri automatski otvaraju sve tri faze bez obzira u kojoj je kvar. Ovi uređaji u kombinaciji sa elektronskim rekloserima predstavljaju najbolje ekonomično rešenje za izolaciju kvarova. Električna kontrola obezbeđuje operativnu logiku za automatsko otvaranje. Zatvaranje se vrši ručno pomoću ručke koja se nalazi ispod zaštite. Otvaranje se takođe može izvršiti ručno ako je to potrebno pomoću ručke koja je postavljena tako da se dobro vidi u kom položaju se nalazi.



Slika 3. Trofazni autosekcionalizer

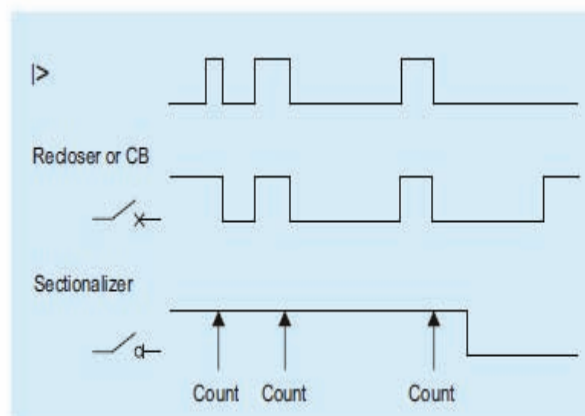
Trofazni autosekcionalizeri mogu biti hidraulični i elektronski.

Sekcionalizeri imaju nekoliko jako bitnih karaktristika:

- 1) Lako podesivi
- 2) Nezavisno reagovanje po fazama
- 3) Nemoguće brojanje ako nisu reagovali i stujni i naponski detektori.
- 4) Mod jednog reagovanja, neki sekacionalizeri mogu biti podešeni da reaguju odmah.

3. KORDINACIJA AUTOSEKCIONALIZERA SA DRUGIM UREĐAJIMA DISTRIBUTIVNE AUTOMATIKE

Kao što je ranije u tekstu navedeno, rastavljači, sekacionalizeri i rekloseri su glavne komponente koje dovode do smanjenja pokazatelja pouzdanosti. Najbolje karakteristike se dobijaju ako koristimo njihovu kombinaciju. Za potpunu automatizaciju distributivnog sistema potrebna je savršena koordinacija između ovih uređaja. Autosekcionalizer u sebi sadrži brojač koji broji reagovanja APU-a i na osnovu toga po potrebi deluje. Kada APU deluje tačno definisani broj puta, dolazi do reagovanja sekacionalizera, i odvaja deo mreže koji je u kvaru od ostatka sistema. Potrebno je naglasiti da se ovo otvaranje nožica autosekcionalizera događa kada linija nije pod naponom. Reagovanje sekacionalizera je nešto sporije od reagovanja reklosera. Autosekcionalizer otvara svoje kontakte za 1-2 sekundu dok rekloseri djeluju automatski.



Slika 4. Prikaz vremenskog delovanja

Na slici 4 je prikazan jedan vremenski sled događaja između autosekcionalizera i reklosera. Možemo videti da je autosekcionalizer podešen da reaguje nakon tri bezuspešna reagovanja reklosera. Autosekcionalizer kao što se vidi na slici reaguje u drugoj dugoj pauzi reklosera. Reagovanje autosekcionalizera se podešava da bude u dugoj pauzi iz razloga što je potrebno duže vremena da se kontakti autosekcionalizera otvore. U zavisnosti od slučaja do slučaja vremenske pauze i brojač sekacionalizera se mogu podesiti na proizvoljne vrednosti.

4. ANALIZA POUZDANOSTI ZA JEDAN DISTRIBUTIVNI SREDNJE NAPONSKI VOD

Distributivne mreže se razlikuju po svojoj konfiguraciji, opremljenošću sklopnim i zaštitnim napravama (osigurači, rastavljači, prekidači).

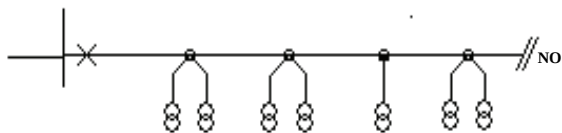
Posmatraće se primer SN DEM-a koji ima istu radialnu konfiguraciju, ali sa različitom opremljenošću sklopnim napravama.

Analiza primera ima za cilj izračunavanje parametara pouzdanosti SAIFI, SAIDI, ENS i AENS, MAIFI koje donosi rastavljač, autosekcionalizer (AS) i za kraj kombinacija rastavljača i autosekcionalizera.

Proračuni su rađeni u programu Matlab. Programi koji su razvijani za ova proračunavanja su pravljani kao univerzalni, tj. da se mogu koristiti za bilo koju mrežu.

4.1. Testiranje programa za proračun pouzdanosti za slučaj postavljanja rastavljača na SN vod

Analiza primjera ima za cilj izračunavanje parametara pouzdanosti SAIFI, SAIDI, ENS i AENS, MAIFI, za slučaj postavljanja rastavljača na dionice voda.

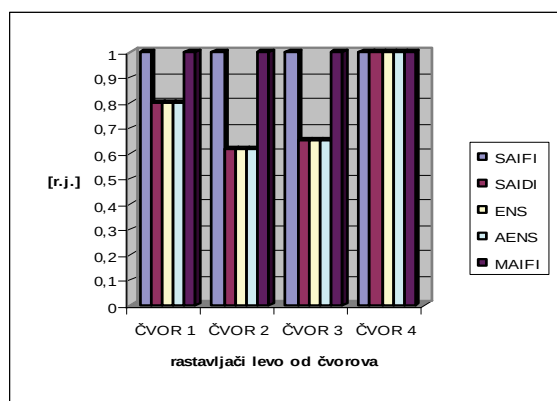


Slika 5. SN-DEM sa NO

Prosečno trajanje opravke $r_{op}=8$ (h). Sve TS SN/NN su opterećene približno istom srednjom snagom $P_{sr}=P_n=450$ (kW), a broj potrošača po jednoj TS SN/NN je $N=200$.

Tabela 1. Proračun indeksa pouzdanosti

	ČVOR 1	ČVOR 2	ČVOR 3	ČVOR 4
SAIFI	0,1451	0,1451	0,1451	0,1451
SAIDI	0,984	0,766	0,787	1,2373
ENS	3099,8	2412,9	2461,2	3894,5
AENS	2,2141	1,723	1,7542	2,7839
MAIFI	0,5806	0,586	0,5806	0,5806



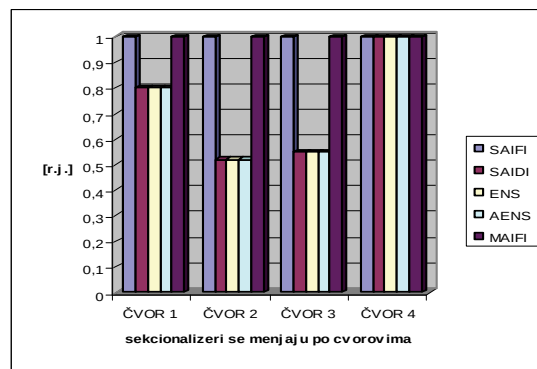
Slika 6. Grafički prikaz parametara pouzdanosti

4.2. Testiranje programa za proračun pouzdanosti za slučaj postavljanja autosekcionnalizera na SN vod

Postavljanje autosekcionnalizera se vrši isto na prikazani vod sa slike 4. Autosekcionnalizeri se takođe postavljaju sa leve strane čvorova.

Tabela 2. Proračun indeksa pouzdanosti

	ČVOR 1	ČVOR 2	ČVOR 3	ČVOR 4
SAIFI	0,1451	0,1451	0,1451	0,1451
SAIDI	0,984	0,766	0,787	1,2373
ENS	3099,8	2412,9	2461,2	3894,5
AENS	2,2141	1,7235	1,7542	2,7839
MAIFI	0,5806	0,5806	0,5806	0,5806



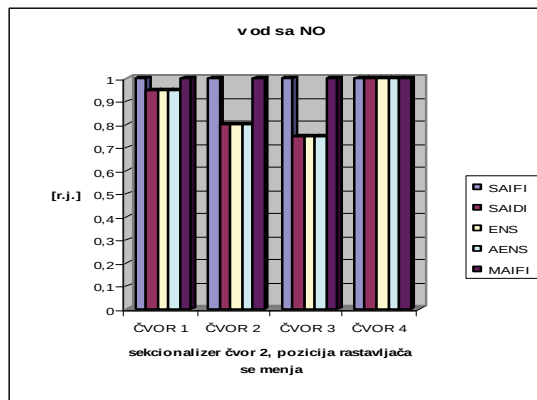
Slika 7. Grafički prikaz parametara pouzdanosti

4.3. Testiranje programa za proračun pouzdanosti za slučaj postavljanja rastavljača i autosekcionnalizera na SN vod

U ovom slučaju smo uzeli da autosekcionnalizer postavljamo u čvor dva sa leve strane, a pozicija rastavljača se menja po čvorovima.

Tabela 3. Proračun indeksa pouzdanosti

	ČVOR 1	ČVOR 2	ČVOR 3	ČVOR 4
SAIFI	0,1451	0,1451	0,1451	0,1451
SAIDI	0,6103	0,5183	0,4914	0,6426
ENS	1922,4	1632,7	1547,9	2024,3
AENS	1,3732	1,1662	1,1056	1,4459
MAIFI	0,5806	0,5806	0,5806	0,5806



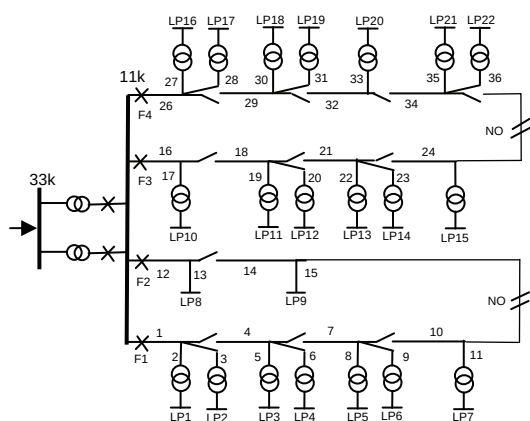
Slika 7. Grafički prikaz parametara pouzdanosti

5. ANALIZA POUZDANOSTI ZA RBTS2 MREŽU

U ovom djelu će se analizirati pokazatelji pouzdanosti za poznati test sistem za analizu pouzdanosti IEEE RBTS2 koja ima četiri SN voda.

Raspored opterećenja i potrošača nije isti u svim čvorovima. Program koji smo koristili za gornji vod takođe se primenjuje i na ovu mrežu, samo sa promenjenim ulaznim podacima. Ima veliki broj kombinacija za koje se može proračunavati pouzdanost sistema. Prvo radimo postavljanje rastavljača, zatim sekcionnalitera i za kraj njihovu kombinaciju.

Mi usvajamo da rastavljače postavljamo kako je navedeno na slici 8:



Slika 8 RBTS2 mreža

Tabela 4. Parametri pouzdanosti za rastavljače

	VOD 1	VOD 2	VOD 3	VOD 4	RBTS2
SAIFI	0,1375	0,086	0,1445	0,1428	0,1565
SAIDI	0,6591	0,508	0,7	0,6869	0,6816
ENS	2454	1088,9	2121	2358,4	8022,2
AENS	3,8164	544,43	3,3561	3,7916	4,2244
MAIFI	0,5498	0,344	0,5782	0,5713	0,51

U slučaju kada na vod postavljamo autosekcionalizer u čvor dva na svim vodovima:

Tabela 5. Parametri pouzdanosti za autosekcionalizer

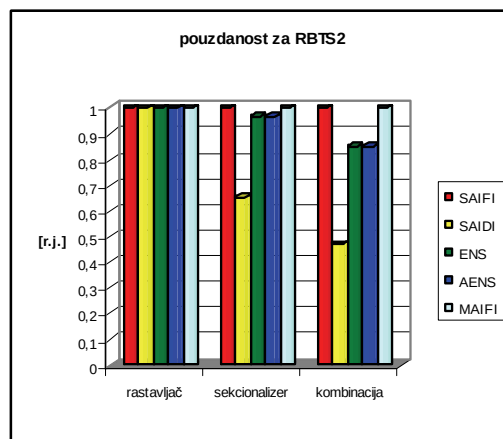
	VOD 1	VOD 2	VOD 3	VOD 4	RBTS2
SAIFI	0,1375	0,086	0,1445	0,1428	0,1565
SAIDI	0,4251	0,7197	0,4485	0,4421	0,4384
ENS	2173,7	1547,9	2043,8	2190,1	7954,5
AENS	3,3806	777,65	3,2339	3,5201	4,189
MAIFI	0,5498	0,344	0,5782	0,5713	0,51

U zadnjem slučaju koristimo kombinaciju, u čvor dva postavljamo autosekcionalizer a u čvor jedan rastavljač i dobijamo parametre pouzdanosti:

Tabela 6. Parametri pouzdanosti za kombinaciju

	VOD 1	VOD 2	VOD 3	VOD 4	RBTS2
SAIFI	0,1375	0,086	0,1445	0,1428	0,1565
SAIDI	0,3172	0,505	0,3294	0,3206	0,3223
ENS	1939,1	1082,4	1856,8	1966	6844,2
AENS	3,0157	541,21	2,9379	3,1608	3,6041
MAIFI	0,5498	0,344	0,5782	0,5713	0,51

Za kraj da bismo pokazali koliko poboljšanje donosi sekacionalizer a za njim i kombinacija uporedićemo vrednosti jednog vodova koje su predstavljene u tabelama pod naslovom RBTS2.



Slika 9. Grafik poređenja pouzdanosti

6. ZAKLJUČAK

Autosekcionalizeri kao elementi u distributivnim mrežama značajno smanjuju pokazatelje pouzdanosti. Kroz niz primera u ovom radu je prikazano i kolika su u stvarnosti ta poboljšanja. Treba reći da oni ne utiču na SAIFI i MAIFI što se i vidi iz proračuna, ali zato se dobija značajno smanjenje parametara SAIDI, ENS i AENS.

Potrebno je napomenuti da cijene ovih uređaja nisu male pa i njihova upotreba treba da bude ekonomski opravdana.

7. LITERATURA

- [1] David G Hart, Carl LaPlace, Damir Novosel, 'Automated solutions for distribution feeder', 2000
- [2] Dragan Popović, Duško Bekut, Valentina Treskavica, 'Specijalizovani DMS algoritmi', DMS, Novi Sad, 2004
- [3] Miroslav D. Nimrihter, 'Beleške sa predavanja iz predmeta Distributivni sistemi', Novi Sad, 2004

Kratka biografija:



Savo Kozić rođen je u Trebinju 1985. godine, zavrčio gimnaziju opšti smer u Ljubinju, Diplomski –master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva odbranio je 2010. godine.

Miloš Matić rođen u Novom Sadu 1985 godine, završio srednju elektotehničku školu u Novom Sadu. Diplomski –master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva odbranio je 2010. godine.

Miroslav Nimrihter diplomirao je, magistrirao i doktorirao na ETF Beograd. Zaposlen je na FTN Novi Sad. Predaje predmete 'Elektrodistributivni sistemi' i 'Tehnika visokog napona', kao i 'Ne-determinističke metode' na doktorskim studijama.

POSTUPAK ZA REALOCIRANJE KOMUNIKACIONIH RESURSA KOD BEŽIČNIH SENZORSKIH MREŽA**PROCEDURE FOR REALLOCATION OF COMMUNICATION RESOURCES IN WIRELESS SENSOR NETWORKS**Miroslav Nedeljković, Vojin Šenk, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U ovom radu data je karakteristika, princip rada i arhitektura bežičnih senzorskih mreža. Posebna pažnja posvećena je MAC sloju protokol steka. Predstavljen je postupak realociranja resursa u WSN namenjenoj praćenju akcidentnih situacija.

Abstract – This paper presents characteristics, principle of operation and architecture of wireless sensor networks. Additional attention is devoted to the MAC layer of protocol stack. Further more, is presented procedure of reallocation resources in WSN intended for monitoring accidental situations.

Ključne reči: WSN, MAC, prenos alarma, prozivanje stanica, master, slave, Sink/BS, SN

1. UVOD

Cilj rada jeste upoznavanje osnovnog koncepta i arhitekture bežičnih senzorskih mreža, te detaljniji uvid u probleme pristupa mediju tj. MAC nivou. Glavni zadatak rada je da izloži koncept virtuelnog organizovanja u grupe Sink/BS čvorova bežične senzorske mreže (imaju ulogu slave nodova) od strane glavne bazne stanice (uloga mastera). Radi ostvarivanja pomenutog grupisanja, zadatak rada je da utvrdi format poruke kojim bi bila obezbeđena funkcionalnost MAC nivoa senzorske mreže namenjene detekciji požara, hemijskih i bioloških akcidenata, kao i mnogih drugih koji su po prirodi nastanka alarmnih događaja slični sa ovim.

Glavna motivacija proističe iz same prirode događaja koji se prate, a to je potreba za prenosom velike količine podataka u alarmnim situacijama sa jedne strane, i prenosa znatno manje količine podataka u toku najvećeg dela vremena rada mreže.

Virtuelnim grupisanjem omogućiće se prilagodljivo prozivanje perifernih Sink/BS čvorova radi dobavljanja podataka ka centralnom dispečerskom centru u dva pomenuta režima rada mreže.

2. BEŽIČNE SENZORSKE MREŽE

Bežične senzorske mreže prepoznate su kao jedno od najvažnijih područja tehnologija 21 veka. Kao i u mnogim

drugim tehnologijama, vojna industrija je bila glavni pokretač istraživanja na polju mrežnih senzorskih uređaja, prepoznajući u njima ključne komponente u mrežno-baziranim vojnim rešenjima. Razvoj WSN potpomognut je razvojem senzora, komunikacija i kompjuterskih novina (hardvera, softvera i algoritama). Osnovna namena WSN jeste prikupljanje i dostavljanje podataka i informacija o okruženju mreže, u skladu sa potrebama korisnika mreže. Nasuprot tome, osnovna namena standardne bežične telekomunikacione mreže jeste prenos informacija i podataka, ostvarivanjem peer-to-peer komunikacije između čvorova mreže.

Prikupljanje podataka o fizičkim fenomenima (temperatura, pritisak, vlažnost...) i/ili događajima (detekcija objekata, pokreta...) u WSN, obavlja se korišćenjem odgovarajućih tipova pasivnih i aktivnih senzora. Više njih su deo multifunkcionalnih platformi (Sensor nodes, SN), koje predstavljaju hardversko-sofverski sklop namenjen ne samo prikupljanju već i skladištenju, obradi podataka i komunikaciji [1].

Postavljanjem velikog broja SN, na rastojanjima do 10m, u samoj blizini ili unutar oblasti koja se posmatra, formira se senzorsko polje. Prikupljene informacije o okruženju se putem SN prenose do najčešće većeg broja pristupnih uređaja (Sink/BS).

Ovi uređaji predstavljaju gateway ka krajnjim korisnicima mreže i omogućavaju korisnicima zadavanje upita i prenos upravljačkih podataka do SN. Upiti predstavljaju jedan od načina prikupljanja podataka iz senzorskog polja kada SN koji poseduju tražene podatke prosleđuju ove do Sink/BS. Drugi način komunikacije obavlja se tako što SN nodovi pojedinačno ili grupno detektuju pojavu predefinisane događaja i informacije o tome prosleđuju ka Sink/BS [1].

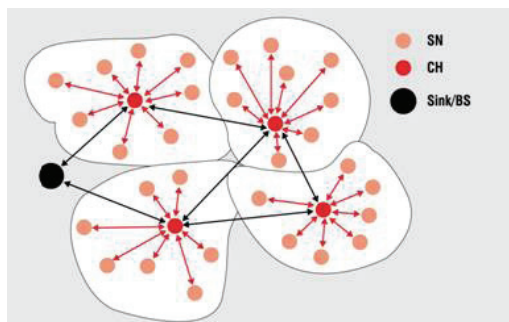
Komunikaciona struktura u okviru senzorskog polja je najčešće flat tipa u kojoj uloga SN nije samo u dostavljanju sopstvenih informacija ka Sink/BS već imaju i ulogu rutera.

Na taj način WSN predstavljaju ad-hoc i/ili mesh mrežu sa brojnim specifičnostima koje ih odvajaju od ovih mrežnih koncepcija. Te razlike proističu iz mnogobrojnih hardversko-sofverskih ograničenja kojima se odlikuju SN nodovi.

Upravo ova ograničenja često nameću hijerarhijsku arhitekturu u okviru koje je izvršena klasterizacija SN radi uštede energije i smanjenja količine saobraćaja (slika 1). Tada se agregacija podataka obavlja u okviru koordinatora klastera (CH) a zatim se međusobnom komunikacijom između ovih nodova podaci dostavljaju do Sink/BS [2].

NAPOMENA:

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



Slika 1. Klasterizacijska arhitektura senzorskog polja

WSN se najčešće odlikuju prenosom male količine podataka s obzirom na duže vreme prenosa. U situaciji kada se detektuje događaj od interesa postoji potreba za velikim propusnim opsegom. To je fenomen poznat iz sistema za rad u realnom vremenu kao što su event showers ili alarm storms.

Upravo ovi različiti zahtevi za komunikacionim resursima otežavaju realizaciju mrežnih protokola, pre svega protokola rutiranja i kontrole pristupa mediju. Iz velikog skupa fenomena koji se mogu pratiti WSN nastale su brojne aplikacije, pa nije moguće govoriti o postojanju jedinstvenog rešenja mrežnih protokola koje će odgovarati svim aplikativnim zahtevima.

3. KONTROLA PRISTUPA KANALU U WSN

SN nodovi bežičnih senzorskih mreža odlikuju se skromnim energetskim resursima, imajući u vidu da se najčešće baterijski napajaju. Zato se kontroli pristupa mediju mora posvetiti velika pažnja jer MAC nivo direktno kontroliše radio aktivnost SN koja je najveći potrošač energije. Glavni zahtevi koji se stavljaju pred MAC bežičnih senzorskih mreža su minimizacija kolizije, skalabilnost i adaptivnost, iskorišćenje kanala, kašnjenje, propusna moć ali i pravičnost pristupa medijumu za prenos [1]. Minimizacija kolizije je veliki problem protokola koji odustaju od determinističkog pristupa kanalu a to je slučaj kod većine protokola WSN. Skalabilnost i adaptivnost su zahtevi koji se odnose na prilagodljivost protokola na promenu mrežne arhitekture do koje najčešće dolazi usled otkaza čvorova bilo zbog energetskih nedostataka ili usled interakcije sa okruženjem. Iskorišćenje kanala je u slučaju WSN sekundarni cilj koji je značajniji za ćelijske bežične sisteme.

Zahtevi za propusnu moć i dozvoljeno kašnjenje u direktnoj su vezi sa namenom WSN, tj. aplikativnim zahtevima. U aplikacijama kao što su nadzor ili nadgledanje, čvorovi su oprezni duži vremenski interval ali u velikoj meri neaktivni. U tom vremenu rada mreže dozvoljava se nešto veće kašnjenje i mali su zahtevi za propusnu moć. Kada se incidentna situacija detektuje javlja se potreba za minimalnim kašnjenjem i velikoj propusnoj moći.

Pravičnost pristupa medijumu se razlikuje od tradicionalnih voice, odnosno data mreža gde korisnici žele, uvek, da imaju ista prava pristupa kanalu koga dele. U WSN svi čvorovi sarađuju u jednom zajedničkom zadatku. U svakom određenom trenutku jedan čvor može imati drastično više podataka za slanje od nekih drugih.

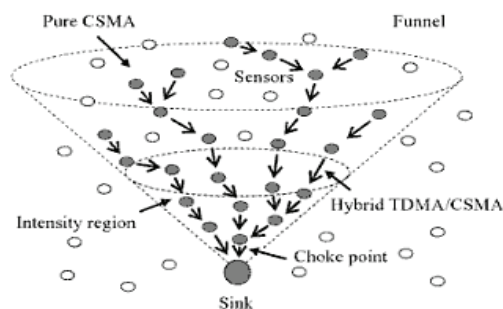
Zato se pravičnost u WSN ogleda na celinu u opšte a ne na svaki čvor ponaosob.

Problemi na koje nailazi MAC nivo protokol steka WSN pri ispunjavanju pomenutih zahteva su: skriveni nodovi, protokol overhead, idle listening, overhearing [3].

Skriveni nodovi otežavaju problem minimizacije kolizija. Protokol overhead predstavlja utrošak energije na preveliko kontrolno zaglavlje MAC nivoa, a idle listening na nepotrebno osluškivanje kanala. Energija se takođe troši u slučaju procesiranja poruka koje nisu namenjene datom čvoru (pre svega zaglavlja-overhearing).

Skromni resursi SN i različiti aplikativni zahtevi doveli su do nastanka niza MAC protokola specificiranih za WSN. Protokoli poput B-MAC, S-MAC, T-MAC, PEDAMACS, DMAC, LMAC neki su od najčešće zastupljenih. Dalji razvoj MAC protokola usmeren je na razvoj hibridnih protokola koji koriste dobre osobine pomenutih u cilju što boljeg odgovora na aplikativne zahteve.

Pored razvoja hibridnih protokola, poput ZebraMAC i Crankshaft, u WSN se često koristi kombinacija više različitih načina kontrole pristupa deljenom kanalu u zavisnosti od položaja SN nodova. To je iz razloga što se WSN mreže odlikuju postojanjem funneling efekta datog na slici 2.



Slika 2. Efekat levka u WSN

4. GRUPISANJE SINK/BS NODOVA WSN MREŽE PRILIKOM PROZIVKE U CILJU POSTIZANJA VEĆE PROPUSNE MOĆI KANALA

U ovom delu rada izložen je postupak realociranja komunikacionih resursa u WSN mreži namenjenoj praćenju akcidentnih situacija. Posmatrani sistem čini skup Sink/BS nodova sa ulogom slave uređaja i centralna bazna stanica sa ulogom mastera. Topologija je zvezdasta i posmatra se komunikacija u okviru koje master proziva slave uređaje u cilju provere dostupnosti i prenos alarmnih poruka od strane Sink/BS nodova ka masteru. U toku najvećeg dela rada sistema komunikaciju čine poruke upita od strane mastera i odgovora na njih sa druge strane. Ova komunikacija odvija se pod punom kontrolom mastera. U situaciji kada se javi potreba za prenosom alarmnih poruka postoji potreba za realociranjem komunikacionih resursa datom Sink/BS u cilju pravovremenog prenosa do centralnog sistema za nadzor kako bi se pokrenule odgovarajuće službe za otklanjanje incidentnog događaja.

4.1. Opis polaznog algoritma prenosa alarmnih poruka

Polazni algoritam predstavlja situaciju u kojoj master proziva sve slave uređaje u okviru jednog ciklusa prozi-

vanja. Izbor Sink/BS koji će biti prozvan nije deterministički određen. Master proveru dostupnosti obavlja slanjem odgovarajućih request poruka i u slučaju da neki od Sink/BS ne odgovori na poruku prozivke master u okviru dodatnog vremena vrši ponovnu prozivku ovog čvora. Ciklus prozivke čini pored vremena potrebnog za prozivanje svih Sink/BS i deo vremena u kojem master proziva sve Sink/BS koji prilikom prve prozivke nisu odgovorili masteru. Verovatnoća slanja poruke prozivke od strane mastera je p_m , a slave uređaji automatski odgovaraju na ovu poruku. U slučaju pojave alarma ponašanje slave uređaja opisano je sledećim algoritmom:

1. Nakon generisanja prve alarmne poruke slave pristupa zauzimanju kanala sa verovatnoćom $p_s = 1$;
2. Nakon slanja alarmne poruke slave čeka odgovor na poslatu poruku;
3. Ako potvrda nije stigla, usled toga što se poruka alarma izgubila zbog kolizije sa saobraćajem prozivke ili usled smetnji u kanalu, pristupa se ponovnom slanju. Pri tome verovatnoća slanja poruke je duplo manja.
4. Postupak pod 3. se ponavlja sve dok se alarm uspešno ne prenese, pri čemu nakon tri ponovljena koraka verovatnoća slanja alarmne poruke postaje konstantna ($p_s = 1/2^3$)

Postupak se ponavlja za svaku novu alarmnu poruku. Razlog što verovatnoća slanja alarmne poruke ne može zadržati vrednost 1 je taj što bi pojava alarma na nekom drugom Sink/BS čvoru prouzrokovala stalne kolizije. Opisani način predstavlja CSMA način pristupa kanalu od strane slave uređaja a po pitanju prenosa alarmnih poruka.

4.2. Grupisanje Sink/BS u cilju davanja grupe dozvole/zabrane prenosa alarma

Prethodno opisani način razmene podataka pokazuje loše karakteristike u slučaju kada se javi potreba za prenosom veće količine alarmnih poruka od strane jednog ili više Sink/BS nodova. To se najčešće i dešava jer veliki broj senzora u okviru senzorskog polja u kratkom vremenskom razmaku detektuje akcidentni događaj. To dovodi do akumuliranja znatne količine podataka u Sink/BS koju je, zbog pravovremene reakcije od strane centralnog sistema za nadzor, potrebno što hitnije preneti.

Ideja je da se slave uređajima koji su zahvaćeni alarmnom situacijom dodeli poseban vremenski interval u okviru kog im je omogućen neometan prenos alarmnih poruka. U slučaju da postoji više Sink/BS nodova zahvaćenih akcidentnom pojavom za svakog od njih se alokira odgovarajući vremenski interval.

Svaki od njih sada predstavlja posebnu grupu, dok svi ostali Sink/BS čine jednu grupu. Gledano sa stanovišta prava prenosa alarma čitav ciklus razmene podataka svodi se na vremenski multipleks. Njega šine vremenski intervali u okviru kojih je jednom, dva ili više Sink/BS dopušteno da prenese svoje alarmne poruke.

Uloga mastera, pored pojedinačne dodele vremenskih intervala je i u praćenju količine saobraćaja koja se razmenjuje u okviru izdvojenih intervala.

U slučaju da količina saobraćaja opadne ispod određene granice, master vrši pregrupisanje Sink/BS nodova objedinjavajući iste u grupu kojoj zatim izdvaja jedan

vremenski interval. Evidencija o grupama vodi se isključivo na strani mastera ažuriranjem tabele koja pored rasporeda članova po grupama sadrži i podatke vezane za količinu podataka po izdvojenim intervalima.

Razmena podataka pored pomenutih poruka prozivke i alarma sadrži i slanje upravljačkih okvira od strane mastera. Upravljački okvir pored uobičajenih polja preambule, izvorišne i odredišne adrese, CRC polja, sadrži polja: komanda, vremenska oznaka, lista članova grupe.

Upravljački okvir šalje isključivo master brodkastom i unapred je predefiniisano ponašanje slave uređaja nakon njegovog primanja. Komandom se označava pravo prenosa (dozvola/zabrana) alarma. Kako bi se smanjio protokol overhead, u zavisnosti od broja članova u grupi, datih u listi članova, vrši se izbor prava prenosa alarma. Odlučuje se da li se pravo prenosa alarma nekoj grupi daje izričitom dozvolom za nju ili pak posredno, zabranom za ostale grupe.

Primajući ovaj okvir strogo je definisano ponašanje slave uređaja po pitanju prenosa alarmnih poruka u vremenskom intervalu koji sledi, a trajanja je datog u vremenskoj oznaci.

Prenos prve alarmne poruke odvija se prema prethodno opisanom algoritmu. Međutim poruka kojom master odgovara Sink/BS na preneti alarm ujedno utištava isti za dalji prenos poruka alarma. Po isteku vremenskog intervala koji je određen poslednjim poslatim upravljačkim okvirom, master šalje upravljački okvir kojim izdvaja poseban vremenski interval za dati Sink/BS.

Po isteku svakog vremenskog intervala slave uređaji su primorani da se utištaju sa stanovišta prenosa alarma sve dok im to pravo master putem upravljačkih okvira ne dodeli. Ovo može da predstavlja problem u kanalu sa velikim smetnjama pa se predlaže da se upravljački okviri dovoljno često šalju kako se ne bi desilo da Sink/BS ostane blokiran u situaciji kada ima potrebu za prenosom alarmnih poruka.

To sa druge strane u toku rada sistema kada nema alarmnih poruka dovodi do većeg produženja vremena potrebnog za prozivku svih Sink/BS.

4.3. Simulacija polaznog i modifikovanog algoritma prenosa alarmnih poruka

Programskim kodom u jeziku C++ izvršena je simulacija dva prethodno opisana načina razmene podataka.

Kanal je modelovan vremenskim slotovima sa gausovim šumom. U toku simulacije pretpostavljeno je da se okviri u kanalu gube samo usled kolizija pa se koristio idealan kanal. Izvršene su sledeće simulacije u 10 iteracija:

1. Simulacija prozivke N stanica u slučaju kada master proziva sa verovatnoćom p_m a stanice nemaju alarma za prenos
2. Simulacija u slučaju kada jedan Sink/BS ima potrebu za prenosom N_a alarmnih poruka
3. Simulacija produženja ciklusa prozivke usled prenosa alarma od strane jednog Sink/BS

U nastavku su priloženi neki od dobijenih rezultata.

Poređenjem rezultata datih tabelama 1. i 2. zaključuje se da je za prenos N_a alarmnih poruka potreban znatno manji broj slotova kada se koriste upravljački okviri.

Tabela 1. Prosečan broj slotova potrebnih za prenos N_a alarmnih poruka bez upotrebe upravljačkih okvira

Вероятноћа слања Sink/BS	Број алармних порука (N_a) $p_m = 0.75$		
	10	50	100
0.25	323.3	1671.2	3564.5
0.5	180.6	867.2	1849.9

Tabela 2. Prosečan broj slotova potrebnih za prenos N_a alarmnih poruka sa upravljačkim okvirima

Вероятноћа слања Sink/BS	Број алармних порука (N_a) $p_m = 0.75$		
	10	50	100
0.25	116.1	510	978.2
0.5	106.9	489.9	962.6

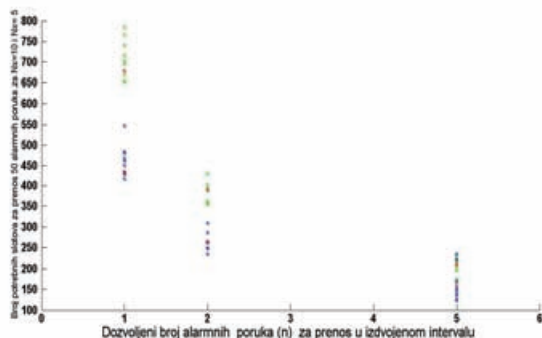
Tabela 3. Prosečan broj slotova potrebnih za 1 i 2 ciklusa prozivanja 50 stanica u prvom slučaju

Вероятноћа слања Sink/BS	Број остварених прозивања			
	50		100	
0.25	203.1	6.5	396.1	11.6
0.5	380.8	18.8	810.3	44.6

Tabela 4. Prosečan broj slotova potrebnih za 1 i 2 ciklusa prozivanja 50 stanica u drugom slučaju

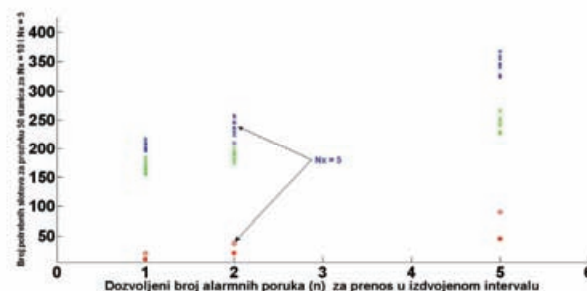
Вероятноћа слања Sink/BS	Број остварених прозивања			
	50		100	
0.25	204.5	20.1	402.4	40
0.5	205.8	20.5	405.1	41.5

Poređenjem rezultata datih tabelama 3. i 4. zaključuje se da je u prvom slučaju vreme ciklusa prozivke produženo za veći broj slotova usled prenosa alarmnih poruka. Takođe broj prenetih alarma u tom intervalu znatno je manji nego u drugom slučaju. Ostvarena dobit zavisi pre svega od dužine periode N_x za slanje upravljačkog okvira i broja dozvoljenih poruka n po izdvojenom ciklusu za prenos alarmnih poruka. Slika 3. pokazuje da se broj potrebnih slotova za prenos svih N_a alarmnih poruka smanjuje pri porastu broja n i smanjenju N_x .



Slika 3. Zavisnost broja potrebnih slotova za prenos alarma od parametara N_x i n

Obrnuti slučaj je sa vremenom potrebnog za prozivku svih Sink/BS: sa porastom n i smanjenjem N_x raste broj potrebnih slotova. To pokazuje i slika 4.



Slika 4. Zavisnost broja potrebnih slotova za ciklus prozivanja od parametara N_x i n

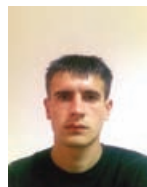
5. ZAKLJUČAK

Predloženi model realociranja komunikacionih resursa u slučaju prenosa alarma od Sink/BS do centralnog sistema za nadzor pokazuje bolje performanse od polaznog algoritma. Veća dobit može se ostvariti kompromisom između N_x i n .

6. LITERATURA

- [1] Bežične senzorske mreže: Osnovna arhitektura, karakteristike i primene, Goran B. Marković, Miroslav L. Dukić
- [2] Ossama Younis et al., "Node Clustering in Wireless Sensor Networks: Recent Developments and Deployment Challenges", IEEE Networks, No.3, May/June 2006
- [3] Medium access control in wireless sensor networks, Koen Langendoen available: www.st.ewi.tudelft.nl/~koen/papers/mac4wsn.pdf

Kratka biografija:



Miroslav Nedeljković rođen je u Ljuboviji 1985. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva na katedri za Telekomunikacije odbranio je 2010. god.



Vojin Šenk rođen je u Beogradu 1958. god. Doktorirao je na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu 1992., a od 2003 je zvanju redovni profesor. Oblast interesovanja su tehnike kodovanja i kriptovanja podataka.

**ANALIZA PERFORMANSI IEEE 802.11p STANDARDA ZA INTELIGENTNE
TRANSPORTNE SISTEME****PERFORMANCE ANALYSIS OF IEEE 802.11p STANDARD FOR INTELLIGENT
TRANSPORTATION SYSTEMS**Saša Toškov, Željens Trpovski, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – Uslovi u kojima se kreću vozila nameću čitav niz novih zahteva bežičnim komunikacionim sistemima. Bezbednosne komunikacije među vozilima ne mogu da tolerišu velika kašnjenja pri uspostavljanju veze pre nego što dođu u situaciju da mogu da komuniciraju sa drugim vozilima na putevima. Pored toga, vozila koja se brzo kreću i kompleksni uslovi na putevima zahtevaju promene na fizičkom i MAC sloju standardnog protokola IEEE 802.11.

Ovaj rad prezentuje pregled nacrtu predloženog za IEEE 802.11p kao i analizu rezultata izvedenih simulacija u mobilnim sredinama.

Abstract – Vehicular environments impose a set of new requirements on today's wireless communication systems. Vehicular safety communications applications can not tolerate long connection establishment delays before being enabled to communicate with other vehicles encountered on the road. Additionally, the rapidly moving vehicles and complex roadway environment demand changes at physical and MAC layer of standard IEEE 802.11 protocol.

This paper provides an overview of the latest draft proposed for IEEE 802.11p as well as the analysis of simulation results in vehicular environment.

Ključne reči: IEEE 802.11p, DSRC, WAVE

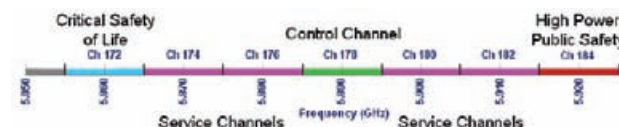
1. UVOD

IEEE 802.11p WAVE standard nastaje kao posledica alociranja Dedicated Short Range Communications (DSRC) spektra u Sjedinjenim Američkim Državama i napora da se definiše tehnologija za upotrebu u DSRC spektru. Ova glava prvo daje kratak opis DSRC spektra. Zatim sledi opis standardizacije WAVE tehnologije.

1.1. Alociranje DSRC spektra

1999 godine, Federalna Komisija za Standarde Sjedinjenih Američkih država alocirala je spektar širine 75MHz za DSRC (Dedicated Short Range Communication) na 5.9GHz, koji će se koristiti isključivo za V2V (vozilo-vozilo) komunikaciju i V2I (vozilo-infrastruktura) komunikaciju. Osnovni cilj je obezbeđivanje javnih bezbedonosnih aplikacija koje mogu spasiti živote i unaprediti tok saobraćaja. Kako je prikazano na slici 1 DSRC spektar je podeljen na sedam kanala širine 10MHz. Kanal 178 je kontrolni kanal (CCH), koji se koristi

isključivo za bezbednosne komunikacije. Dva kanala na krajevima spektra su rezervisana za specijalne potrebe. Ostali kanali su servisni kanali (SCH) koji se koriste i za bezbednosne i za nebezbednosne komunikacije.



Slika 1. DSRC spektar i kanali u SAD

U Evropi se, na primer, koristi spektar širine 30MHz na frekvenciji od 5.9GHz.

1.2. WAVE standardizacija

Funkcionisanje IEEE 802.11 uređaja na vozilima u uslovima na putevima zahteva modifikacije u poređenju sa osnovnim, nepokretnim IEEE 802.11 uređajima. Kao rezultat, nastala je specijalna forma IEEE 802.11 poznata kao bežični pristup u mobilnom okruženju (Wireless Access in Vehicular Environments – WAVE) ili pod drugim nazivom IEEE 802.11p. Promene u 802.11 su neophodne da bi se podržao veći domet komunikacije (do 1000m), veća brzina kretanja vozila, ekstremno multipath okruženje (okruženje sa čestim promenama putanja kretanja signala), potreba za višestrukim preklapanjem ad hoc mreža, da bi se pružio visoki nivo usluga.

U 802.11 protokolu potrebno je izmeniti sledeće da bi se ostvario WAVE mod:

- Izmeniti procedure pristupa medijumu (MAC procedure).
- Izvršiti izmene na PHY sloju

2. DETALJI MAC POBOLJŠANJA

IEEE 802.11 MAC sloj ima ulogu da uspostavi grupu koja komunicira bežičnim putem i očuva tu kooperativnu grupu. Članovi grupe mogu slobodno da komuniciraju među sobom unutar grupe ali su onemogućene sve transmisije van te grupe. Takva grupa se zove Bazični Servisni Set (Basic Service Set - BSS) i postoje mnogi mehanizmi koji omogućavaju sigurnost i robusnost komunikacija unutar BSS grupe. Ključna uloga IEEE 802.11p MAC poboljšanja jeste da omogući veoma efikasno uspostavljanje komunikacione grupe bez previše zakrčenja tipičnih za IEEE 802.11 MAC sloj.

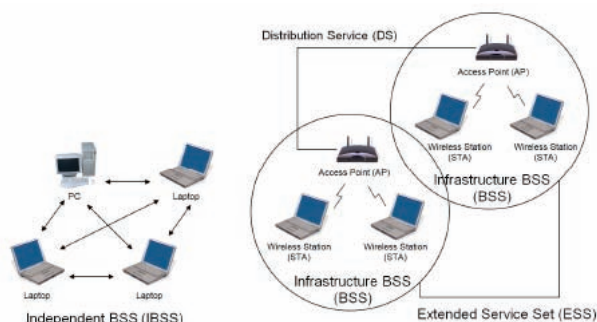
2.1. Pregled operacija u IEEE 802.11

Infrastrukturni Bazični Servisni Set (BSS) predstavlja grupu IEEE 802.11 stanica kontrolisanih od strane pristupne tačke (Access Point). BSS kontroliše pristup resursima i servisima AP-a, a takođe dozvoljava uređajima da filtriraju spoljašnje komunikacije ostalih

NAPOMENA:

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

uređaja koji ne pripadaju grupi. Radio prvo osluškuje *beacon* poruku od AP-a i tada pristupa BSS-u, kroz mnoštvo interaktivnih koraka uključujući autentikaciju i asocijaciju. Ad-Hoc mod definisan za IEEE 802.11 ima takođe sličan proces uspostavljanja Infrastrukturnog Bazičnog Servisnog Seta i njegov set se naziva Nezavisni BSS ili (Independent BSS – IBSS). Ime jeste Ad-Hoc ali IBSS još uvek nosi sa sobom suvišnu kompleksnost i previše zasićenja da bi se koristio za komunikaciju među vozilima. BSS i IBSS su prikazani na narednoj slici 2. BSSID se odnosi na Basic Service Set Identification. BSSID predstavlja ime BSS-a koje je poznato radiju na MAC sloju i to je polje od 48 bita baš kao i MAC adresa. Svaka BSS mora imati jedinstven BSSID podeljen svim korisnicima unutar BSS-a.



Slika 2. BSS i IBSS

2.2. Poboljšanja u IEEE 802.11p (WAVE pristup)

2.2.1. WAVE mod

Bezbedonosne komunikacije među vozilima se koriste u slučaju trenutnih zahteva u nekim kritičnim situacijama i ne mogu sebi priuštiti skeniranje kanala zbog *beacon* poruke od strane BSS-a, a zatim i višestruko razmenjivanje podataka (višestruki handshake) da bi se uspostavila konekcija. Ključno poboljšanje predstavljeno u IEEE 802.11p WAVE je termin “WAVE mod”. Stanice koje se nalaze u WAVE modu mogu da šalju i primaju ramove podataka sa “wildcard” (sve jedinice) vrednošću BSSID-a i bez potrebe da prethodno pripadaju bilo kom BSS-u. To znači da dvoje vozila mogu momentalno da komuniciraju nakon sudara bez bilo kojih dodatnih zasićenja dokle god rade u istom kanalu koristeći “wildcard” BSSID.

2.2.2. WAVE BSS

WAVE standard, zato predstavlja novi tip BSS-a: WBSS (WAVE BSS). Stanica formira WBSS tako što prvo transmituje “on demand beacon”. Takav beacon sadrži sve potrebne informacije za stanicu koja ga prima, dakle sve servise ponuđene u WBSS da bi stanica mogla da odluči da li da pristupi WBSS, i ako pristupi, kako da konfiguriše samu sebe i time postane član WBSS-a. Drugim rečima, stanica može da odluči da pristupi i završi kompletan proces pristupanja WBSS-u, posle samo jednog WAVE oglašavanja putem on demand beacon-a, bez daljih interakcija i koraka.

2.2.3. Pregled MAC poboljšanja

- Stanice u WAVE modu mogu da šalju i primaju ramove podataka sa BSSID wildcard-om nezavisno od toga da li stanica pripada WAVE BSS-u ili ne.
- WAVE BSS je tip BSS-a, koja se sastoji od seta stanica u WAVE modu, koje međusobno komuniciraju koristeći zajednički BSSID. WBSS se inicijalizuje kada radio u WAVE modu šalje WAVE beacon, koji sadrži

sve neophodne podatke za prijemnik da bi odlučio da pristupi WBSS-u.

- Radio se pridružuje WBSS-u onog momenta, kada je konfigurisan da šalje i prima ramove podataka sa BSSID definisanim za taj WBSS. Suprotno, on prestaje da pripada WBSS-u, kada njegov MAC sloj prestane da šalje i prima ramove sa BSSID koji pripadaju baš tom WBSS-u.
- Stanice neće pripadati više nego jednom WBSS-u u jednom momentu. Stanice u WAVE modu neće pristupiti BSS-u ili IBSS-u i neće koristiti aktivno ili pasivno skeniranje kanala, i kao poslednje, neće koristiti MAC autentikaciju i asocijaciju.
- WBSS prestaje da postoji kada više nema članova.

3. DETALJI PHY POBOLJŠANJA

Na PHY (fizičkom) nivou, filozofija IEEE 802.11p dizajna jeste da napravi minimalne neophodne promene na IEEE 802.11 PHY, tako da WAVE uređaji mogu efektivno da komuniciraju kod vozila koja se brzo kreću. Ovaj pristup je moguć, zato što IEEE 802.11a radija već rade na 5GHz i nije teško konfigurisati ih da rade na 5.9GHz u SAD i sličnim internacionalnim frekvencijama. IEEE 802.11p je suštinski baziran na OFDM modulaciji definisanoj u IEEE 802.11a, sa širinom kanala od 10MHz, umesto širine od 20MHz koji koriste 802.11a uređaji. Ključni razlog za skaliranjem širine kanala u 802.11p, je da bi se sprečila intersimbolska interferencija unutar dometa radija koji transmituje u pokretnom okruženju. IEEE 802.11p, unosi neka poboljšanja performansi prijemnika u slučaju emitovanja na susednim kanalima. Postoje dve kategorije zahteva predloženih u standardu. Kategorija 1 je obavezna i generalno prihvatljiva da bi bila ostvarljiva, za današnje proizvođače čipova. Kategorija 2 je mnogo strožija i opcionalna. Tačnije, definišu se nove spektralne maske, daleko strožije od onih u IEEE 802.11, da bi se dosegli ovi ciljevi.

4. SIMULACIJE I ANALIZA REZULTATA

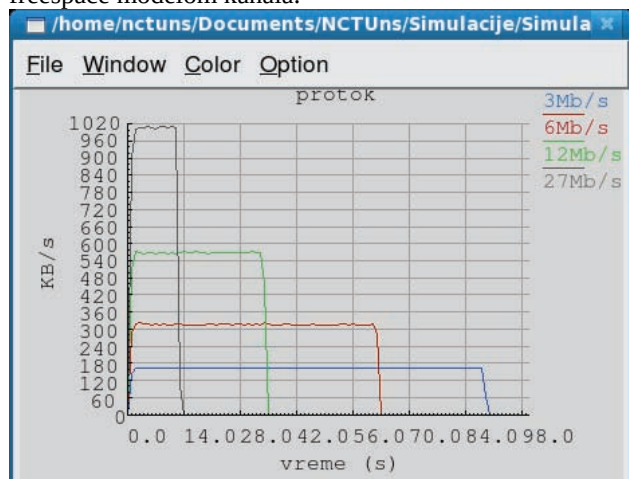
Simulacije su izvedene korišćenjem NCTU mrežnog simulatora. NCTU je novi mrežni simulator i emulator koji sadrži mnoge jedinstvene osobine u odnosu na tradicionalne mrežne simulatore i emulatore. U ovoj glavi opisuju se dva scenarija i analiziraju se dobijeni rezultati.

4.1. Simulacija 1

Ova simulacija se odnosi na uticaj izbora modela kanala na protok i kapacitet IEEE 802.11p single hop komunikacije. Scenario ove simulacije je osnovna single hop komunikacija između dva čvora. Prijemnik polazi od predajnika pri konstantnoj brzini od 10m/s. Ova simulacija obuhvata široki spektar kanala, različitih brzina prenosa podataka, kao i parametara kanala i njihovih vrednosti

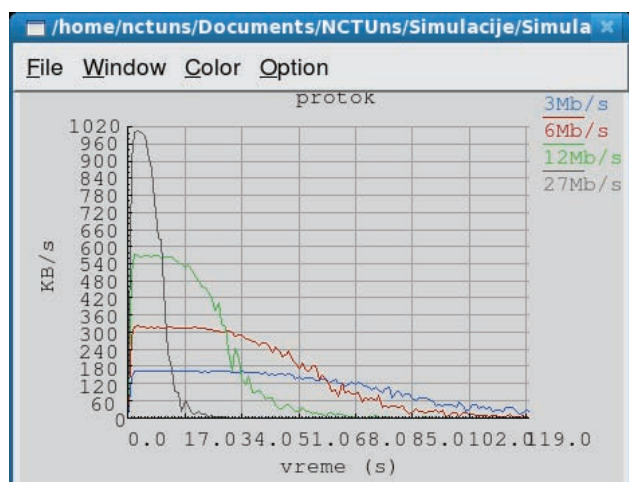
Freespace Slika 3 prikazuje rezultate simulacije u freespace kanalu. Prikazan je protok u funkciji vremena pri različitim brzinama prenosa podataka. Napominjem, da su rezultati dati u KB/s, dok su brzine prenosa podataka 3, 6, 12 i 27 Mb/s, tj. 384, 768, 1536 i 3456 KB/s, respektivno. Za freespace model kanala, koji koristi prag pri detekciji podataka, a ne PER (Packet Error Rate) kalkulaciju, protok ima oštru ivicu kod maksimalnog dometa (videti distance oko 140m, 350m, 630m, 900m).

Zato prag detekcije, ne bi trebalo da se koristi zajedno sa freespace modelom kanala.



Slika 3. Protok u freespace modelu kanala pri 10m/s

Shadowing Rezultati simulacije u *shadowing* modelu kanala (slike 4 i 5) prikazuju velike varijacije u karakteristici protoka. Grafik svakog od 4 PHY moda pokazuje manji domet (u poređenju sa istom vrednošću protoka kod *freespace* modela) i poravnat je. U poređenju sa freespace rezultatima dva najviša PHY moda od 12 i 27Mb/s imaju veći domet (iako je protok višestruko manji). To je zato što eksponent slabljenja β daje dobre rezultate na malim distancama, a drastično smanjuje rezultate na većim distancama. Treba zapaziti da variranje path loss eksponenta β ima snažan uticaj na komunikacioni domet svakog PHY moda. Kao razumna vrednost, odabrana je $\beta=2$. Osim toga, grafik *shadowing* kanala prikazuje mnogo veću promenljivost protoka u poređenju sa freespace modelom. To je zbog povećanog gubitka podataka u *shadowing path loss* modelu.

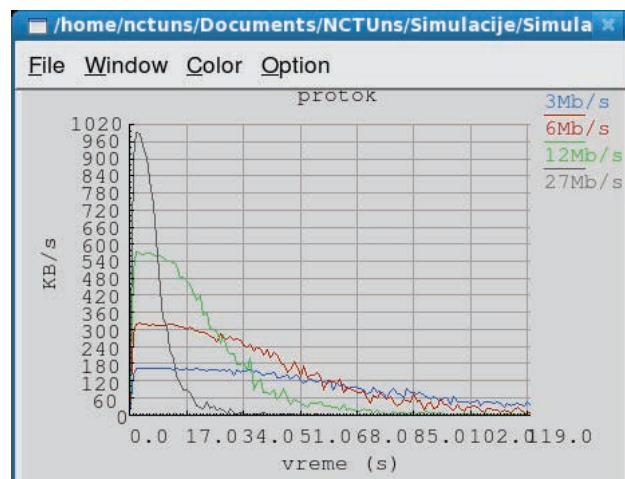


Slika 4: Protok u shadowing modelu kanala, $\sigma_{dB}=4dB$

Simulacija takođe prikazuje da postoji uticaj standardne devijacije σ_{dB} na domet ali ne i značajan uticaj na promenljivost protoka.

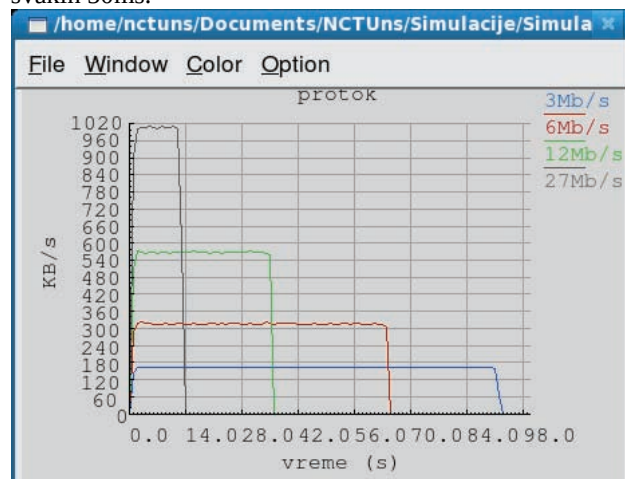
Ricean Rajsov fading je korišćen zajedno sa freespace path loss modelom (slike 6 i 7). Rezultati prikazuju veoma malu razliku u freespace bez fedinga i Rajsovog kanala (tj. freespace kanala sa Rajsovim fedingom). Rajsova feding anvelopa moduliše long-scale predikciju dvosmernog *Two-Ray Ground* propagacionog

modela, koji je u stvari jednak freespace modelu na distancama ispod cross-over, d_c , koja je iznad komunikacionog dometa najnižeg PHY moda, čiji je domet inače najveći. Poredeći sliku Ricean-ovog kanala sa $K=12dB$ i freespace kanala vidi se veoma sličan komunikacioni domet. Takođe treba zapaziti da smanjenje vrednosti faktora K rezultuje lošijim Ricean-ovim kanalom, ato se jasno vidi na slici 7.



Slika 5. Protok u shadowing modelu kanala, $\sigma_{dB}=6dB$

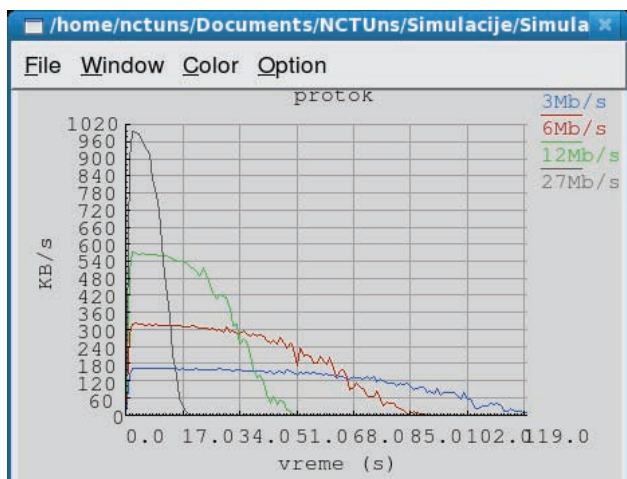
Razlog za mali protok Pređašnje simulacije su izvršene korišćenjem 4 različita moda, tj. brzine prenosa podataka. Korišćeni su 3, 6, 12 i 27 Mb/s, tj. 384, 768, 1536 i 3456 KB/s, respektivno. Međutim ostvareni maksimalni protoci su: 160 KB/s, 320 KB/s, 580 KB/s i 1010kB/s. Razlog leži u implementaciji IEEE 802.11p protokola. Mobilne i fiksne stanice vrše promenu između kontrolnog i servisnog kanala na svaki kanalski interval koji za kontrolne i servisne kanale iznosi 50ms. Gubi se polovina propusnog opsega servisnog kanala, jer stanice moraju stalno da se prebacuju sa servisnog na kontrolni kanal svakih 50ms.



Slika 6. Protok u Ricean-ovom kanalu, $K=10\ dB$

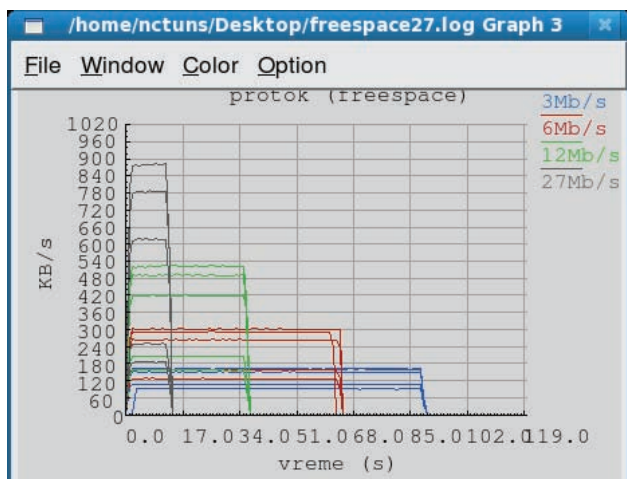
4.2. Simulacija 2

Ova simulacija se fokusira na uticaj dužine paketa na karakteristiku protoka. Scenario je identičan scenariju 1, sa tom razlikom što se koriste drugi parametri i naravno različite dužine podataka koje se šalju ka prijemniku.



Slika 7. Protok u Ricean-ovom kanalu $K = -\infty$ dB

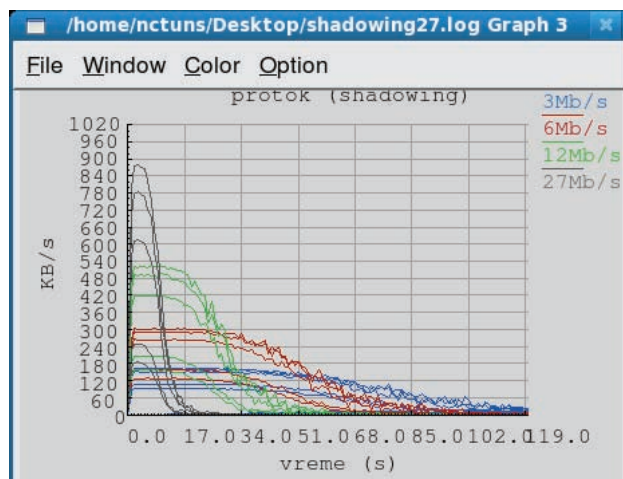
Ova simulacija prikazuje veliki uticaj dužine paketa koji se šalju na ukupan protok svakog PHY moda (videti slike 8 i 9). Takođe uočljiva je zavisnost veličine paketa i maksimalnog dometa. Razlika u dometima je oko 50m, i ona se jasno može uočiti u freespace kanalu pri brzini protoka od 6Mb/s, tj. crveni grafik. U shadowing kanalu se takođe zapaža određena odstupanja u dometu u zavisnosti od različite veličine paketa. Ova odstupanja nisu velika, zbog poravnanja grafika ali su ipak prisutna.



Slika 8. Karakteristika protoka u freespace modelu kanala, pri veličinama paketa od 50, 100, 500, 1000 i 1500 bajta.

5. ZAKLJUČAK

Različiti modeli kanala i njihovi parametri dovode do totalno različitih propusnih karakteristika, a samim tim i kapaciteta kanala. Pošto simulacije otkrivaju veoma malu promenljivost pri fiksiranim uslovima u kanalu, višestruke simulacije nisu neophodne. Simulacije su pokazale da realni protok može značajno da varira u odnosu na prosečni vrednost, tj. minimalna i maksimalna vrednost na veoma bliskim vremenskim slotovima mogu dosta da se razlikuju. Ipak, mnogo zanačajnije su razlike u modelima kanala. U sredinama sa fiksiranim uslovima u kanalu, protok i kapacitet kanala mogu biti prilično predvidljivi. Ukoliko se uslovi u kanalu promene (σ_{dB} , β , K), propusnost i kapacitet će se značajno razlikovati od predviđenih. Ove promene uslova mogu biti uzrokovane kamionom koji obstruira prenos signala između 2 automobila, menjajući kanal od Rajsovog u Rejljev kanal.



Slika 9. Karakteristika protoka u shadowing modelu kanala, pri veličinama paketa od 50, 100, 500, 1000 i 1500 bajta.

Pokazano je da je zavisnost dometa od veličine paketa u freespace i shadowing kanalu izražena i iznosi od 50m, za freespace, pa do 100m u shadowing kanalu. Takođe je pokazano da ukupan protok zavisi od količine podataka koji se šalju i da raste zajedno sa rastom veličine paketa. Ipak, za prevelike veličine, dolazi do fragmentacije, a samim tim i do smanjenja maksimalnog protoka. To se može uočiti u simulaciji 1 gde smo slali pakete veličine 1400B, te je maksimalan protok dostizao 1000KB/s za najviši PHY mod, a u simulaciji 2 se za 1500B postiže maksimalni protok od 880KB/s.

6. LITERATURA

- [1] IEEE standard 802.11-2007. Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specification, 2007
- [2] IEEE 802.11p/D1.1. Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specification: Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE), 2005
- [3] NCTU mrežni simulator. <http://nsl10.csie.nctu.edu.tw>
- [4] Website Car 2 Car komunikacionog konzorcijuma. <http://www.car-2-car.org/>
- [5] S.Y. Wang, C.L. Chou, K.C. Liu, T.W. Ho, W.J. Hung, C.F. Huang, M.S. Hsu, H.Y. Chen and C.C. Lin. *Improving the Channel Utilization of IEEE 802.11p/1609 Networks*, 2009

Kratka biografija:



Saša Toškov rođen je u Novom Sadu 1983. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Telekomunikacije odbranio je 2010.god.



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

PRIMENA REKLOZERA U DISTRIBUTIVNIM SISTEMIMA

RECLOSERS APPLICATION IN POWER DISTRIBUTION SYSTEMS

Miloš Matić, Miroslav Nimrihter, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu dat je prikaz budućeg razvoja distributivnih mreža, gde se akcenat stavlja na pouzdanost i kvalitet napajanja potrošača električnom energijom. U radu je, takođe, dat primer proračuna pokazatelja pouzdanosti i ocena opravnosti uvođenja elemenata distributivne automatike - u ovom slučaju reklozera (R).

Abstract – In this paper different points view of future developments in distribution networks are shown, where the accent is on reliability and quality of power supply for customers. In this paper an example of analysis and evaluation of introduction justifiability for elements of distributive automation, in this case Reclosers (R) is also given.

Ključne reči: reklozeri, distributivna automatika, pokazatelji pouzdanosti.

1. UVOD

Karakteristike koje utiču na kvalitet električne energije su pored propisanog napona čiji je moduo konstantan i približno jednak nominalnom, konstantne frekvencije i približno jednake nominalnoj i pouzdanost snabdevanja potrošača ovom energijom.

Analiza statističkih podataka o prekidima napajanja pojedinih potrošača ukazuje na bitan udeo distributivnih električnih mreža skraćeno DEM, a posebno srednjenaponskim distributivnim mrežama skraćeno SN DEM. Oko 70% prekida dolazi od poremećaja u DEM, a 30% od ostalih elemenata EES. Pouzdanost distributivnih sistema se numerički opisuje indeksima pouzdanosti koji se klasifikuju u osnovne (intenzitet otkaza λ koji nam kaže koliko se često javljaju kvarovi na opremi, trajanje otkaza r koliko ti kvarovi traju i neraspoloživost U ili broj potrošača koji su ostali bez napajanja zbog kvara, zatim systemske kao što su indeks neisporučene energije (Energy Not Supplied Index – ENS), indeks prosečne frekvencije otkaza sistema (System Average Interruption Frequency Index – SAIFI), indeks prosečnog trajanja otkaza sistema (System Average Interruption Duration Index – SAIDI), indeks koji obuhvata samo prekide koji traju kraće od 1min. (Momentary Average Interruption Index – MAIFI) i ekonomske kao što je šteta koju trpe potrošači usled prekida napajanja CIC [novčanih jedinica/godišnje].

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada Miloša Matića. Mentor je bio dr Miroslav Nimrihter, red.prof.

Distributivna preduzeća kao vlasnici distributivne mreže polako se pripremaju za ulazak u deregulisano tržište gde će izgubiti mogućnost kupovine i prodaje energije potrošačima (njihov zadatak će biti samo transport energije potrošačima), samim tim i manje prihode s toga preduzimaju razne mere za povećanje efikasnosti. Poboljšanje performansi upravljanja mrežom radi povećanja prodaje i profita se postiže smanjenjem gubitaka, smanjenjem trajanja kvarova, većom automatizacijom kao i smanjenjem neisporučene energije. Distributivna preduzeća će biti u situaciji da plaćaju penale potrošačima ukoliko ne smanje prethodno navedene pokazatelje. Da bi postigli neka poboljšanja možemo investirati u povećanje automatizacije precinije u distributivnu automatiku kao što su tzv. sekcionalizeri i reklozeri.

2. REKLOZERI

Reklozeri su sklopne naprave sa pratećom automatikom priznate od strane električne asocijacije širom sveta kao uređaji čiji je osnovni cilj pružanje maksimalnog kontinuiteta električnih usluga ka svojim kupcima (potrošačima) posmatrano sa tehničke i ekonomske strane, tj. treba da obezbede što veću pouzdanost potrošača. Reklozeri predstavljaju uređaj koji se sastoji od relejne zaštite, APU tehnike i prekidača.

2.1. Jednofazni reklozeri

Postoje dve vrste jednofaznih reklozera a to su: hidraulično i električno kontrolisani reklozeri. Hidraulični se primenjuju u hladnijim područjima gde mogu da zakažu električni. Razlika u odnosu na trofazne reklozere je mogućnost prekidanja samo jedne faze sa kvarom.

2.2. Trofazni rekozeri

Postoje dve vrste trofaznih reklozera, a to su: hidraulično i električno kontrolisani reklozeri. Ove vrste reklozera poseduju mehanizam za zajedničko isključenje sve tri faze u slučaju kvara bar jedne faze. Vakuumski trofazni električni reklozeri nam nude pouzdanu zaštitu za nazemne vodove u cilju povećanja sigurnosti distributivne mreže. Sistem kontrole nam nudi visok stepen pouzdanosti, lakše upravljanje i visok stepen efikasnosti. Preko 90% prekida na nadzemnim vodovima su prolaznog karaktera. U slučaju prekida, vakuumski reklozer proverava mesto kvara. Nakon nekoliko ponavljanja, reklozer će ostati uključen ako je kratkotrajni prekid nestao.

2.3. Razlike reklozera i sekcionalizera u distributivnim mrežama

Reklozeri imaju dve osnovne funkcije: pouzdanost i prekostrujna zaštita. Sekcionalizeri su uređaji koji po obliku liče na reklozere međutim, funkcionalnost uređaja je znatno drugačija. Funkcija sekcionalizera nije da prekine sekciju voda sa kvarom, već da računa pojavu kvara prema unapred definisanom broju prekida na osnovu brojača koji poseduje u svom sklopu, i otvori kada je deonica u beznaponskom stanju. Prekidanje vrši uređaj koji se nalazi uzvodno bilo da je to reklozer ili prekidač u trafostanici, zatim sekcionalizer odvaja sekciju voda sa kvarom. Oni se mogu opisati kao uređaj koji sadrži prekostrujnu i podnaponsku zaštitu tako da će samo u slučaju pojave prekomerne struje i neznatnog pada napona reagovati na isključenje.

3. OCENA TRAJANJA OTKAZA

Nakon kvara na nekom od fidera određuje se mesto prvog skoka koje može biti bilo koja TS SN/NN na vodu u kojoj postoji rasklopna oprema. Ekipa odlazi u tu transformatorsku stanicu i izvrši manipulaciju rastavljačem sa strane osnovnog napajanja. U tom trenutku dispečer, koji je radio vezom obavešten o manipulaciji rastavljačem, uključuje prekidač na početku fidera. Ako prekidač ne proradi, kvar je nizvodno, u suprotnom (ako prekidač proradi), kvar je uzvodno (ka izvoru napajanja). U sledećem koraku, ekipa zatvori otvoreni rastavljač i premešta se na deo fidera koji je u kvaru. Rednim sekcionisanjem dolazi se do deonice u kvaru. Vreme traženja deonice u kvaru uključuje u sebi i vreme potrebno da se, nakon što je pronađena deonica u kvaru, defektna deonica izoluje. Svi potrošači koji se napajaju sa tog izvoda dobijaju napajanje posle određenog vremena u zavisnosti od toga u kojoj zoni izolovanja se nalaze, a to su vremena T_A , T_B i T_C .

a. Trajanje otkaza čvorova u zoni izolovanja A, uzvodno (bliže osnovnom izvoru napajanja, RTS) od sklopne naprave kojom se izoluje deo voda sa kvarom.

$$T_A(k) = T_{\text{doj}} + T_{\text{okup}} + \frac{L_{\text{dol}}}{V_A} + \frac{L_{\text{sum}}(k)}{V_A} + N_{\text{man}}(k) \cdot T_{\text{man}}, \quad (3.1)$$

pri čemu je:

T_{doj} – vreme dojava, vreme potrebno da informacija o dešavanju kvara dođe do dispečera u TS VN/SN, bilo signalizacijom, bilo telefonskim putem,

T_{okup} – vreme okupljanja ekipe, interval vremena u toku koga dispečer na bazi prikupljenih podataka određuje na kom kablju je kvar i šalje ekipu za otklanjanje kvara u TS SN/NN,

L_{dol} – pređeni put ekipe od sedišta do prve TS SN/NN u koju ekipa dolazi (mesto prvog skoka),

V_A – prosečna brzina automobila kojim se ekipa kreće,

L_{sum} – pređeni put ekipe, tokom traženja deonice u kvaru, do momenta izolovanja,

N_{man} – broj manipulacija rastavljačima u TS SN/NN da bi se izolovao kvar,

T_{man} – vreme trajanja jedne manipulacije rastavljačem u TS SN/NN.

b. Trajanje otkaza čvorova u zoni B, nizvodno (bliže alternativnom izvoru napajanja, normalno otvoreni rastavljač NO) od sklopne naprave kojom se izoluje deo voda sa kvarom.

$$T_B(k) = T_A(k) + \frac{L_{\text{no}}(k)}{V_A} + T_{\text{man}}, \quad (3.2)$$

pri čemu je:

L_{no} – put koji ekipa pređe od izolovane deonice u kvaru do normalno otvorenog rastavljača.

c. Trajanje otkaza čvorova u zoni C, između sklopki koje izoluju deo u kvaru.

$$T_C(k) = T_A(k) + T_{\text{op}}, \quad (3.3)$$

pri čemu je:

T_{op} – vreme opravke deonice u kvaru.

Ukoliko ne postoji alternativni izvor napajanja $T_B(k) = T_C(k)$.

4. VODIČ ZA KORIŠĆENJE PROGRAMA „ANALIZA POUZDANOSTI“

U ovom delu je predstavljen program “ANALIZA POUZDANOSTI” koji je razvijen radi proračuna pokazatelja rizika DES. Da bi se pokrenuo program analiza pouzdanosti potrebno je nakon pokretanja Matlaba podesiti u prozoru Current Directory adresu programa (C:\Matlab\work\analiza pouzdanosti). Nakon toga, potrebno je levim tasterom miša dva puta kliknuti na folder analiza pouzdanosti da bi se video njegov sadržaj. Program “ANALIZA POUZDANOSTI” se može grupisati na sledeći način:

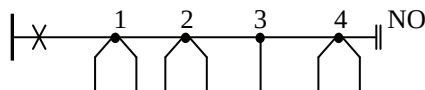
1. ulazni podaci; predstavlja editor teksta sa svim ulaznim podacima; postoji onoliko ulaznih podataka koliko ima izvoda,
2. podprogrami za simulaciju kretanja ekipe prilikom traženja deonice u kvaru; u ovu grupu spadaju sledeći podprogrami: kvarvesno, kvarvesnobezNO, kvarlevo, kvarlevobezNO, kvark1, kvark1bezNO,
3. podprogrami koji simuliraju mesto kvara, pozivaju odgovarajuće podprogramme iz druge grupe i izračunavaju $T_A(k)$, $T_B(k)$ i $T_C(k)$; u ovu grupu podprograma spadaju: glavniprogram i glavniprogrambezNO,
4. podprogrami koji vrše raspodelu vremena $T_A(k)$, $T_B(k)$ i $T_C(k)$ po čvorovima; u ovu grupu podprograma spadaju: alokacija i alokacijabezNO,
5. podprogrami za izračunavanje pokazatelja rizika; u ovu grupu podprograma spadaju: vod i poziv.

Osnovni zadatak programa “ANALIZA POUZDANOSTI” je izračunavanje sledećih pokazatelja pouzdanosti: MAIFI, SAIFI, SAIDI, ENS i AENS.

5. STUDIJE DVE GRUPE PRIMERA

Posmatraće se tri različita primera primene sklopničkih uređaja koja imaju za cilj da pokazu smanjenje pokazatelja pouzdanosti. U prvom primeru ćemo pokazati uticaj rastavljača, u drugom reklozera a u trećem njihove kombinacije na pokazatelje pouzdanosti za slučaj sa NO (normalno otvoreni rastavljač) za proizvoljno odabrani vod na RBTS2 mreži. Vod koji ćemo posmatrati će biti vod 4 koji se sastoji iz četiri čvora. Za prvi cvor su vezane

dve grane, za drugi takođe dve grane, za treći jedna grana i za četvrti dve grane. Sve grane su opterećene približno istom srednjom snagom $P_{sr}=P_n=450$ [kW], a broj potrošača po jednoj grani je $N=200$. U ovim primerima se umesto r_s (trajanje sekcionalizacije), koji je produkt statističkih istraživanja u prethodnom periodu, sintetizuje trajanje otkaza $T_A(k)$, $T_B(k)$ i $T_C(k)$. Prosečno trajanje opravke je $r_{op}=8$ [h].

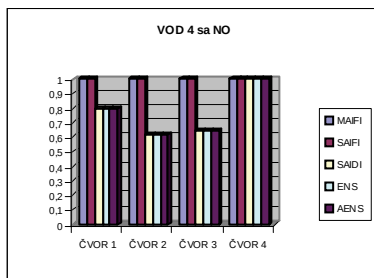


Slika 1. Vod 4 sa NO za koji se proračunavaju pokazatelji pouzdanosti

5.1. Prva grupa primera

Tabela 1. Pokazatelji pouzdanosti za vod 4 sa NO za prvi primer postavljanja rastavljača na vod

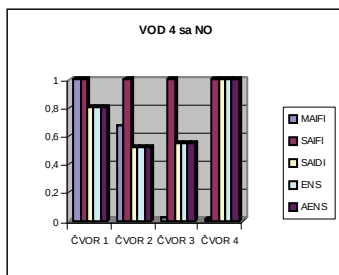
VOD 4	ČVOR 1	ČVOR 2	ČVOR 3	ČVOR 4
MAIFI	0,5713	0,5713	0,5713	0,5713
SAIFI	0,1451	0,1451	0,1451	0,1451
SAIDI	0,984	0,766	0,787	1,2373
ENS	3099,8	2412,9	2461,2	3897,5
AENS	2,2141	1,7235	1,7542	2,7839



Slika 2. Grafički prikaz voda 4 sa NO postavljanjem rastavljača u svim čvorovima levo

Tabela 2. Pokazatelji pouzdanosti za vod 4 sa NO za drugi primer postavljanja rekozera na vod

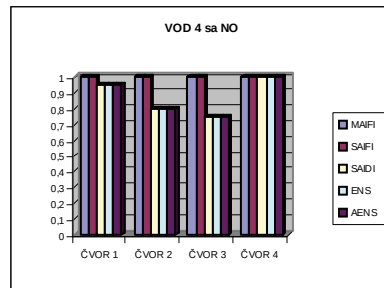
VOD 4	ČVOR 1	ČVOR 2	ČVOR 3	ČVOR 4
MAIFI	0,5713	0,3818	0,0114	0,0105
SAIFI	0,1451	0,1451	0,1451	0,1451
SAIDI	0,984	0,6457	0,6616	1,2373
ENS	3099,8	2033,8	2084,2	3897,5
AENS	2,2141	1,4527	1,4887	2,7839



Slika 3. Grafički prikaz voda 4 sa NO postavljanjem reklozera u svim čvorovima levo

Tabela 3. Pokazatelji pouzdanosti za vod 4 sa NO za treći primer postavljanja kombinacije reklozera i rastavljača na vodu

VOD 4	ČVOR 1	ČVOR 2	ČVOR 3	ČVOR 4
MAIFI	0,3818	0,3818	0,3818	0,3818
SAIFI	0,1451	0,1451	0,1451	0,1451
SAIDI	0,6103	0,5183	0,4914	0,6426
ENS	1922,4	1632,7	1547,9	2024,3
AENS	1,3732	1,1662	1,1056	1,4459



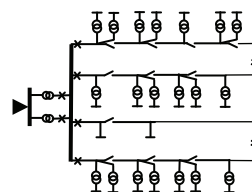
Slika 4. Grafički prikaz voda 4 sa NO postavljanjem reklozera u čvoru 2 levo i rastavljača u svim čvorovima desno

5.1.1. Zaključci za prvu grupu primera

Za vod 4 sa NO primenom rastavljača u Tabeli 1. vidimo da je najveće smanjenje postignuto postavljanjem rastavljača sa leve strane u čvoru 2. To poboljšanje iznosi oko 38% u odnosu na slučaj voda 4 sa NO bez sklopki na vodu. To poboljšanje je i grafički prikazano na Slika 2. Za vod 4 sa NO primenom reklozera u Tabeli 2. vidimo da je najveće smanjenje postignuto postavljanjem reklozera sa leve strane u čvoru 2. To poboljšanje iznosi oko 48% u odnosu na slučaj voda 4 sa NO bez sklopki na vodu, međutim ovde je došlo do smanjenja pokazatelja pouzdanosti MAIFI za 33%. To poboljšanje je i grafički prikazano na Slika 3. Za vod 4 sa NO primenom reklozera i rastavljača u kombinaciji, gde je reklozer u čvoru 2 levo postavljen u Tabeli 3. Vidimo da je najveće smanjenje postignuto postavljanjem rastavljača sa desne strane u čvoru 3. To poboljšanje iznosi oko 60% u odnosu na slučaj voda 4 sa NO bez sklopki na vodu. To poboljšanje je i grafički prikazano na Slika 4.

5.2. Druga grupa primera

U ovom delu će se analizirati pokazatelji pouzdanosti za poznati test sistem za analizu pouzdanosti **IEEE RBTS2** koji ima četiri SN voda.



Slika 5. Test sistem RBTS2

Tabela 4. Pokazatelji pouzdanosti za **RTBS2** test mrežu u slučaju postavljanja rastavljača kao na Slici 5. za svaki od vodova

	SAIFI [1/god]	MAIFI [1/god]	SAIDI [h/god]	ENS [kWh/go d]	AENS [kWh/go d.potr.]
D					
F1	0,1525	0,5498	0,6591	2454	3,8164
F2	0,086	0,344	0,508	1088,9	544,435
F3	0,1595	0,5782	0,7	2121	3,3561
F4	0,1578	0,5713	0,6869	2358,4	3,7916

Tabela 5. Pokazatelji pouzdanosti za **RTBS2** test mrežu u slučaju postavljanja reklozera u čvoru 2 desno svakog voda

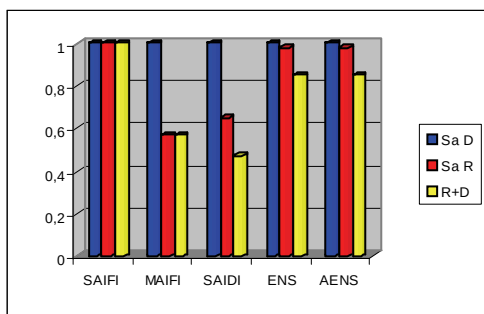
	SAIFI [1/god]	MAIFI [1/god]	SAIDI [h/god]	ENS [kWh/god]	AENS [kWh/go d.potr.]
R					
F1	0,1525	0,2019	0,4251	2173,7	2,9029
F2	0,086	0,172	0,7197	1547,3	777,65
F3	0,1595	0,3921	0,4485	2043,8	3,339
F4	0,1578	0,3818	0,4421	2190,1	3,5201

Tabela 6. Pokazatelji pouzdanosti za **RTBS2** test mrežu u slučaju postavljanja reklozera u čvoru 2 desno svakog voda i rastavljača u čvoru 1 desno svakog voda

R +	SAIFI [1/god]	MAIFI [1/god]	SAIDI [h/god]	ENS [kWh/go d]	AENS [kWh/go d.potr.]
D					
F1	0,1525	0,2019	0,3177	1391	3,0157
F2	0,086	0,172	0,505	1082,4	541,21
F3	0,1595	0,3921	0,3294	1858	2,9379
F4	0,1578	0,3818	0,3206	1966	3,1608

5.2.1. Zaključci koji se odnose na drugu grupu primera

Treba uočiti da je SAIFI ne promenjen, zato što se promena u metodologiji odražava na trajanje otkaza ali ne i na broj otkaza.



Slika 6. Grafički prikaz pokazatelja pouzdanosti za tri primera koja se odnose na test sistem RBTS2

Što se tiče drugih pokazatelja SAIDI se smanjuje za slučaj sa reklozerom a još više za slučaj kombinacije reklozer-rastavljač.

To smanjenje je uzrokovno i samim dodavanjem uređaja automatike drugim rečima više uređaja manji SAIDI. Pomenuta priča za SAIDI analogno važi i za ENS i AENS koji se smanjuju ali sa manjim intenzitetom. I na kraju pokazatelj pouzdanosti MAIFI koji se smanjio grubo za 1/2 u odnosu na primer sa rastavljačem a za to je zaslužena primena reklozera.

6. ZAKLJUČAK

Uvođenjem većeg broja sklopnih naprava, i alternativnog izvora napajanja na kraju fidera. Trajanje prekida napajanje potrošača je **mnogo** manje što direktno utiče na smanjenje pokazatelja pouzdanosti. Primenom distributivne automatike pokazatelji pouzdanosti svode se na izuzetno male vrednosti. Da bi se ovo ostvarilo potrebne su velike investicije u opremu koja prati distributivnu automatiku.

Smanjenje pokazatelja pouzdanosti MAIFI je jako bitno u budućnosti kada distribucije budu morale da smanje svoje troškove a pritom i da obezbede visok nivo pouzdanosti kod potrošača. Odnosno što bolji kvalitet električne energije. Njegovo smanjenje će usloviti smanjenje šteta u napajanju npr. računara i druge mikror računarske opreme. Prolazni kvarovi će biti eliminisani od strane reklozera i korist od njihove primene će biti višestruka. U nekim stranim državama su pogotovo državama EU su upravo imali problema sa kvalitetom električne energije koji su odstranili primenom reklozera.

7. LITERATURA

- [1] Miroslav D. Nimrihter, 'Beleške sa predavanja iz predmeta Distributivni sistemi', Novi Sad, 2002
- [2] Dragan Popović, Duško Bekut, Valentina Treskavica, 'Specijalizovani DMS algoritmi', Novi Sad, 2004

Kratka biografija:

Miloš Matić rođen je u Novom Sadu 1985. godine, završio elektrotehničku školu u Novom Sadu, Diplomski –master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva odbranio je 2010. godine.

Miroslav Nimrihter diplomirao je, magistrirao i doktorirao na ETF Beograd. Zaposlen je na FTN Novi Sad. Predaje predmete 'Elektrodistributivni sistemi' i 'Tehnika visokog napona', kao i 'Ne-determinističke metode' na doktorskim studijama.

Savo Kozić rođen je u Trebinju 1985. godine, završio gimnaziju-opšti smer u Ljublinju, Diplomski –master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva odbranio je 2010. godine.

NEDETERMINISTIČKO MODELOVANJE NON-DETERMINISTIC MODELLING

Dejan Matić, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Sadržaj – Elektroenergetski sistem je tehnički sistem od vitalnog značaja za svaku državu. Razvoj EES zahteva ogromna investiciona sredstva. Pri donošenju odluka o investiranju u poboljšanje sistema (dogradnja proizvodnog, prenosnog i distributivnog podsistema) susreće se sa nizom nedeterminističkih veličina. Zato se mora uvažiti stohastička priroda niza veličina. To znači da su ulazne veličine često skupovi koji podležu zakonitostima verovatnoće i statistike.

Opisani fundamenti analitičkog i stohastičkog modelovanja pouzdanosti su osnova za donošenje niza odluka o pojačanju pojedinih podsistema i sistema u celini.

Abstract - Electrical power system (EPS) is technical system that has vital importance for every country. The EPS development needs the huge investments. In making decisions about investing and improving the system (upgrade the production, transmission and distribution subsystem) is facing a series of non-deterministic variables. This means that the input variables of the system are often subject to laws of probability and statistics. Described fundamentals of analytical and stochastic reliability modelling are crucial for making decisions on enhancing of individual subsystems and systems in general. The intent of the work is to discuss the models, methods and applications of risk assessment in physical power systems.

Ključne reči: Stohastičko modelovanje, skupovi slučajnih veličina, intenzitet otkaza, intenzitet opravke, SAIFI, SAIDI, troškovi usled neisporučene energije.

1. UVOD

Celokupni elektroenergetski sistem (EES) može se podeliti na tri podsistema. To su: sistem za proizvodnju (SP), prenosne električne mreže (EM) i distributivne električne sisteme (DES). Prilikom izbora topologije mreže ili transformatorske stanice, nameće se i problem ocene (rešavanja) posledica otkaza, iznenadnih i najavljenih (planskih). Konfiguracija DES mora da omogućiti napajanje potrošača, kako u stanjima normalnog rada tako i u stanjima otkaza. Stohastička priroda a. snage potrošnje u budućnosti, b. stanja funkcionalnosti pojedinih komponenti sistema, c. cene opreme i d. niza drugih uticajnih veličina - bitno utiču na donošenje niza optimalnih odluka.

Inženjeri koji se bave planiranjem i projektovanjem moraju imati određen stav o sledećim pitanjima: 1) na

koji način obnoviti napajanje potrošača, nakon otkaza nekog elementa DES, 2) koliko dugo, nakon otkaza, u projektovanom delu DES, pripadajući potrošači mogu da ostanu bez napajanja i 3) koliko često je opravdano da se dešavaju otkazi u napajanju? Nedeterminističko modelovanje podrazumeva da se ulazne veličine ne mogu iskazati jednim brojem [4].

Ovaj članak je organizovan u sedam poglavlja. U prvom poglavlju je dat opšti uvod o EES-u, konfiguraciji DES kao i o planiranju i projektovanju DES. Zatim, u drugom su dati osnovni koncepti za procenu pouzdanosti EES-a. Monte Karlo matematičke metode su pomenute u trećem poglavlju. U četvrtom poglavlju su predstavljene simulacione metode za ocenu pouzdanosti sistema sa sistemom generatora i prenosom. U petom poglavlju je opisano modelovanje stohastičke prirode hidroelektrana i vetrenih farmi. Zaključci su predstavljeni u šestom poglavlju ovog rada. U sedmom poglavlju je odgovarajuća literatura.

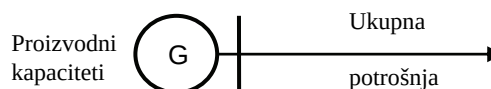
2. OSNOVNI KONCEPTI ZA PROCENU POUZDANOSTI EES

Termin pouzdanost treba koristiti kako bi se ukazalo, na verovatnoću sveukupne sposobnosti sistema da obavlja svoju funkciju.

Proračuni vezani za održavanje potrebne pouzdanosti generatorskog podsistema

Prenosni sistem i njegova mogućnost da prenesu proizvedenu električnu energiju do potrošača se ne razmatra u proceni adekvatnosti generatorskog podsistema. Osnovni cilj je da se procene generatorski kapaciteti potrebni za zadovoljavanje potreba potrošača, uz postojanje dovoljne rezerve kako bi mogli vršiti remont, popravke i održavanje generatorskih jedinica.

Analitički model za ocenu dovoljnosti proizvodnih kapaciteta



Slika 1. Model sistema za hijerarhijski nivo 1 (HL1)

Sastoji se iz modela potrošnje, proizvodnje i modela koji integriše prethodna dva.

Model gubitka opterećenja

Model gubitka opterećenja je model pouzdanosti za planiranje razvoja elektroenergetskih sistema. Zadatak

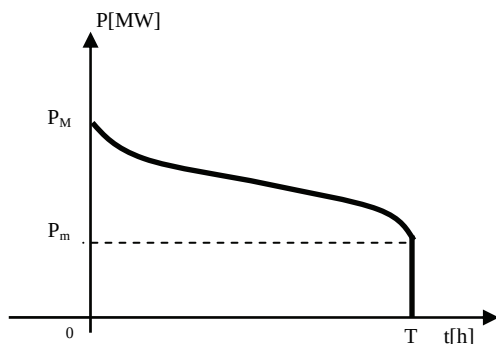
NAPOMENA:

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

ovog modela je da odredi takav indeks ili verovatnoću gubitka opterećenja kojim usvojeni izvori zadovoljavaju očekivana vršna opterećenja u toku specifikovanog perioda vremena. Potrebno je da se obrazuju takvi modeli potrošača i izvora, koji kombinovani, obezbeđuju u svakom momentu, željeni usvojeni indeks rizika ili pouzdanosti definisan brojem očekivanih dana u godini kad izvori neće biti u stanju da zadovolje u potpunosti potrebe potrošača.

Model potrošnje

Najjednostavniji model opterećenja predstavlja dijagram trajanja opterećenja predstavljen slikom 2.



Slika 2. Dijagram trajanja opterećenja

Modelovanje izvora sistema

Model izvora sistema definiše se verovatnoćom da će određena snaga izvora biti u pogonu, odnosno da će određena snaga izvora biti van pogona, uzimajući u obzir da svaki izvor može biti u jednom od dva stanja: u stanju pogona punim kapacitetom ili u stanju van pogona. Ukupan broj stanja u kojem se sistem može naći jednak je broju 2^n , gde je n broj izvora u sistemu. Pri određivanju modela izvora sistema, pretpostavlja se da su oni paralelno vezani. Svaka jedinica je određena svojom maksimalnom snagom i svojom raspoloživošću.

Određivanje stanja raspoloživosti

Broj stanja raspoloživosti, j , zavisi od broja jedinica, tj. turbogeneratora i definiše se kao: $j = 2^n$. Stanja raspoloživosti sistema se računaju na osnovu raspoloživosti - p i neraspolaživosti - q , pojedinih generatora:

$$p_j = \prod_{r=1}^{R_j} p_r \cdot \prod_{n=1}^{N_j} q_n, j=1(1)J \quad (2.1)$$

R_j —broj generatorskih jedinica koje su u stanju raspoloživosti, j , u pogonu, N_j —broj generatorskih jedinica koje su u stanju neraspolaživosti, j , u ispadu.[3]

Kombinovani model izvora i potrošača sistema

Da bi se odredila adekvatna mera za zadovoljenje potrošača, vrši se povezivanje odnosno kombinovanje modela izvora sa modelom potrošača. To povezivanje se ostvaruje na osnovu izraza:

$$E(t) = \sum_k (p_k \cdot t_{Lk}) \quad (2.2)$$

koji se naziva očekivani gubitak ili očekivano nepokriće snage opterećenja zbog nedostatka snage izvora za

pokrivanje opterećenja. Veličina $E(t)$ naziva se još rizik snabdevanja potrošača ili indeks pouzdanosti izvora. Ako je snaga izvora C_k u pogonu u stanju k manja od snage potrošača, tj. ako postoji uslov: $C_k < P_{Lk}$ tada je veličina t_{Lk} jednaka vremenu trajanja snage opterećenja, P_{Lk} , računajući vreme t_{Lk} od $t=0$ u dijagramu trajanja vršnih opterećenja, koju izvori nisu u stanju da zadovolje u potpunosti. U suprotnom je uvek $t_{Lk}=0$.

Proračuni složenih sistema

Analiza adekvatnosti na ovom nivou se obično naziva procena složenog sistema ili visoko-naponskog sistema. Razmatranja na HL2 se koriste da procene adekvatnost postojećeg ili predviđenog sistema uključujući i uticaj potencijalnih dogradnji u generatorskom i prenosnom podsystemu. Ovi uticaji mogu biti procenjeni na osnovu dva skupa pokazatelja: pokazatelji za pojedine visokonaponske sabirnice i pokazatelji celokupnog sistema. Ovi pokazatelji su komplementarni, a ne alternativni jedan drugome. Sistemski pokazatelji ukazuju na adekvatnost celokupnog sistema.

Proračuni distributivnih sistema

Procena adekvatnosti distributivnog sistema uključuje i procenu odgovarajućih pokazatelja adekvatnosti u samim potrošačkim čvorovima. Postoje dva osnovna tipa distributivnih sistema: upetljeni i radijalni. Metode koje se koriste u upetljenim sistemima su iste kao i metode za složene mreže. Tehnike za rad sa radijalnim mrežama su zasnovane na analizi ispada, uključujući i sve stvarne ispade i proces ponovnog uključivanja elemenata. Ove tehnike se koriste i za ocenu adekvatnosti razvodnih postrojenja, jer ona imaju sličnu konfiguraciju i slične ispade. Adekvatnost pojedinačnih potrošača, na koje utiče radi celog sistema, iskazuju pokazatelji HL3. U većini sistema neadekvatnost pojedinačnih potrošačkih čvorova je prouzrokovana distributivnim sistemom. Pokazatelji adekvatnosti HL2 imaju malo uticaja na pokazatelje pojedinačnih potrošačkih čvorova.

3. MONTE KARLO MATEMATIČKE METODE

Primenom Monte Karlo stohastičkih (nedeterminističkih) matematičkih metoda formira se softverskim putem hronološki niz događaja (periodi ispravnog rada i periodi kvarova) koji statistički odgovaraju nizovima događaja u realnosti. Statističkom obradom rezultata ovih simulacija dobijaju se kvazistatičke ocene efekata različitih planova razvoja delova sistema EES (elektroenergetskog sistema) kao i EES u celini. Ovim se omogućuje precizno modelovanje stohastičke prirode niza ulaznih podataka (brzina protoka vode kod HE, brzina vetra kod vetroelektrana, snage potrošača, raspoloživosti pojedinih komponenti sistema itd.). Ovakvim simulacijama različitih budućnosti dobijaju se precizne vizije opravdanosti primene različitih planova razvoja. Drugim rečima, za svaki od planova razvoja simulira se ponašanje sistema i pronalazi se optimalni plan koji: a) zadovoljava potrebe potrošača, b) obezbeđuje potreban kvalitet i c) ima najmanje troškove.

Generisanje slučajnih brojeva sa zadatom raspodelom može se rešiti pomoću metode Monte Karlo. Neka je

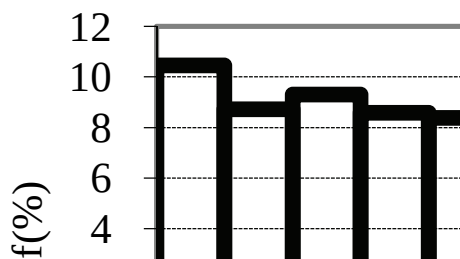
veličina u funkcija raspodele verovatnoće neke slučajne promenljive T ($u = F_T(t)$) što je na slici 3. prikazano. Tada važi izraz (3.1):

$$P(u < U < u + \Delta u) = P(t < T < t + \Delta t) \quad (3.1)$$

Iz izraza 3.1 se vidi da ako veličina u ima uniformnu raspodelu u intervalu $[0,1]$ može se generisati slučajna veličina T sa zadatom raspodelom kao $T=1/F_T(u)$.

Simulacija trajanja ispravnog rada voda

Svaki vod se sastoji od niza redno vezanih deonica. Primenom Monte Karlo stohastičkih (nedeterminističkih) matematičkih metoda formira se softverskim putem hronološki niz događaja (periodi ispravnog rada i periodi kvarova) koji statistički odgovaraju nizovima događaja u realnosti. Statističkom obradom rezultata ovih simulacija dobijaju se kvazistatičke ocene efekata različitih planova razvoja delova sistema EES (elektroenergetskog sistema) kao i EES u celini. Ovim se omogućuje precizno modelovanje stohastičke prirode niza ulaznih podataka (brzina protoka vode kod HE, brzina vetra kod vetroelektrana, snage potrošača, raspoloživosti pojedinih komponenti sistema itd).



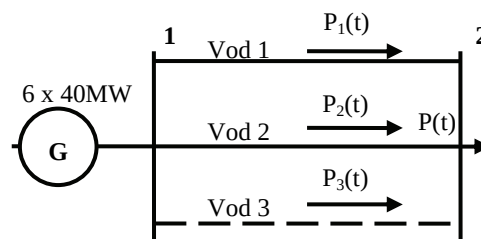
Slika 3. Izgled slučajnih promenljivih sa uniformnom raspodelom za 100 simulacija

4. ANALITIČKI I SIMULACIONI METODI ZA OCENU POUZDANOSTI SISTEMA SA GENERATORIMA I PRENOSOM

Jednostavan primer za potrebe edukacije

U numeričkom primeru, jednostavan EES se sastoji iz elektrane, prenosne mreže i jednog potrošačkog čvora. Posmatraju se dve varijante ovog sistema: 1) kada se elektrana sastoji od 6 generatora, a prenosna mreža od 2 paralelna voda, 2) kada se elektrana sastoji od 6 generatora, a prenosna mreža od 3 paralelna voda. Elektrana ima instalisanu snagu 6×40 MW, a kapacitet prenosnih vodova je: u prvom slučaju 112 MW i 128 MW a u drugom slučaju 90 MW, 85 MW i 65 MW. Modelovanje stanja sistema je izvršeno na sledeći način. Intenzitet otkaza i - tog elementa λ_i i vreme trajanja opravke i - tog elementa r_i su zadate kao slučajne promenljive sa eksponencijalnom raspodelom. Ove vrednosti su dobijene na osnovu zadatog matematičkog očekivanja, zadate standardne devijacije za dati element i i slučajnog broja dobijenog generatorom slučajnih brojeva sa eksponencijalnom raspodelom. Vreme ispravnog rada elementa se dobija na osnovu intenziteta otkaza. Vreme opravke (trajanja kvara) elementa mnogo je kraće od vremena ispravnog rada.

Vreme trajanja kvara elementa m_i se meri u godinama, a vreme trajanja opravke r_i se meri u satima. Pri izradi modela mreže uvažene su sledeće pretpostavke: 1) uvaženi su samo jednostruki ispadi, zbog toga što su oni najčešći, a višestruki ispadi su malo verovatni pa nisu uzeti u obzir, 2) smatra se da su generatori međusobno identični, da imaju brzu promenu opterećenja i da se opterećenje podjednako raspoređuje na sve generatore, 3) maksimalno godišnje opterećenje je konstantno i isto za sve godine, 4) dijagram maksimalnog dnevno opterećenja za radne i neradne dane su isti za sve godine, 5) faktor snage je jedan 1, odnosno $\cos \varphi = 1$, što znači da se proračuni sprovode samo sa aktivnom snagom, dok je reaktivna snaga jednaka 0.

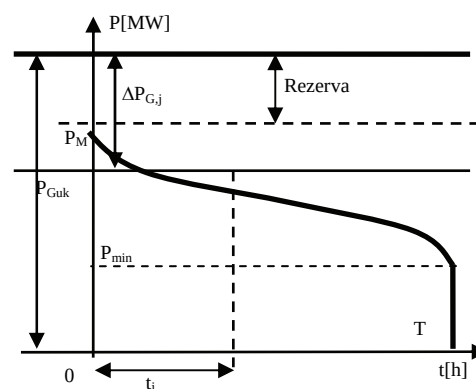


Slika 4. Izgled EES-a

5. MODELOVANJE STOHAISTIČKE PRIRODE HIDROELEKTRANA I VETRENIH FARM

Ocena pouzdanosti sistema: TE – POTROŠAČI

Kod termoelektrana snaga turbine je konstantna, tako da je odata snaga takođe konstantna i smatra se da uvek postoji potrebna rezerva energenta za pokretanje turbine. Za ocenu pouzdanosti sistema: TE - POTROŠAČI potrebno je: 1) formirati model gubitka opterećenja koji se sastoji od: a) modela potrošnje, b) modela izvora sistema i c) kombinovanog modela izvora i potrošača sistema.



Slika 5. Dijagram trajanja opterećenja

Numerički opis rizika koje nose planovi ponaosob iskazuju se pomoću niza numeričkih pokazatelja kao što su na primer LOLP (Loss of Load Probability) i EUE (Expected Undelivered Energy).

$$LOLP_j = \frac{t_j}{T} = \tau_j, j=1(1)J \quad (5.1)$$

$$EUE_j = \int_0^{t_j} P(t) \cdot dt - (P_{Guk} - \Delta P_{Gj}) \cdot t_j \quad (5.2)$$

Model gubitka opterećenja

Model gubitka opterećenja je model pouzdanosti za planiranje razvoja elektroenergetskih sistema. Zadatak ovog modela je da odredi takav indeks ili verovatnoću gubitka opterećenja kojim usvojeni izvori zadovoljavaju očekivana vršna opterećenja u toku specificiranog perioda vremena. Potrebno je da se obrazuju takvi modeli potrošača i izvora, koji kombinovani obezbeđuju u svakom momentu, željeni usvojeni indeks rizika ili pouzdanosti definisan brojem očekivanih dana u godini kad izvori neće biti u stanju da zadovolje u potpunosti potrebe potrošača.

Ocena pouzdanosti sistema: HE – POTROŠAČI

U ovom slučaju je potrebno: a) modelovati reprezentativne hidrološke uslove, b) oceniti snage generatora u proizvoljnom (i-tom) hidrološkom uslovu.

Određivanje srednje snage generatora

Električna snaga generatora (Capacity), $C_{phe,d}$, pri hidrološkom uslovu l , se izračunava iz srednje snage dotoka pomnožene sa stepenom iskorišćenja date protočne hidroelektrane:

$$C_{phe,d}(l) = \eta \cdot P_{phe,d}(l) = 0,81 \cdot P_{phe,d}(l) \quad (5.3)$$

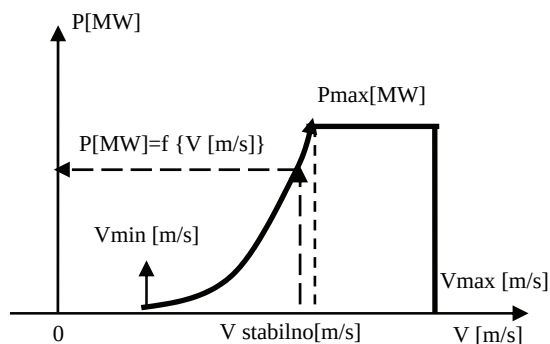
pri tome mora biti zadovoljen uslov da je: $C_{phe,d}(l) \leq C_{n,phe}$, gde je $C_{n,phe}$ nominalna snaga generatora, odnosno drugačije izražen prethodni uslov:

$$C_{phe,g}(l) = \min\{C_{phe,d}(l); C_{n,phe}\}. \quad (5.4)$$

NAPOMENA: Nominalna snaga generatora na jednom vodotoku bi trebala da bude jednaka 50-60% maksimalne snage dotoka vode ili približno srednjoj snazi dotoka vode.

Modelovanje stohastičke prirode vetrenih farmi

Priroda problema kod vetrenih farmi je slična kao kod hidroelektrana. Dotok radnog fluida ima stohastičku prirodu. 1) Prvobitno je potrebno sprovesti statističko istraživanje brzine vetra, 2) utvrditi funkciju gustine raspodele brzine vetra, 3) na osnovu poznatih funkcija raspodele brzine vetra, kao slučajne veličine, i funkcije snage vetrogeneratora određuje se funkcija gustine raspodele verovatnoća realizacija električnih snaga vetrogeneratora, 4) dalji postupak se sprovodi prema šemi prebrojavanja stanja.



Slika 6. Zavisnost snage vetrogeneratora od brzine vetra

Legenda: V –brzina vetra, Vmin, Vmax- minimalna i maksimalna brzina vetra, Pmax – maksimalna snaga koju može da odaje vetrogenerator.[1]

6. ZAKLJUČAK

Analiza pouzdanosti ima veliki značaj prilikom planiranja, izgradnje i dogradnje mreže, pošto uvažavanje zahteva za većom pouzdanošću ima velik uticaj na dimenzionisanje i oblikovanje mreže, a time i na investicije u EES. Cilj je opravdati odnos investicija u nove generatore-adekvatnu snagu rezervnih generatora i štetu usled neisporučene energije u slučaju da se deo potrošača mora isključiti ukoliko je snaga potrošnje veća od snaga generatora. Takođe, analiza pouzdanosti se koristi i prilikom rekonfiguracije mreže, zbog toga što se želi obezbediti konfiguracija sa maksimalnom mogućom pouzdanosću. U proteklm decenijama značaj metoda pouzdanosti je veoma porastao.

7. LITERATURA

- [1] R. Billinton and W. Li: "Reliability Assessment of Electric Power Systems Using Monte Carlo Method", Plenum press, New York and London, 1994.
- [2] J. Nahman, "Metode analize pouzdanosti elektroenergetskih sistema", Naučna knjiga, Beograd, 1992.
- [3] I. Škokljek, "Planiranje Elektroenergetskih sistema-problemi, pitanja i odgovori iz odabranih oblasti" Taurus Publik, Beograd, 2000.
- [4] M. Nimrihter, "Elektrodistributivni sistemi", UNS, FTN, Novi Sad 2009.

Kratka biografija:



Dejan Matić rođen je u Srebrenici 1984. godine. Završio je gimnaziju Josif Pančić u Bajinoj Bašti. Diplomski-master rad, na Fakultetu tehničkih nauka, iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Elektroenergetski sistemi, odbranio je u 2010. godini.

IMPLEMENTACIJA TCP/IP PROTOKOL STEKA NA ARM7 PLATFORMI

IMPLEMENTATION OF TCP/IP PROTOCOL STACK ON ARM7 PLATFORM

Stevan Bogić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu je opisana implementacija TCP/IP protokol steka na ARM7 platformi koristeći OLIMEX LPC-E2468 razvojni sistem sa mikrokontrolerom NXP LPC2468. Krajnji cilj je prenos fajlova preko socket-a i rešenje je dato u vidu Windows SSFT (Simple Socket File Transfer) aplikacije.

Abstract – This paper presents implementation of TCP/IP protocol stack on ARM7 platform using OLIMEX LPC-E2468 development board with microcontroller NXP LPC2468. The ultimate goal is file transfer over sockets and SSFT (Simple Socket File Transfer) Windows application is presented as solution.

Ključne reči: Ethernet, TCP/IP protokol, Embedded system, ARM, Socket

1. UVOD

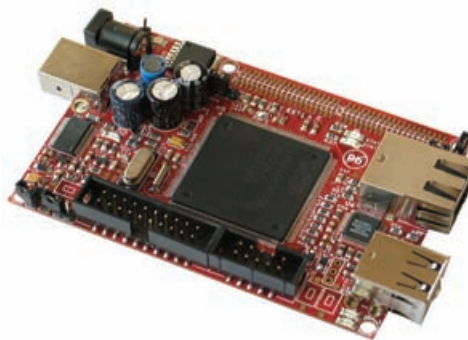
U eri ekspanzije komunikacionih tehnologija i Interneta kao i širokoj rasprostranjenosti raznih *embedded* uređaja pojavila se potreba njihovog umrežavanja i pristupa kako lokalnim mrežama, tako i Internetu. Problem se može rešiti implementacijom *ethernet* modula sa serijskim interfejsom ka mikrokontroleru. Ovo je jednostavno i pouzdano rešenje ali ekonomski nije opravdano i isplativo ukoliko se proizvodi veća serija uređaja. U ovom radu je prezentovano rešenje u vidu implementacije TCP/IP protokol steka na ARM7 platformi čije je jezgro mikrokontroler NXP LPC2468. Krajnji cilj je prenos podataka između aplikacija putem socket-a. Prezentovana je Windows aplikacija za prenos fajlova SSFT (Simple Socket File Transfer) i ona predstavlja idealno rešenje za demonstraciju i proveru funkcionalnosti implementiranog TCP/IP skupa protokola. Za potrebe aplikacije realizovan je USB Host sa FAT16 fajl sistemom uključivanjem otvorenog izvornog koda u projekat, dostupnog na zvaničnom sajtu proizvođača mikrokontrolera [1]. Protokoli su realizovani u skladu sa opisom u RFC dokumentima [2]. Korisnički interfejs je realizovan preko serijskog porta.

2. OPIS HARDVERA

Za razvoj je korišćen OLIMEX razvojni sistem LPC-E2468 prikazan na slici 1. Mikrokontroler je LPC2468 iz ARM7 serije, proizvođača NXP Semiconductors sa ugrađenim *ethernet* kontrolerom, USB kontrolerom i kontrolerom eksterne memorije (EMC).

NAPOMENA:

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



Slika 1. Razvojni sistem Olimex LPC-E2468

Za potrebe ovog rada iskorišćeni su sledeći elementi razvojnog sistema: standardni JTAG konektor za programiranje/debugovanje, *ethernet* port preko RJ45 konektora i Micrel KS8721PHY (*physical layer*) čipa, USB port, USB na RS232 konvertor priključen na UART, 128 MB NAND fleš memorije.

3. TCP/IP PROTOKOL STEK

TCP/IP (*Transmission Control Protocol / Internet Protocol*) je skup protokola na kojima se zasniva Internet kao mreža, a naziva se i protokol stek jer su protokoli raspoređeni po strogo određenim nivoima u formi steka. TCP/IP model opisuje ovaj skup protokola i sastoji se od sledećih slojeva:

- Sloj pristupa mreži
- Mrežni sloj (Internet sloj)
- Transportni sloj
- Alikacioni sloj

Sloj pristupa mreži sadrži protokole koji obezbeđuju prenos podataka između računara na istoj mreži. Postoje razne mrežne tehnologije, ali za ovaj rad najznačajnija je LAN i to *Ethernet* (standard IEEE 802.3) jer je mikrokontroler povezan na mrežu preko ovog interfejsa. Jedinica podataka u ovom sloju je okvir (frejm).

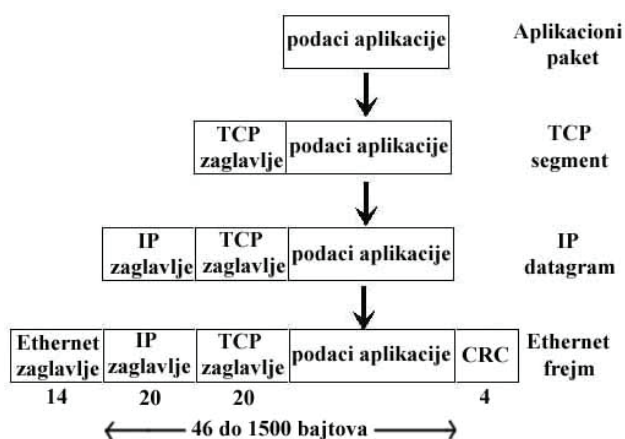
Mrežni sloj služi za povezivanje različitih mreža. Bavi se IP adresiranjem i rutiranjem paketa. Najvažniji protokol ovog sloja je IP. Jedinica podataka u ovom sloju je datagram.

Transportni sloj omogućava prenos podataka između aplikacija na udaljenim računarima. U zavisnosti od zahteva mrežne aplikacije, na ovom nivou se može koristiti protokol sa uspostavom veze - TCP ili protokol bez uspostave veze - UDP. Jedinica podataka u ovom sloju je segment.

Aplikacioni sloj se bavi potrebama određene aplikacije i koristi različite protokole: HTTP, FTP, POP3, SMTP, DNS...

Svaki uređaj na mreži (host) ima jedinstvenu fizičku MAC adresu mrežnog adaptera (interfejsa), u formi 48-bitnog broja, koja predstavlja adresu na sloju pristupa mreži. IP adresa je 32-bitna adresa na mrežnom sloju i reprezentuje logičku adresu.

Krajnji cilj je prenos podataka između aplikacija na udaljenim računarima. Kada aplikacija želi da pošalje podatke, ona ih prosleđuje nižim slojevima sve do sloja pristupa mreži, gde svaki sloj postupkom enkapsulacije dodaje svoje zaglavlje. Frejm se preko fizičkog medijuma prenosi na odredište i sukcesivni slojevi de-encapsuliraju podatke na svom putu ka višim mrežnim slojevima, koji konačno stižu do odredišne aplikacije. Ovaj princip se naziva enkapsulacija podataka i prikazan je na slici 2.



Slika 2. Enkapsulacija podataka

Zaglavlje *ethernet* okvira sadrži MAC adresu odredišta i izvora i tip protokola koji je enkapsuliran u njega. Sadrži od 46 do 1500 bajtova podataka i 4 bajta CRC kontrolne sume.

3.1. IP protokol

IP (Internet Protocol) pripada mrežnom nivou TCP/IP protokol steka i služi kao interfejs između protokola viših nivoa i protokola koji se koriste na pojedinim lokalnim mrežama. Prenos datagrama putem IP protokola ne zahteva pretghodno uspostavljanje veze i ne postoje garancije da će datagram stići na odredište. S obzirom da je koncept IP protokola oslobođen mehanizama koji osiguravaju pouzdanost, sam proces usmeravanja (rutiranja) pakleta unutar mreže je relativno brz, što je i glavna uloga IP protokola.

3.2. ARP protokol

Prilikom enkapsuliranja IP datagrama, u zaglavlju *ethernet* frejma je potrebno zadati fizičku adresu računara. Fizička MAC adresa se određuje na osnovu IP adrese posredstvom ARP protokola (*Address Resolution Protocol*) - protokola za razrešavanje adresa, slanjem upita sa željenom IP adresom svim računarima u lokalnoj mreži. Onaj računar koji u upitu prepozna svoju IP adresu u odgovoru šalje MAC adresu.

3.3. TCP protokol

Ukoliko aplikacija zahteva veću pouzdanost, koriste se mehanizmi TCP protokola iz transportnog sloja. TCP je

pouzdan protokol sa uspostavljanjem logičke veze između krajnjih tačaka kojim se ostvaruje puni dupleks prenos podataka. Podaci se prenose grupisani u segmente, za svaki poslati neophodno je da stigne potvrda o prijemu inače dolazi do retransmisije odnosno ponovnog slanja. Ispravnost podataka proverava se korišćenjem kontrolne sume (*checksum*). TCP protokol obezbeđuje kontrolu toka podataka korišćenjem mehanizma pod nazivom "klizeći prozor" (*sliding window*). Pošto ima ograničenu veličinu prijemne memorije (bafera), TCP dozvoljava pošiljaocu da šalje samo onoliko podataka koliko u tom trenutku prijemnik može da memoriše i obradi.

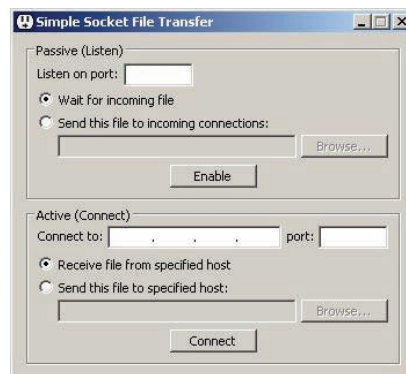
Nakon završetka prenosa podataka veza se raskida. Pošto je ona puni dupleks, tj. podaci se mogu razmenjivati nezavisno u oba smera, prilikom raskidanja konekcije potrebno je odvojeno raskinuti svaki od tih smerova. Strana koja je raskinula podatke u jednom smeru može i dalje nastaviti da prima podatke.

Da bi se olakšalo praćenje različitih događaja i brojnih izuzetnih situacija koje se mogu desiti u toku uspostavljanja veze, prenosa podataka i zatvaranja veze, TCP softver je realizovan u vidu konačnog automata (FSM – *Finite State Machine*). Konačni automat, pod dejstvom događaja, prolazi kroz konačni broj stanja. U svakom momentu, automat je u jednom od svojih stanja. Automat ostaje u tekućem stanju sve dok se ne desi neki događaj pod čijim dejstvom prelazi u novo stanje.

Aplikacije koje na najvišem sloju i razmenjuju podatke, identifikuju se preko broja porta. *Socket* predstavlja kombinaciju IP adrese i porta. Svaka komunikacija između klijenta i servera je jednoznačno definisana preko para *socket-a* i na taj način je omogućeno uspostavljanje više veza istovremeno.

4. SSFT WINDOWS APLIKACIJA

SSFT (*Simple Socket File Transfer*), slika 3, je uslužni program za prenos fajlova između računara koristeći TCP port po izboru. Jedan računar je u pasivnom modu i "sluša" (*listen*) na zadatom portu, čekajući zahtev za uspostavljanje veze drugog računara koji je u aktivnom modu i inicira uspostavljanje veze sa prvim računarom preko IP adrese. Prenos fajla je moguć u oba smera. Fajlovi se automatski proveravaju MD5 algoritmom da bi se osigurao prenos bez grešaka.



Slika 3. SSFT Windows aplikacija

5. REALIZACIJA FIRMVERA

Firmver mikrokontrolera je pisan u Keil uVision3 razvojnom okruženju uz pomoć hardverskog JTAG debbugera. Za razvoj TCP/IP protokola i aplikacije korišćeni su softverski alati Colasoft Packet Builder za formiranje paketa bilo kojeg protokola i slanje na zadatu adresu i Wireshark koji je najpoznatiji mrežni protokol analizator i služi za monitoring saobraćaja preko mrežnog interfejsa.

5.1. Realizacija TCP/IP skupa protokola

Osnovne ideje o načinu organizacije funkcija za TCP/IP protokole i formiranju raznih struktura podataka koje se koriste uzete su iz knjige *TCP-IP Lean Web Servers for Embedded Systems* [4].

Realizacija drajvera ethernet kontrolera

U okviru drajvera *ethernet* kontrolera nalaze se funkcije za inicijalizaciju *ethernet* bloka mikrokontrolera i funkcije za prijem i slanje *ethernet* frejmova. Po pet prijemnih i predajnih deskriptora sa baferima od 1536 bajtova smešteni su u *ethernet* RAM memoriju što znači da je ostvaren MTU (*maximum transmission unit*) sloja pristupa mreži od 1500 bajtova. *Ethernet* kontroler samostalno obavlja slanje i prijem frejmova, generiše i proverava CRC kontrolnu sumu, proverava MAC adresu pristiglih i prihvata ih ili odbacuje.

Kada se registruje prijem *ethernet* frejma, u njegovom zaglavlju se proverava polje tip protokola koji je enkapsuliran u njega, i frejm se prosleđuje tom protokolu. Kada dobije podatke za slanje, funkcija za slanje dodaje *ethernet* zaglavlje i šalje frejm na mrežu.

IP adresa, MAC adresa, *default gateway* i podmrežna maska se dodeljuju od strane korisnika i čuvaju se u fleš memoriji mikrokontrolera tako da i nakon reseta ili prekida napajanja ostaju memorisane i dostupne.

Realizacija ARP protokola

Funkcija za prijem ARP paketa u zaglavlju ARP protokola proverava da li je stigao zahtev ili odgovor. U slučaju zahteva šalje ARP odgovor sa svojom MAC adresom, a ako je stigao ARP odgovor šalje se zahtev za uspostavljanje veze na nivou TCP protokola.

Realizacija IP protokola

Funkcija za prijem IP datagrama proverava kontrolnu sumu zaglavlja. Ako je kontrolna suma ispravna dalje se proverava polje koje sadrži identifikator protokola višeg nivoa. U slučaju TCP identifikatora podaci datagrama se prosleđuju TCP protokolu.

Funkcija za slanje IP datagrama na podatke koje je dobila od TCP protokola dodaje IP zaglavlje i formirani datagram prosleđuje funkciji za slanje *ethernet* frejma na nižem sloju.

Rešenje ne podržava fragmentaciju i defragmentaciju na nivou IP protokola.

Realizacija TCP protokola

TCP protokol je realizovan saglasno sa opisom u RFC 793 i kasnijim revizijama.

Primljeni TCP segment mora da prođe proveru kontrolne sume za kompletan segment i pseudo-zaglavlje. Zatim se traži *socket* kome pripada. Na osnovu rednog broja (*sequence number*), rednog broja potvrde (*acknowledgement number*), flegova i trenutnog stanja veze preduzimaju se određene radnje koje mogu biti prihvatanje segmenta i smeštanje podataka u prijemni bafer, odbacivanje segmenta, prekid veze i slanje reseta, promena stanja veze.

Prilikom slanja TCP segmenta uzimaju se podaci iz predajnog bafera, dodaje se zaglavlje TCP protokola i tako kreirani TCP segment se šalje nižem sloju odnosno funkciji za kreiranje IP datagrama.

Sve informacije koje opisuju jednu TCP vezu smeštene su u bloku za kontrolu prenosa (TCB - *Transmission Control Block*). Aplikacija koja koristi usluge TCP protokola izdaje zahtev za otvaranje veze. To može biti pasivno ili aktivno otvaranje u zavisnost da li je aplikacija serverska ili klijentska i praćeno je traženjem slobodnog *socket-a* i kreiranjem i inicijalizacijom TCB bloka. Pasivno otvorena veza čeka zahtev za uspostavljanje veze na zadatom portu dok se prilikom aktivnog otvaranje šalje ARP zahtev.

Najvažnija karakteristika TCP protokola, pouzdan prenos, ostvarena je slanjem potvrde o primljenim bajtovima. To je urađeno slanjem rednog broja bajta kojeg odredište očekuje da primi, a dobija se kao redni broj poslednjeg uspešno primljenog bajta plus jedan i postavljanjem ACK flega u zaglavlju. Zbog efikasnosti ova potvrda o prijemu se šalje zajedno sa podacima. Ukoliko nema podataka za slanje i omogućen je zakasneli ACK (*ACK delay*) potvrda o prijemu se šalje za svaki drugi primljeni segment ili ako je prošlo 500ms nakon prijema prvog. Ako opcija zakasnelog ACK nije omogućena, potvrda o prijemu se šalje za svaki pristigli segment.

Kontrola toka podataka ostvarena mehanizmom klizećeg prozora (*sliding window*). Predajnom baferu pridružena su tri pokazivača: *in*, *out* i *trial*. Kada se u bafer unese određeni broj bajtova *in* pokazivač se pomera u desnu stranu za taj broj. Prilikom slanja, *trial* pokazivač se pomera u desnu stranu za broj poslatih bajtova. Kada stigne potvrda o prijemu, *out* pokazivač se pomera u desnu stranu za broj potvrđenih bajtova. Pre slanja se mora odrediti koliko bajtova može da se pošalje. To je korisna veličina prozora (*usable window size*) i računa se tako što se od veličine prozora primaoca oduzme broj poslatih bajtova za koje još uvek nije stigla potvrda.

Prilikom slanja segmenta startuje se tajmer za retransmisiju odnosno ponovno slanje (*retransmission timer*). Ukoliko tajmer istekne tj. odbroji do nule pre nego što stigne potvrda o prijemu, pokazivač *trial* u predajnom baferu se vraća na *out* i ponovo se šalju segmenti za koje nije stigla potvrda.

Opcija selektivne potvrde (*selective acknowledgement*) nije podržana. Prema tome nije dozvoljen prijem segmenata preko reda.

5.2. Realizacija SSFT aplikacije

Najveći problem prilikom pisanja firmvera SSFT aplikacije bio je nepoznavanje aplikacionog

komunikacionog protokola. Analizom paketa prilikom prenosa fajlova između dva računara pomoću *Wireshark* programa taj protokol je ustanovljen i ovde će biti ukratko prezentovan:

U fazi "pregovaranja" (*negotiating*) klijent šalje poruku od 9 bajtova gde su prva četiri ASCII karakteri 'S', 'S', 'F', i 'T', a poslednji ima posebno značenje i to 0 ako klijent šalje fajl, a 1 ako prima. Server odgovara sa četiri bajta ASCII karaktera 'S', 'S', 'F', i 'T'. Zatim se prelazi u fazu čekanja (*waiting*) gde aplikacija koja šalje fajl šalje dužinu imena fajla, ime fajla i veličinu fajla a druga strana odgovara sa osam bajtova nula. Nakon toga je faza prenosa fajla gde se na kraju računa i šalje MD5 kontrolna suma čijom se proverom na prijemu kontroliše ispravnost prenosa.

Ovaj protokol nije u potpunosti implementiran. Nije podržano računanje i provera MD5 kontrolne sume, tako da će aplikacija na računaru svaki put dati poruku da primljeni fajl ne odgovara poslatom. Nije podržano ni snimanje fajla na računaru pod istim imenom (preko već postojećeg).

Aplikacija je realizovana sa dve funkcije, serverskom i klijentskom i pripadajućim funkcijama za otvaranje i zatvaranje. Prilikom otvaranja aplikacije traži se slobodan *socket*, izdaje se zahtev za pasivno ili aktivno otvaranje veze i postavlja fleg za signalizaciju da je aplikacija otvorena. Aplikacija je realizovana preko konačnog automata gde stanja odgovaraju trenutnoj fazi veze na aplikativnom nivou. Aplikacija uzima podatke iz prijemnog bafera pridruženog *socket-a* i upisuje u predajni iz koga se kasnije šalju.

5.3. Realizacija korisničkog interfejsa

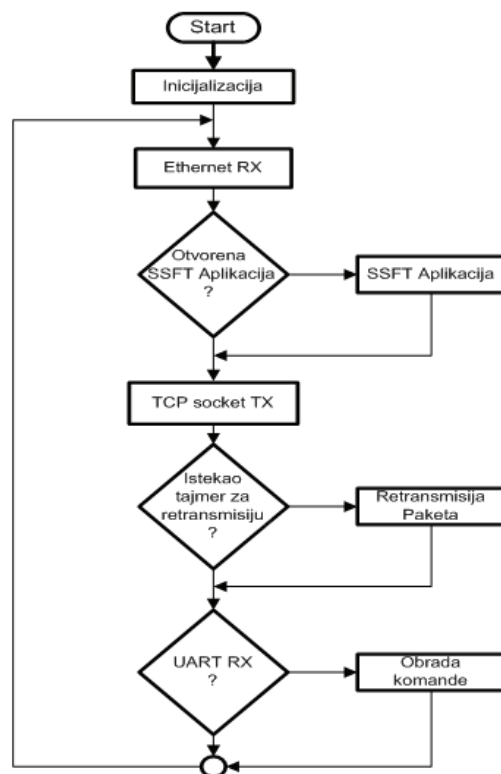
Korisnički interfejs je ostvaren preko serijskog UART0 porta. Korisnik zadaje komande preko serijskog terminala na računaru. Komanda se završava CR ASCII karakterom (*carriage Return* 0x0d). Komandom HELP se izlistava spisak svih raspoloživih komandi i dobija sintaksa i opis za svaku od njih. Neke od dostupnih su komanda za otvaranje i zatvaranje SSFT aplikacije, konfigurisanje TCP/IP parametara, izlistavanje, brisanje i kopiranje fajlova u okviru root direktorijuma USB fleš memorije.

5.4. Glavni program

Uprošćen algoritam glavnog programa prikazan je na slici 4. U okviru inicijalizacija periferija UART0 je podešen na brzinu 57600 bps, tajmer 1 generiše prekid svake 1ms, inicijalizovan je USB i *ethernet* kontroler.

U beskonačnoj petlji prvo se proverava da li je stigao neki paket preko *etherneta* i ukoliko jeste procesuirao se kroz odgovarajuće nivoe TCP/IP steka. Zatim se proverava fleg klijentske i serverske SSFT aplikacije i ukoliko je postavljen ulazi se u tu aplikaciju. Nakon toga se poziva funkcija za slanje na nivou TCP-a koja šalje podatke iz predajnog bafera ukoliko ih ima i/ili potvrdu o prijemu ako je potrebno.

Ukoliko je istekao tajmer za retransmisiju poziva se funkcija za ponovno slanje TCP segmenata i konačno, ako je registrovan prijem preko serijskog porta poziva se funkcija za obradu komande.



Slika 4. Algoritam glavnog programa

6. ZAKLJUČAK

Cilj rada je bio implementacija TCP/IP protokol steka na ARM7 platformi i prenos fajlova putem lokalne mreže ili Interneta. Rad je realizovan u saradnji sa firmom Novatronik d.o.o. iz Novog Sada. Sistem se pokazao kao pouzdan. Ima dosta prostora za nadogradnju i poboljšanja. Potrebno unaprediti postojeća rešenja, omogućiti defragmentaciju datagrama na nivou IP protokola i uključiti opciju selektivne potvrde na TCP nivou i omogućiti više *socket-a*. Potrebno je realizovati i preostale protokole iz TCP/IP skupa, a pre svega UDP i ICMP. Krajnji cilj je realizacija web servera.

7. LITERATURA

- [1] - , *NXP LPC24XX User Manual*, <http://ics.nxp.com/products/lpc2000/lpc24xx/>, jul 2010.
- [2] - , RFC (*Request For Comments*) series, www.rfc-editor.org, jul 2010
- [3] - , *LPC-E2468 Development Board - User Manual*, <http://www.olimex.com/dev/lpc-e2468.html>, jul 2010
- [4] Jeremy Bentham, "TCP/IP Lean Web Servers for Embedded Systems", CMP books, 2002.

Kratka biografija:



Stevan Bogić rođen je u Novom Sadu 1981. god. U Novom Sadu je završio srednju elektrotehničku školu, a 2000. godine upisuje studije elektrotehnike na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu. Diplomski-master iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Mikroracunarska elektronika odbranio je 2010. god.

PROJEKTORI SLIKE

IMAGE PROJECTORS

Marko Krpović, Željen Trpovski, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – Predmet rada su podela, karakteristike, cene, primeri svih vrsta projektora slike. Opisuju se i projektorska platna. Govori se i o mogućim vezama između računara i projektora. Ima reči i o budućnosti ovih uređaja.

Abstract – The aim of this paper is to present properties, of various types of image projectors. Projection screens are described as well. Interface between computer and projector is discussed. Future development of these devices is discussed.

Ključne reči: Projektori slike, Platna projektora, Interakcija projektor-računar

1. UVOD

Projektor slike uopšteno označava uređaj koji se koristi za projekciju slike na odgovarajuću površinu.

Podela: 1. Video projektori (a. CRT projektor, b. DLP projektor, c. LCD projektor, d. LCoS projektor); 2. Svetlosni projektori (a. Filmski projektor, b. Slajd projektor, c. Grafoskop); 3. Ostali (Ručni projektor).

2. PROJEKTORSKO PLATNO

Projektorsko platno je instalacija koja se sastoji od podloge i strukture oslonca, koja se koristi za prikazivanje projektovane slike koju posmatra auditorijum. Sjajnost platna koja se najviše želi zavisi od dosta varijanti.

Postoje različite podele platna navedene u [2], a postoje i posebna platna, koja ne potpadaju pod neku od kategorija (meka platna, platna na naduvavanje (sl.1) i dr.).



Slika 1. Filmsko platno na naduvavanje „AIRSCREEN“

2.1. Dobitak projekcijskog platna

To je mera refleksije svetlosti u poređenju sa platnom obloženim magnezijum-karbonatom ili titanijum-dioksidom, dobitak donosi uspravan ciljan i reflektovan svetlosni zrak na platno. Često navođeni nivoi dobitka različitih materijala su od 0,8 do 2,5, neki proizvođači

NAPOMENA:

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

tvrdi čak i veće vrednosti za njihove proizvode. Veoma visoki nivoi dobitka postižu se jednostavno korišćenjem površine ogledala, postignut je cilj korišćenja platna, iako bi gledaoci onda videli odraz projektora.

2.2. Ostale osobine platna

Obično se koriste četvorougla platna projektora, sa popularnim razmerama širine i visine slike od 1:1, 4:3 i 16:9. Većina svetlosnih izvora dizajnirana je za projektovanje perfektnih pravougaonih slika na ravnom platnu. Ako publika stoji relativno blizu projektora, zakrivljeno platno može biti korišćeno bez vidljivog izobličenja geometrije slike. Jasan kontrast u projektovanoj slici – područje sjajnosti – zavisi od svetlosnog stanja ambijenta, svetlosne snage projektora i dimenzija slike koja se projektuje. Visoko-reflektujuća ravna platna teže korišćenju aktivnih mesta, kada deo platna izgleda mnogo sjajnije od ostatka.

2.3. Siva platna

Relativno noviji pokušaj vidnog poboljšanja kvaliteta slike je uvođenje sivih platna, koja su kvalitetnija kod tamnijih tonova u odnosu na njihove bele kopije. Savremena siva platna su bolje dizajnirana od ranijih, imaju faktor dobitka koji je jednak takvim sjajnim belim platnima, ali su tamnijeg izgleda. Više proizvođača platna naziva svoja siva platna modelima „visokog kontrasta“.

2.4. Selektivno reflektujuća platna

Pojedina platna zahtevaju selektivnu refleksiju ograničenih talasnih dužina svetlosti projektora dok apsorbiraju ostale talasne dužine u optičkom spektru. Prava platna koja selektiraju boju ne mogu se formirati.

2.5. Platno kao optički element

U optimalno konfigurisanom sistemu, površina projekci-onog platna i realne ravne slike su napravljene da se podudaraju. Sa optičke tačke gledišta, platno nije potrebno za formu slike; platna se pre koriste za pravljenje jasno vidljive slike.

3. VIDEO PROJEKTORI

Video (ili digitalni) projektor je uređaj koji prenosi sliku svetlosnim snopom na neku površinu (obično platno ili goli zid). Video projektori koriste veoma sjajnu svetlost za projekciju slike, neki najmoderniji ispravljaju razne nedoslednosti kroz ručno podešavanje. Video projektori su u širokoj upotrebi za razne načine prezentacije.

Vrednost uređaja je određena rezolucijom i sjajnošću. Veličine su obično dimenzionirane linearno, dijagonalno; kod zamračenog stanja prostorije veće slike zahtevaju mnogo više svetlosti (proporcionalno površini slike, umesto dužini stranice).

Osim projektora navedenih u 1. poglavlju u projektorske tehnologije video projektora spadaju i D-ILA JVC-ov direct-drive svetlosni pojačavač slike i LED (dioda koja isijava svetlost) kod niza dioda kao svetlosni izvor, neke zastarele tehnologije i DIY (uradi sam) -video projektori.

3.1. CRT projektor

CRT projektor (pr. sl. 2) je video projektor koji koristi malu visoko-sjajnu katodnu cev (ili cev slike) kao element koji stvara sliku. Slika se usmerava i uvećava na ekranu koristeći sočivo ispred lica katodne cevi. Crveni, zeleni i plavi delovi ulaznog video-signala, prerađuju se i šalju do odgovarajućih katodnih cevi koje od njihovih sočiva, usmeravajući sliku, stvaraju celovitu sliku na ekranu.



Slika 2. Zenith 1200 kućni bioskop baziran na CRT projektoru. Oko 2006.

Prednosti: dugo trajanje sistema; visoki kraj CRT projektor precizno prikazuje slike sve do 1920x1200 sa tačnom reprodukcijom u boji; napredan nivo crnog; rezolucija slike i brzina osvežavanja nisu fiksirane, ali se vrednosti menjaju u okviru nekoliko granica; nema „efekta duge“.

Nedostaci: veliki i teški; iziskuju mnogo vremena za postavljanje i podešavanje; slabije savršeno ANSI osvetljavanje; nizak kraj ili loše podešeni CRT projektori mogu trpeti neslaganje boja.

3.2. DLP projektor

DLP se koristi u DLP prednjim projektorima i DLP televiziji sa pozadinskom projekcijom koja istiskuje odgovarajuću CRT tehnologiju. Ta tehnologija sa pozadinskom projekcijom konkuriše LCD i plazma ravnim panel displejima u HDTV prodavnicama. DLP je takođe jedna od leaderskih tehnologija koja se koristi za digitalne bioskopske projekcije.

U DLP projektorima (npr. sl. 3), slika se kreira pomoću mikroskopski malih ogledala grupisanih u matricu na poluprovodničkom čipu, poznatu kao uređaj sa digitalnim mikroogledalom (DMD). Svako ogledalo prikazuje 1 ili više piksela u projektovanoj slici. Broj ogledala odgovara rezoluciji projektovane slike.



Slika 3. Benq MP515

Postoje 2 osnovne metode pomoću kojih DLP projektorski sistemi kreiraju slike u boji, one koriste singl-čip i tri-čip DLP projektore. Treća metoda, sekvencijalno osvetljenje preko 3 LED diode, i četvrta, laserske boje, su u razvoju i retko se koriste.

DLP projektori koji koriste mehaničko rotiranje diska u boji mogu biti izloženi anomaliji poznatoj kao „efekat duge“: kratki bljeskovi koji se vide kao crvene, plave i

zeleno „senke“ vidljive najčešće kada projektovani sadržaj ima visok kontrast na području kretanja svetlih/belih objekata na pretežno tamnoj/crnoj pozadini.

Glavni svetlosni izvor koji se koristi u TV-ima sa DLP osnovom sa pozadinskom projekcijom ima osnovu u zameni živine pare metalnim halidom elementa lučne lampe (sadrži kvarcnu lučnu cev, reflektor, električni spoj, i ponekad kvarcnu/staklenu zaštitu), dok se u nekim novijim DLP projektorima koriste LED-ovi i laseri.

DLP tehnologija ubrzano uvećava tržište u prodavnicama prednje projekcije i sada drži oko 50% svetskog udela u prednjoj projekciji.

Prednosti: bez džitera; perfektna geometrija i odlično ostvariva linearnost skale sivog; obično veliki ANSI kontrast; nemogućnost izgaranja ekrana; mali „screen-door“ efekat; jeftini; laki i dr. navedene u [2].

Nedostaci: „efekat duge“; nisu tanki; posle zamene sijalice nekoliko puta cena može lako premašiti nabavnu cenu; bučan ventilator; podrhtavanje zvuka; greška difuzije artifakta; povećanje razmere kašnjenja utiče na vreme odziva u video-igramama; redukovano ugao gledanja.

3.3. LCD projektor

LCD projektor (primer na sl. 4) je tip video projektora za prikazivanje videa, slika ili kompjuterskih podataka na ekran ili drugu ravnu površinu. To je moderna analogija slajd projektora ili površinskog projektora.



Slika 4. Samsung L-250WX

Za prikaz slika, LCD projektori tipično šalju svetlost od metal-halidnih svetiljki kroz prizmu da razdvaja svetlost na 3 polisilikonska panela – po jedan za crvene, zelene i plave komponente video-signala. Metal-halidne svetiljke se koriste jer omogućavaju idealnu izlaznu temperaturu i širok spektar boja. Ove svetiljke su u mogućnosti proizvesti i ekstremno visoke vrednosti u malom prostoru (prosek oko 2000-12000 ANSI lm). Najbolji kvalitet slike se postiže korišćenjem čiste bele, sive i crne površine, koja se često koristi u vidu projekcijskog platna.

Projektorska razmera dometa se koristi za instaliranje projektora za kontrolu veličine projektovanog displeja.

Očekuju se različita unapređenja LCD tehnologije na mnogim poljima. 2004. i 2005., LCD prednja projekcija je doživela kam-bek dodavanjem dinamičke duge čime je poboljšan vidljiv kontrast sve do DLP nivoa. Osnovna konstrukcija LCD projektora je često korišćena za DIY projekcijske sisteme.

3.4. LCOS projektor

Tečni kristali na silikonu (LCOS ili LCoS) (sl. 5) je „mikro projektorska“ ili „mikro-displej“ tehnologija koja se tipično primenjuje u televizijskim projekcijama.



Slika 5. Sony VPL-VW100 LCOS projektor

Ovo je reflektujuća tehnologija slična DLP projektorima; ipak, ona koristi tečne kristale umesto pojedinačnih ogledala. Kada poredimo LCD i LCoS tehnologiju, LCD projektori koriste prenosne LCD čipove omogućujući da svetlost prođe kroz tečne kristale, dok u LCoS tečni kristali se koriste direktno na površini silikonskog čipa obloženog aluminijumskim slojem, sa nekoliko vrsta pasiviziranih slojeva, koji su visoko-reflektivni.

LCoS tehnologija po pravilu proizvodi višu rezoluciju i veći kontrast slika od standardnog displeja sa tečnim kristalom i plazma displej tehnologije, što je čini manje skupom za u odgovarajuće uređaje, kao npr. televizore.

LCoS tehnologija ima potencijal da aktivira proizvodnju televizora visoke definicije sa velikim ekranom sa veoma visokim kvalitetom slike relativno niske cene.

Komercijalne implementacije LCoS tehnologije uključuju: SXRD (silikonski x-tal reflektivni displej) i D-ILA (digitalni direct-drive svetlosni pojačavač slike).

Opšte kategorije LCoS displeja su: tri-panel i singl-panel.

4. SVETLOSNI PROJEKTORI

4.1. Filmski projektor

Filmski projektor je optomehanički uređaj za prikazivanje pokretnih slika projektovane na projekcijsku površinu.

Projektori se klasifikuju po dimenziji korišćenog filma - formatu filma. Tipične dimenzije filma: 8 mm, Super 8, 9.5 mm, 16 mm, 35 mm (sl.6), 70 mm. Od 90.-tih 35 mm ispisi sa digitalnim zvučnim trakama opsežno zamenjuju proširenu širinu izdanja skupocenijih 70 mm ispisa.



Slika 6. 35 mm filmski projektor sa zatvorenim tipom kutija sa namotajima, optičke magnetske zvučne glave i ksenonske kućne lampe

Bez obzira na format zvuka, bilo kakav zvuk predstavljen na filmskoj slici neće biti zvuk za partikularne filmske slike. Na ulazu projektorske glave, nema mesta za čitač. Zato, svi optički zvučni formati moraju biti odmaknuti od slike, zato je zvučni čitač obično lociran iznad (za magnetne čitače) ili ispod (za optičke čitače) projektorske glave. Moderni bioskopski sistemi koriste optičke reprezentacije digitalnog kodera višekanalnog zvuka.

3-D (trodimenzionalni) film ili S3D (stereoskopski 3D) film je pokretna slika koja povećava iluziju dubinske percepcije.

4.2. Slajd projektor

Slajd projektor (primer sl. 7) je optomehanički uređaj za gledanje fotografskih slajdova. Ima 4 glavna elementa: električna sijalica užarena do usijanja, koja se hladi pomoću ventilatora ili drugi svetlosni izvor, reflektor i sočivo za usmeravanje direktne svetlosti do slajda, držač za slajd i sočivo za fokusiranje.



Slika 7. Vivitar 5000 AF slajd projektor

Kućni fotografski slajdovi i slajd projektori zamenjuju se jeftinom papirnom štampom, digitalnim kamerama, DVD medijima, video displej monitorima i video projektorima. Zbog toga je takođe sve teže u nekim zemljama naći foto-procesore koji bi procesuirali slajd film. Pojedini proizvođači su prestali sa proizvodnjom slajd projektor. Postoji dosta tipova slajd projektor.

4.3. Grafoskop

Grafoskop (sl. 8) je varijanta projektor koja se koristi za prikazivanje slika za publiku. Grafoskop (ili površinski projektor) se obično sastoji od velike kutije sastavljene od svetiljke koja veoma svetli i ventilatora koji je hladi. Na vrhu kutije je veliko Frenelovo sočivo koje usmerava svetlost. Nad kutijom, obično na dugoj dršci, nalazi se ogledalo i sočivo koje fokusira i preusmerava svetlost napred umesto naviše. Prozirnice su smeštene na vrhu sočiva za prikazivanje.



Slika 8. HORIZON 250 XLS grafoskop

Prvi grafoskop je korišćen za policijsku identifikaciju. Grafoskop se danas polako zamenjuje dokument kamerama, namenskim računarskim projekcijskim sistemima i interaktivnim tablama. Glavni razlog za ovu postepenu zamenu je duboko ukorenjeno korišćenje računarskih tehnologija u modernom društvu i nemogućnost grafoskopa da lako podrži funkcije koje zahtevaju moderni korisnici.

5. OSTALI

5.1. Ručni projektor

Ručni (ili džepni, mobilni, piko) projektor (sl. 9) je tehnologija u nastajanju koja se primenjuje pri korišćenju projektor kao ručnog uređaja. Ručni projektori obuhvataju minijanturni hardver i softver koji projektuju digitalne slike na neku obližnju projekcijsku površinu kao što je zid ili polica za knjige. Važna karakteristika

konstrukcije ručnog projektor je svojstvo projektovanja jasne slike, bez obzira na fizičke karakteristike projekcijske površine.



Slika 9. 3M MPro110 ručni projektor

Značajne prednosti u tehnologiji prikaza slike uzrokuje uvođenje ručnih tipova projektor. Ručni projektori koriste LED LCoS čip, DLP i laser tehnologiju. Aplikacije: pregledavanje slike, igranje igrica, prepoznavanje pokreta ruke.

6. INTERAKCIJA PROJEKTOR-RAČUNAR

6.1. Presentacija bez projektor

Zahvaljujući TiffanyScreens programu (Windows, Mac, Linux) moguće je svima koji slušaju prezentaciju i poseduju računar isporučiti pripremljenu prezentaciju, tako da je prisustvo projektor tada suvišno.

Slušaoци treba da poseduju laptop računare sa WiFi podrškom. TiffanyScreens će putem WiFi VPN-a detektovati sve računare u prostoriji i emitovati im sadržaj prezentacije sa računara predavača. Postupak: predavač-Play dugme; ostali-Watch dugme.

Osim ovog klijent-server koncepta TiffanyScreens dozvoljava korisnicima čak i da međusobno dele ekrane, tj. da zavire na radnu površinu drugih učesnika (ako je TiffanyScreens softver instaliran i kod njih).

6.2. Držanje prezentacije preko mreže

Windows olakšava držanje prezentacije sa bilo kojeg računara. Provera mogućnosti mrežnog rada projektor se vrši preko informacija koje su dobijene uz projektor ili obraćanjem proizvođaču. Pomoću odgovarajućeg čarobnjaka moguće se povezati sa bilo kojim dostupnim mrežnim projektorom putem bežične ili ožičene mreže. To je video projektor koji je povezan sa bežičnom ili žičnom lokalnom mrežom (LAN).

Povezivanje računara sa mrežnim projektorom: čarobnjak-dugme Start; pretraga-termin Povezivanje sa mrežnim projektorom; lista rezultata-stavka Povezivanje sa mrežnim projektorom.

Načini povezivanja sa projektorom: 1. Traženje projektor; 2. Unos mrežne adrese projektor.

Napomena: važna je komunikacija u vezi sa Windows zaštitnim zidom prikazana u [3].

Čarobnjak prikazuje dostupne projektore; ikona kraj svakog projektor: da li ima omogućenu bezbednost ili je neobezbeđen; nakon biranja projektor, unosi se lozinka ako projektor ima omogućenu bezbednost.

Nakon prezentacije (čarobnjak); umanjeње dijaloga Prezentacija na mreži; ikona Prezentacija na mreži-otvaranje dijaloga Prezentacija na mreži: Pauziraj/nastavi; Prekini vezu.

6.3. Povezivanje sa projektorom

Računar se može povezati sa projektorom da bi se prikazala prezentacija na velikom ekranu.

Uputstvo za povezivanje sa projektorom (najčešći način): uveriti se da je projektor uključen; priključiti kabl ekrana iz projektor u video port na računaru; kontrolna tabla-dugme Start; pretraga-termin Projektor; stavka Poveži se sa projektorom; prikaz radne površine: Samo računar, Duplirano, Prošireno, Samo projektor.

Napomena: ova ista procedura se može koristiti za monitor umesto projektor.

6.4. Prenosni interaktivni sistem

Pretvara bilo belu ploču ili ravnu podlogu u interaktivnu površinu. Smešta rukom pisane zabeleške ili crteže na računar. Pri korišćenju sa projektorom pretvara radnu podlogu u digitalnu površinu (sl. 10). Vezom preko Interneta mogu se prikazati prezentacije u realnom vremenu. Jedan od predstavnika je Ekspert Board.



Slike 10. i 11. (levo) Primer primene sistema; (desno) Izgled delova sistema

Uređaj je lagan, kompaktan, jednostavan za korišćenje i instalaciju i bilo koju površinu pretvara u interaktivnu ploču. Prezentacija na ploči - markeri: plavi, crveni, zeleni i crni. Upotreba sa projektorom - interaktivni marker (funkcija digitalnog zapisa i miša), te upravlja aplikacijama, direktno na površini projekcije, npr. MicrosoftOffice aplikacijama, Internet stranicama. Sa piši/briši markerima sve što se piše ili crta na ploči digitalno se smešta u boji i stvarnom vremenu. Izgled delova sistema prikazan je na slici 11.

7. ZAKLJUČAK

Tržište projektor odavno beleži blagi rast, ali su se od 2009., posle dužeg vremena, uočile krupne promene u ponudi tih uređaja. Sem što su cene uređaja sve niže, a to je posledica sve bolje ponude i sve veće tražnje, primetni su i tehnološki pomaci koji su ranije bili prilično skromni. Tržište projektor se ustalilo i sigurno će sledeći period obeležiti još niže cene i bolja ponuda.

8. LITERATURA

[1] Mikro, Decembar 2009.

[2] <http://www.wikipedia.org>

[3] <http://windows.microsoft.com/sr-Latn-CS/windows7>

[4] <http://www.chemina.hr/pdf/ekspertboard.pdf>

Kratka biografija:

Marko Krpović rođen je u Prijepolju 1979. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Televizija i digitalna obrada slike odbranio je 2010. god.



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

PLANIRANJE POKRIVENOSTI ZA 3G MREŽU

PLANNING COVERAGE FOR 3G NETWORKS

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

Kratak sadržaj – U radu je dat kratak pregled WCDMA tehnologije i opisani su analiza i planiranje pokrivenosti za 3G mreže.

Abstract – In this paper short overview of WCDMA technology is given. The analysis and planning coverage for 3G networks is described.

Ključne riječi: WCDMA, pokrivenost 3G mreže.

1. UVOD

Sistemi druge generacije, od kojih je najznačajniji GSM, omogućili su prenos govora ali su po pitanju prenosa podataka ostali jako skromni. Usled toga javlja se potreba za uvođenjem naprednijih sistema kao što je UMTS (Universal Mobile Telecommunications System). Ovaj sistem treće generacije mobilne telefonije je potpuno kompatibilan sa postojećim GSM-om i nudi daleko veće protoke. Samim tim omogućava uvođenje nekih novih servisa kao što su različiti multimedijalni servisi. Potrebna oprema za funkcionisanje 3G mreže se instalira na već postojeće lokacije GSM mreže.

2. WCDMA

Kod sistema treće generacije, kakav je UMTS, air interfejs je zasnovan na WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access). Ova tehnika omogućava servise prenosa većim bitskim brzinama, do 384 kb/s, uz poboljšanje kvaliteta. WCDMA je širokopojasni DS-CDMA (Direct Sequence Code Division Multiple Access) sistem, opseg korisničke informacije se širi u spektru množenjem bita korisničke informacije sa bitima CDMA pseudo slučajne sekvence (zvanim čip) veće učestanosti.

Na ovaj način je moguće podržati veće bitske brzine (do 2 Mb/s) uz upotrebu različitih spreading faktora i multiblokova. Brzina čipa od 3,84 Mb/s dovodi do opsega nosioca od približno 5 MHz, dok je kod klasičnih DS-CDMA sistema opseg nosioca iznosio 1 MHz. Širi opseg nosioca omogućava prenos većim bitskim brzinama.

WCDMA podržava različite brzine prenosa podataka korisnika, tj. prenos se prilagođava različitim potrebama korisnika. Korisnički sadržaj svakog korisnika se smiješta

u vremenske okvire trajanja 10 ms, unutar ovog okvira brzina za jednog korisnika je konstantna. Bitska brzina prenosa podataka jednog korisnika može se mijenjati tokom ostvarene sesije. WCDMA podržava dva osnovna moda funkcionisanja a to su FDD (Frequency Division Duplex) i TDD (Time Division Duplex). Kod FDD moda dva razdvojena opsega od 5 MHz upotrebljeni su za uplink i downlink. Frekvencijsko razdvajanje uplink i downlink nosioca iznosi 190 MHz. Kod TDD moda jedan opseg od 5 MHz se koristi i za uplink i za downlink u različitim vremenskim intervalima.

WCDMA koristi koherentnu detekciju i na uplinku i na downlinku. Kod klasičnih CDMA sistema koherentna detekcija korišćena je samo na downlinku, njeno korišćenje i na uplinku rezultuje ukupnim povećanjem pokrivenosti kao i kapaciteta na uplinku. WCDMA air interfejs je kreiran tako da se mogu uključiti poboljšani CDMA koncepti prijemnika kao što je multiuser detekcija i upotreba smart adaptivnih antena što opet vodi povećanju kapaciteta ili pokrivenosti.

3. PLANIRANJE I ANALIZA POKRIVENOSTI UMTS MREŽE

Kod sistema druge generacije proces planiranja je bio više orijentisan ka planiranju pokrivenosti, dok je težište planiranja mreže treće generacije planiranje interferencije i kapaciteta. Bez obzira na to, u ovom radu ćemo obratiti pažnju upravo na planiranje pokrivenosti UMTS mreže za grad Banja Luku. Takođe ćemo dati proračun dimenzija mreže za tri različita servisa.

Kako bi smo dobili dimenzije prečnika ćelija najprije je potrebno izvršiti proračun radio link budžeta. Pri proračunu radio link budžeta za WCDMA uplink moraju se uzeti u obzir specifični parametri koji nisu bili korišćeni kod GSM sistema. Najvažniji su:

Margina interferencije – koristi se zbog efekta saobraćajnog opterećenja u ćeliji koji utiče na granicu pokrivenosti ćelije. Moguće je ukalkulisati veće saobraćajno opterećenje, ali u tom slučaju se uzima veća margina interferencije, što vodi smanjenju veličine ćelije. Tipične vrijednosti za ovaj parametar su od 1 do 3 dB, pri opterećenju ćelije od 20% - 50%.

Margina brzog fedinga – ovaj parametar je neophodan da bi se uzela u obzir dodatna rezerva snage kod predajnika mobilnog terminala kako bi se održala petlja brze kontrole snage. Ovo je naročito izraženo kod sporo pokretnih korisnika, gdje samo brza kontrola snage može kompenzovati brzi feding. Tipične vrijednosti za ovaj parametar su od 2 do 5 dB.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog master rada čiji mentor je bio dr Željko Trpovski, vanr.prof.

Dobitak „soft handovera“ – upotreba soft handovera utiče na smanjenje vrijednosti margine sporog fedinga. Razlog je taj što je spori feding djelimično nekorelisan između baznih stanica te mobilni terminal selektuje baznu stanicu sa boljim uslovima. Soft handoverom dobijamo dodatni dobitak koji se ogleda u smanjenju zahtjevanog odnosa signal-šum po jednom radio linku. Za vrijednost ovog parametra se obično usvaja 2 do 3 dB.

Na osnovu ovih i mnogih drugih parametara vrši se proračun radio link budžeta. Kasnije pomoću rezultata, koji predstavlja maksimalne dozvoljene gubitke propagacije, računa se prečnik ćelije.

Kod 3G mreže pokrivenost zavisi i od opterećenja na air interfejsu, kako za uplink tako i za downlink. Izraz po kome se računa faktor opterećenja na uplinku je:

$$\eta_{UL} = (1+i) \sum_{j=1}^N \frac{1}{1 + \frac{W}{(Eb/No)R_j v_j}} \quad (1.)$$

Gdje je:

i – odnos interferencije sa susjednih ćelija i interferencije u vlastitoj ćeliji,

W – brzina čipa,

Eb/No – energija signala jednog bita podijeljena sa šumom spektralnog zagušenja,

R_j – bitska brzina korisnika j ,

v_j – faktor aktivnosti korisnika j na fizičkom sloju.

Izraz za downlink faktor opterećenja je jako sličan:

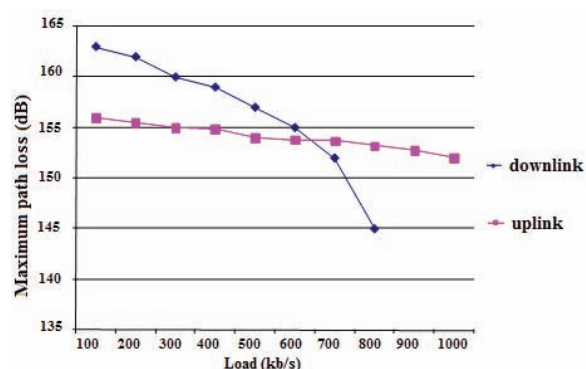
$$\eta_{DL} = \sum_{j=1}^N v_j \cdot \frac{(Eb/No)}{W/R_j} \cdot [(1-\alpha_j) + i_j] \quad (2.)$$

Parametar i_j označava odnos interferencije sa drugih ćelija i interferencije u vlastitoj ćeliji mjerena na prijemniku korisnika j , ovaj parametar zavisi od položaja mobilne stanice i različit je za svako j . α_j predstavlja ortogonalnost kanala korisnika j , pošto se na *downlinku* za razdvajanje korisnika koriste ortogonalni kodovi.

I na *uplinku* i na *downlinku* opterećenje na air interfejsu utiče na pokrivenost, ali ovi efekti nisu potpuno isti. Maksimalni gubici prostiranja, tj. pokrivenost u funkciji opterećenja prikazani su na slici 1. i za uplink i za downlink. Usvojena je standardna lokacija sa 3 sektora i protoci su prikazani po sektoru i po 5 MHz nosiocu. *Uplink* je izračunat za 144 kb/s protok prenosa podataka i za link budžet izračunat za ovaj servis. Usvojena je vrijednost od 0,65 za odnos interferencije sa drugih ćelija i interferencije u vlastitoj ćeliji. Za *downlink* usvajaju se vrijednosti ortogonalnosti od 0,6 i zahtijevani Eb/No od 5,5 dB, dajući pol kapacitet pri 820 kb/ćeliji. Pol kapaciteta se dostiže kad porast šuma u odnosu na termički šum teži beskonačnosti.

Downlink pokrivenost zavisi više od opterećenja nego *uplink* pokrivenost, što se može uočiti na slici 1. Razlog je taj što je *downlink* maksimalna snaga uvijek ista, bez obzira na broj korisnika i razdijeljena je između *downlink* korisnika, dok za *uplink* svaki korisnik ima svoj pojačavač snage. Zbog toga, čak i pri niskom opterećenju

na *downlinku*, pokrivenost se smanjuje u funkciji broja korisnika.



Slika 1. Primjer zavisnosti pokrivenosti i kapaciteta u odnosu na downlink i uplink u makroćelijama

4. POKRIVENOST GRADA BANJA LUKE 3G MREŽOM

Pri planiranju kapaciteta i pokrivenosti WCDMA mreže za grad Banja Luku korišćen je radio *planning tool Enterprise*, proizvođača Aircom, Velika Britanija. Propagacioni model, pogodan za opseg od 2 GHz, koji je u ovom slučaju upotrijebljen je COST Hata model :

$$L_{urban} = 46,3 + 33,9 \cdot \log f - 13,82 \cdot \log h_{BS} - d(h_{MS}) - c + [44,9 - 6,55 \cdot \log h_{BS}] \cdot \log d \quad (3.)$$

$$d(h_{MS}) = (1,1 \cdot \log f - 0,7) \cdot h_{MS} - (1,56 \cdot \log f - 0,8) \quad (4.)$$

gdje je:

f – frekvencija signala data u MHz,

h_{BS} – visina antene bazne stanice,

h_{MS} – visina antene mobilne stanice,

d – udaljenost između antene bazne stanice i mobilne stanice,

c – faktor korekcije.

Vrijednost faktora c za gusto naseljena mjesta, kakav je slučaj za Banja Luku iznosi $c = -3$.

Razmatran je slučaj ostvarivanja pokrivenosti mreže treće generacije gradskog jezgra Banja Luke, upotrebom postojećih GSM lokacija, na kojima bi se u iste prostorije sa GSM opremom smjestila i oprema za mrežu treće generacije. Strategija uvođenja je da se prvo u području visoke gustine saobraćaja kakav je centar grada mogu koristiti servisi treće generacije, i da se omogući *handover* 3G-2G i obrnuto kako bi se obezbijedila kontinualnost servisa koji su kompatibilni sa GSM (govor, prenos podataka manjim bitskim brzinama i sl.)

Pri proračunu radio link budžeta za servis prenosa govora 12,2 kb/s, pokretnog korisnika koji se nalazi u vozilu korišćene su sledeće pretpostavke. Ukalkulisano je 8 dB

slabljenja usled prodiranja signala u vozilo. U ovom slučaju se ne uzima u obzir margina brzog *fedinga* jer pri brzini od 120 km/h brza kontrola snage nije u stanju kompenzovati brzi *feding*. Za spore mobilne terminale odnos E_b/N_0 je nizak ali se u proračunu link budžeta uračunava margina brzog *fedinga*. Proračun link budžeta za slučaj servis prenos podataka van realnog vremena 384 kb/s, rađen je za korisnika koji se nalazi na otvorenom prostoru.

Tabela 1. Podaci o lokacijama mreže treće generacije

Lokacija Sektor	Ime lokacije koordinate	Usmjerenje antene	Visina antene	Tip antene
UMTS00 1-1	BL_BANSKI_DVOR	15°	16.00	K 742 212
UMTS00 1-2	17 11'33.6"	120°	19.00	K 742 212
UMTS00 1-3	44 46'22.7"	240°	18.00	K 742 212
UMTS00 2-1	BL_HIGHBUILDING	15°	40.00	K 742 212
UMTS0 02-2	17 11'22.9"	120°	40.00	K 742 212
UMTS00 2-3	44 46'16.2"	240°	40.00	K 742 212
UMTS00 3-1	BL_TKC	15°	30.00	K 742 212
UMTS0 03-2	17 12'05.2 "	120°	30.00	K 742 212
UMTS00 3-3	44 46'40.4"	240°	30.00	K 742 212

Iskorišćene su tri lokacije sa sektorskim antenama kao što je dato u tabeli 1, sve ćelije u mreži koriste istu frekvenciju f_1 . Upotrebene antene tipa K 742 212 su usmjerene panel antene sa ukrštenom polarizacijom (+45/-45) u opsegu 1710-2170 MHz, dobitka antene 17,7 dBi, usmjerenosti zračenja od 65°, podešljivim električnim nagibom u opsegu od 0° do 8°.

Na slikama 2, 3, 4 prikazane su indoor pokrivenosti zavisno od upotrijebljenih servisa: servis govora 12,2 kb/s, servis prenosa podataka 144 kb/s i servis prenosa podataka 384 kb/s. Za gubitke usled prodiranja signala u zgradu je usvojena vrijednost od 15 dB. Usvojena vrijednost za marginu interferencije je 3 dB što odgovara opterećenju ćelija do 50 %. Pri podešavanju alata za radio planiranje korišćeni su parametri koji su bili upotrebljeni i u proračunu radio link budžeta. Ovi parametri bi trebali biti dobijeni kao rezultat stvarnog mjerenja na trenu. Dobijeni su prečnici ćelije za pojedine servise kao u tabeli 2.

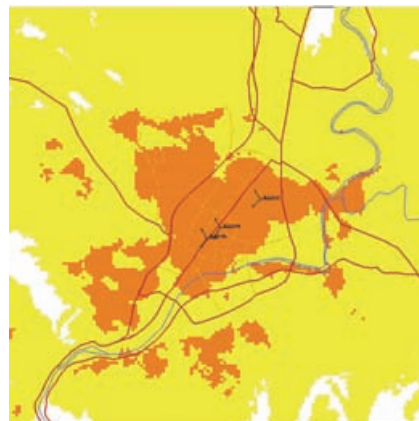
Tabela 2. Prečnik i površina ćelije u zavisnosti od servisa

Servis	Govor 12,2 kb/s	Prenos podataka 144 kb/s	Prenos podataka 384 kb/s
Prečnik ćelije	1,6 km	0,9 km	0,6 km
Površina ćelije	4,99 km ²	1,58 km ²	4,99 km ²
Površina mreže	44,92 km ²	14,21 km ²	6,32 km ²

Vrijednosti za prečnik ćelije dobijena je na osnovu softvera za radio planiranje, a površina ćelije je izračunata na osnovu:

$$S = k r^2, \quad (5.)$$

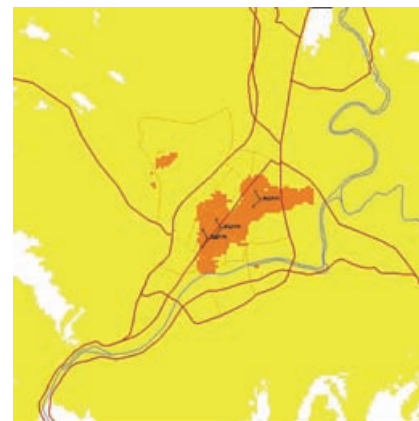
gdje je $k = 1,95$ za slučaj trosektorske konfiguracije lokacije baznih stanica, a r je prečnik ćelije za određeni servis.



Slika 2. Pokrivenost grada Banja Luka za servis prenosa govora 12,2 kb/s



Slika 3. Pokrivenost grada Banja Luka za slučaj servisa prenosa podataka 144 kb/s



Slika 4. Pokrivenost grada Banja Luka za slučaj servisa prenosa podataka 384 kb/s

Na lokacijama su upotrebljene trosektorske bazne stanice konfiguracije 1/1/1 (broj frekvencija po ćeliji), što predstavlja mrežu od 9 ćelija, te je prikazana površina mreže računata za 9 ćelija.

Uz definisane saobraćajne zahtjeve, procijenjen je i broj korisnika ovakve mreže, što je dato u tabeli 3. *Soft handover*, brza kontrola snage i ostali metodi upravljanja radio resursima predviđeni su u ovom razmatranju. Bazne stanice vezane su na jedan *Radio Network Controller*.

Tabela 6. Broj korisnika mreže uz definisane saobraćajne zahtjeve

Servis	Govor 12,2 kb/s	Prenos podataka 144 kb/s	Prenos podataka 384 kb/s
Očekivani saobraćaj po korisniku	45 mErl	2,2 mErl / 0,3 kbps/h	2,2 mErl / 0,8 kbps/h
Broj simultanih korisnika u ćeliji	19	1	0,5
Zagušenje	2%	2%	2%
Vrijeme čekanja na servis	0 s	5 s	5 s
Prosječna dužina trajanja poziva	162 s	7,92 s	7,92 s
Vjerovatnoća pokrivenosti ćelije	98%	90%	90%
Broj korisnika servisa	12 091	636	318

5. ZAKLJUČAK

U predhodnom razmatranju dat je primjer izrade nominalnog ćelijskog plana UMTS mreže za početnu fazu UMTS mreže *Telekom Srpske-m:tel* koja će obezbijediti UMTS servis u gradskom jezgru Banja Luke. U daljim fazama bi se vršila kapacitetna proširenja, kao i proširenja pokrivenosti. Iz prikazanih dijagrama pokrivenosti uočava se da servisi prenosa podataka većim bitskim brzinama imaju strožije zahtjeve i da su ćelije u ovim slučajevima znatno manje nego u slučaju servisa govora, a takođe i broj korisnika koji se mogu opslužiti u ćeliji je manji. Da bi se opslužio veći broj korisnika servisima prenosa podataka većim bitskim brzinama potreban je veći broj lokacija.

6. LITERATURA

- [1] Milan M. Šunjevarić, *Osnovi radiokomunikacija sa radiotehnikom*, Studio line Beograd, 2004.
- [2] Holma H. i Toskala A. , *WCDMA for UMTS, Radio Access For Third Generation Mobile Communications*, Nokia Finland, 2000.
- [3] Wacker A., Laiho J. i Terava K. , *WCDMA Radio Network Planning*, 2001.
- [4] *Podaci Službe za radio planiranje i optimizaciju*, Telekom Srpske-m:tel.

Kratka biografija:



Dražen Stanić rođen je u Derventi 1985. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti elektrotehnike i računarstva – Telekomunikacioni sistemi i signali odbranio je 2010. god.

PRIMJENA POSTUPAKA ZA PREPOZNAVANJE LICA NA TERMALNOJ SLICI APPLICATION OF FACE RECOGNITION PROCEDURE ON THERMAL IMAGES

Milan Lukić, Željens Trpovski, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – Ovaj rad predstavlja studiju o primjeni termalne slike lica u postupku prepoznavanja lica. Kroz primjenu jednog od postupaka za obradu slike i prepoznavanje objekata u njoj, prikazane su osobine i prednosti termalne slike lica kao biometrijskog podatka za jednoznačno predstavljanje određene osobe.

Abstract – This paper presents a study on the application of thermal facial image in the process of face recognition. Through the application of one of the procedures for image processing and recognition of objects in it, the features and advantages of thermal facial image as a biometric data for unambiguous representation of a person are shown.

Ključne riječi: Termalna slika lica, Prepoznavanje lica, Obrada slike

1. UVOD

Prepoznavanje lica kao oblast razvijano je tokom više od 30 godina. Ono i dalje predstavlja oblast sa ubrzanim rastom zbog sve većih potreba u komercijalnim, bezbjednosnim i aplikacijama za sprovođenje zakona. Iako su sistemi za prepoznavanje lica značajno uznapredovali, prepoznavanje lica i dalje ostaje izazov zbog velikih varijacija u slikama lica.

Performanse sistema za prepoznavanje lica značajno variraju u skladu sa okruženjem u kom je slika lica preuzeta i po tome kako su definisani parametri preuzimanja. Prepoznavanje samo na osnovu vizuelnog spektra ostaje ograničeno u nekontrolisanim operativnim okruženjima kao što su otvoreni prostor i u uslovima slabe osvijetljenosti. Vizuelno prepoznavanje lica takođe ima teškoće u otkrivanju prikrivenog, tj. maskiranog lica, što je ključno za vrhunske bezbednosne aplikacije.

Termalni infracrveni (IR) spektar obuhvata srednje infracrvene talase (MWIR) (3-5 μ m), i duge infracrvene talase (LWIR) (8-12 μ m), koji su svi duži od vidljivog spektra (0,4-0,7 μ m). Termalno snimanje nezavisno je od ambijentalne rasvjete pošto termalni IC senzori mjere samo toplotu koju emituju predmeti. Korišćenje termalne slike ima velike prednosti u uslovima slabog osvijetljenja, gdje su sistemi vizuelnog prepoznavanja lica često neupotrebljivi [1].

2. UPOTREBA TRANSFORMACIJE TRAGA U PREPOZNAVANJU LICA

Transformacija traga [2], predstavlja uopštenu Radonovu transformaciju i njena upotreba u prepoznavanju lica

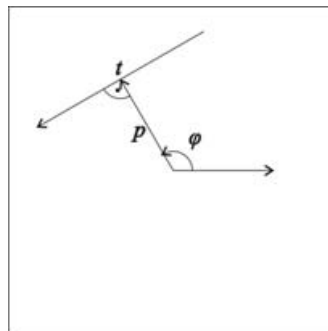
NAPOMENA:

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

manje je obrađivana od ostalih (poznatijih) transformacija, tj. algoritama. Ova transformacija predstavljena je jednačinom 1:

$$g(\varphi, p) = T(F(\varphi, p, t)) \quad (1)$$

U jednačini (1) $F(\varphi, p, t)$ je predstava originalne slike u koordinatnom sistemu sa promjenljivama φ , p i t koje predstavljaju ugao, udaljenost od centralne tačke (piksela) slike i poziciju tačke na posmatranom pravcu (tragu), respektivno, što se vidi na slici 1.



Slika 1. Izgled koordinatnog sistema

Transformacija traga predstavljena je funkcijom dviju promjenljivih $g(\varphi, p)$, dobijenu funkcionalnim preslikavanjem T nad slikom $F(\varphi, p, t)$. Funkcionalno preslikavanje T može da bude usrednjavanje, medijana, i sl., koje se vrši nad originalnom slikom po promjenljivoj t , koja nestaje nakon ovog postupka. U našem slučaju korišćeno je usrednjavanje.

Korišćena baza i njena priprema

Kao baza za ispitivanje upotrebljivosti i praktičnosti postupaka prepoznavanja zasnovanih na transformaciji traga, korišćena je baza termalnih slika lica prikupljena na Fakultetu Tehničkih Nauka u Novom Sadu. Nad ovim slikama, ručnim putem, izvršene su određene pripreme, a koje se tiču rezolucije (horizontalne i vertikalne), isjecanja regiona od interesa (lice i vrat), kao i ranije podešavanje temperaturnog opsega.

Za termalno snimanje korišćena je termalna kamera FLIR SC-620 [3].

2.1.1. Podešavanje temperaturnog opsega slike lica

Podešavanje temperaturnog opsega slike lica rađeno je pomoću programa za analizu i obradu termalnih slika **Flir QuickReport 1.2** prikazanog na slici 2.

Zbog potrebe da se u prvi plan istakne region lica i da se neutrališe pozadina, temperaturni opseg podešen je tako da budu prikazani samo dijelovi slike čija se temperatura

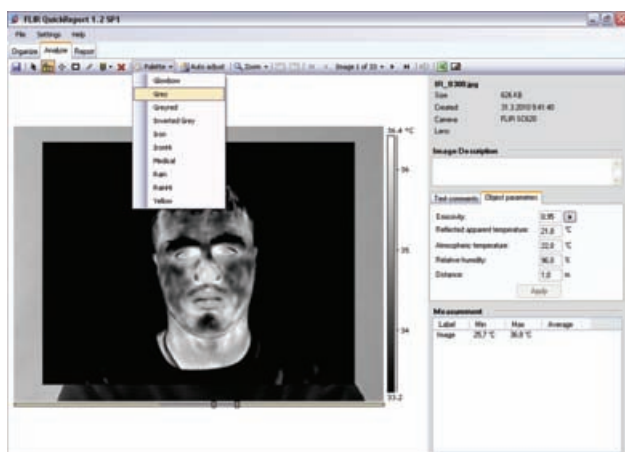
nalazi između 33,2°C i 36,4°C, što je prikazano na slici 2. Ovim se pozadina automatski eliminiše pošto je njena temperatura daleko ispod ovih vrijednosti (približno sobnoj, u ovom slučaju oko 26°C). Takođe, ovako se umanjuje uticaj dijela tijela koje je ispod odjeće. Pored podešenog temperaturnog opsega, paleta boja na slici promijenjena je u *gray* (siva monohromatska, odn. *grayscale*).

2.1.2. Podešavanje rezolucije slike

Kako bi smanjili veličinu slika, odnosno riješili se dijela pozadine koji ne nosi nikakvu informaciju (potpuno je crn), slike, sa prethodno podešenim temperaturnim opsegom, isječene su (crop) na rezoluciju od 240 x 480 piksela, čime je ostavljeno dovoljno prostora za dalju manipulaciju nad njima. Primjer za ovo pokazan je na slici 3.

2.1.3. Kreiranje baze matrica transformacije

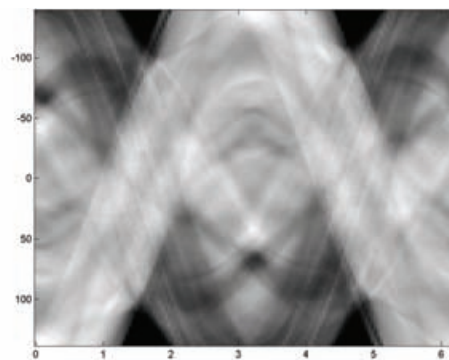
Za potrebe realizacije transformacije traga, korišćen je Matlab modul *TraceTransform.m*. [4]. Ovaj modul predstavlja Matlab funkciju čiji je ulazni argument slika nad kojom radimo transformaciju, a na izlazu daje promjenljivu *RI* koja predstavlja matricu transformacije. Dimenzije ove matrice su 180 x 140 piksela. Svaka promjenljiva *RI* sačuvana je u matičnom obliku *RI.mat* uz originalnu sliku lica u odgovarajućem direktorijumu. Grafička predstava ove matrice data je na slici 4.



Slika 2. Podešen temperaturni opseg slike



Slika 3. Slika lica rezolucije 240 x 480



Slika 4. Grafička predstava matrice transformacije traga

2.2. Postupak poređenja

Nakon izvršenog procesa kreiranja baze podataka, vrši se poređenje slika transformacije, odn. matrica transformacije traga. Ideja je da se termalne slike lica dviju osoba porede tako što se vrši oduzimanje matrica transformacije traga i analiza rezultata te razlike usvajanjem određenog praga.

Poređenje se vrši na slijedeći način:

- matrice transformacija dvaju slika oduzimaju se element po element,
- vrši se sumiranje novodobijene matrice razlike po vrstama i kolonama, pri čemu se uzima apsolutna vrijednost svakog elementa, dok se ne dobije ukupna vrijednost razlike u jednoj skalarnoj promjenljivoj.

2.2.1. Problem rotacije slike

Jedna od najvažnijih osobina transformacije traga je invarijantnost na rotaciju ulazne slike [2]. Drugim riječima, transformacija traga ne mijenja se ako je primjenimo na istu ulaznu sliku koja je u međuvremenu rotirana. Naravno, treba imati u vidu da se svaka rotacija ulazne slike odražava kao aksijalno pomjeranje slike transformacije duž *x* – ose.

Imajući u vidu prethodno navedenu osobinu transformacije, ovo poređenje potrebno je izvršiti tako da se poništi uticaj aksijalnog pomjeranja slike transformacije. Ovaj problem riješen je kroz slijedeće korake:

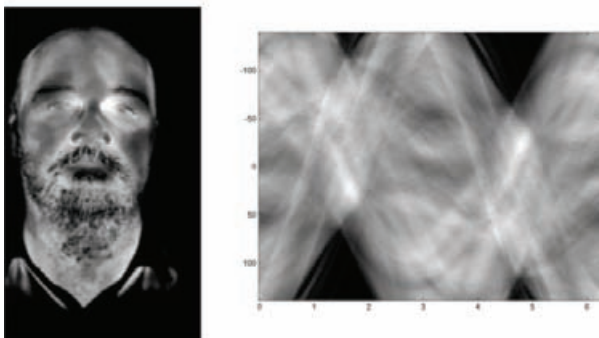
1. Učitava se matrica transformacije prve slike,
2. Učitava se matrica transformacije druge slike,
3. Vršimo poređenje postupkom računanja ukupne razlike koju čuvamo u posebnoj promjenljivoj,
4. Prvu kolonu druge matrice stavljamo iza njene zadnje kolone (ciklična rotacija u lijevo),
5. Ponovo vršimo poređenje matrica i ako se pojavi manja vrijednost razlike nju postavljamo kao vrijednost za dalje poređenje,
6. Korake 4. i 5. ponavljamo dok prvu polovinu kolona matrice transformacije ne postavimo iza zadnje kolone,
7. Isti postupak ponavljamo za cikličnu rotaciju matrice u desno
8. U promjenljivoj koja pamti razliku sada se nalazi najmanja moguća vrijednost ukupne razlike matrica transformacije.

2.2.2. Problem translacije

Drugi problem koji se javlja prilikom rotacije izvorne slike lica je taj da je transformacija traga invarijantna samo ako je izvorna slika centrirana, odn. ako je lice na slici centrirano i ako je uklonjen višak pozadine. Ako ovaj uslov nije ispunjen, matrica transformacije postaje vidljivo izobličena u odnosu na matricu transformacije iste slike koja je centrirana (slika 5).

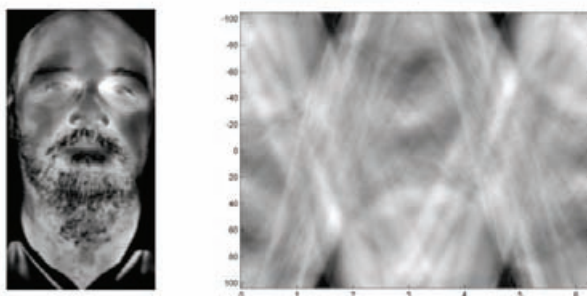
Imajući u vidu da je vrijednost jednog piksela slike u opsegu 0 – 255, problem riješavamo na slijedeći način:

1. Nad prvom kolonom matrice koja predstavlja sliku vrši sumiranje (sabira vrijednosti svih piksela u toj koloni).
2. Dobijenu vrijednost poredi sa unaprijed utvrđenim pragom (ovdje je korišćena vrijednost 2000).
3. Ako je suma vrijednosti piksela prve kolone manja od vrijednosti praga, kolona biva uklonjena iz slike.
4. Sada druga kolona slike postaje prva i prethodna tri koraka ponavljaju se nad njom na isti način. Proces uklanjanja kolona odvija se dokle god ne nađemo na kolonu čija je vrijednost sume piksela iznad praga.
5. Isti postupak ponavlja se za posljednju kolonu slike, zatim za pretposljednju itd. čime se dobija slika centrirana po horizontali.
6. Sličan postupak vrši se po vrstama slike sa gornje i donje strane i postiže se centriranje slike po vertikali.



Slika 5. Uticaj translacije u slici na sliku transformacije

Navedeni postupak sliku centrirava i uklanja se loš efekat koji donosi translacija lica u slici, a što može da se vidi na slici 6.

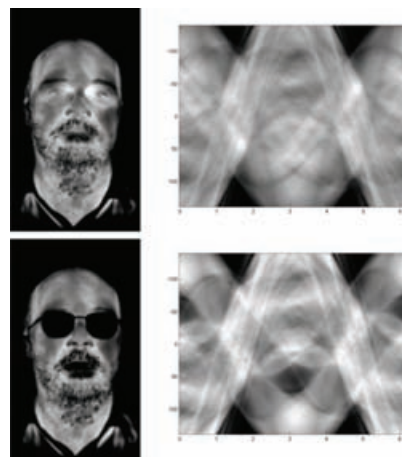


Slika 6. Izgled termalne slike lica nakon centriranja sa odgovarajućim slikama transformacija

2.2.3. Problem naočara

Staklo ne propušta svjetlost iz infracrvenog spektra. Zbog ove osobine infracrvenih zraka termalna slika lica osobe koja nosi naočare napravljene od stakla ima izgled kao da

je snimljena osoba nosila naočare za Sunce. Ovo se najbolje vidi na primjeru iste osobe koja na jednoj slici nosi, a na drugoj ne nosi naočare (slika 7).



Slika 7. Izgled termalne slike lica bez naočara (gore) i sa naočarima (dole) i odgovarajućih slika transformacija

Kao što se vidi, postoji određena razlika slika transformacije za ova dva slučaja. Ova razlika utiče na proces poređenja pa je potrebno umanjiti njen uticaj.

Ideja za rješenje ovog problema je u pravljenju maske koja bi izolovala region u slici transformacije koji odgovara naočarima. Korisna informacija u slici transformacije ovako je umanjena za slučaj da osoba ne nosi naočare, ali je loš uticaj koje naočare unose potpuno isključen.

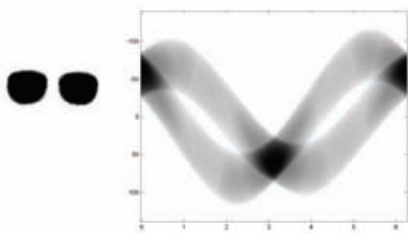
Za kreiranje maske polazi se od slike transformacije traga samo za region naočara bez ostatka slike, što je pokazano na slici 8. Sa slike se jasno vidi na koji dio slike transformacije naočare vrše uticaj.

Da bi maskiranje slike transformacije bilo efikasno za sve vrste naočara, odn. veličine, drugi korak u ovom postupku je napraviti masku dovoljno veliku da izoluje region naočara, ali dovoljno malu da ne izoluje previše slike i naruši kvalitet poređenja. Za ovu masku izvršena je transformacija traga nad slikom dva crna kruga na bijeloj pozadini koja su postavljeni da oponašaju dva okvira naočara. Rezultat ove transformacije može se vidjeti na slici 9.

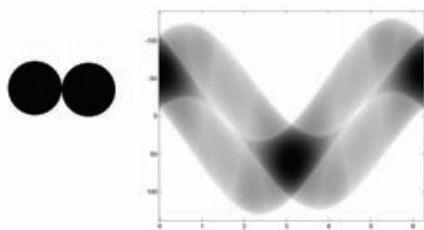
Zatim, na slici transformacije, region koji pripada naočarima obojen je u crno (vrijednosti slike postavljene su na nulu), a ostatak je ostavljen u bijeloj boji (vrijednost 255) (slika 10). Ovakva slika, prilikom učitavanja u Matlab, prevedena je u matrični oblik pri čemu je crna boja predstavljena nultim vrijednostima, a bijela jediničnim.

Ovu masku koristimo tako što se u toku poređenja slika transformacije (postupak opisan u 2.2.1.), pri svakom cikličnom pomjeranju matrice transformacije jedne slike vrši njeno množenje sa maskom (množenje element po element, ne klasično množenje matrica), a drugu matricu transformacije, nad kojom se ne vrši ciklično pomjeranje, množimo samo jednom.

Pri ovakvom poređenju, region, odnosno trag koji ostavljaju naočare potpuno je izolovan i poništava se njihov uticaj na ukupnu razliku koja pokazuje da li slika pripada određenoj osobi.



Slika 8. Izolovana slika naočara i njena transformacija



Slika 9. Maska u obliku krugova i njena transformacija



Slika 10. Izgled maske

3. REZULTATI

Od 11 osoba čije su slike korišćene za bazu, jedna osoba snimljena je dva puta, jednom sa naočarima, a jednom bez. U pitanju su slike 8 i 9. Poređenjem opisanim u 2.2. dobijeni su slijedeći rezultati.

1. Unakrsnim poređenjem transformacija originalnih slika nad kojima nije vršena translacija i rotacija, bez primjene maske regiona naočara, javila se jedna greška na poređenih 11 osoba (crveno polje), tj. 55 poređenja, što je prikazano u tabeli 1. Ovo je posljedica nošenja naočara osobe 8.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0										
2	x	0									
3	x	x	0								
4	x	x	x	0							
5	x	x	x	x	0						
6	x	x	x	x	x	0					
7	x	x	x	x	x	x	0				
8	x	x	x	x	x	x	x	0			
9	x	x	x	x	x	x	x	x	0		
10	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	
11	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0

Tabela 1. Unakrsno poređenje za originalne slike

Zelena polja sa nultom vrijednošću predstavljaju poređenja istih slika istih osoba, dok se plava odnose na poređenja različitih osoba.

2. Nakon primjene maske regiona naočara na slike pod 1. nije bilo grešaka u poređenju.

3. Poređenjem originalnih slika sa istim slikama nad kojima je izvršena rotacija i translacija, bez centriranja slike lica, javilo se 7 grešaka za 121 poređenje (poređenje je vršeno u oba smjera).

4. Centriranjem slika iz 3. broj grešaka umanjen je na 4.

5. Upotrebom maske regiona naočara nad slikama iz 4. nestale su greške u poređenju

4. ZAKLJUČAK

U ovom radu primjenjen je postupak za prepoznavanje lica zasnovan na transformaciji traga.

Na osnovu izvedenog istraživanja, došlo se do zaključka da je termalna slika lica, ne samo upotrebljiv, nego čak i veoma značajan biometrijski podatak koji opisuje jednu osobu, odn. nosi informaciju o njenom identitetu. Pokazane su značajne karakteristike termalne slike kao što su invarijantnost na uslove osvjetljenja i lako izdvajanje lica iz pozadine kao posljedica karakteristične temperature ljudskog tijela.

Ovaj rad predstavlja polaznu osnovu za dalje istraživanje i razvoj primjene termalne slike lica u identifikaciji osoba i detekciji lica. Iako je korišćena baza slika relativno mala, pokazani su konkretni rezultati. Proširivanjem navedene baze slika i usavršavanjem algoritama za prepoznavanje, izdvajanje i normalizaciju slike, moguće je postići daleko bolje rezultate. Imajući ovo u vidu, nadamo se da će ovaj rad biti od koristi svakom ko se na bilo koji način posveti problemu prepoznavanja lica u slici, i uopšte obradi termalnih slika.

4. LITERATURA

- [1] Jingu Heo: Face Recognition Techniques: A Comparative Study; (Project in Lieu of Thesis for Master's Degree The University of Tennessee, Knoxville, October 2003)
- [2] Sanun Srisuk, Kongnat Ratanarangsank, Werasak Kurutach and Sahatsawat Waraklang: Face Recognition using a New Texture Representation of Face Images (Mahanakorn University of Technology, Bangkok, 2003.)
- [3] Flir Systems: SC620 product datasheet (2008.)
- [4] Joshua Stough: Exploring the Radon and Trace Transforms (COMP 255, Gerig, December 9, 2003.)

Kratka biografija:



Milan Lukić rođen je u Bijeljini 1981. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Televizija i digitalna obrada slike odbranio je 2010.god.



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

HDMI – INTERFEJS VISOKE REZOLUCIJE**HDMI – HIGH DEFINITION MULTIMEDIA INTERFACE**Mirko Hajduk, Željen Trpovski, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U ovom radu prikazan je kratak istorijat povezivanja uređaja preko različitih interfejsa. Prikazano je kako i zašto dolazi do razvoja HDMI interfejsa. Date su neke opšte osobine HDMI interfejsa, tip kodovanja, prenos, zaštita sadržaja.

Abstract – This paper presents informations about HDMI interface. In this paper is shown brief history of connecting devices. Then follows reasons why HDMI interface was developed, characteristics, type of coding, stream transmission, content protection.

Ključne reči: HDMI, interfejs visoke rezolucije

1. UVOD

Razvojem tehnologije i raznih standarda, dolazi do problema prilikom povezivanja raznih uređaja. Zbog nekompatibilnosti standarda međusobno, upotrebljava se veći broj kablova za povezivanje, tako da možemo videti da su uređaji povezani „šumom” kablova. To se može ilustrovati ako posmatramo povezivanje DVD uređaja sa TV aparatom, gde imamo jedan kabl ali tri priključka sa strane DVD uređaja i tri priključka sa strane TV aparata. Ako posmatramo konkretno povezivanje, nije komplikovano, ali ako se posmatraju veći sistemi, tu itekako dolazi do nezgodnih situacija zbog velikog broja kablova. Da bi se ovo izbeglo, u aprilu 2002. god, dolazi do udruživanja Hitachi, Matsushita Electric Industrial (Panasonic/National/ Quasar), Philips, Silicon Image, Sony, Thomson (RCA), Toshiba, sa ciljem formiranja standarda koji će omogućiti povezivanje uređaja sa što manjim brojem kablova i potrebnih priključaka. Pomoću standarda treba da se prenosi video i audio signal u digitalnom obliku. Naziv ovog standarda jeste HDMI (High Definition Multimedia Interface), Multimedijalni interfejs visoke rezolucije. HDMI standard podržavaju filmska studija: Fox, Universal, Warner Bros. i Disney, zajedno sa provajderima TV signala: DirecTV, EchoStar (Dish Network), i CableLabs, a takođe ovaj standard podržavaju i proizvođači elektronskih uređaja kao što su LG, SONY, AMD, Intel, Nvidia...

Prednost ovog standarda jeste to što je potreban jedan kabl i jedan priključak za povezivanje bilo koja dva uređaja koja podržavaju HDMI konekciju. Time se postiže značajna ušteda, a takođe smo smanjili mogućnost pogrešnog povezivanja uređaja, jer smo upotrebili jedan priključak.

NAPOMENA:

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

Prvi uređaj sa HDMI priključkom pojavio se u jesen 2003. god, a od tada je prodan veliki broj uređaja koji podržavaju HDMI. Primera radi, u 2004. god prodano je oko 5 miliona uređaja.

2. ISTORIJAT POVEZIVANJA

Sve do nedavno, većina uređaja za audio – video zabavu, kao što su DVD plejeri, risiveri i TV aparati bili su ograničeni na analognu konekciju. Da stvar bude još složenija, audio konektori, iako su prešli na digitalni format, odvojeni su od videa. Kao rezultat, postizanje visoko kvalitetnog audio – video ugođaja gotovo da je nemoguće, a da se ne pominju nekompatibilni standardi za povezivanje uređaja, mnoštvo kablova iza TV aparata, aparati svaki sa svojim daljinskim upravljačem.

Prelaskom na digitalni signal, bilo je potrebno razviti i odgovarajući priključak. Tako se 1999. god, pojavljuje DVI (Digital Visual Interface) standard, a prvo se pojavio kod PC računara i LCD monitora. DVI je interfejs visoke rezolucije, zamenjuje do tada aktuelni VGA interfejs i omogućava prenos samo video signala, tako da pruža digitalan prenos signala od grafičke kartice do monitora PC računara.

Mana ovog načina povezivanja i dalje je bila ta što je bilo neophodno koristiti posebne kablove za prenos video signala i posebne kablove za prenos audio signala.

To dovodi do toga da se udružuju kompanije koje će raditi na razvoju novog interfejsa, koji će biti u mogućnosti da reši problem prenosa audio i video signala preko jednog kabla, i omogućiti iskorišćenje digitalne konekcije za upravljačke funkcije. Cilj ove grupe kompanija bio je stvaranje manjeg, za potrošače pogodnog konektora. Cilj je postignut i u decembru 2002. god, kada se pojavljuje se HDMI 1.0 standard i prvi HDMI konektor, prikazan na slici 1.



Slika 1. Izgled HDMI konektora

U tabeli 1., prikazan je kratak pregled konektora po standardu signala.

3. OSNOVE HDMI

Interfejs visoke rezolucije (HDMI), jeste digitalni standard za povezivanje, konstruisan tako da pruži najviši mogući kvalitet nekomprimovanog video i audio signala, kroz kabl koji je tanak, lak za rukovanje sa jednostavnim konektorom.

Tabela 1. Kratak prikaz konektora po standardu signala

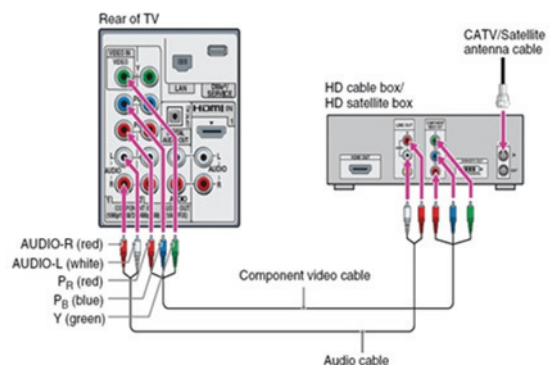
Ime standarda signala	Godina pojavljivanja	Analogni /Digitalni	Max rezolucija X-pix × Y-pix @ Hz
Kompozitni video	1956	Analogni	720 × 576i @ 50
SCART	1977	Analogni	720 × 576i @ 50 720 × 480i @ 59.94
S – video	1979	Analogni	720 × 576i @ 50 720 × 480i @ 59.94
CGA	1981	Digitalni	640 × 480 @ 60
HCG	1982	Digitalni	720 × 348 @ 50
EGA	1984	Digitalni	640 × 350 @ 60
VGA	1987	Analogni	2048 × 1536 @ 85
Komponentni video	1990	Analogni	1920 × 1080 @ 60 1280 × 720 @ 60 720 × 480 @ 60
Digital Visual Interface (DVI)	1999	Analogni /Digitalni	2560 × 1600 @ 60
ADC	2000	Analogni /Digitalni	2560 × 1600 @ 60
HDMI	2003	Digitalni	2560 × 1600 @ 75 4096 × 2156 @ 24
DisplayPort	2007	Digitalni	2560 × 1600 @ 75

HDMI može prenositi video signale do (pa i više) 1080p u punoj boji i sa frekvencijama osvežavanja od 60Hz (pa i višim). On je takođe unazad kompatibilan sa DVI standardom, a neophodan je samo jednostavni pasivni adapter i kabl za povezivanje ova dva interfejsa. Najvažnije je da omogućava podršku za do 8 kanala pune rezolucije audio signala i sve to pomoću samo jednog kabla. Od svog predstavljanja, HDMI je ponudio mogućnost za prenošenje osnovnih upravljačkih naredbi od uređaja do uređaja i na taj način je omogućio lakšu integraciju celokupnog sistema.

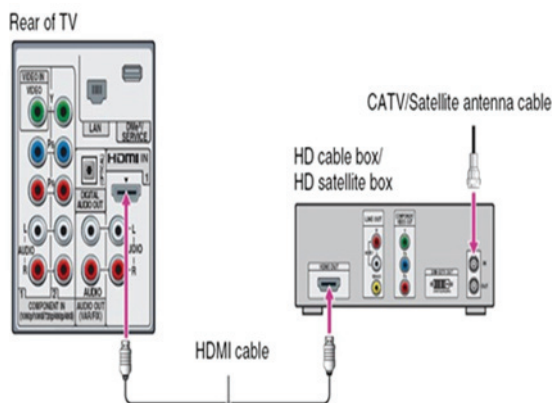
HDMI je kreiran tako da je moguće unapređenje specifikacija. Jedna od prednosti HDMI standarda jeste ta da evoluira sa zahtevima tržišta i održava korak sa novim tehnološkim inovacijama. To pruža znatne pogodnosti proizvođačima, kablovskim distributerima i potrošačima koji dobijaju kvalitetan sadržaj visoke definicije.

Unapređenje za potrošače ogleda se u jednostavnosti povezivanja. Naime, danas mnogi imaju 2,3,4 pa čak i više raznih audio i/ili video komponenti, koje se

međusobno povezuju pomoću raznih kablova i priključaka, koji nisu međusobno kompatibilni, tako da i gledanje filma sa DVD plejera može da predstavlja problem. Da ne govorimo da za svaki uređaj ponaosob dolazi daljinski upravljač, tako da sistem može da postane komplikovan. HDMI u ovom slučaju pojednostavljuje kompletnu proceduru povezivanja svih uređaja u jedan kućni sistem za zabavu. On ne samo da smanjuje potreban broj kablova i priključaka već i potreban broj daljinskih upravljača, ovo možemo videti na slici 2.a i b.



Slika 2.a – povezivanje bez HDMI priključka



Slika 2.b – Povezivanje pomoću HDMI priključka

4. KODOVANJE

4.1. Serijalizacija

Linija TMDS dobijena od strane koda serijalizuje se za prenos pomoću TMDS kanala za podatke. Bit najmanje težine (LSB) svakog karaktera ($q_out[0]$) jeste prvi bit koji se prenosi, a najznačajniji bit (MSB) ($q_out[9]$) je poslednji.

4.2. TERC4 kodovanje

TMDS Error Reduction Coding (TERC4) koristi se tokom data island perioda za kodovanje 4 bita po kanalu u 10 bita serijalizovanih i poslanih.

Postupak kodovanja pokazan je u sledećem pseudokodu, a dekodovanja u tabeli 2.

Case (D3, D2, D1, D0):

0000: $q_out[9:0] = 0b1010011100$;

0001: $q_out[9:0] = 0b1001100011$;

0010: $q_out[9:0] = 0b1011100100$;

0011: $q_out[9:0] = 0b1011100010$;

0100: $q_out[9:0] = 0b0101110001$;

0101: $q_out[9:0] = 0b0100011110$;

```

0110: q_out[9:0] = 0b0110001110;
0111: q_out[9:0] = 0b0100111100;
1000: q_out[9:0] = 0b1011001100;
1001: q_out[9:0] = 0b0100111001;
1010: q_out[9:0] = 0b0110011100;
1011: q_out[9:0] = 0b1011000110;
1100: q_out[9:0] = 0b1010001110;
1101: q_out[9:0] = 0b1001110001;
1110: q_out[9:0] = 0b0101100011;
1111: q_out[9:0] = 0b1011000011;
endcase;

```

Tabela 2. Primer kodovanja i dekodovanja pomoću TERC4 koda

TERC4 kodovani podaci	TERC4 dekodovani podaci na izlazu
10-1001-1100	0000
10-0110-0011	0001
00-1001-1100	0010
.....	
11-1001-1100	1101
01-0110-0011	1110
10-1100-0011	1111

4.3. Kodovanje video signala

Za vreme video signala, gde svaki 10 bitni karakter predstavlja 8 bita piksel podataka, kodovani karakteri pružaju približan DC balans, kao i smanjenje broja prelaza u video signalu. Proces kodovanja za aktivni video period, može se sagledati u dve faze. Prva faza daje tranziciono-minimizovanu 9 bitnu reč od 8 ulaznih bita. Druga faza daje 10 bitnu reč, konačan TMDS karakter, koji će uspostaviti ukupni DC balans poslanih karaktera.

Devet bitna kodovana reč, koja se dobija u prvoj fazi, dobija se od 8 bita ulazne reči i jednog bita koji se koristi da bi se naznačio metod koji je korišćen za opis tranzicije. U oba slučaja LSb na izlazu se odgovara LSb-u na ulazu. Pošto je uspostavljena početna vrednost, ostalih 7 bita izlazne reči dobija se sekvencijalnom upotrebom ILI (OR (XOR)) ili NILI (NOR (XNOR)) funkcija na svakom bitu ulaza sa prethodno dobijenim bitom. Izbor između EXILI ili EXNILI logike vrši se na taj način da kodovane vrednosti imaju što manji broj prelaza, a deveti bit koda se koristi da se naznači koja se logika koristi (EXILI ili EXNILI). Dekodovanje 9 bitne reči se postiže korišćenjem ili EXILI ili EXNILI kola kod susednih bitova koda, sa LSb-om koji prolazi kroz dekodek nepromenjen.

Druga faza kodovanja, obavlja približno DC ujednačavanje na poslanom signalu, tako što selektivno invertuje 8 bita podataka 9 bitnog koda dobijenog u prvoj fazi. Deseti bit se dodaje kodnoj reči da bi se naznačilo da li je bilo inverzije. Koder odlučuje kada da invertuje sledeći karakter, zasnovano na trenutnom disparitetu između jedinica i nula, koje prati u poslatom signalu i broja jedinica i nula detektovanih u trenutnoj kodovanoj reči. Ako je poslato „suviše“ jedinica, a ulaz sadrži veći broj jedinica nego nula, kodna reč se invertuje. Ovo

dinamično odlučivanje prilikom kodovanja, primalac lako dekoduje pomoću kondicionalne inverzije ulazne kodne reči zasnovane na desetom bitu TMDS karaktera.

5. PRENOS SIGNALA

Arhitektura HDMI sistema sastoji se od: izvora HDMI signala (Source) i primaoca HDMI signala (Sink). Svaki od ova dva uređaja može da poseduje jedan ili više HDMI ulaza i jedan ili više HDMI izlaza. Svaki od ulaza mora da prati sva pravila za primaoca, dok svaki izlaz mora da prati sva pravila pošiljaoca.

Kroz HDMI kabl i konektor prolaze četiri para parica koje nose oznaku TMDS. To su TMDS kanali od 0 do 2 (TMDS Channel 0...TMDS Channel 2) kroz koje se prenose audio, video i pomoćni signali, to su kanali za podatke. TMDS Clock Channel služi za prenos frekvencije (takta) na osnovu koga primalac dekoduje primljeni signal. Pošiljalac TMDS kodovanjem pretvara 8 bita po TMDS kanalu za podatke u 10 bita DC-ujednačenih (DC-balanced), za prenos minimizovanu sekvencu koja se potom serijski prenosi na frekvenciji od 10 bita po TMDS takt periodu.

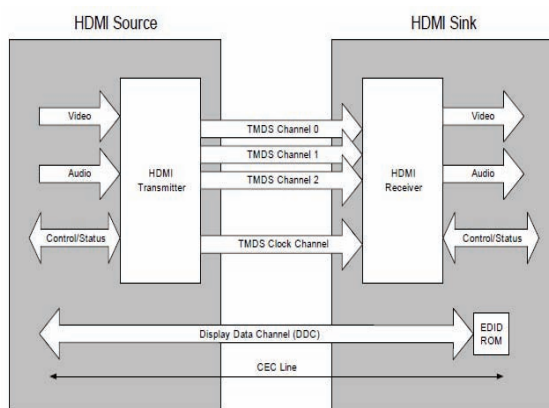
Signal kod koga je jednosmerna komponenta jednaka nuli naziva se i DC-balansiran (DC-balanced) signal. DC-balansirani signali veoma su korisni u komunikacijskim sistemima, jer se mogu koristiti kod AC-uparenih električnih konekcija, da bi se izbegli naponsko balansirani problemi između povezanih sistema ili komponenti. Bitske greške mogu se dogoditi kada (relativno) dugačka serija jedinica kreira DC nivo koji puni kondenzator visoko propusnog filtra, spuštajući signal na ulazu na nulu (lažnu nulu). Da bi se ova greška izbegla, koristi se DC-balansirani oblik signala.

Standardizacijom HDMI protokola, uvedena je jedna novina CEC (Consumer Electronics Control), kojom je omogućeno da se samo jednim daljinskim upravljačem namenjenim za određeni uređaj (npr. TV aparat) mogu zadavati komande za drugi uređaj (npr. DVD plejer), ako taj drugi uređaj takođe poseduje podršku za CEC i to putem HDMI kabla. Vidimo da je za ovakvo upravljanje uređajima neophodno da oba uređaja (u našem slučaju TV aparat i DVD plejer) podržavaju CEC.

DDC koristi pošiljalac da bi očitao podatke iz E-EDID (Enhanced Extended Display Identification Data) primaoca, da bi utvrdio konfiguraciju i/ili mogućnosti primaoca HDMI signala. Na slici 3. prikazana je konfiguracija povezivanja pošiljaoca sa primaocem HDMI signala, sa naznačenim linijama za komunikaciju (TMDS, DDC, CEC).

6. ZAŠTITA PODATAKA

Da bi se zaštitili podaci od neželjenog kopiranja, kod HDMI-ja je implementirana enkripciona tehnologija koja se zove HDCP (High-bandwidth Digital Content Protection). HDCP mehanizam implementiran kod većine HDMI uređaja, projektovan je tako da radi automatski, da je transparentan korisniku i da ne zahteva njegovu nikakvu intervenciju.



Slika 3. HDMI blok dijagram

HDCP obavlja „AKE“ (Authentication and Key Exchange) proces koji je veoma čest kod enkripcionih tehnologija. Svi uređaji koji podržavaju HDCP, poseduju jasan i kompleksan ključ, koji se nalazi u posebnom čipu u uređaju i to tako da mu korisnik ni na koji način ne može pristupiti. HDCP koristi DDC magistralu kod HDMI konektora da bi ostvario niz konekcija da bi utvrdio validnost ključa, aktivirao enkripciju i konstantno proveravao da je uspostavljena veza „sigurna“. U prvoj fazi, izvor inicira proveru sa displejom tako što očitava njegov ključ. Ako su oba ključa validna, provera je uspešna. Ako displej nije u stanju da pošalje svoj ključ ili ako ključ nije prepoznat, odnosno prepoznat je kao nevažeći ključ, provera je neuspešna. „Ponašanje“ izvora, kada se utvrdi neispravnost ključa, zavisi od toga kako je izvor projektovan da se ponaša u takvim situacijama i od sadržaja kod koga je došlo do ustanovljavanja neispravnosti. Izvor može da uradi više radnji, od smanjenja rezolucije audio i video signala, prikaže poruku o neispravnosti, isključi HDMI port, ili da nastavi sa enkripcijom koja se manifestuje kao sneg na displeju (slično kao skremblovan kanal). Ako imamo više vezanih uređaja u lancu, tada se mora napomenuti da provera ključa mora da bude uspešna između svaka dva susedna uređaja, pre nego što se pređe na sledeću operaciju. Posle uspešne provere, izvor i displej uspostavljaju još jednom vezu da bi kreirali slučajan enkripcioni algoritam, koji jedino priključen displej može da dešifruje. Jednom kada je enkripcija počela, HDMI audio i video se uključuju. Približno na svake dve sekunde izvor proverava sledeće:

1. Primalac je isti (proverava se vrednost ključa)
2. Veza nije kompromitovana (tako što je npr. razdvojena na primaoca i uređaj za snimanje)
3. Enkripcija i dalje traje. Ako se u bilo kojoj tački HDMI kabl izvuče ili se doda neki drugi uređaj u sistem, izvor prekida HDMI signal i vraća se na početak uspostavljanja enkriptovane veze.

7. ZAKLJUČAK

HDMI interfejs doneo je veliko poboljšanje u prenosu, slušanju i gledanju visoko kvalitetnog sadržaja. Moguće je upravljati pomoću jednog daljinskog upravljača sa više uređaja putem CEC linije, tako da smo lišeni potrebe za posredovanjem daljinskih upravljača za svaki uređaj ponaosob. Uvedene su mere zaštite autorskih prava (zaštita visokokvalitetnog sadržaja), tako što se ili smanji rezolucija ili se skrembluje prenos podataka i na taj način onemogućiti ne autorizovano presnimljavanje i/ili prikazivanje sadržaja. Nova verzija HDMI-ja donela je mogućnost 3D prikaza video sadržaja, veće rezolucije. Mini i mikro konektori omogućavaju povezivanje prenosnih uređaja, a samim tim i mobilnost u prikazivanju visoko kvalitetnog sadržaja.

8. LITERATURA

- [1] <http://en.wikipedia.org/wiki/HDMI>
- [2] "[HDMI Specification 1.3a](#)" (PDF). HDMI Licensing, LLC.. 2006-11-10.
- [3] <http://www.hdmi.org/pdf/whitepaper/SilicaonImageHDMIWhitePaperv73%282%29.pdf>
- [4] US7363575-TERC4_codin.pdf

Kratka biografija:



Mirko Hajduk rođen je u Kuli 1979. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva odbranio je 2010.god.



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

ESTIMACIJA STANJA U DISTRIBUTIVNIM MREŽAMA

POWER DISTRIBUTION STATE ESTIMATION

Mirjana Zorkić, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – Estimacija stanja je distributivne mreže je ocena napona i struja u čvorovima i struja u granama. U prvom koraku inicijalno se kalibriše potrošnja u distributivnoj mreži. Rezultat ovog postupka su kalibrisane vrednosti struja potrošnje, pri čemu su vrednosti potrošnje izračunate na osnovu merenja na počecima izvoda sa zanemarenjem gubitaka i proizvodnje reaktivne snage. Tako izračunate vrednosti potrošnji predstavljaju inicijalne vrednosti sa kojima se proračunava prva iteracija ($h=1$) tokova snaga. Kao rezultat ovog proračuna dobija se režim u kome su uvaženi i gubici i proizvodnja reaktivne snage, pa se izračunate vrednosti često razlikuju od merenih. Pri tome su od neposrednog interesa vrednosti struja u granama u kojima postoje merenja, a koje treba korigovati kako bi bile što sličnije merenim.

Abstract – State estimation is method for the grade distribution network voltages and currents in the nodes and currents in the branches. The first step is initially calibrated consumption in the distribution network. The result of this procedure are calibrated value of current consumption, with consumption values calculated from measurements of the beginnings of the terminals with ignoring losses and reactive power production. Thus the calculated value of consumption from the initial value that calculates the first iteration ($h = 1$) of flow. As a result of this calculation gives the regime in which the distinguished and losses and production of reactive power, and the calculated values often differ from measured. At the same time are of direct interest in the value of current fields in which there are measurements, which should be corrected in order to be more like that measured.

Ključne reči: Distributivne mreže, Estimacija stanja, Snage gubitaka

1. UVOD

Iz činjenice da jedna distributivna mreža ima više hiljada transformatorskih stanica TS SN/NN i bar toliko sekcija SN vodova, slede i određeni problemi sa merenjem električnih veličina (struja, napona i snaga) i praćenjem stanja u ovako složenim tehničkim sistemima.

NAPOMENA:

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

U slučaju primene analognih instrumenata javljaju se razne poteškoće kao što su: potreba za određenim brojem ljudi

zaduženih za razna očitavanja merenih vrednosti, zatim obrada velikog broja podataka, itd. Primena savremenih, digitalnih, višekanalnih instrumenata (DVI) umesto klasičnih, analognih instrumenata omogućava sasvim novi pristup u praćenju stanja u mreži.

Primena digitalnih višekanalnih instrumenata (DVI) umesto klasičnih analognih instrumenata, pruža niz novih mogućnosti i obilje informacija merenjem: vektora dnevnih maksimalnih vrednosti u periodu od interesa, petnaestominutnih struja (15min struje), satnih vrednosti struja, trenutnih vrednosti struja, brzo očitavanje (primenom lap-top računara).

Čak i pored nesumnjivih koristi od primene DVI, oni se ne primenjuju na svim TS SN/NN već samo u ograničenom broju. Distributivne mreže su, kao po pravilu, opremljene skromnim brojem instrumenata što rezultira nepoznavanju stanja u mreži, tj. nepoznavanjem snaga i napona u potrošačkim čvorovima kao i struja u pojedinim sekcijama voda.

Poznavanje stanja u mreži je neophodno za čitav niz aktivnosti kao što su:

- regulacija napona,
- regulacija reaktivnih snaga,
- restauracije mreže u poslehavarijskim stanjima,
- formiranje pokazatelja kvaliteta,
- rekonfiguracija mreže radi: povećanja pouzdanosti, smanjenja gubitaka, uravnoteženja opterećenja po vodovima, itd...

Potencijalna mesta postavljanja mernih instrumenata za permanentno očitavanje merenih podataka mogu biti:

- NN transformatorska polja (struje J u čvorovima i naponi U u čvorovima),
- SN sekcije voda (struje I u granama),
- Sekundar VN/SN transformatora (struja I u SN sabirnici i napon u SN sabirnicama.

Idealno rešenje bi bilo da se sve neophodne veličine mogu meriti, a rezultati merenja odmah preneti do dispečera, odnosno uređaja koji bi automatski davali rešenja uočenih problema. U praksi se merenja obavljaju u razvodnim transformatorskim stanicama visokog naponskog nivoa na srednje naponski nivo (u RTS VN/SN). Tu se mere naponi na sabirnicama i struje u prvim sekcijama vodova. Ponekad se obavljaju i merenja u nekim sekcijama ili čvorovima mreže. Na

osnovu ovako malog broja merenih podataka moguće je sprovesti samo ocenu (estimaciju) struja u mreži. Osnovni problem je ocena početnih vrednosti opterećenja pojedinih potrošačkih čvorova. U ovom radu je prikazan jedan od načina na koji se modeluju početne vrednosti opterećenja po čvorovima i jedna veoma uprošćena metodologija za estimaciju stanja.

2. ESTIMACIJA STANJA

Estimacija stanja mreže izračunava se za izabrani trenutak t . U prvom koraku inicijalno se kalibriše potrošnja u distributivnoj mreži. Rezultat ovog postupka su kalibrisane vrednosti struja potrošnje u čvorovima razmatrane distributivne mreže i_j^{kal} , $j=1,...,n_{cv}$, (n_{cv} je broj čvorova mreže), pri čemu su vrednosti potrošnje izračunate na osnovu merenja na počecima izvoda sa zanemarenjem gubitaka i proizvodnje reaktivne snage. Tako izračunate vrednosti potrošnji predstavljaju inicijalne vrednosti sa kojima se proračunava prva iteracija ($h=1$) tokova snaga. Kao rezultat ovog proračuna dobija se režim u kome su uvaženi i gubici i proizvodnja reaktivne snage, pa se izračunate vrednosti često razlikuju od merenih. Pri tome su od neposrednog interesa vrednosti struja u granama u kojima postoje merenja, a koje treba korigovati kako bi bile što sličnije merenim. Taj cilj se realizuje tako što se potrošnja po čvorovima koriguje, kako bi se u novoj iteraciji proračuna tokova snaga dobile vrednosti struje u granama koje su bliže merenim.

2.1. Kalibracija potrošnje

Praćenje potrošnje (struje/snage) u vremenu je od vitalnog značaja za sve akcije koje se odnose na nadzor, upravljanje i planiranje pogona u distributivnoj mreži. Do potrebnih podataka o mreži se može doći na više načina. Svakako najbolji način za to predstavlja korišćenje SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition-daljninski nadzor, komandovanje i prikupljanje podataka) sistema kojim se pre svega obezbeđuju telemetrisane (daljninski prenete) vrednosti (merenja) potrošnje, a zatim i napona, kao i statusi rasklopnih uređaja, pozicije regulacionih sklopki transformatora itd. Međutim nije uobičajeno da se potrošnja u svim tačkama distributivne mreže prati pomoću SCADA sistema, jer bi takvo rešenje bilo skupo. Polazeći od toga da je potrebno obezbediti uvid u stanje čtave mreže u određenom trenutku, neophodno je na izvestan način dopuniti skup podataka o stanju mreže. Za to se koristi kombinacija podataka o karakteristikama i vrednosti potrošnje. Kalibracija potrošnje predstavlja postupak u kome se na osnovu raspoloživih podataka procenjuje potrošnja u svim tačkama distributivne mreže u izabranom trenutku. Potrošnja se opisuje jednim od parova veličina: 1) modul struje i faktor snage ili 2) aktivna i reaktivna snaga.

Dobijeni rezultat- kalibrisana potrošnja predstavlja podatak za estimaciju stanja čiji kvalitet u velikoj meri zavisi upravo od kvaliteta kalibracije potrošnje.

2.2. Tokovi snaga

Proračun tokova snaga sastoji se u proračunu promenljivih stanja (odnosno, kompletnog režima)

distributivne mreže, na bazi poznatog napona izvora napajanja mreže (korena) i poznatih potrošnji u svim čvorovima mreže. Ova funkcija predstavlja jednu od najznačajnijih i najšire korišćenih energetske funkcije u upravljanju distributivnim mrežama.

2.3. Estimacija stanja

Estimacija stanja je bazična funkcija, čiji se rezultati koriste u gotovo svim ostalim funkcijama za analizu, upravljanje i planiranje pogona distributivnih mreža. Tri su osnovna cilja koja se postavljaju pred estimaciju stanja:

1. Proračuni promenljivih stanja
2. Verifikacija i korekcija merenja
3. Verifikacija topologije mreže

Prvi i osnovni cilj je proračun promenljivih stanja mreže, kojima se opisuje razmatrani režim mreže u izabranom trenutku. Pod pojmom promenljive stanja pre svega se podrazumevaju naponi svih čvorova mreže, jer se na osnovu njih može u potpunosti rekonstruisati režim mreže. Estimacija stanja se najčešće odnosi na režime iz realnog vremena, mada može da se odnosi i na bilo koji drugi trenutak od interesa. Ostala dva cilja su praktično u funkciji prvog. Prvi od ta da preostala cilja odnosi se na verifikaciju (prihvatanje ili odbacivanje) merenja i eventualnu korekciju merenja. Merenja kod kojih vrednosti odstupaju više od nekih unapred zadatih vrednosti proglašavaju se za loša i ona se ne koriste u postupku estimacije stanja. Ovaj cilj se kvalitetnije realizuje ukoliko je redundansa (npr. vrednost 2 redundanse označava da je na raspolaganju dvostruko više merenja od minimalno potrebnog skupa) podataka veća. Međutim, u distributivnim mrežama (za razliku od prenosnih) karakteristična je vrlo mala redundansa podataka- najčešće oko 0.2 do 0.3, tako da se ocena o tome da li će se neko merenje prihvatiti ili odbaciti ne može uvek donositi na osnovu vrednosti drugih merenja. U nedostatku drugih vrednosti merenja moraju se koristiti podaci dobijeni u postupku kalibracije opterećenja. Ovo u prvi mah može delovati kontradiktorno pošto bi upravo vrednosti o potrošnji dobijene pseudo merenjima (pomoću registracionih uređaja) trebale da se kalibrišu u odnosu na merenja. Rešenje je nađeno u sledećem kompromisu- potrošnja se kalibriše u odnosu na merene vrednosti, pod uslovom da se te vrednosti nalaze unutar unapred zadatih granica, koje se opet definišu u odnosu na vrednosti potrošnji. Na ovaj način su ispunjena dva vrlo važna uslova. Prvi se odnosi na to da se potrošnje (ipak) kalibrišu u odnosu na merene vrednosti (pod uslovom da se one nalaze unutar unapred zadatih granica), čime je u potpunosti ispoštovan postupak kalibracije potrošnje. Drugi vrlo bitan momenat je da se na taj način obezbeđuje saglasnost između vrednosti merenja i potrošnji. U slučaju kada je vrednost merenja izvan unapred specificiranih granica, tada se merenje odbacuje, a u proračunu se koriste vrednosti dobijene sumiranjem potrošnji (bez korekcija). Ovakav slučaj se ima na primer kada merenja potrošnje postoje samo na izvodima, pro čemu nije moguće proveriti da li su dobijene vrednosti za ta merenja korektna ili ne u odnosu na vrednost potrošnje koja bi se merila (a koja ne postoji

jer nema mernog uređaja) u transformatorskom polju preko koga se ti izvodi napajaju.

U nekim slučajevima kada bi bilo moguće obezbediti dovoljno veliku redundansu merenja moguće bi bilo i kvalitetno verifikovati topološku strukturu razmatrane mreže što bi predstavljao i treći cilj koji se može obezbediti estimacijom stanja.

Na osnovu svega navedenog može se zaključiti da je kod primene na probleme distributivnih mreža estimacija stanja prevashodno usmerena na proračun promenljivih stanja, pri čemu se verifikacija i korekcija merenja izvodi u meri koliko je to moguće, dok se verifikacija topologije po pravilu izostavlja.

3. OPIS IZVORNOG KODA

Izvorni kod se realizuje sledećim redom:

1. deklaracija promenljivih
2. otvaranje izlazne datoteke IZLAZ i GUBICI. datoteka IZLAZ će sadržati po završetku programa vrednosti struja u apsolutnim jedinicama a datoteka GUBICI gubitke aktivne snage pre i posle korekcije
3. učitavanje podataka iz datoteke ULAZ. Ova datoteka sadrži sledeće podatke (u relativnim jedinicama):

- broj cvorova BRCV
- ukupan broj transformatora BRTR
- maksimalno pokazivanje ampermetara u TS SN/NN i vrednosti struje očitane sa dnevnog hronološkog dijagrama potrošnje za izabrani trenutak i sat: Jmaxtr, Jtip
- broj transformatora po čvorovima BRTRPOCV
- redni broj transformatora po čvorovima REDNIBRTRPOCV
- ukupan broj mernih mesta za struje BRMM
- pozicije gde se nalaze merna mesta za struje BRSEK
- merene vrednosti struja Jmer
- ukupan broj deonica koje se napajaju sa svakog mernog mesta UKBR
- broj čvora koji se napaja sa odgovarajućeg mernog mesta NAPOJCV
- vektor indeksa početaka, $\cos\phi$ i $\sin\phi$: VIP, cosfi, sinfi
- impedanse i admitanse vodova: VZR, VZI, VYR, VYI
- nominalni napon na sekundaru TR-ra VN/SN1/SN2: UNSR, UNSI
- uslov završetka iterativnog postupka za tokove snaga EPS
- merena vrednost struje na sekundaru TR-ra VN/SN1/SN2 Jtrmer
- uslov završetka iterativnog postupka za estimaciju stanja EPS1
- bazna vrednost struje na 20kV: Ib. Ova vrednost je potrebna radi prevođenja struja u apsolutne vrednosti.

4. proračun kalibriranih struja. Ove vrednosti struja kao i vrednosti faktora snage predstavljaju početnu ocenu opterećenja potrošača koja će se koristiti u proračunu tokova snaga.

5. nakon proračuna tokova snaga na raspolaganju su nam vrednosti struja po izvodima, između ostalih i onih gde se

nalaze merna mesta. Upravo te vrednosti struja će se pamtili u datoteci IZLAZ.

6. sada se prelazi na postupak korigovanja vrednosti struja gde postoje merna mesta sa strujom koja protiče kroz napojne transformatore.

7. po završetku iterativnog procesa na raspolaganju su estimirane vrednosti struja onih deonica gde se nalaze merna mesta za struje. Vrednosti i ovih struja se zapisuju u datoteku IZLAZ u apsolutnim vrednostima.

Ovim je dobijen i poslednji podatak, tako da datoteka IZLAZ sadrži sledeće podatke (apsolutne vrednosti):

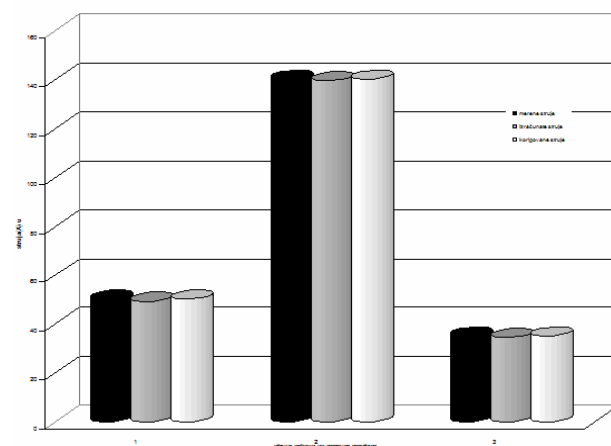
- Merene vrednosti struja na izvodima gde postoji merno mesto
- Izračunate vrednosti struja na izvodima gde postoji merno mesto

korigovane vrednosti struja po izvodima gde postoji merno mesto u odnosu na merenu vrednost potrošnje u polju napojnog transformatora.

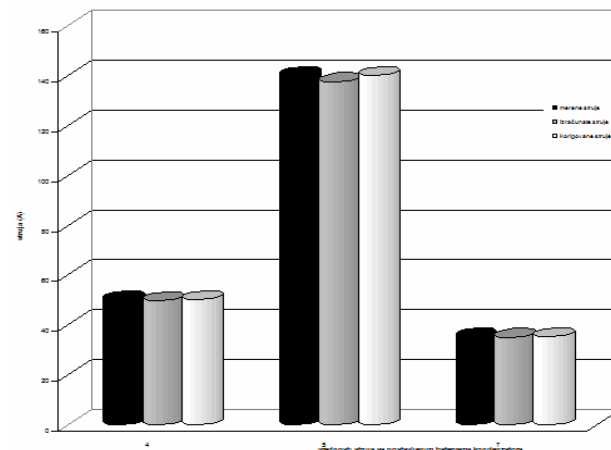
U datoteku GUBICI će se po završetku programa čuvati vrednosti gubitaka aktivne snage pre i posle korekcije.

4. PRIKAZ REZULTATA

Naredne dve slike prikazuju rezultate do kojih se došlo u ovom programu. Prva slika se odnosi na vrednosti struja kada nema baterije kondenzatora a druga kada postoji baterija kondenzatora postavljena u čvorovima 4, 5 i 7, respektivno.

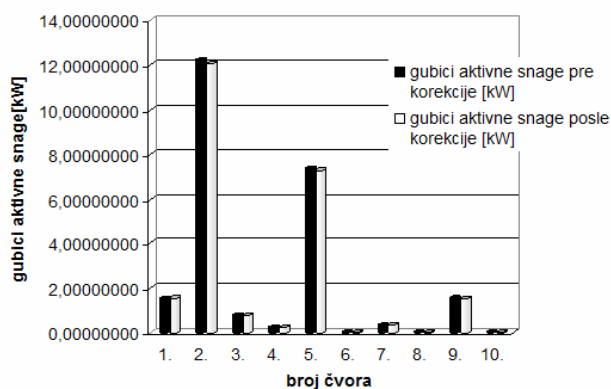


Slika 1. Vrednosti struja po izvodima na kojima se nalaze merna mesta



Slika 2. Vrednosti struja po izvodima sa postavljenom baterijom kondenzatora u mreži

Na apscisnoj osi se nalaze brojevi onih sekcija gde su postavljene baterije kondenzatora. Na ordinati su ispisane vrednosti struja i to: crna boja označava merenu vrednost struje, bela boja označava vrednost struje sa uvaženim gubicima i proizvodnjom reaktivne snage a siva boja označava korigovanu vrednost struje u odnosu na merenu vrednost potrošnje u polju napojnog transformatora.



Slika 3. Gubici aktivne snage pre i posle korekcije struja

5. ZAKLJUČAK

Jedan od osnovnih zadataka inženjera elektotehnike jeste da potrošačima obezbede visoko kvalitetnu električnu energiju. Da bi se to postiglo neophodno je, između ostalog, izvršiti što precizniju estimaciju (ocenu) stanja u distributivnim mrežama. Primenom instrumenata za merenje električnih veličina taj problem bi se trebao znatno jednostavnije rešiti, jer bi postojao bolji uvid u realno stanje, što bi uveliko doprinelo kvalitetu izvršene analize.

U ovom radu je pokazano da greška koja se pravi pri estimaciji stanja distributivne mreže iznosi oko 1% ako se u početnoj proceni opterećenja ne uzimaju u obzir gubici i proizvodnja reaktivne snage. Ako se zatim uvažavaju ovi gubici i proizvodnja reaktivne snage razlika između merenih i izračunatih vrednosti struja gotovo da i nema.

Nameće se zaključak da je metodologija za estimaciju stanja prikazana na ovaj način veoma uspešna, kao i izbor postavljanja instrumenata na prvim sekcijama vodova i u polju napojnog transformatora i da nije potrebno vršiti njeno usavršavanje.

Ovo važi za slučaj kada nema dodatnih izvora reaktivne snage u mreži. Postavljanjem baterije kondenzatora u čvorove razlika između merenih i izračunatih vrednosti struja se povećava. Što je snaga baterije veća i ta razlika je uočljivija. Međutim posle modelovanja potrošnje sa uvaženim gubicima i proizvodnjom reaktivne snage, vrednosti merenih i izračunatih struja su gotovo iste.

Sa slike 3. se može primetiti da se gubici aktivne snage ne menjaju puno pre i posle korigovanja struja onih sekcija gde se nalaze merna mesta.

6. LITERATURA

- [1] D. Bekut, J. Dujić, R. Bibić: "PRIMENA RAČUNARA U ELEKTROENERGETICI", FTN Izdavaštvo, Novi Sad, 2005.
- [2] D. Popović, D. Bekut, V. Treskanica: "SPECIJALIZOVANI DMS ALGORITMI", DMS group, Novi Sad, 2004.
- [3] Nimrihter Miroslav: "ELEKTRODISTRIBUTIVNI SISTEMI", FTN Izdavaštvo, Novi Sad, 2009.

Kratka biografija:

Mirjana Zorkić je rođena u Sremskoj Mitrovici 1985. godine, završila je gimnaziju u Sremskoj Mitrovici, Diplomski –master rad na Fakultetu Tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva odbranila je 2010. godine

JONIZATOR-OZONIZATOR

IONIZER-OZONIZATOR

Gordana Tatić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U radu je predstavljena realizacija sistema za automatsko prečišćavanje vazduha ozonom. Sistem se sastoji od uređaja-ozonizatora i sklopa kojim se prati koncentracija prašine u vazduhu i vrši automatsko prečišćavanje. Ovo je postignuto pomoću mikrokontrolera i senzora kojim se detektuje prašina u vazduhu.

Abstract – In text above is presented realization of system for automatic disinfection of air with O₃.

This System is made of device- ionizer and complex and they are made for tracking concentration in air and automatic disinfection is made. This is created thanks to Microcontroller and sensor which can find dust in the air.

Ključne reči: ozon, jonizator, ozonizator.

1. UVOD

Jonizacija i ozonizacija spadaju u procese koji imaju široku primenu. Ozonizacija se primenjuje u raznim oblastima. Najčešća primena je za dezinfekciju pijaće vode, zatim za prečišćavanje vazduha u pozorišnim i bioskopskim salama, kućama, hladnjačama, za beljenje slame, vune, perja, voska i tako dalje. Često se primenjuje, pomešan sa vazduhom, za ventiliranje rudnika; značajna mu je primena kao oksidacionog sredstva u organskoj hemijskoj industriji [3]. Princip na kom se zasniva rad ozonizatora je dovođenje visokog napona na negativnu elektrodu [1].

U dostupnoj literaturi postoji mali broj primera ozonizatora kod kojih negativna elektroda nije u obliku šiljka, koji tokom rada tupi, čime se smanjuje količina proizvedenog ozona. Zato je od značaja da se projektuje ozonizator kod koga elektroda ne gubi na efikasnosti.

Za izradu ovakvog jonizatora, kao negativna elektroda upotrebljena je žica od volframa a kao pozitivna elektroda mrežica od nerđajućeg čelika. U virtuelnom preseku ove dve elektrode dobija se mnoštvo tačaka. Kako bi bilo omogućeno automatsko prečišćavanje vazduha ozonizator se povezuje sa senzorom dima i prašine. Uz pomoć mikrokontrolera, sa pomenutim uređajima, vrši se kontrola i dezinfekcija vazduha u prostoriji.

Svakodnevno se mogu čuti reklame za prodaju ozonizatora. Ti proizvodi opisuju ozon kao supstancu kojom se leče razne bolesti.

Sa druge strane se takav stav ne podržava, naprotiv ozonom se može doprineti ozbiljnim oboljenjima kao što je kancer ukoliko se direktno udiše. Ozon veoma dobro

dezinfekciono sredstvo i isključivo samo u te svrhe ga treba koristiti. U ovom izlaganju nije razmatrana delotvornost ozona na ljudski organizam, nego je predstavljen elektronski sklop kojim se kontroliše i dezinfikuje vazduh, u prostoriji, pomoću ozona.

2. OPIS RADA SISTEMA

Pomoću mikrokontrolera ATTINY26L-80U (Atmel), [6], se očitavaju podaci sa senzora prašine i dima GP2Y1010AUOF (Sharp), [5]. Takođe se na ovaj mikrokontroler šalju podaci sa RTC. Serijskom vezom navedenog mikrokontrolera i DSPIC30F4013 [4], se prosleđuju podaci o zagađenosti, vremenu i datumu. DSPIC na osnovu toga prikazuje grafik zagađenosti do posmatranog trenutka i uključuje ozonizator. Sve se to prikazuje na grafičkom displeju sa tačkrin folijom.

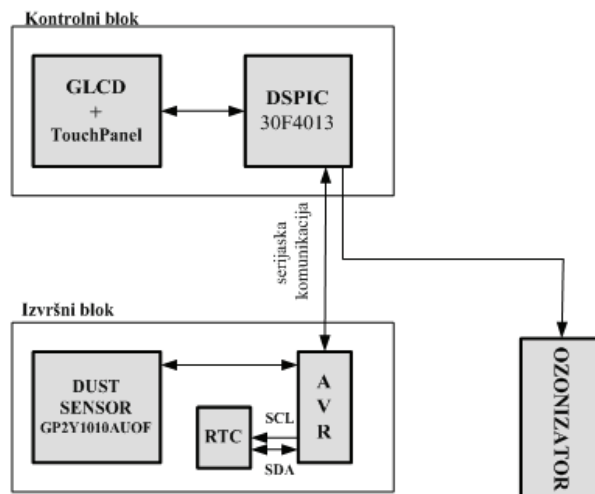
Po uključivanju na displeju se ispisuje logo Fakulteta tehničkih nauka. Zatim se pojavljuje meni koji nudi opciju za start. Ukoliko se prihvati ova opcija, još jednom se nudi opcija: When ready press 'START' button. Po uključanju zadato stanje dozvoljene prašine i dima je $400\text{mg}/1000\text{m}^3$. Ova vrednost se može menjati u

intervalu od $10\text{mg}/1000\text{m}^3$ do $700\text{mg}/1000\text{m}^3$, sa

korakom deset. Dodirom ekrana nude se opcije za nastavak, za setovanje dozvoljene vrednosti i za izlaz.

Ozonizator se uključuje kada koncentracija prašine bude veća od dozvoljene. Radi 10s pa se isključi. U koliko se u međuvremenu ponovo pređe dozvoljena granica počinje odbrojavanje novih 10s rada ozonizatora.

Blok šema sistema za dezinfekciju vazduha je data na slici 1.



Slika 1. Blok šema sistema za prečišćavanje vazduha.

NAPOMENA:

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

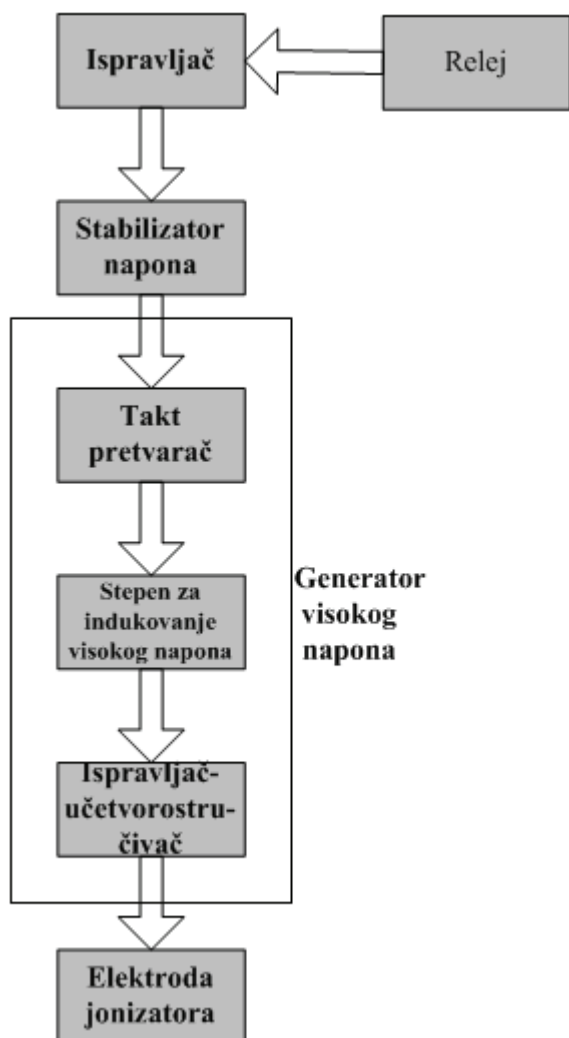
Sistem omogućava prečišćavanje vazduha i na nepristupačnim mestima. To se postiže upotrebom dva mikrokontrolera, serijski povezana.

U izvršnom bloku mikrokontroler AVR prihvata podatke o koncentraciji prašine u vazduhu, sa senzora. Preko serijske veze ti podaci bivaju preko DSPIC-a prosleđeni na grafički displej GLCD. DSPIC očitava tastaturu ekrana i kontroliše GLCD. Kao rezultat rada senzora DSPIC aktivira prečišćavanje vazduha to jest ozonizator.

Na ovaj način je omogućeno praćenje i upravljanje prečišćavanja vazduha i na mestima koja nisu dostupna.

3. JONIZATOR-OZONIZATOR

Na slici 2 je prikazana blok šema uređaja koji je smešten u zasebnu kutiju i predstavlja ozonizator.



Slika 2. Blok šema ozonizatora

ISPRAVLJAČ. Sklop obezbeđuje da se ulazni naizmenični napon 220V, 50Hz transformiše prvo u naizmenični napon 16V a potom da se od tog napona dobije jednosmeran napon čija će vrednost biti oko $16\sqrt{2}$ V.

STABILIZATOR I REGULATOR. U slučaju da postoje varijacije ulaznog napona njihov uticaja na ispravljeni napon je potrebno u što većoj meri smanjiti. To se postiže stabilizatorom. Ujedno se smanjuje izlazna otpornost i talasnost. Regulator ima ulogu da omogućava podešavanje, pomoću potencijometra, stabilisan napon od 0 do 15 V.

TAKT PRETVARAČA. Od jednosmernog napona koj do 15 V na izlazu daje naizmeničan, frekvencije oko 50kHz. STEPEN ZA INDUKOVANJE VISOKOG NAPONA. Od naizmeničnog niskog napona ovim stepenom se dobija visok napon.

ISPRAVLJAČ-UČETVOROSRUČIVAČ (U OBLIKU KASKADNO VEZANIH ISPRAVLJAČA. Dobijeni visok napon se učetvorostručuje ovim stepenom kako bi se dobio napon koji predstavlja energiju kojom se izbijaju elektroni iz molekula.

ELEKTRODA JONIZATORA. U njoj nastaje ozon.

4. KONTROLNI BLOK

Ploča na kojoj se nalazi kontrolni blok ima izvode koji se u ovom slučaju svi ne koriste ali su izvedeni radi moguće dalje nadogradnje. Jedan od pinova se koristi da bi se ozonizator povezao na DSPIC. Preko jednog tranzistora se pojačava struja koja pokreće relej, čime se preko mikrokontrolera DSPIC30F4013 uključuje jonizator. Glavni mikrokontroler očitava tastaturu ekrana i kontroliše GLCD.

Na DSPIC dolaze signali iz TouchPanel Controller-a.

Kontroler konektor za GLCD je magistrala podataka (8-bitna). Ostali izlazi su kontrolni kojima se preko DSPICA upravlja sa podacima na magistrali.

Sa ICSP konektorom (*In Circuit Serial Programing*) je omogućeno programiranje DSPICA bez njegovog vađenja sa pločice i postavljanja u programator. Tako je izbegnuto moguće oštećenje i lomljenje pinova na čipu.

Reset kolo služi za reset glavnog mikrokontrolera.

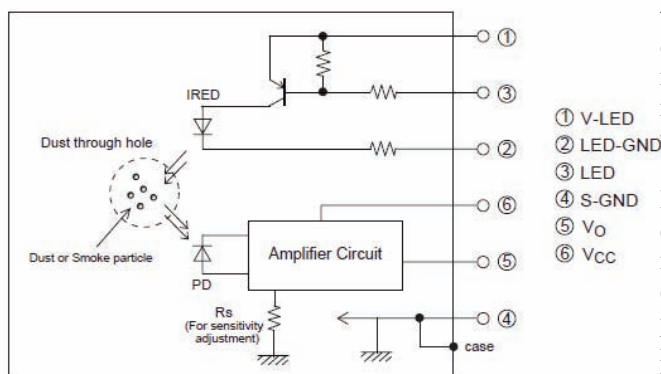
Takođe je u ovom bloku potreban i konektor za serijsku komunikaciju dva mikrokontrolera DSPIC-a i AVR-a. Komunikacija je vršena na TTL nivou. U slučaju veće udaljenosti može se koristiti npr MAX232 interfejs čip, prilagođač nivoa. Tada se nivou čime je obezbeđen precizniji prenos zbog manjeg uticaja smetnji.

Oscilator koji daje frekvenciju rada DSPIC-u čine samo dva kondenzatora i kristal kvarca. Ovaj oscilator obezbeđuje frekvenciju od 7,3728MHz. Ta frekvencija je pogodna jer deljenjem sa celim brojem ova frekvencija daje standardne frekvencije rada mikrokontrolera.

Kolo za stabilizaciju napona sadrži integrisani stabilizator tip 7805. Na primer iz baterije od 12V ovim kolom se obezbeđuje potrebnih 5V.

5. IZVRŠNI BLOK

Korišćeni senzor prašine je GP2Y1010AUOF. Na slici 3. je prikazana njegova električna šema.

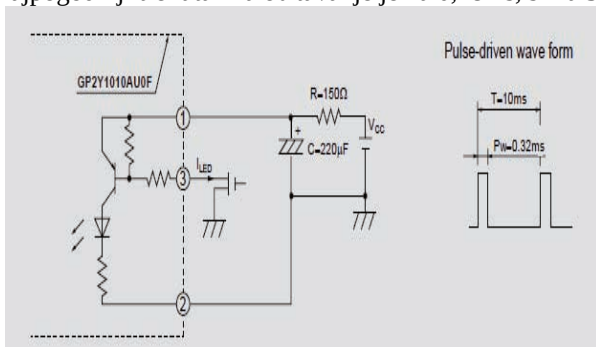


Slika 3. Električna šema senzora.[5]

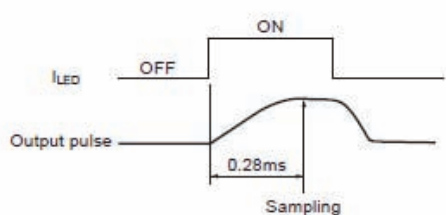
Senzor radi na principu tako što se svetlost od diode IRED odbije o čestice prašine. Odbijena svetlost se detektuje na diodi PD.

Za rad senzora je potrebno na svakih 10ms dovesti visok naponski nivo, na pinu 3, u trajanju od 0,32ms. Napon za napajanje senzora je 5V, pin 1. Na 2. pinu je GND, kao i na 4. Na pinu broj 6 je takođe napajanje od 5V. Sa 5. pina se dobija vrtnost napona u zavisnosti od koncentracije prašine.

Najpogodniji trenutak za očitavanje je na 0,28ms, slika 5.



Slika 4. Upravljanje senzorom.[5]



Slika 5. Najpogodniji trenutak za očitavanje podataka sa senzora.[5]

Sa senzora se šalju podaci o koncentraciji prašine i dima na AVR. RTC je klok. Na SDA (slika 1.) mikrokontroler AVR šalje zahtev, za nekim podatkom na primer vremenom, RTC-u. RTC šalje podatak AVR-u. Na SCL (slika 1.) mikrokontroler šalje RTC-u podatak. Na ovaj način se dobija podatak o vremenu i datumu, kao i potrebno odbrojanje [6], [7].

4. ZAKLJUČAK

Sistem za dezinfekciju vazduha koji je opisan u ovom radu je osmišljen kao uređaj kojim će se prečišćavati

vazduh i na nepristupačnim mestima uz kontrolu i očitavanje na mestu koje može biti udaljeno od samog mesta prečišćavanja. Kao takav, sistem nalaže široke mogućnosti primene. Za razne primene sistem je moguće nadograditi u zavisnosti od potreba.

Kao dalja nadogradnja, sistem treba prilagoditi da dezinfikuje vazduh u velikoj prostoriji. Pošto je ozon nepostojan te se ne može iz jednog ozonizatora voditi ozon u razne delove prostorije, već mora biti omogućena proizvodnja ozona na više mesta. Zbog toga treba napraviti više ovakvih uređaja, i omogućiti prikaz i kontrolu stanja u svim zasebnim delovima velike prostorije.

Uređaj nije pogodno koristiti u prostorijama dok se u njima boravi ali ga je dobro imati u nekim halama ili prostorijama koje zahtevaju sa vremena na vreme da budu dezinfikovane.

5. LITERATURA

- [1] И.М. Иванов, Я.Д. Мац, М.М. Могилевский, Ю.Б.Рощов: Электротехника, Военное издательство министерства обороны ЦИЦП, Москва 1966.
- [2] Dr Laslo F. Nađ: Impulsna i digitalna elektronska kola, beleške sa predavanja, Novi Sad 2002.
- [3] Branimir R. Arsenijević: Hemija opšta i neorganska, Partenon Beograd, 2001 Beograd.
- [4] DSPIC 30F4013, <http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/70138c.pdf>
- [5] GP2Y1010AU0F, http://sharpworld.com/products/device/lineup/data/pdf/datasheet/gp2y1010au_e.pdf
- [6] ATTINY26L-80U, http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc1477.pdf
- [7] RTC DS1307, <http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/DS1307.pdf>.
- [8] TouchPanelController, http://www.mikroe.com/pdf/touchpanel_controller_schematic_v102.pdf

ZAHVALNICA

Zahvaljujem se na ukazanoj pomoći dr Milošu Živanov red.prof, koji je mentor ovog rada, dr Laslu Nađu red. prof, Vladimiru Mirosavljeviću, Jovanu Bajiću i porodici.

Kratka biografija:



Gordana Tatić rođena je u Kikindi 1984. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Analogni elektronika odbrnila je 2010.god.

SREDNJENAPONSKI MERNI TRANSFORMATOR BEZ JEZGRA CORELESS MIDDLE VOLTAGE MEASUREMENT TRANSFORMER

Radovan Topić, Slobodan Milovančev, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – Srednjenaponski merni transformator bez jezgra razvijen je da bi obezbedio linearnu karakteristiku, za razliku od naponskog mernog transformatora sa jezgrom čija je karakteristika nelinearna. Linearnost mernog transformatora zahtevana je da bi se izbegle pre svega greške merenja, jer nelinearnost transformatora utiče na oblik merenog napona a samim tim i na greške merenja. Naponski merni transformatori odlikuju se i manjom snagom potrošnje i dimenzijama u odnosu na merne transformatore sa jezgrom. Ovaj transformator se može primenjivati za merenje napona u srednjenaponskim distributivnim mrežama.

Abstract – The coreless middle voltage measurement transformer is developed to ensure linearity, oppsite to voltage transformer with core which are nonlinear. Linearity of measurement transformer is required to decrease an error of measeremnt, beacuse nonlinaeruty influence on voltage signal, so it induce an error of measuerement, also. Coreless voltage measuremet transformer requires less supply power, and his dimensions are less than transformer with core. This transformer can be applied for voltage measurement in distribution systems.

Ključne reči: Naponski merni transformator, greške merenja, ispitivanje mernih transformatora.

1. UVOD

U elektroenergetskom sistemu postoje dve vrste mernih transformatora: *naponski* i *strujni*. Svaki merni transformator se sastoji od primarnog i sekundarnog namota i feromagnetnog ili vazdušnog jezgra. Treba napomenuti da su primarni i sekundarni namoti međusobno galvanski odvojeni, ali su spregnuti elektromagnetski. Izolovanost namota zavisi od visine napona u mernom kolu u kojem se merni transformator priključuje.

Primarni namoti se uključuju u merno kolo, dok se na sekundarne namote priključuju merni instrumenti. Primarni namot *naponskog* mernog transformatora priključuje se paralelno potrošaču čiji se napon meri i pri tome struja kroz primarni namot mora da bude zanemarljiva u odnosu na struju potrošača.

Na sekundarni namot se priključuju voltmetri, ampermetri, naponske i strujne grane vatmetara, varmetara itd., pa je neophodno da sekundarne veličine (napon kod naponskog i struja kod strujnog mernog transformatora) budu u fazi sa primarnim veličinama.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio prof. dr Slobodan Milovančev.

Naponski merni transformatori koriste se prvenstveno za merenje napona u srednjenaponskim i visokonaponskim mrežama. Razlog za njihovu primenu leži u činjenici da bez njih za merenje bi bilo potrebno imati merne instrumente znatno većih dimenzija, a samim tim i znatno veće cene.

Naponski merni transformatori sa feromagnetnim jezgrom i delitelji napona se široko koriste u praksi na niskonaponskim i srednjenaponskim nivoima, ali mora se naglasiti da oba ova uređaja imaju nedostatke, kao što su[1]:

1. naponski merni transformator je nelinearan aparat koji dodatno kvari merenje, nesinusnog napona;
2. delitelj napona ne pravi galvansku odvojenost između mernog kola i merenog ulaznog napona.

U skladu sa ove dve činjenice predlaže se nova tehnika koja nema ova dva pomenuta nedostatka. Predlog ove nove tehnike je baziran na induktivnom naponskom mernom transformatoru bez jezgra. On je linearan i pravi galvansko odvajanje mernih instrumenata od merenog visokog napona [1].

Osnovne karakteristike široko rasprostranjenih, mernih naponskih transformatora sa jezgrom date su u poglavlju 2.

U poglavlju 3. predstavljen je princip rada i karakteristike naponskih mernih transformatora bez jezgra.

U poglavlju 4. dati su rezultati ispitivanja naponskih mernih transformatora bez jezgra.

U poglavlju 5. dat je kratak zaključak.

U 6. poglavlju dat je pregled korišćene literature.

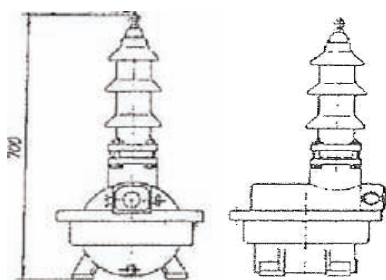
2. NAPONSKI MERNI TRANSFORMATOR SA JEZGROM

Naponski merni transformatori sa feromagnetnim jezgrom koji se najčešće primenjuju u merenjima napona u elektroenergetskom sistemu, mogu se podeliti na dva osnovna tipa:

1. dvopolno izolovani,
2. jednopolno izolovani.

Kod *dvopolno izolovanih* naponskih transformatora svi delovi primarnog namota su izolovani od zemlje, uključujući i priključke. Oni se mogu koristiti za merenje u trofaznom sistemu, kako sami, tako i u sprezi sa drugim naponskim transformatorima. Primenjuju se uvek kada je dovoljno jednofazno napajanje aparata i uređaja, bez obzira na dešavanja u slučaju zemljospoja. Oni se prave do 20 kV (35 kV nivo se izbacuje), dok se za više naponske nivoe prave samo jednopolni.

Pomoću *jednopolno izolovanih* naponskih transformatora moguće je meriti i linijske i fazne napone. Njihova sprega se može koristiti i za merenje napona neutralne tačke pri čemu je potreban i namot koji se vezuje u otvoreni trougao. U slučaju *jednopolno izolovanog* naponskog transformatora čiji je primer prikazan na slici 1. jedan kraj primarnog namota je predviđen za direktno uzemljenje. Naponski merni transformatori koji su izolovani epoksidnom smolom, najčešće se koriste u praksi kada se radi sa naponima do 35 kV, a izrađuju se i za nazivne napone do 110 kV. Kod ove vrste transformatora se aktivni delovi zalivaju epoksidnom smolom u određenim kalupima i zatim se smola stvrdnjava na temperaturi koja varira od 24 °C do 200 °C, jer su to temperature koje nisu štetne za aktivni deo transformatora. Istovremeno ta smola mehanički povezuje i električno izoluje pojedine delove transformatora, stvarajući tako njegovu unutrašnju i spoljašnju izolaciju. Zalivanje se vrši u vakuumu da se ne bi stvorili mehurići vazduha [2].



Slika 1. – Jednopolno izolovani naponski transformator nazivnog napona 35 kV

Ovakav postupak izolovanja epoksidnom smolom ostvaruje konstrukcije malih dimenzija, veoma pogodna za ugradnju na bilo kom mestu u razvodnom postrojenju. Ovi transformatori se koriste prvenstveno za unutrašnju montažu, jer su osetljivi na ultraviolettne zrake.

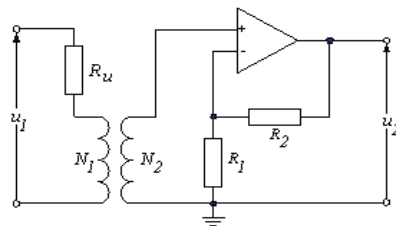
3. NAPONSKI MERNI TRANSFORMATOR BEZ JEZGRA

Osnovna karakteristika naponskog mernog transformatora bez jezgra jeste da ne postoji feromagnetno jezgro koje obezbeđuje magnetsku spregu primara i sekundara, već je ta sprega obezbeđena preko vazduha. Kao što je već napomenuto naponski merni transformator bez jezgra poseduje povoljne karakteristike linearnosti i galvanskog razdvajanja merenog napona od mernih instrumenata. Loša osobina naponskog mernog transformatora bez jezgra jeste da mu je izlazni signal vrlo slab, odnosno da ima loš odnos signal/šum.

Međutim, korišćenjem odgovarajućih mernih metoda ovaj problem je moguće izbeći [1].

U praksi se pokazalo da je izlazni signal (signal na sekundaru transformatora) veoma slab, zbog čega se pristupilo rešenju da se izlazni signal vodi na pojačavač. Ovo rešenje je prikazano na slici 2.

Pošto naponski merni transformator bez jezgra ima mali izlazni signal, koji treba voditi na pojačavač, napravljen je novi model naponskog mernog transformatora koji je usavršen. Fizički izgled tog transformatora prikazan je na slici 3.

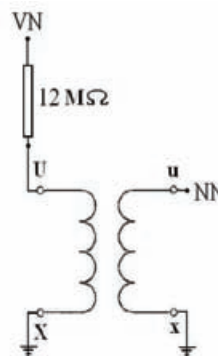


Slika 2. Šema naponskog mernog transformatora bez jezgra, gde se izlazni signal vodi na pojačavač



Slika 3. Fizički izgled usavršenog naponskog mernog transformatora bez jezgra

Na slici 4. može se videti blok šema naponskog mernog transformatora bez jezgra, koje predstavlja idejno konstruktivno rešenje ove vrste transformatora. Potrebno je napomenuti da je ovde otpornik jednostavno u funkciji predotpora i nikakvog razdeljivanja napona nema.

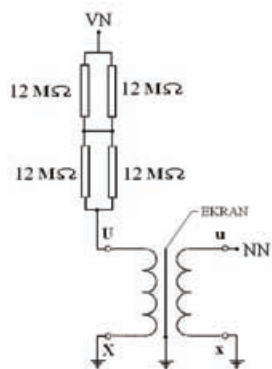


Slika 4. Blok šema naponskog mernog transformatora bez jezgra

Na slici 5. prikazano je konstruktivno rešenje naponskog mernog transformatora bez jezgra. VN predstavlja visokonaponski priključak naponskog mernog transformatora na koji se dovodi mereni napon. NN predstavlja niskonaponski priključak na koji se priljučuje merni instrument. Uloga dve grupe paralelno vezanih otpornika od 12MΩ je da se smanji pojedinačna struja kroz otpornike.

Uloga ekrana jeste da odvoji primarni namot od sekundarnog u slučaju proboja izolacije primarnog namota. Na ovaj način se praktično štite merni instrumenti od visokih napona koji mogu izazvati uništenje instrumenata.

U slučaju proboja dolazi do „preskoka“ napona na ekran koji je uzemljen, a ne na sekundarni namot. Ekran je napravljen od bakra, koji nije feromagnetni materijal i samim tim nema ulogu jezgra odnosno ne obezbeđuje elektromagnetsku spregu primara i sekundara.



Slika 5. Konstrukтивно rešenje usavršenog naponskog mernog transformatora bez jezgra

Kao što je već pomenuto naponski merni transformator bez jezgra pored linearnosti i galvanskog razdvajanja odlikuje se i mnogo manjom potrošnjom (oko 100 puta) u odnosu na naponske transformatore sa jezgrom.

4. ISPITIVANJE NAPONSKOG MERNOG TRANSFORMATORA BEZ JEZGRA

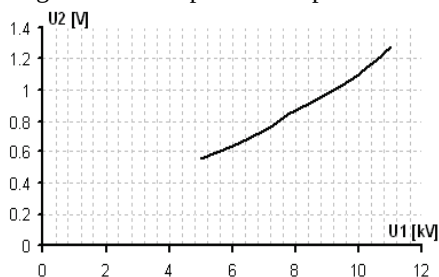
4.1. Poređenje napona na naponskim mernim transformatorima

Posmatrana su dva naponska merna transformatora, prvi je dvonamotni transformator sa jezgrom (10kV epoksidni jednopolno izolovani transformator) i drugi je dvonamotni transformator bez elektromagnetskog jezgra čiji se izlazni signal vodi na pojačavač. Svrha ovog ispitivanja je merenje napona na naponskim mernim transformatorima i njihovo poređenje.

U ovom eksperimentu, transformatori su napajani sa primarne strane, a na sekundarnim namotajima su mereni naponi koji su se kasnije upoređivali. Sa primarne strane transformatori su se napajali preko jednopolno izolovanog naponskog mernog transformatora čije smo niskonaponske krajeve spojili na regulacioni transformator.

Rezultati ovog oglada dati su na slikama 6. i 7. prikazani su rezultati grafičkim putem.

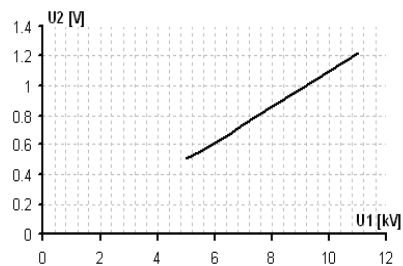
Na slici 6. grafički su prikazani rezultati dobijeni merenjem na epoksidnom, jednopolno izolovanom naponskom mernom transformatoru. Ovaj grafik predstavlja zavisnost sekundarnog u u odnosu na primarni napon.



Slika 6. Grafički prikaz rezultata merenih na epoksidnom, jednopolno izolovanom naponskom mernom transformatoru

Na slici 7. grafički su prikazani rezultati dobijeni merenjem na naponskom mernom transformatoru bez elektromagnetskog jezgra.

Ovaj grafik predstavlja zavisnost sekundarnog u u odnosu na primarni napon.



Slika 7. Grafički prikaz rezultata merenih na naponskom mernom transformatoru bez elektromagnetskog jezgra

Na osnovu rezultata sa grafika, zaključuje se da se transformatori „ponašaju“ kako je i predviđeno. Prenosni odnos transformatora je ostao u svim merenim tačkama isti.

4.2. Usavršeni naponski merni transformator bez jezgra

Naponski merni transformator bez jezgra čije je konstrukтивно rešenje prikazano na slici 5, predstavlja novu tehnologiju naponskog mernog transformatora na kome je otklonjen problem malih signala na sekundarnoj strani.

Realizovano merilo je ispitano u institutu "Nikola Tesla" u Beogradu. U tabeli 1. dati su osnovni rezultati ispitivanja. Transformator ima i na primaru i na sekundaru $N_1 = N_2 = 15000$ zavoja, koji su motani bakarnom žicom $\varnothing 0,16$ mm.

Frekvencija merenja $f=120$ Hz		
Napon merenja $U=1$ V		
Primarni namot		
R	3,03	kΩ
Z	7,296	kΩ
θ	65,45	°
L	8,803	H
Q	2,19	
Sekundarni namot		
R	2,041	kΩ
Z	4,019	kΩ
θ	59,49	°
L	4,593	H
Q	1,7	
Kapacitivnost		
$C_{\text{primar-sekondar}}$	93,6	pF
$C_{\text{primar-šant}}$	212,6	pF
$C_{\text{sekondar-šant}}$	131,3	pF

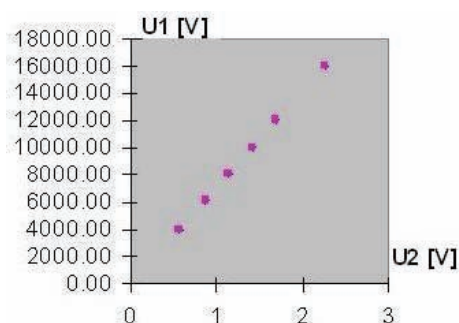
Tabela 1. Osnovni podaci naponskog mernog transformatora bez jezgra

U tabeli 2. dati su podaci merenja napona na primaru i sekundaru, pri frekvenciji $f=50$ Hz. Na slici 8. grafički su prikazani rezultati merenja, dok je na slici 9. prikazan opseg u kome se nalaze tačne vrednosti merenih veličina.

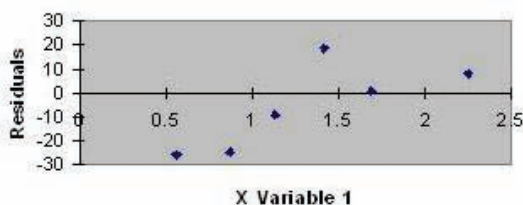
Na slici 10. prikazani su rezultati merenja, bez jedne merene vrednosti, koja je odbačena, smatrajući da sadrži grubu grešku. Na slici 11. prikazan je opseg u kom se nalaze tačne vrednosti merenih veličina.

U _{na primaru}		U _{na sekundaru}	
2140,20	V	0,29	V
4012,00	V	0,55	V
6190,00	V	0,868	V
8100,00	V	1,173	V
10126,00	V	1,424	V
12164,00	V	1,716	V
14228,00	V	2,00	V
16090,00	V	2,27	V

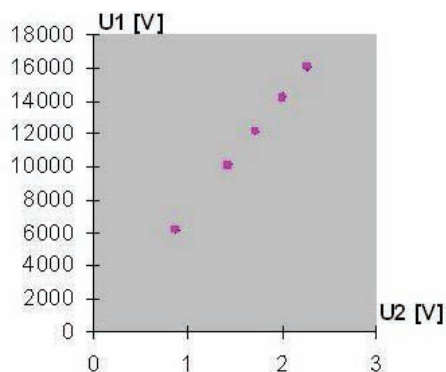
Tabela 2. Rezultati merenja na naponskom mernom transformatoru bez elektromagnetskog jezgra



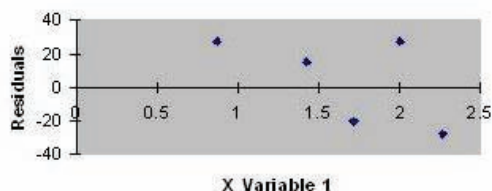
Slika 8. Grafički prikaz rezultata merenih na naponskom mernom transformatoru bez elektromagnetskog jezgra



Slika 9. Grafički prikaz greške merenja na naponskom mernom transformatoru bez elektromagnetskog jezgra



Slika 10. Grafički prikaz rezultata merenih na naponskom mernom transformatoru bez elektromagnetskog jezgra



Slika 11. Grafički prikaz greške merenja na naponskom mernom transformatoru bez elektromagnetskog jezgra

Na osnovu rezultata merenja, zaključuje se da naponski merni transformator bez jezgra ima grešku $\pm 0,17\%$

$$G = \frac{|-28 \text{ V}|}{16118 \text{ V}} = 0,0017$$

5. ZAKLJUČAK

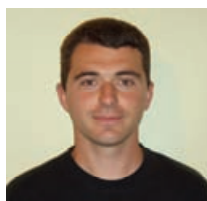
Kod naponskog mernog transformatora elektromagnetska sprega između primarnog i sekundarnog namota ostvarena je putem vazduha, a ne putem feromagnetskog jezgra, zbog čega se ovaj transformator i zove naponski merni transformator bez jezgra. Prednosti naponskog mernog transformatora ogledaju se u očuvanju linearnosti što direktno utiče na kvalitet izlaznog signala, a samim tim i na tačnost merenja. Galvanska odvojenost primara i sekundara je očuvana kao i kod naponskih mernih transformatora sa jezgrom. Takođe, ovi transformatori se odlikuju malom potrošnjom. Konstruktivno rešenje strujnog mernog transformatora bez jezgra već postoji, i u kombinaciji sa naponskim mernim transformatorom bez jezgra dolazi se do novog pristupa merenja u elektroenergetskim sistemima (napona, struje i snage).

6. LITERATURA

[1] D. Čomić, S. Milovančević i V. Vujačić, „A new approach to voltage measurements in power systems”, 9th International Conference Electrical Power Quality and Utilisation, Barcelona, 9-11 October 2007
www.epqu2007.com

[2] V. Bego „Mjerenja u elektrotehnici” Tehnička knjiga, Zagreb 1985.

Kratka biografija:



Radovan Topić rođen je u Novom Sadu 1985. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Elektroenergetika odbranio je 2010.god.

PRIMER NADZORNO-UPRAVLJAČKOG SISTEMA ZA PRAĆENJE TEMPERATURA U TRANSFORMATORIMA I UPRAVLJANJE RASHLADNIM SISTEMOM

EXAMPLE OF SUPERVISORY CONTROL SYSTEM FOR TEMPERATURE MONITORING IN TRANSFORMERS AND COOLING SYSTEM CONTROL

Dušan Starovlah, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu proučavani su toplotni problemi kod transformatora, dat je pregled propisa iz oblasti zagrevanja i prikazana su rešenja upravljanja rashladnim sistemom transformatora.

Abstract – This paper deals with the thermal problems at the transformers, provides an overview of regulations pertaining to heat and illustrates control solutions of cooling system in transformers.

Ključne reči: Transformator, Temperatura, Fuzzy logika, WinCC

1. UVOD

Prema međunarodnom elektrotehničkom rečniku, transformator se definiše kao statički aparat sa dva ili više namotaja koji, pomoću elektromagnetne indukcije, pretvara jedan sistem naizmjeničnih napona i struja u drugi sistem napona i struja, obično različitih vrednosti, pri istoj frekvenciji, u svrhu prenosa električne energije. S obzirom na veliku rasprostranjenost transformatora u elektroenergetskom sistemu i njihovu visoku cenu, značajno je do maksimuma iskoristiti njihove toplotne mogućnosti, odnosno iskoristiti ih za prenos što veće snage i na taj način povećati energetska efikasnost samih transformatora i sistema kao celine.

Do danas su razvijeni različiti sistemi za merenje i regulaciju temperature transformatora i na taj način se u velikoj meri produžio vek trajanja istih.

2. TEORIJSKI ASPEKTI TOPLOTNIH PROBLEMA KOD TRANSFORMATORA

Transformator spada u grupu uređaja sa najvećim stepenom iskorišćenja (više od 90%, kod najvećih i 99,5%). Međutim pri radu transformatora jedan deo energije se pretvara u toplotu, što sa stanovišta procesa transformacije napona i struja predstavlja gubitke.

Ta toplotna energija odlazi nepovratno u okolinu, prethodno zagrevajući delove transformatora, pri čemu je najintenzivnije zagrevanje aktivnih delova, odnosno električnog i magnetnog kola. Posledica generisanja toplote u aktivnim delovima transformatora jeste porast temperature tih delova.

NAPOMENA:

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

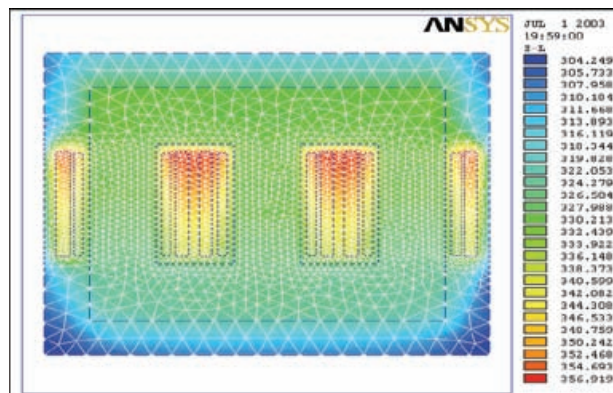
2.1. Način prenosa toplote kod transformatora

Kod energetske uljne transformatora se javljaju tri oblika prenosa toplote (konvekcija, zračenje i provođenje).

Konvekcija (strujanje) tj. prenos toplote kod kojeg se pored toplote kreću i molekuli odnosno grupe molekula, vezana je za fluide-tečnosti i gasove. Kod transformatora su to najčešće ulje i vazduh pa je logično što je ovo strujanje navažniji vid prenosa toplote. Obično se konvekcija razvrstava u dve podvrste: prirodnu i prinudnu. Zračenje (radijacija) javlja se na spoljašnjoj površini suda transformatora i predstavlja vid prenošenja toplote putem elektromagnetnih talasa (relativno niske frekvencije). Provođenje (kondukcija) toplote slično je provođenju električne struje i odigrava se uglavnom u čvrstoj materijalnoj sredini kada u njoj postoji gradijent temperature.

2.2. Prostorna raspodela temperatura kod transformatora

Temperaturno polje unutar transformatora ima trodimenzionalni karakter i dosta zavisi od oblika i konstrukcije transformatora (slika 1). Dominantni oblik prenošenja toplote u transformatoru je konvekcija, koja je nelinearan proces. Prema tome, pri analiziranju toplotnih pojava u transformatoru susrećemo se sa jednim izrazito nelinearnim procesom u prostorno složenoj sredini. Temperatura je različita u pojedinim funkcionalnim delovima transformatora (namotaj, jezgro, sud i ulje), a menja se i po zapremini svakog od tih delova – postoje njeni vertikalni i horizontalni gradijenti.



Slika 1. Toplotno polje za 2D model transformatora sa mrežom konačnih elemenata

Na slici 1. prikazano je temperaturno polje (prostorna raspodela temperatura u transformatoru) analizirana numeričkom metodom konačnih elemenata. Toplotno zra-

čenje delova transformatora je većinom smešteno u infra-crveni opseg elektromagnetnog zračenja. U zavisnosti od talasne dužine (frekvencije) koja je predstavljena brojevima na slici 1., vidimo raličite boje spektra (plava je najniža a crvena najviša temperatura).

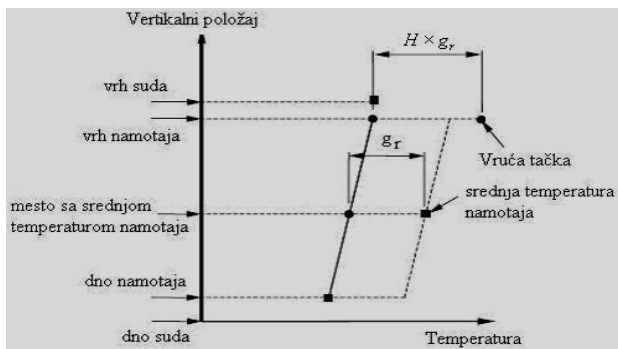
3. PREGLED PROPISA IZ OBLASTI ZAGREVANJA TRANSFORMATORA

Osnovni standardi o zagrevanju energetskih uljnih transformatora definišu označavanje transformatora prema načinu hlađenja, dozvoljena povišenja temperature i ispitivanje transformatora u cilju provere dozvoljenih povišenja temperature. Standardi daju matematičke modele za procenu promene temperature pri različitim opterećenjima i načinima hlađenja transformatora, uključujući i tranzijente i ciklične promene opterećenja. Temperature gornjeg i srednjeg ulja treba da opišu ulje sa kojim se vrši neposredna rezmena toplote namotaja. Standardima se definišu dve vrste cikličkog opterećenja (normalno i dugotrajno), kod kojih je bitno srednje starenje transformatora tokom jedne periode (obično se posmatra period od jednog dana).

3.1. Termički dijagram transformatora za proračune

Termički dijagram predstavlja vertikalnu raspodelu temperatura u ulju i namotajima. Izrađuje se sa određenim pojednostavljenjima kako bi se smanjila kompleksnost. Pretpostavke koje se usvajaju su:

- temperatura ulja u namotaju raste linearno odozdo na gore, bez obzira na način hlađenja;
- temperatura provodnika raste linearno naviše uz provodnik, paralelno sa temperaturom ulja, sa konstantnom temperaturnom razlikom između namotaja i ulja (razlika između ove dve temperature se obeležava sa g_r – gradijent, vidi sliku 2);
- Temperatura vruće tačke je viša od temperature na vrhu namotaja, tako da je razlika između temperature gornjeg ulja i temperature vruće tačke veća od gradijenta. Gradijent temperature se na ovom mestu množi faktorom vruće tačke H . Faktor vruće tačke se kod različitih transformatora kreće između 1 i 1.27, u zavisnosti od veličine, konstrukcije i impedanse kratkog spoja. Za standardne distributivne transformatore sa impedansom kratkog spoja od najviše 8% se tipično uzima vrednost od 1.1.



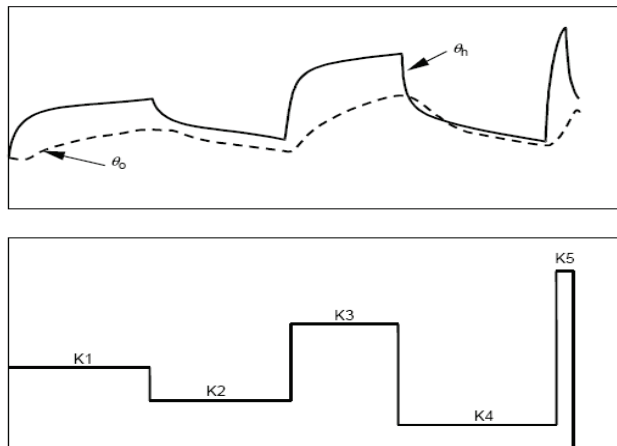
Slika 2. Termički dijagram transformatora

3.2. Tranzijentna jednačina temperature

Standard IEC 60076-7 nudi dva načina za izračunavanje temperature vruće tačke u prelaznim režimima. Prvi predviđa eksponencijalnu promenu temperature, pri čemu

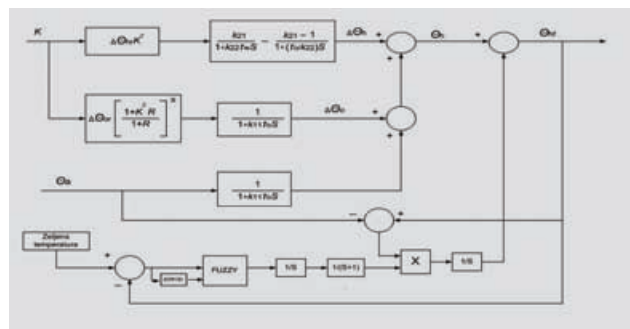
se opterećenje menja kao step funkcija, pri čemu svakom porastu opterećenja sledi jedno smanjenje opterećenja i obrnuto. Ovakvo opterećenje i rezultirajuće temperature θ_h - najtoplije tačke i θ_o - ulja, prikazani su na slici 3.

Drugi način predviđa računanje pomoću diferencijalne jednačine, u kojoj su faktor opterećenja i temperatura ambijenta promenljive u vremenu.



Slika 3. Promene temperatura usled opterećenja koje se menja kao step funkcija

Kada se temperatura vruće tačke (sa uticajem sistema za hlađenje) računa preko diferencijalnih jednačina, ulazi sistema su temperatura ambijenta i faktor opterećenja, a izlaz sistema je temperatura vruće tačke. Blok dijagram ovog sistema je dat na slici 4.



Slika 4. Blok dijagram za proračun pomoću sistema diferencijalnih jednačina

4. TEMPERATURE I STARENJE TRANSFORMATORA

Pri opterećenju transformatora se javljaju naprezanja čiji intenzitet zavisi od trenutnih vrednosti struje. Takve pojave su mehanička naprezanja i zagrevanje koji kumulativno dovode do starenja transformatora [1], koje se najviše manifestuje u gubljenju mehaničkih i izolacionih svojstva izolacije – ulja i celuloze. Najintenzivnije lokalno slabljenje izolacije je u tački u kojoj je njena temperatura najviša (*hot-spot*). Posmatrano u određenom vremenskom periodu ciklusa opterećenja (na primer godinu dana) na osnovu dijagrama promene temperature može se proceniti prosečno slabljenje svojstava izolacije.

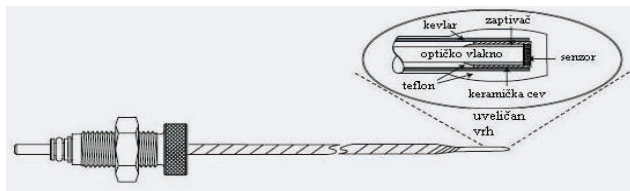
Starenje izolacije transformatora je kumulativan proces hemijske prirode, koji dominantno zavisi od temperature. Poznato je da na njega utiču i sadržaj vlage, kiseonika i kiselina, ali se i u starim i novim standardima procenjuje samo na osnovu temperature.

Ova funkcija se konvencionalno naziva relativnom temperaturnom brzinom starenja. Brzina starenja se duplira pri svakom porastu temperature od oko 6 K. Pri tom se misli na temperaturu vruće tačke. Za transformatore projektovane prema standardu IEC 60076-7, referentna temperatura je 98°C. Pri temperaturi od 98°C relativna brzina starenja transformatora je jednaka jedinici.

5. SAVREMENI UREĐAJI ZA MERENJE TEMPERATURE VRUĆE TAČKE

5.1. Merenje pomoću fiber-optičkih senzora

Ovakav sistem podrazumeva direktno merenje temperature vruće tačke transformatora pomoću fiber-optičkog senzora smeštenog uz sam niženaponski namotaj transformatora. Fiber-optički senzori (slika 5) rade na principu modulacije svetlosti usled promene temperature nekih materijala koji se koriste kao senzori. Noviji uređaji koriste osobinu jednog neorganskog fotoluminiscentnog materijala da mu se sa temperaturom menja brzina kojom opada intenzitet dovedenog svetlosnog impulsa. Intenzitet svetlosti opada sa vremenom približno eksponencijalno, pri čemu je vremenska konstanta sa kojom opada intenzitet funkcija temperature



Slika 5. Fiber-optički senzor za merenje temperature

5.2. Simuliranje temperature vruće tačke

Ova metoda je razvijena tako da se mere temperatura gornjeg sloja ulja, ambijenta i struja (ili struje) kroz sekundarni namotaj transformatora. Velika prednost ovakvog merenja je to što se temperatura gornjeg sloja ulja meri pomoću rezistivnog kapilarnog termometra u "džepu" transformatora, koji postoji na svakom transformatoru tako da je jedina potrebna intervencija na transformatoru eventualna zamena termometra. Postoje dva pristupa simuliranju temperature vruće tačke. Starijom metodom se meri temperatura gornjeg sloja ulja uvećana pomoću grejača. Grejač se napaja preko strujnog transformatora, strujom proporcionalnoj struji jedne faze sekundarnog namotaja transformatora.

Novijom metodom, temperatura vruće tačke se proračunava u mikroprocesoru na osnovu temperature gornjeg sloja ulja i struje (ili struja) sekundarnog namotaja. Jedan ovakav uređaj bez senzora je prikazan na slici 6.

Osim izbegavanja grejača, velika prednost ovakvog merenja je i mogućnost uvažavanja nesimetričnog opterećenja transformatora, ako se mere struje sve tri faze. Na ovaj način je moguće određivanje najtoplijeg namotaja na osnovu opterećenja, a moguće je i praćenje temperature vruće tačke sva tri namotaja. Osim relejnih izlaza za alarm i isključenje transformatora ovakvi uređaji imaju i relejne izlaze za uključivanje i isključivanje prinudnog hlađenja. Uređaj sa slike 6 ima 4 takva izlaza i može se programirati da prema opterećenju uključuje i isključuje pumpe i/ili ventilatore samostalno. Ima i dva

analogna izlaza sa signalima temperature ulja i namotaja, a ove informacije kao i merenu vrednost struje i preostali životni vek transformatora može da šalje i preko RS 232 i RS 485 veze.

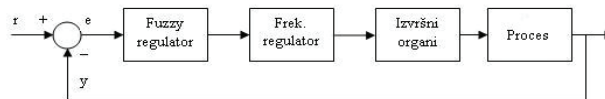


Slika 6. Uređaj za simuliranje temperature vruće tačke transformatora

6. PRIMENA FUZZY LOGIKE U UPRAVLJANJU

Fuzzy logika, zasnovana na Zadehovim rasplnutim (fuzzy) skupovima, obezbeđuje matematički potencijal za opisivanje neodređenosti vezane za kongitivne procese kod čoveka, kao što su npr. razmišljanje i rezonovanje [2]-[4]. Između ostalog fuzzy logika je našla primenu i u sistemima sa grejanjem i hlađenjem [5].

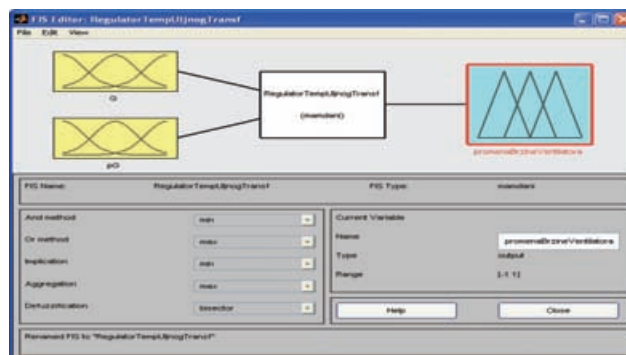
Sistem regulacije temperature ulja u transformatoru (slika 7) se sastoji od fuzzy regulatora, frekventnog regulatora, izvršnog organa (aksijalni ventilator i pumpa) i samog transformatora. Upravljava veličina je temperatura ulja u transformatoru. Ulazna veličina sistema je zadata temperatura (r), a izlaz sistema je trenutna (merena) temperatura.



Slika 7. Blok dijagram povratne sprege sistema

Ulaz u fuzzy regulator (e) je razlika zadate temperature (r) i trenutne temperature (y). Izlaz iz fuzzy regulatora (slika 8) predstavlja zadatu brzinu pumpi i/ili ventilatoru u opsegu 30-100%. Ulazni signal, koji predstavlja grešku (odstupanje trenutne vrednosti temperature od zadate), je normalizovan i predstavljen u standardnom intervalu $[-1,1]$.

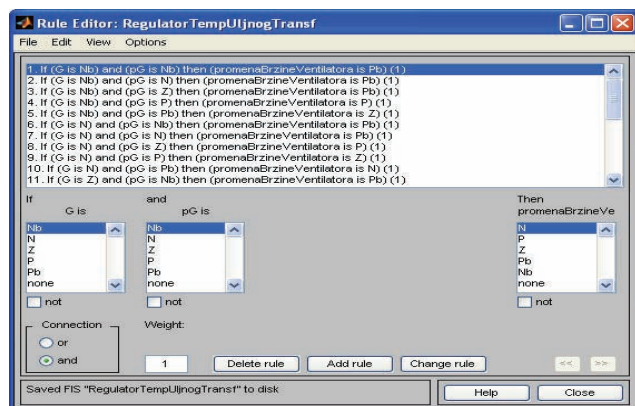
Na slici 9 su prikazana pravila pomoću kojih se računa izlaz fuzzy regulatora.



Slika 8. Fuzzy regulator

Vrednost Δu , koja se dobije nakon defazifikacije, predstavlja vrednost za koju treba promeniti upravljanje. Konačna vrednost upravljanja se dobija kao zbir

prethodne vrednosti upravljanja i vrednosti promene upravljanja. Ovako dobijeno upravljenje se drži u opsegu od 30 – 100 [%].



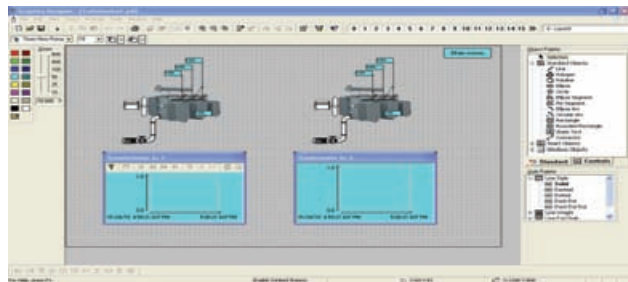
Slika 9. Fuzzy pravila

7. NADZORNO-UPRAVLJAČKI SISTEM

Stvarnu kontrolu nad procesom ima sistem za automatizaciju (PLC), dok nadzorno-upravljački sistem predstavlja sponu između PLC-a sa jedne strane i operatera sa druge. Česta je primena fuzzy regulatora u nadzorno-upravljačkim sistemima [6].

Nadzorno-upravljački sistem u ovom primeru nadzire temperature i struje po fazama i upravlja rashladnim uređajima dva transformatora. Operater može da čita podatke o temperaturi ulja u transformatoru i jačini struja po fazama. Operater takođe može da zadaje željenu vrednost temperature ulja. Jačinu struje po fazama i temperaturu ulja u transformatoru, operater može osim bročano da prati i očitava i grafički.

Slika 10 prikazuje tipičan ekran koji operater ima ispred sebe.



Slika 10. Nadzorno-upravljački sistem transformatora

8. ZAKLJUČAK

U ovom radu je prikazan jedan primer nadzorno-upravljačkog sistema transformatora koji omogućuje niz vrlo korisnih funkcija za otkrivanje grešaka u nastanku i sprečavanju ili smanjenju posledica kvara. Ovakvim sistemom bi se ukupni gubici mogli održavati na minimumu i time se i produžiti vek trajanja transformatora.

LITERATURA

- [1] G. Swift, D. Fedirchuk, Z. Zhang, „Transformer thermal overload protection“ *Proc. on 25th Annual Western Protective Relay Conference*, Washington, October 1998.
- [2] P. Subašić, „Fazi logika i neuronske mreže“, Tehnička knjiga, Beograd, 1997.
- [3] L. Reznik, „Fuzzy Controllers“, Victoria University of Technology Melbourne, Australia, 1997.
- [4] S.N. Sivanandam, S. Sumathi, S.N. Deepa, „Introduction to Fuzzy Logic using MATLAB“, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007.
- [5] K.K. Tan, K. Marzuki, R. Yusof, „Intelligent Control and Monitoring of an Industrial Chilling/Heating System by Fuzzy Logic“, Centre for AI Robotics (CAIRO), 1998.
- [6] J. Jantsen, „Fuzzy supervisory control“, *Tech. report no 98-H-875 (proc)*, Technical University of Denmark, Department of Automation, November 11, 1998.

Kratka biografija:



Dušan Starovlah rođen je u Indiji 1982. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Automatika i upravljanje sistemima odbranio je 2010. god.

RASPOZNAVANJE AUTOMOBILSKIH REGISTARSKIH TABLICA UPOTREBOM VEŠTAČKIH NEURONSKIH MREŽA**CAR LICENCE PLATE RECOGNITION USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS**Vojislav Isakov, *Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U radu je opisano jedno rešenje automatskog prepoznavanja srpskih registarskih tablica upotrebom višeslojnog perceptrona. Program je pisan u programskom paketu Matlab 2009, slike su obrađivane u Adobe Photoshop-u 7 a testiran je sa četiri tablice sa različitim stepenom zaprljanosti.

Abstract – This paper describes one solution of automatic number plate recognition of serbian plates using multilayer perceptron. Program is written in software package Matlab 2009, pictures are edited in Adobe Photoshop 7 and four licence plates with different scale of filthiness are used for testing.

Ključne reči: Prepoznavanje tablica, Višeslojni perceptron, VNM, Matlab

1. UVOD

Veruje se da na svetu trenutno postoji više od pola milijarde automobila. Sva ova vozila imaju svoj identifikacioni broj (VIN – Vehicle Identification Number) kao primarni identifikator. Zbog ogromnog rasta broja vozila u svetu, javila se potreba za poboljšanjem postojećih sistema za identifikaciju vozila. Ti sistemi su automatizovani i svojom funkcionalnošću potpuno smanjuju zavisnost od ljudskog rada. U našoj zemlji, stupanjem na snagu novog zakona o saobraćaju takođe će se postepeno povećavati broj i kvalitet ANPR (engl. Automatic Number Plate Recognition) sistema [1].

Automatska identifikacija vozila pomoću sadržaja registarskih tablica vrlo je bitna u privatnim transportnim primenama poput merenja vremena putovanja, upravljanja parkiralištima, naplaćivanja putarina, detekcija brzine vožnje, identifikacije ukradenih vozila te sprovođenja zakona i sl.

U svetu postoje razni oblici registarskih tablica na vozilima i motociklima koji sadrže različite znakove i koji su različitih dimenzija, fontova i oblika. Ovaj projekat se bavi rešavanjem problema prepoznavanja srpskih registarskih tablica na automobilima i to korištenjem neuronskih mreža [2].

2. PREPOZNAVANJE UZORAKA

Prepoznavanje uzoraka (Pattern recognition, [3] i [4]) je naučna disciplina čiji je cilj klasifikacija objekata u kategorije ili klase.

NAPOMENA:

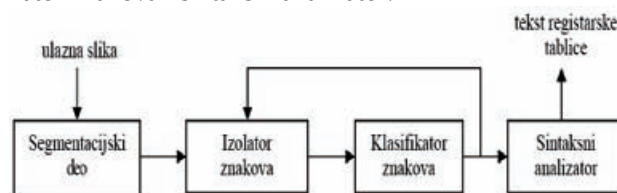
Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Filip Kulić, vanredni profesor

Ispod lakoće kojom prepoznajemo ključeve od automobila u džepu dodir, leže zapanjujuće složeni procesi koji omogućuju ovakva prepoznavanja. Prepoznavanje uzoraka, čin uzimanja podataka i preduzimanja akcije zasnovane na kategoriji uzorka, je jedan od osnovnih za čovekovo preživljavanje, i od njegovog nastanka čovek je razvio visoko sofisticirane neuralne i kognitivne sisteme za ovakve zadatke.

Jedna od bitnih oblasti prepoznavanja uzoraka je i prepoznavanje karaktera (Character Recognition, [5] i [6]), koje ima značajnu ulogu u automatizaciji i obradi informacija, kao i u rešenju prepoznavanja registarskih tablica. Više o upotrebi neuronskih mreža u području prepoznavanja uzoraka može se naći u [7].

3. PREPOZNAVANJE KARAKTERA

Softverski deo ANPR sistema (slika 1.) sastoji se iz četiri glavna dela: segmentacijski deo, izolacijski deo, klasifikator znakova i sintakсни analizador.



Slika 1. Delovi ANPR softvera za raspoznavanje registarskih tablica

Segmentacijski deo određuje lokaciju registrarske tablice na slici na temelju strukturnih svojstava i određenih ograničenja. Izolirana tablica prosleđuje se izolatoru znakova koji pokušava odrediti položaj znakova na tablici. Izolirani znakovi tablice dalje se obrađuju u klasifikatoru znakova. Ovaj deo ANPR sastava koristi višeslojne perceptrone i u ovom radu će biti objašnjen jedan način njegovog funkcionisanja. Više o upotrebi neuronskih mreža kod prepoznavanja registarskih tablica može se naći u [8]. Sintakсни analizador proverava zadovoljavaju li potencijalno prepoznati znakovi određeni broj sintaksnih pravila koja opisuju registrarske tablice određene zemlje. Ako pravila nisu zadovoljena ili je postotak uspešnosti manji od dozvoljene granice, slika tablice se ne prihvata.

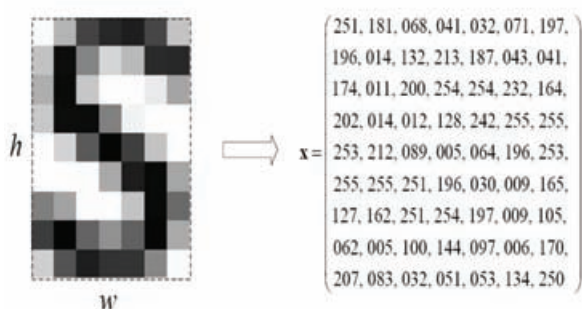
3.1. Predobrada slika

Predobrada slika vrlo je bitan, opsežan i složen proces u celom sastavu automatskog raspoznavanja i klasifikacije brojno-slovnih znakova tablica države i registarskih tablica vozila.

Uspeh daljeg postupka učenja i raspoznavanja veoma zavisi od kvaliteta pripremljenih uzoraka, ali i od

njihovog kvantiteta. Što je više uzoraka uspešno izolirano i predobrađeno, to je veća verovatnoća ispravnog raspoznavanja različitih uzoraka istih znakova.

Pošto je ovaj rad baziran isključivo na sam proces raspoznavanja, proces obrade slika obavljen je kombinacijom programskog sastava za obradu slike ADOBE Photoshop 7.0 i programskog paketa Matlab R2009a. Upotrebom alata Crop Tool u Photoshop-u, od slika snimljenih kamerom marke Sony T100, prvobitno je izdvajano područje na kome se nalazi tablica a zatim karakter po karakter i oni su smeštani u bazu slika. Nakon učitavanja slike karaktera u Matlabu funkcijom *imread* čime se dobija i matrica piksela, radi se normalizacija dimenzija na 11x19 funkcijom *imresize*. Na slici 2 je prikazana vrednost promenljive *x* kojoj se funkcijom *imread* dodeli slika formata .jpg. Cilj nam je od ovakve matrice *x* napraviti jednodimenzioni vektor dužine *h x w* koji će moći da se koristi kao ulaz u neuronsku mrežu.



Slika 2. Matrica piksela na kojoj 000 označava potpuno crni a 255 potpuno beli piksel

Sledi pretvaranje u sliku sa sivim tonovima funkcijom *rgb2gray* pa invertovanje koje se postiže prostim oduzimanjem vrednosti svakog piksela u matrici od broja 255, koji predstavlja potpuno beli piksel. Nakon toga, radi se operacija *threshold* koja predstavlja biranje praga iznad kojeg će svaka vrednost veća od njega postati jedinica a manja nula. Ovo je postignuto operacijom deljenja brojem 255 svakog piksela u matrici. Na ovaj način urađena je binarizacija jer svaka vrednost piksela veća od 127,5 koji predstavlja prag postaje 1, a manja 0.

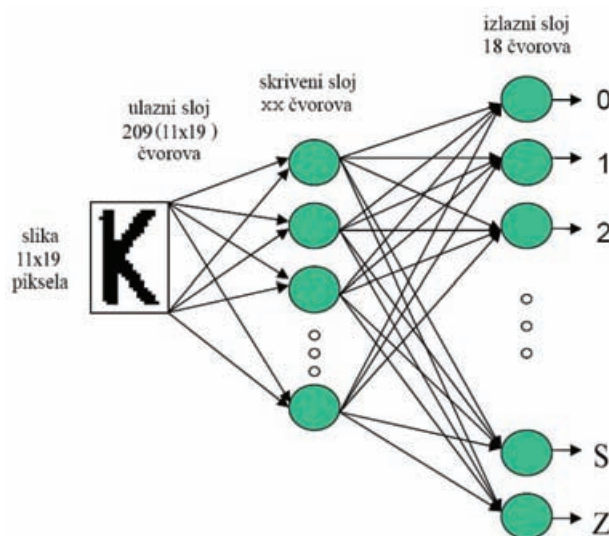
Nakon ovoga potrebno je samo vrednosti matrice (jedinice i nule) smestiti u jednodimenzioni vektor a to se postiže sa još dve funkcije. Prvo se radi transponovanje funkcijom *transpose* a zatim se funkcijom *reshape* vrednosti smeštaju u jednodimenzioni vektor. Funkcija *transpose* je potrebna jer funkcija *reshape* uzima vrednosti redom po kolonama a ne vrstama. Na ovaj način smo binarno kodirali ulaznu sliku nedefinisane veličine i dobili jasno definisani jednodimenzioni vektor koji može predstavljati ulaz u neuronsku mrežu.

3.2. Struktura perceptrona

Višeslojna neuronska mreža korištena za raspoznavanje brojno-slovnih znakova predstavlja troslojni perceptron – acikličnu potpuno povezanu troslojnu mrežu konfiguracije 209×XX×18 neurona po pojedinom sloju (slika 3.).

MLP korišten u ovom radu sastoji se dakle od 3 sloja - ulazni sloj od 209 ulaznih čvorova, izlazni sloj od 18 izlaznih čvorova mreže a broj čvorova u skrivenom sloju menjan je od 28 do 75 sa ciljem pronalaska najboljeg rešenja za određenu mrežu. Mora se napomenuti da je

broj skrivenih i ulaznih slojeva menjan kod analize rezultata jer je od broja čvorova u njima dosta zavisila uspešnost prepoznavanja. Broj čvorova u ulaznom sloju je menjan jer je sa povećanjem broja piksela pokušano poboljšanje preciznosti u prepoznavanju.



Slika 3. Struktura neuronske mreže korištene za prepoznavanje karaktera sa registarskih tablica

Izlaz svakog čvora mreže predstavlja ulaz u sve čvorove sledećeg sloja. Upravo ova karakteristika čini mrežu potpuno povezanom (svaki neuron jednog sloja povezan je sa svakim neuronom sledećeg sloja). Mreža je aciklična jer ne postoje direktne povratne veze među neuronima (na primer, ne postoji veza izlaza skrivenog neurona sa ulazom u neuron prvog sloja). Indirektno, signal greške propagira se mrežom unazad tokom procesa učenja algoritmom propagacije greške unazad kroz mrežu (*error back-propagation*). Na ulaz 209 neurona ulaznog sloja predstavlja se ulazni vektor binarnih vrednosti svakog piksela (slikovnog elementa) slike uzorka za učenje i klasifikaciju. Osamnaest neurona izlaznog sloja predstavljaju izlazne klase u koje je svaki od uzoraka raspoznat.

- brojevi $0 \div 9$ (10 neurona)
- velika slova B, G, I, K, N, R, S, Z (8 neurona)

3.3. Testiranje i analiza rezultata

Skup za testiranje sadrži 4 tablice tj. 28 karaktera. Program uzima jednu po jednu tablicu, što znači po 7 znakova (slika 4) i predstavlja ih jedan po jedan ulaznom sloju neuronske mreže. Prva tablica je potpuno čista dok je poslednja potpuno zaprljana.

Na slici 4, prikazana je treća tablica za testiranje na kojoj se najbolje mogu videti poboljšanja u prepoznavanju.



Slika 4. Jedna od četiri tablice koje su korištene za testiranje mreže

U narednim tabelama, u prvoj vrsti se nalazi broj skrivenih slojeva neuronske mreže a u prvoj koloni broj iteracija. U tabelama, crvenom bojom su označavane

greške u prepoznavanju a plavom najčešće greške. Boldovane su potpuno prepoznate tablice kao i one sa nekom od najčešćih grešaka na jednoj poziciji. Sva testiranja vršena su sa brzinom učenja od 0.2 a ona je utvrđena eksperimentalnom analizom.

Kod prve neuronske mreže, slike su normalizovane na dimenzije 11x19 a mreža je obučavana samo sa po jednim uzorkom svakog znaka, a svaki uzorak je slika karaktera koja je u Photoshopu dodatno obrađena i od nje napravljena čista crno-bela slika. Utvrđeno je da se ovakvi uzorci najbolje ponašaju posle funkcija koje se u matlabu primenjuju na njih. Obučavajući skup dakle sadrži 18 znakova.

Tabela 1. Rezultati dobijeni sa prvom neuronskom mrežom

BG83270	28	38	48	65
500	6G8337G	BGBBG2G	B8BBB2G	BG8B72G
600	BGBBB7G	BBB3B70	BGBBB7G	BGB322G
700	BGBBB7G	BGG377G	BGBBB7G	BG83770
1500	BBB0220	BGBBB2G	BGBS22G	BGBBB7G

Tabela 2. Procenti uspešnosti prve neuronske mreže za svih 28 karaktera

%	28	38	48	65
500	64,28	57,14	53,57	57,14
600	50	53,57	53,57	64,28
700	57,14	67,85	57,14	82,14
1500	64,28	57,14	53,57	60,71

Najveći procenat uspešnosti dobijen je sa 65 skrivenih slojeva i 700 iteracija gde je pogodeno 23/28 karaktera. Prva promena kojom je pokušano unapređenje softvera a samim tim i povećanje preciznosti pogađanja jeste proširenje obučavajućeg skupa. Sa početnih 18 karaktera proširen je na 36, što znači da sadrži po dva uzorka svakog znaka. Eksperimentalno je utvrđeno da ovako obučena neuronska mreža zahteva za nijansu veći broj čvorova u skrivenom sloju, ali sa znatno manje iteracija se dobija mnogo preciznije pogađanje što smanjuje i vreme obučavanja mreže. Promenom broja uzoraka pojedinog znaka dobijeni su rezultati prikazani sledećom tabelom.

Tabela 3. Rezultati dobijeni sa drugom neuronskom mrežom

BG83270	38	58	65	75
100	BGG327G	RG83270	BGB327G	BGB327G
200	BGB327G	BGS327G	BGB322G	BGB3220
400	BGB3320	BGB3270	8G83220	BGB327G
500	BGB322G	BGB3270	BGB322G	BG83220

Tabela 4. Procenti uspešnosti druge neuronske mreže za svih 28 karaktera

%	38	58	65	75
100	82,14	89,28	85,71	82,14
200	82,14	85,71	78,57	78,57
400	75	89,28	85,71	78,57
500	67,85	89,28	85,71	82,14

Tablica nije potpuno prepoznata ni u jednom slučaju, kao ni u tabeli 1, a najbolje rešenje sa greškom na trećoj poziciji je sa 58 skrivenih slojeva i 500 iteracija. Greška

je prepoznavanje broja 8 kao slovo B što je, pored prepoznavanja 0 kao G, 5 kao S i 3 kao 8, najčešća greška u prepoznavanju. Iako smo i u tabeli 1 imali dva puta 6/7 prepoznatih znakova, broj ukupnih grešaka je znatno veći – 72 naspram 39 koliko je u tabeli 3. Zbog ovih čestih grešaka, u sledećem slučaju obučavajući skup je proširen sa po dva uzorka kritičnih znakova i sadrži 52 znaka. Znaci kojima je proširen obučavajući skup su: B, 8, 3, 5, S, 2, Z kao i dva uzorka znaka N. Slike su normalizovane na 11x19 piksela a rezultati se mogu videti u tabelama 5 i 6.

Tabela 5. Rezultati dobijeni sa trećom neuronskom mrežom

BG83270	48	58	65	75
100	8G8327G	BG83270	BGB3270	BG83270
200	8G83270	BG8327G	BG8327G	BG83270
400	BG8327G	BG8327G	8S83270	BS83270
500	BG8327G	BG83270	BGB327G	BG83270

Tabela 6. Procenti uspešnosti treće neuronske mreže za svih 28 karaktera

%	48	58	65	75
100	78,57	96,42	96,42	89,28
200	96,42	85,71	89,28	92,85
400	85,71	92,85	89,28	89,28
500	89,28	96,42	89,28	96,42

Posmatrajući tabelu 6 primećuje se znatno poboljšanje prepoznavanja. Mreže sa dodatnim uzorcima međusobno sličnih znakova čak pet puta su prepoznale 27/28 karaktera što daje procenat uspešnosti od 96,42%. Ostala je greška na poslednjoj poziciji kod prepoznavanja znaka 0. Sledećim izmenama pokušać se otkloniti i ova greška i prepoznati svih 28 karaktera. Dodata su po dva uzorka znakova G i 0 kao i znak S sa najzaprjanije tablice za testiranje, a rezolucija slika postavljena je na 20x32 piksela što daje 640 ulaznih čvorova. Rezultati su prikazani u tabelama 7 i 8.

Tabela 7. Rezultati dobijeni sa četvrtom neuronskom mrežom

BG83270	48	58	65	75
100	BG83270	BG83270	8G83270	BG83270
200	BG83270	8G83270	BG83270	8G83270
400	BG83270	BG83270	8G83220	BG83270
500	BG83270	BG83220	BG83270	BG83270

Tabela 8. Procenti uspešnosti četvrte neuronske mreže za svih 28 karaktera

%	48	58	65	75
100	89,28	92,85	85,71	100
200	96,42	92,85	96,42	85,71
400	96,42	100	92,85	100
500	100	96,42	100	100

Sa 640 ulaznih čvorova, uz znatno duža vremena obučavanja, mreže su čak 6 puta prepoznale svih 28 karaktera. Najbrže vreme obučavanja sa kim je postignuto prepoznavanje svih karaktera je sa 75 skrivenih slojeva i 100 iteracija ali zbog konstatacije da ove mreže zahtevaju

više iteracija za najbolje rešenje uzeta je mreža sa 48 skrivenih slojeva i 500 iteracija uz vreme obuke od 9min 54sec. Problemi prepoznavanja znakova 5 i S kao i 0 i G potpuno su otklonjeni, a greške prilikom prepoznavanja znakova B i 8 svedene na minimum. Važno je napomenuti da nije bilo ni jedne greške prilikom prepoznavanja poslednje, najzaprjanije tablice, a samo znak S sa nje je stavljen i u obučavajući skup.

Upoređujući tabele, značajno je uočiti da broj uzoraka pojedinog znaka koji se predstavlja mreži u procesu učenja znatno utiče na uspešnost raspoznavanja novih uzoraka. Prva neuronska mreža je loše reagovala na poslednju, jako zaprljanu tablicu, dok je poslednja mreža tu tablicu prepoznala u svim slučajevima, bez obzira na broj skrivenih slojeva i iteracija. Bitno je i napomenuti da je priklikom testiranja programa ova mreža uspešno prepoznavala i sve tablice sa sličnim stepenom zaprljanosti kao i kod poslednje tablice što daje i poboljšanje sposobnosti generalizacije – uspešnosti prepoznavanja novih tablica.

Iz opisanog eksperimenta i analize dobijenih rezultata može se zaključiti da najveći uticaj na uspešnost raspoznavanja ima odabir što većeg broja reprezentativnih uzoraka kao uzoraka za učenje. Rezultati upućuju na zaključak da povećanje broja uzoraka pojedinog znaka kojim se mreža uči, uzrokuje i povećanje uspešnosti raspoznavanja. Uz dovoljno veliki skup uzoraka za učenje mreži su predloženi reprezentativni uzorci te mreža može lakše i tačnije klasifikovati novi uzorak jer postoji veća verovatnoća da će uzorak biti sličniji jednom od mnogobrojnih uzoraka svoje klase, nego uzorku neke druge klase.

Tabela 9. Prikaz najviših i srednjih procenata uspešnosti za sve četiri neuronske mreže

%	Najviši procenat uspešnosti	Srednji procenat uspešnosti
1.Obučavajući skup 18 Ulaznih čvorova 209	82,14%	62,14%
2.Obučavajući skup 36 Ulaznih čvorova 209	89,28%	79,81%
3.Ovučavajući skup 52 Ulaznih čvorova 209	96,42%	90,70%
4.Obučavajući skup 57 Ulaznih čvorova 640	100%	94,10%

Posmatrajući tabelu 9 možemo videti da je poslednja mreža dala najviši srednji procenat uspešnog prepoznavanja. Prvom promenom, tj. povećanjem broja karaktera za obučavanje, značajno je popravljen procenat uspešnosti. Mreži se morao smanjiti broj iteracija jer svako proširenje obučavajućeg skupa produžuje vreme obučavanja 2 puta, ali sa smanjenjem broja iteracija i do 5 puta pogađanje je bilo znatno preciznije.

Sa povećanjem rezolucije na koju se normalizuje učitana slika srednji procenat uspešnosti se takođe povećao, ali se povećalo i vreme obučavanja. Povećanjem broja ulaznih čvorova za 3 puta vreme se povećalo opet za oko 2 puta u odnosu na drugu neuronsku mrežu.

4. ZAKLJUČAK

Iz dobijenih rezultata uočeno je poboljšanje uspešnosti raspoznavanja korištenjem većeg broja uzoraka za obučavanje kao i skrivenih i ulaznih čvorova mreže, ali uz duže vreme učenja i povećanje kompleksnosti strukture

MLP-a. Iz opisanog eksperimenta i analize dobijenih rezultata može se zaključiti da najveći uticaj na uspešnost raspoznavanja ima odabir što većeg broja reprezentativnih uzoraka kao uzoraka za učenje jer što je taj broj veći, mreža će uspeti bolje da generalizuje tj. reaguje na nove tablice. Rezultati upućuju na zaključak da povećanje broja uzoraka pojedinog znaka kojim se mreža uči uzrokuje i povećanje uspešnosti raspoznavanja. Uz dovoljno veliki skup uzoraka za učenje mreži su predloženi reprezentativni uzorci te mreža može lakše i tačnije klasifikovati novi uzorak jer postoji veća verovatnoća da će uzorak biti sličniji jednom od mnogobrojnih uzoraka svoje klase, nego uzorku neke druge klase. Iako poboljšano, prepoznavanje međusobno sličnih uzoraka i dalje predstavlja najveći problem, koje čak ni ljudsko oko nije uvek u stanju pravilno raspoznati, posebno u lošijim uslovima.

5. LITERATURA

- [1] R.A. Lotufo, A.D. Morgan, A.S. Johnson, „Automatic number plate recognition“, *IEEE Colloquium on Image Analysis for Transport Applications*, London, February 1990.
- [2] B. Muller, J. Reihardt, M.T. Strickland, „*Neural Networks*“, Springer, 1995.
- [3] J.P. Marques De Sa, „*Pattern Recognition: Concepts, Methods and Applications*“, Springer, 2001.
- [4] R. Plamondon, H. D. Cheng, „*Pattern recognition: Architectures, Algorithms and Applications*“, World Scientific, 1991.
- [5] L.C. Jain, B. Lazzerini, „*Knowledge-based Intelligent Techniques in Character Recognition*“, CRC Press, 1999.
- [6] M. Cheriet, N. Kharm, C. L. Liu, C. Suen, „*Character Recognition Systems: A Guide for Students and Practitioners*“, Wiley, 2007.
- [7] Christopher M. Bishop: „*Neural Networks and Pattern Recognition*“, Oxford University Press, 1995.
- [8] T. Nukano, M. Fukumi, M. Khalid, „Vehicle licence plate character recognition by neural networks“, *Intelligent Signal Processing and Communication Systems, ISPACS. Proceedings of 2004 International Symposium*, pp. 771-775, 2004.

Kratka biografija:



Vojislav Isakov, rođen je 07. aprila 1984. godine u Kikindi. Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu upisao je 2003. godine na odseku za Elektrotehniku i Računarstvo. Studirao je na smeru Računarstvo i automatika, a na trećoj godini izabrao je usmerenje Automatika i upravljanje sistemima.

OCENA KORISTI OD PRIMENE AUTOSEKSIONALIZERA I REKLOSERA BENEFIT ESTIMATION OF AUTOSEKSIONALIZERS AND RECLOSERS APPLICATION

Sladana Rikić, Miroslav Nimrihter, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu dat je prikaz uticaja distributivne automatike na pokazatelje pouzdanosti. Posebno smo posvetili pažnju autosekcionalizerima i rekloserima kao elementima distributivne automatike. Takođe je dat proračun pokazatelja pouzdanosti. Pokazatelji pouzdanosti su osnova za procenu benefita od upotrebe reklosera i sekcionalizera.

Abstract – The paper presents an overview of influence the distribution automation on the reliability of indicators. We devote particular attention to auto sectionalizers and reclosers as elements of the distribution automation. Also given a detailed calculation of reliability indices. Reliability indices are base for benefit estimation in case of setting up reclosers and autosectionalizers.

Ključne reči: autosekcionalizeri, rekloseri, pokazatelji pouzdanosti, distributivna automatika.

1. UVOD

Tema automatizacije u distribuciji električne energije je u današnje doba vrlo aktuelna i sve joj se više pridaje pažnje. Isto tako, poznato je da svaka distributivna firma nastoji svoj sistem što je moguće više automatizovati u najširem smislu te riječi. Osnovni zahtevi koji se postavljaju pred elektroenergetski sistem je postizanje što veće pouzdanosti u napajanju potrošača. Pouzdanost je jako važna za distributivne mreže. Udeo distributivnih mreža, a posebno SN, u prekidima napajanja izazvanih kvarovima je oko 80%, pa je to još jedan od razloga zašto je interesovanje za analizu pouzdanosti, pogotovo SN distributivnih mreža, povećano. Potrošači vremenom postaju sve više zavisni od energije, i oni zahtevaju pouzdano napajanje. U razvijenim zemljama postoje potrošači koji zahtevaju veoma visoku pouzdanost, a da bi se ona postigla potrebna su dodatna ulaganja. Iz tih razloga u nekim zemljama postoji različit sistem cena električne energije za potrošače koji žele da im se obezbedi visok nivo pouzdanosti pri isporuci električne energije. Povećanje pouzdanosti distributivne mreže može se postići na dva načina:

- smanjenjem inteziteta i broja kvarova
 - smanjenjem trajanja vremena prekida napajanja
- Kod prvog od navedenih načina se zahtevaju, po pravilu, značajne investicije u elemente mreže. Na primer, ugradnja dodatnih elemenata u mrežu kojima se obezbeđuje rezervno napajanje, takođe, može da ima za rezultat

značajno smanjenje vremena prekida napajanja. Kod drugog načina naglasak je na smanjenju trajanja vremena prekida napajanja kroz efikasniju identifikaciju mesta kvara, što se postiže uvođenjem automatike – brzih mernih jedinica i detektora kvara, ali i daljinski upravljanih prekidača i rastavljača snage, i bržu promenu uklopnog stanja mreže pri izolaciji kvara i obnavljanju napajanja delova mreže bez kvara. Uvođenjem automatike smanjuje se, ili čak potiskuje, angažovanje ekipe na terenu za potrebe upravljanja kvarom, tako da je od trenutka nastajanja kvara do obnove napajanja potrošača ponekad potreban samo jedan minut. Primenom automatike, pored smanjenja štete usled prekida napajanja, redukuju se i operativni troškovi zbog smanjenog broja manipulacija pri izolaciji kvara i obnovi napajanja delova mreže bez kvara. Međutim, cena uređaja distributivne automatike nije mala, i iz tih razloga postavlja se pitanje na kojim delovima elektroenergetskog sistema postoji potreba za njima. Jedno od glavnih pitanja jeste pronalazak najbolje moguće lokacije postavljanja uređaja kako bi glavni cilj bio zadovoljen - uz što manje troškove dobiti što veću pouzdanost. Ovi uređaji imaju troškove održavanja koji nisu zanemarljivi. Najveća isplativost se dobija na početku njihove ugradnje, kada se ima najbolji odnos troškova i povećanja pouzdanosti. Odnos ovih veličina postepeno opada tako da svaka distribucija za sebe mora da odluči do kog nivo je opravdano ulagati u distributivnu automatiku.

2. DISTRIBUTIVNA AUTOMATIKA

Pod pojmom „automatika“ podrazumevaju se elementi i sistemi koji bez pomoći ljudi izvršavaju određenu, unapred predviđenu funkciju. Ciljevi primene distributivne automatike su smanjenje gubitaka i potrošnje u distributivnim električnim mrežama, smanjenje dnevnog pika opterećenja, poboljšanje pouzdanosti i kvaliteta usluge. Distributivna automatika sadrži kombinaciju daljinskog nadzora u realnom vremenu, detaljno modelovanje distributivne električne mreže, izbor optimalne konfiguracije mreže, daljinsku kontrolu opreme, prekidača, rastavljača itd. U svetu postoji veliki broj proizvođača opreme za distributivnu automatiku. Izbor je postao jako veliki, od proizvoda do njihovih funkcija koje oni obavljaju. Pokazalo se da najbolji rezultati postižu se primenom autosekcionalizera i rekozera.

2.1. Reklozeri (uklopke) [3], [4]

Reklozer je prekidač koji se najčešće stavlja na vrh stuba dugih nadzemnih vodova. Taj prekidač ima svoju relejnu zaštitu i sistem za automatsko ponovno uključivanje APU.

NAPOMENA:

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

To su uređaji koji se koriste u srednjenaponskim mrežama i koji mogu da:

- detektuju sve vrste kratkih spojeva,
- prekinu kolo ukoliko struja veća od naznačene teče duže od unapred zadatog vremena i
- uspostave strujno kolo u svim mogućim režimima.

Reklozeri su konstruktivno predviđeni za veći broj prekidanja i uspostavljanja manjih struja kvara nego što to mogu obični prekidači. Ako nakon zadatog broja uspostavljanja kola kvar i dalje postoji reklozer će definitivno prekinuti kolo izolujući deonicu u kvaru od ostatka sistema. Imajući u vidu da je najveći broj kvarova u sistemu prolaznog karaktera, reklozeri se standardno podešavaju na tri ciklusa isključenje-uključenje. Takođe, dozvoljeno je jedno ručno uključanje reklozera. Reklozeri sa mikroprocesorskim kontrolnim uređajima omogućavaju podešavanje karakteristike reagovanja, u sklopu sprovođenja mera koordinacije izolacije. Jednofazne konstrukcije reklozera omogućavaju isključenje samo faze sa kvarom, dok preostale dve ostaju u pogonu. Trofazni reklozeri se koriste kada je usled kvara potrebno isključiti sve tri faze da se sistem ne bi nesimetrično opteretio. Reklozeri sa elektromagnetnim pogonskim mehanizmom imaju kalem za isključenje koji se vezuje na red sa štićenim elementom. Kada struja premaši podešenu vrednost, kalem privuče polugu koja vrši otvaranje glavnih kontakata reklozera i prekidanje kola. Elektronski kontrolni uređaji su smešteni van kućišta reklozera i kućišta motornog pogonskog mehanizma. Primaju signale sa obuhvatnog strujnog transformatora. Signal za isključenje, kontrolno kolo šalje sa unapred podešenom, vremenskom zadržskom redosled. Vakumski i SF6 reklozeri su znatno povoljniji od uljnih, zbog manje potrebe za održavanjem.

Veličine koje su bitne za izbor reklozera su:

- naznačeni napon, maksimalna vrednost radne struje, vrednost struje trofaznog kratkog spoja na mestu ugradnje uklopke i minimalna vrednost struje trofaznog kratkog spoja unutar deonice koju stiti reklozer.

Reklozeri, praktično trenutno, isključuju delove voda koji su u kvaru i nalaze se nizvodno. U takvim situacijama potrošački čvorovi uzvodno od mesta ugradnje reklozera imaju prekid u trajanju od približno nula minuta.

2.2. Autosekcionalizeri (odvajači) [3], [4]

Automatski sekacionalizer je uređaj koji je po svojoj funkciji sličan rastavljaču koji poseduje i sopstveni pogon. U sastavu sekacionalizera je:

- prekostrujni relej
- podnaponski relej
- brojač prorade podnaponskog releja.

Sekacionalizer automatski izoluje sekciju u kvaru od ostatka mreže. Mesto ugradnje sekacionalizera je između reklozera i potrošača. On ne može da isključi struju kvara pa se

iz tog razloga koristi u kombinaciji sa prekidačkim uređajem. Kada nastane kvar, reklozer započinje svoj prekidački ciklus koji registruje sekacionalizer, tj. broji koliko puta je prekinuto napajanje, te nakon određenog broja manipulacija izoluje sekciju u kvaru tokom beznaponske pauze. Nakon izolovanja sekcije u kvaru, reklozer zatvara strujno kolo i omogućava nesmetani rad ostatka mreže. U slučaju prolaznog kvara sekacionalizer se resetuje. Lako je izvršiti koordinaciju sa drugim zaštitnim uređajima u sistemu. Autosekacionalizeri se mogu koristiti umesto osigurača ili između uređaja za ponovno uključanje i prekidača bez dodatnih podešavanja veličina na drugim uređajima.

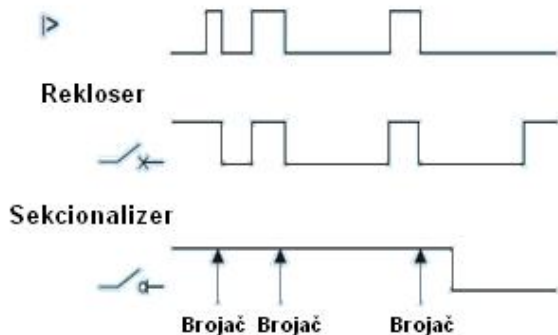
Opšte karakteristike

Autosekacionalizeri se isporučuju kao jednofazni ili trofazni, sa hidrauličnim ili elektronski kontrolisanim pogonskim mehanizmom. Nemaju karakteristiku reagovanja vreme-struja i postavljaju se iza jednog ili između dva zaštitna uređaja. Izbor sekacionalizera se vrši na osnovu: naznačenog napona, maksimalne vrednosti radne struje i vrednosti struje trofaznog kratkog spoja na mestu ugradnje.

3. KORDINACIJA AUTOSEKACIONALIZERA I REKLOZERA SA DRUGIM UREĐAJIMA DISTRIBUTIVNE AUTOMATIKE [4]

Koordinacija sa drugim uređajima distributivne automatske važna je u smislu da se osigura, da kada nastupi kvar, što manji deo mreže bude isključen kako bi se minimizovao uticaj kvara na snabdevanje potrošača. Nakon odabira veličine i operativnog ciklusa reklozera, uređaji koji su dublje u mreži podešavaju se tako da ostvare pravilnu koordinaciju. Tokom prve *open* operacije reklozera (kontakti reklozera su otvoreni), brojač sekacionalizera se povećava za jedan. Ako je kvar prolazan on će se spontano eliminisati tokom prve *open* operacije reklozera i nakon zatvaranja kontakata reklozera, sekacionalizer će se resetovati. Međutim, ako je kvar trajan, kada se zatvore kontakti reklozera, struja kvara će ponovo proticati kroz sekacionalizer i on se priprema da broji sledeću operaciju reklozera. Ukoliko je izabran reklozer sa četiri *open-close* operacije, sekacionalizer je podešen tako da tokom treće *open* operacije reklozera otvara svoje kontakte i tako izoluje deonicu sa kvarom. Nakon sledeće *close* operacije reklozera ostatak mreže se nesmetano napaja. Otvaranje kontakata autosekacionalizera događa se kada linija nije pod naponom. Reagovanje sekacionalizera je nešto sporije od reagovanja reklozera. Kontakti autosekacionalizera otvaraju se u prosjeku 1-2 sekunde dok reklozeri deluju praktično trenutno.

Na slici 1. prikazan je vremenski tok događaja između reklozera i autosekacionalizera. Autosekacionalizer je podešen tako da reaguje nakon tri bezuspešna reagovanja reklozera. U ovom slučaju deluje u drugoj dugoj pauzi reklozera. Ovakvo podešavanje sekacionalizera je izvedeno iz razloga što je potrebno duže vreme da se kontakti autosekacionalizera otvore.



Slika 1. Prikaz vremenskog delovanja

4. PRIMER PRORAČUNA INDEKSA POUZDANOSTI I BENEFITA ZA RAZLIČITE KONFIGURACIJE MREŽE [1], [2]

Distributivne mreže mogu se razlikovati ne samo po svojoj konstrukciji (otvoreni prsten, međupovezni vodovi, itd.), već i po opremljenosti sklopnim i zaštitnim napravama (prekidačima, osiguračima, rastavljačima). Sledećim primerima pokazaćemo uticaj uvođenja distributivne automatike tj. reklozera i autosekcionalizera u distributivne srednjenaponske mreže, na indekse pouzdanosti i benefite. Posmatraćemo različite konfiguracije mreže sa različitim brojem sekcija, potrošačkih čvorova kao i brojem rastavljača kojima ćemo menjati poziciju na sekcijama.

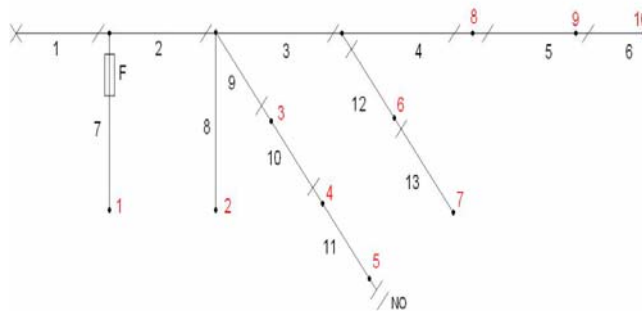
4.1. Primer proračuna indeksa pouzdanosti za sistem sa rastavljačima i osiguračem

U ovom primeru analiziraće se pokazatelji pouzdanosti jednog SN voda sa koga se granaju 4 ogranka (laterala), prikazanog na slici 2. Na početku voda pozicioniran je prekidač. On može da se uključi i isključi ručno. Isto tako, nakon kratkog spoja može da se isključi automatski delovanje relejne zaštite.

Na sekciji 7, što možemo uočiti sa slike, postavljen je i jedan osigurač F. Osigurači imaju zadatak da povećaju pouzdanost voda, tako što se lateral u kvaru isključi odmah po nastanku kvara, pre nego što deluje relejna zaštita na početku voda.

Na taj način se uticaj kvara ne proširuje na ceo vod, već se ograničava samo na potrošače koji se napajaju preko laterala u kvaru. Rezultati proračuna indeksa pouzdanosti za dati sistem prikazani su u tabeli 1. Kao primer, pretpostavimo da se kvar dogodio na sekciji 4. Relejna zaštita će delovati na isključenje prekidača i svi potrošački čvorovi ostaju bez napajanja.

Šalje se ekipa na teren, koja ima zadatak da pronađe deonicu sa kvarom. Kada se detektuje na kojoj deonici je kvar tada se deluje ručno na rastavljače kojima se taj kvar izoluje (sekcija 4). Potom se vrši obnavljanje napajanja delovanjem na prekidač ili na NO rastavljač, dok čvorovi 6, 7, 8, 9 i 10 ostaje bez napajanja dok se ne izvrši opravka sekcije 4.



Slika 2. Primer srednjenaponskog voda 1 bez distributivne automatike

Tabela 1. Proračun indeksa pouzdanosti

SAIFI	0.34776
SAIDI	0.9447
ENS	10471.36
AENS	12.119635
ŠTETA	1256563.78

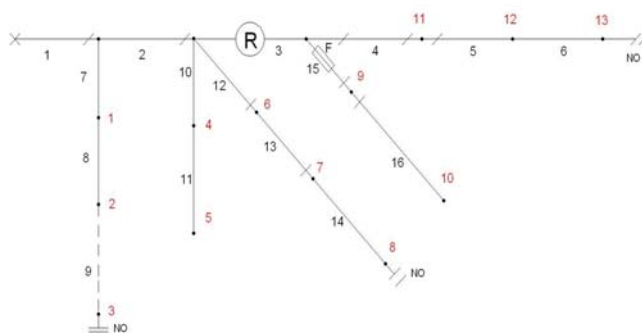
4.2 Primer proračuna indeksa pouzdanosti za sistem 2

Ovaj sistem, ako ga uporedimo sa prethodnim primerom, izmenjene je konfiguracije. Sistem je predstavljen jednim srednjenaponskim vodom sa više sekcija, većim brojem potrošačkih čvorova, rastavljača. U ovom slučaju reklozer smo postavili u sekciju 3. U slučaju kada se kvar desi iza reklozera, on neće reagovati.

Prekidač na početku voda će odreagovati i svi potrošački čvorovi ostaće bez napajanja. Nakon što izvršimo detekciju sekcije u kvaru i potom njeno izolovanje, određenim potrošačkim čvorovima vratiće se napajanje delovanjem na normalno otvoren rastavljač NO ili delovanjem na prekidač.

Ako je kvar nastupio na sekciju u kojoj je smešten reklozer ili nizvodno od njega, reklozer će odreagovati prije relejne zaštite.

Na ovaj način, potrošački čvorovi iza reklozera neće trpeti posledice kvara, i nastaviće da se nesmetano napajaju. Nakon izvršene analize pouzdanosti došli smo do sledećih podataka prikazani tabelom 2.



Slika 2. Primer srednjenaponskog voda 2 sa jednim reklozerom

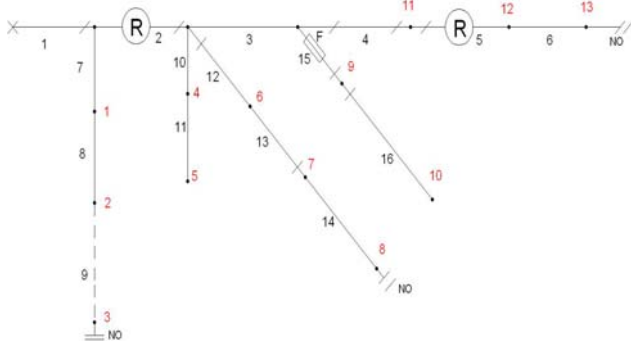
Tabela 2. Proračun indeksa pouzdanosti

SAIFI	0.26546
SAIDI	0.97614
ENS	10390.696
AENS	12.026269
ŠTETA	1246883.52

4.3. Primer proračuna indeksa pouzdanosti za sistem 3

Za razliku od prethodnog primera, u ovom slučaju konfiguracija mreže je ista ali smo uveli 2 reklozera postavljena na sekcije 2 i 5. Promenili smo pozicije nekih rastavljača. Pretpostaviće se da se desio kvar na sekciji 1. Reklozer neće odreagovati. Relejna zaštita, koja se nalazi u postrojenju, iz koga se napaja vod, detektuje kvar i daje nalog za isključenje prekidača. Ovaj prekidač prekida napajanje svih potrošača na vodu. Zatim se vrši detekcija sekcije u kvaru i, u opštem slučaju, izolacija. Kada se izoluje sekcija 1, preko NO rastavljača svim potrošačkim čvorovima vraća se napajanje.

Posmatrajmo sada slučaj kada se kratak spoj desi na sekciji 2. Reklozer će odreagovati prije nego što bi reagovala relejna zaštita. Potrošači iza reklozera neće osetiti prisustvo kvara i nastaviće sa radom dok potrošači ispred reklozera će ostati bez napajanja sve dok se deonica sa kvarom ne izoluje ili dok se ne ukloni kvar. Reklozer na sekciji 5 u ovom slučaju neće delovati. Za sve kvarove nizvodno od njega on će da reaguje dok potrošački čvorovi u tim situacijama nastaviće sa radom bez prekida napajanja.



Slika 3. Primer srednjenaponskog voda 3 sa dva reklozera

Tabela 3. Proračun indeksa pouzdanosti

SAIFI	0.24147
SAIDI	0.82866
ENS	11117.41120
AENS	12.86737
ŠTETA	1334089.34

5. ZAKLJUČAK

Učestalost i trajanje prekida napajanja koji su posledice kvarova u distributivnom sistemu bitno utiču na troškove/štetu kod potrošača električne energije. Primena reklozera i autosekcionalizera u srednjenaponskim mrežama dovodi do skraćivanja postupka detekcije deonice voda u kvaru. Na taj način se skraćuje vreme trajanja otkaza potrošača pa samim tim i gubici.

Uprkos značajnim cenama reklozera i autosekcionalizera na osnovu datih primera zaključujemo da uvođenje distributivne automatike u srednjenaponske mreže povećava se pouzdanost napajanja potrošača. Upotrebom distributivne automatike u sistemima dolazi do povećanja benefita, i do smanjenja indeksa pouzdanosti.

Ipak, na pouzdanost najviše utiče samo pozicioniranje ovih uređaja. Najvažnije je odrediti koje je optimalno mesto njihove lokacije. Takođe je važno odrediti koja su najbolja mesta postavljanja rastavljača. Svi ovi faktori utiču na pouzdanost i na benefit. Cilj je pronaći optimalno rešenje.

U radu su istraženi uticaju reklozera i sekcionalizera na pouzdanost delova distributivne mreže.

6. LITERATURA

- [1] Dragan Popović, Duško Bekut, Valentina Treskavica, 'Specijalizovani DMS algoritmi', DMS, Novi Sad, 2004
- [2] Miroslav D. Nimrihter, 'Distributivni elektroenergetski sistemi', Novi Sad,
- [3] Dr Jovan Nahman, Dr Vladica Mijailović, 'RAZVODNA POSTROJENJA', Beograd, 2005
- [4] Duško Bekut 'Materijal sa predavanja iz predmeta Relejna zaštita', Novi Sad, 2008

Kratka biografija:



Sladana Rikić rođena je u Tuzli 1984, završila je srednju elektrotehničku školu, smer elektroenergetika u Ugljeviku. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektritehnike i računarstva odbranila je 2010. godine.

Miroslav Nimrihter diplomirao je, magistrirao i doktorirao na ETF Beograd. Zaposlen je na FTN Novi Sad. Predaje predmete 'Elektrodistributivni sistemi' i 'Tehnika visokog napona', kao i 'Ne-determinističke metode' na doktorskim studijama.

**REALIZACIJA NADZORNO-UPRAVLJAČKOG SOFTVERA ZA POSTROJENJE
PREČIŠĆAVANJE VODE RIJEKE SAVE U VODU ZA PIĆE KAPACITETA 330l/s****REALIZATION OF SUPERVISORY-CONTROLLING APPLICATION FOR PLANT
PURIFYING WATER RIVER SAVA IN DRINKING WATER CAPACITY 330l/s**Branislav Knežević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast: ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Sadržaj – Rad opisuje realizaciju HMI i PLC aplikacije za kontrolisanje i upravljanje postrojenjem za prečišćavanje vode rijeke Save u vodu za piće. U radu su takođe opisane tehnologije, alati i razvojna okruženja koja su upotrebljena pri realizaciji pomenutog sistema. Opisan je i sam proces realizacije, proces testiranja i daljeg razvoja

Abstract – The paper describes the implementation of HMI and PLC applications to control and manage water treatment plant for the river Sava in the water for drinking. The paper also described the technology, tools and development environments that are used in implementing the said system. Described the process of implementation, the process of testing and further development.

Glavne riječi: Nadzorno upravljački softver, HMI aplikacija, PLC aplikacija

1. UVOD

Zadatak postrojenja je proizvodnja pitke vode od vode rijeke Save. Kombinovanjem određenih koraka u prečišćavanju riječna voda će biti prečišćena tako da zadovoljava kvalitet vode za piće. Kvalitet vode rijeke Save je svrstan u II kategoriju. To znači, da uz odgovarajuće prečišćavanje može biti korišćena za piće.

Potrebno je upoznati se sa tehnološkom šemom procesa i pripreme vode za hemijsku obradu. U okviru rada obrađene su faze preuzimanja vode iz rijeke Save, njen transport ka bazenu retencije te dalje slanje ka hemijskoj obradi. Realizovan je softver programabilnog logičkog kontrolera i nadzorno-upravljački softver za postrojenje pumpne stanice, bazena retencije i pumpi napojne vode.

2. KONCEPT POSTROJENJA

Postrojenje obuhvata sljedeće glavne komponente:

Pumpna stanica za zahvatanje riječne vode - Ova pumpna stanica sadrži četiri pumpe kapaciteta od 120 l/s. Dvije pumpe su opremljene sa soft starterima a dvije sa frekventnim regulatorima, tako da se dinamičke karakteristike pumpne stanice za riječnu vodu postiže u skladu sa potrebom za sirovom vodom i nivoom vode u rijeci Savi. Iz pumpne stanice za sirovu vodu voda se pumpa u retenzioni bazen. Pumpe se pale na osnovu

radnih sati, tj. pumpa sa najmanje radnih sati se pali i pumpa vodu u retenzioni bazen do zadatog nivoa.

Retenzioni bazen - Zbog sigurnosnih ali i tehnoloških razloga izgrađen je retenzioni bazen. Tako da se, u slučaju kratkotrajnog zagađenja rijeke Save (npr. brodska nesreća), može prekinuti zahvatanje riječne vode bez prekida proizvodnje pitke vode. Korisna zapremina retenzionog bazena je 100.000 m³. Tako da, pri nazivnom kapacitetu (330 l/s), postrojenje za prečišćavanje može biti snabdijevano vodom 3 dana samo iz retenzionog bazena

Pumpna stanica (napojna) za sirovu vodu - Iz retenzionog bazena sirova voda, putem usisnog cjevovoda, dolazi u napojnu pumpnu stanicu sirove vode koja napaja postrojenje za prečišćavanje vode. Ovaj usisni cjevovod se može zatvoriti zatvaračem. Napojna pumpna stanica sirove vode se takođe sastoji od četiri pumpe. Kapacitet pumpi sirove vode je takođe 120 l/s. Prema trenutnim zahtjevima potrošnje, imamo dva bazena sa po dvije pumpe gdje je jedan radni a drugi rezervni. I ovi bazeni se mogu zatvoriti zatvaračem. Svaka druga pumpa je opremljena frekventnim regulatorom, tako da se kapacitet postrojenja može dinamički podešavati.

Ostale komponente (podobjekti) koji nisu dio ovog rada su:

- Pred-oksidacija i flokulacija
- Taloženje i zgušnjavanje mulja
- Filtracija na dvoslojnim filterima
- Glavna ozonizacija
- Filtracija na filterima sa aktivnim ugljem
- Dezinfekcija
- Rezervoar čiste vode i pumpna stanica
- Sistem za pranje filtera
- Obrada mulja

3. IMPLEMENTACIJA HMI I PLC APLIKACIJE

Ovo poglavlje opisuje tehnologije, razvojna okruženja i alate koji su primenjeni prilikom realizacije aplikacije. U njemu će biti objašnjeno ukratko na koji način se pristupilo realizaciji sistema.

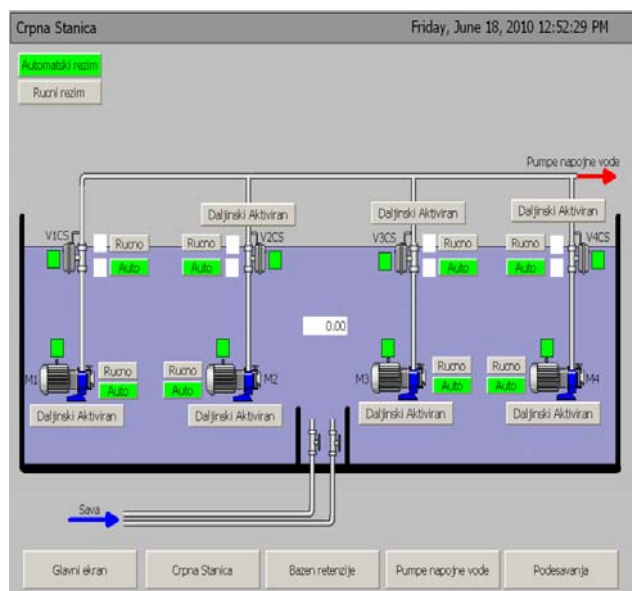
3.1. Vizuelni dio aplikacije

Vizuelni dio aplikacije je urađen u WinCC Flexible 2008 razvojnom okruženju koji nam omogućava procesnu vizuelizaciju sistema koristeći funkcije uz pomoć kojih se prikazuje automatizovani proces, takođe nam omogućava kompletnu SCADA funkcionalnost pod Windows

NAPOMENA:

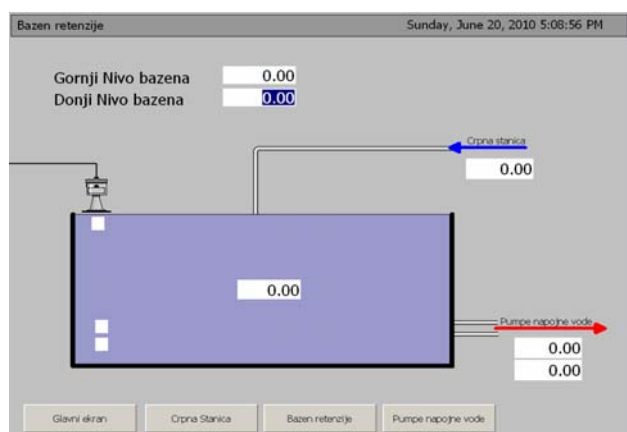
Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Stevan Odri.

operativnim sistemom, što je detaljno opisano i predstavljeno u [1]. Karakteriše ga i mogućnost kombinovanja sa ostalim programskim rešenjima, rezultujući aplikaciju koja odgovara tehničkim zahtevima. U nastavku će biti predstavljeni neki od komandnih ekrana, sa svojim funkcijama i svojim parametrima. Glavni komandni ekran crpne stanice predstavljen je prikazom svih motora, ventila, njihovog trenutnog stanja, da li su upaljeni, ugašeni, tj otvoreni, zatvoreni ili u stanju greške što se sve da viditi na aplikaciji(vidi sliku 1).



Slika 1. Prikaz glavnog ekrana crpne stanice

Sledeći ekran koji je predstavljen jeste ekran bazena retencije sa prikazanim informacijama o trenutnom nivou u bazenu retencije te o trenutnim nivoima u crpnoj stanici i pumpama napojne vode. U slučaju niskog, kritično niskog te visokog nivoa takodje se signalizira na datom ekranu (vidi sliku 2).



Slika 2. Prikaz bazena retencije

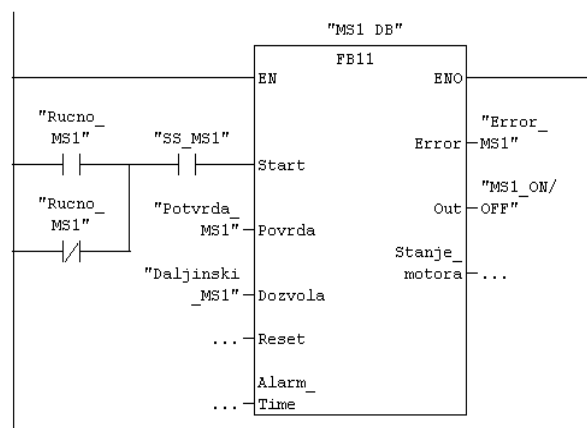
Korišćenjem navedenog razvojnog okruženja izrađeno je deset komandnih ekrana, od kojih su neki navedeni (slike 1 i 2). Između izrađenih komandnih ekrana jasno su definisane međusobne veze, čime je omogućeno da operater sa jednog komandnog ekrana pređe na sledeći ekran u kojem mu se nalaze komande koje predstavljaju nastavak upravljanja započetog na prethodnom ekranu.

3.2. Funkcionalni dio aplikacije

Implementacija kontrolne logike je izrađena u razvojnom okruženju Simatic Manager v5.4, čije su mogućnosti, alati i načini programiranja prikazani u [3]. Jedan od principa implementacije kontrolne logike zasnovan je na pravilima "state" mašina unutar kojih su jasno određena stanja u kojima se može naći proces. Ovakvim pristupom izbegnuta su nepredviđena stanja tj onemogućene su bilo kakve oscilacije u upravljanju.

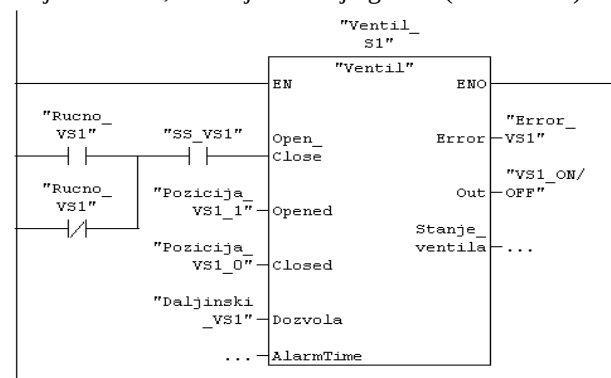
Programiranje je izvedeno u ladder dijagramima. U ovom poglavlju je predstavljen i drugi princip implementacije kontrolne logike, koji je zasnovan na temelju stvaranja „pametnih“ funkcijskih blokova tj funkcijskih blokova koji poseduju onaj broj ulaznih i izlaznih parametara koji će im omogućiti višestruku upotrebu u funkcijama. Neki od realizovanih „pametnih“ funkcijskih blokova biće predstavljen u daljem izlaganju.

Jedan od prikazanih funkcijskih blokova je funkcijski blok za upravljanje motorom.(vidi sliku 3). Upravljanje ovim funkcijskim blokom omogućeno je komandnim ekranom predstavljenim na slici 1.



Slika 3. Funkcijski blok za regulaciju motora sirove vode

Funkcijski blok za regulaciju ventila je takodje važan upravljački blok u sistemu, sa njim se kontroliše uslovi otvorenosti (zatvorenosti) ventila, da li se upravlja daljinski ili ne, i da li je u stanju greške (vidi sliku 4).



Slika 4. Funkcijski blok za regulaciju ventila

4. ZAKLJUČAK

Naime usled zahteva za izradom PLC i HMI aplikacije, koja je nakon izrade i implementirana u samom procesu

obrade za koji je i pravljena, nameće se zaključak da Scada-HMI sistemi nam omogućavaju mnogo veću kontrolu nad samim procesom [2-4], davajući nam uvid u stanje sistema u realnom vremenu. I ne samo to, već se i samom korisniku omogućava, da uvidom u promene procesnih veličina koje su mu prikazane, direktno i bez opravdanih vremenskih odlaganja može uticati na sam kvalitet procesa i na njegovu stabilnost.

Jedan od sledećih koraka bi bio implementacija ostalih dijelova postrojenja, njihovo međusobno povezivanje na jedan viši nivo, u jedan SCADA sistem koji bi kontrolisao sve sisteme i procese u njima iz jedne upravne zgrade, u kojoj bi bio jedan PLC sa procesorom, a u ostalim podobjektima postrojenja bi se nalazili samo moduli koji bi komunicirali sa centralnim PLC-om putem jedne od komunikacionih mreža (Profibus).

5. LITERATURA

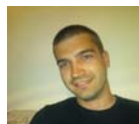
[1] Siemens, “*SIMATIC WinCC System Description*“, Published by Wiley-VCH, 2001

[2] Jeff Weigant, “Creating HMI/SCADA Industrial Applications Using Microsoft Access“, Published by Gulf Professional Publishing, 1999

[3] Jürgen Müller, Frank Neumann, Bernd Pfeiffer, “Controlling with SIMATIC: practice book for SIMATIC S7 and SIMATIC PCS7 control system“, Published by Wiley-VCH, 2005

[4] Lenka Landryová, “OEE Monitoring for Production Processes Based on SCADA/HMI Platform“, Published by Springer Boston, 200

Kratka biografija:



Branislav Knežević rođen je u Bijeljini 1983. god. gdje je i završio srednju elektrotehničku školu. Školske 2002./2003. god. upisuje Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu. Oblast interesovanja sistemi automatskog upravljanja, oblast PLC programiranja.

OPTIMIZACIJA RADA KLIMA SISTEMA PRIMENOM GENETSKIH I PSO ALGORITAMA

OPTIMIZATION OF AIR CONDITIONING SYSTEMS BY USING GENETIC AND PSO ALGORITHMS

Miljan Milojević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U poslovnim zgradama klima komore su najveći potrošači električne energije, pa je optimizacija upravljanja klima komorama od velikog značaja za ostvarivanje uštede električne energije. U ovom istraživanju angažovani su algoritam roja čestica i genetski algoritam za upravljanje klima komorom sa ciljem održavanja sobne temperature i koncentracije ugljen-dioksida u zavisnosti od temperature vazduha i koncentracije ugljen-dioksida u objektu, a da se pri tome ostvari energetska ušteda.

Abstract – In business building air chambers are the largest consumers of electricity, so the optimization of management of air chambers has great importance for the realization of energy saving. The study involved the particle swarm algorithm and genetic algorithm for the management of air chamber in order to maintain room temperature and the concentration of carbon dioxide, depending on air temperature and the concentration of carbon dioxide in the building, and thereby achieve energy savings.

Ključne reči: Genetski algoritam, PSO algoritam, Klima komora, Optimizacija, Upravljanje.

1. UVOD

U novijoj ljudskoj istoriji jedan od najvećih problema je potrošnja električne energije [1]. Potrebe za električnom energijom rastu a zalihe obnovljivih fosilnih i nuklearnih energetskih izvora su sve manje. Zbog toga će sve zemlje biti primorane da koriste obnovljive izvore energije, čiji energetski potencijal je manji a samim tim će biti primorane da ostvare određene uštede energije. Svakodnevno se troše ogromne količine električne energije u svetu, a najveći potrošači energije su industrije širom sveta. U dobrim vremenskim uslovima poslovne zgrade troše više od 30% ukupne električne energije države, a oko 50% te energije se koristi u klima komorama [2]. Naravno, zbog tog razloga, uštedu energije ćemo tražiti baš na tome mestu. Smanjenje energetske potrošnje prilikom grejanja i hlađenja predstavlja ključ energetske uštede. Ovaj rad će se baviti uštedom prilikom hlađenja objekta u letnjem periodu kada u toku jednog dana prosečna temperatura iznosi 30°C. U takvim objektima se obično troše ogromne količine energije za

hlađenje u letnjem periodu, pa je svaka ušteda od velikog značaja. Da bi se ostvarili pogodni radni uslovi moramo voditi računa i o kvalitetu vazduha tj. koncentraciji ugljen-dioksida koji se nalazi u objektu. Prevelika koncentracija ugljen-dioksida izaziva neželjene efekte po ljude unutar objekta.

Kvalitet vazduha se mora održavati na odgovarajućem nivou, što je svakako prioritetniji uslov od uštede energije. Osnovni zadatak upravljanja klima komorom jeste obezbediti održavanje sobne temperature i kvaliteta vazduha na odgovarajućem nivou, a da se pri tome ostvari energetska ušteda.

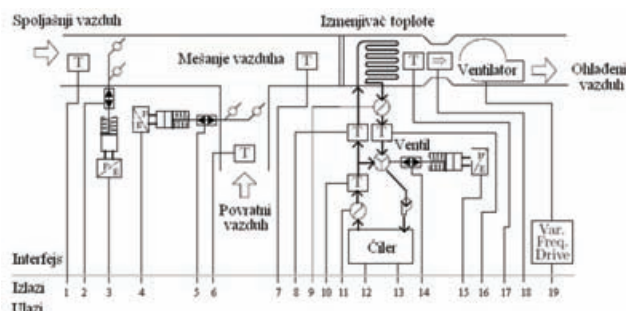
2. KLIMA KOMORA

2.1. Opis klima komore

Na slici 1. prikazana je klima komora koja se koristi u ovom radu [3] i u potpunosti odgovara komercijalnim klima komorama. Konstruisana je tako da može da posluži i kao test model za verifikaciju performansi, sintezu i analizu projektovanih kontrolera.

Ceo sistem podeljen je u dva osnovna podsistema i to podsistem protoka vazduha i podsistem protoka vode. Ova dva podsistema se 'dodiruju' u izmenjivaču toplote, gdje se obavlja razmena toplotne energije između vode i vazduha. Osim izmenjivača toplote, sistem se sastoji od: dovodnih cevi kojima se doprema spoljašnji i povratni vazduh, ventilatora, trokrakog ventila, jednobrzinske pumpe, bloka za mešanje vazduha, čilera, žaluzina spoljnog vazduha, žaluzina povratnog vazduha i filtera vazduha.

Ventil i žaluzine imaju i pneumatske elemente koji ih dovode u željeni položaj pod kontrolom upravljačkog signala. Upravljački signali se pretvaraju u pneumatske iz električnih upravljačkih signala sa kojima ćemo da kontrolišemo rad datog sistema. Ovakva klima komora je izrađena prema svim važećim standardima i normama klimatizacije u smislu tehničkih karakteristika.



Slika 1. Funkcionalna šema klima komore

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je dr Velimir Čongradec, docent.

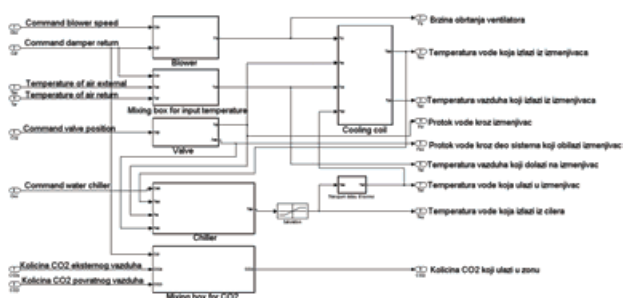
2.2. Princip rada klima komore

U izmenjivaču toplote se spajaju podsistem protoka vazduha i podsistem protoka vode koji predstavlja cevi. Kroz njih protiče odgovarajuća količina hladne vode koja dolazi iz čilera da bi ohladila vazduh koji prolazi kroz izmenjivač toplote. Tako se vazduh oslobađa svoje toplotne energije koju preuzima voda. Takva voda se vraća ka čileru gde se ponovo hladi, i tako se zatvara krug podsistema protoka vode. Pumpa obezbeđuje konstantan protok vode kroz čiler. Trokraki ventil obezbeđuje da se protok vode, koji izlazi iz čilera, podeli u dva smera. Jedan krak je put koji vodi hladnu vodu u izmenjivač, a drugi krak zaobilazi izmenjivač i vraća vodu pravo u čiler. Ventil može biti otvoren od 0% do 100%. Za vrednost signala od 100%, sva voda koja izađe iz čilera se vodi na izmenjivač a krak koji zaobilazi izmenjivač je zatvoren, i obrnuto je za 0%.

Ako senzor temperature vazduha koji se nalazi na izlazu iz izmenjivača, registruje vrednost veću od željene vrednosti, tada raste vrednost CVP signala za upravljanje otvorenošću ventila, što znači da se povećava protok hladne vode kroz izmenjivač i vazduh se hladi. U slučaju da registruje vrednost manju od željene vrednosti, opadaće vrednost CVP signala za upravljanje, a samim tim će se i povećavati temperatura. Osim senzora na izlazu iz izmenjivača, imamo i senzore temperature na ulazu u izmenjivač kao i senzore za temperaturu spoljnog vazduha i temperaturu povratnog vazduha. Svi senzori uz blok za mešanje vazduha, žaluzine, ventilator i filter čine podsistem protoka vazduha. Dva ulaza u blok za mešanje vazduha kao i u blok za mešanje ugljen-dioksida čine, ulaz za spoljašnji vazduh i ulaz za povratni vazduh. Količinu propuštenog vazduha određuje položaj žaluzina koje se nalaze na oba pomenuta ulaza vazduha. Žaluzine su mehanički spregnute na taj način da koliko se otvori žaluzina jednog ulaza vazduha toliko se zatvori žaluzina drugog ulaza vazduha, i obrnuto. Time je omogućeno da se za upravljanje položajem žaluzina koristi jedan upravljački signal. Posle bloka za mešanje vazduha, vazduh prolazi kroz filter za prečišćavanje vazduha, a potom kroz izmenjivač toplote, gdje se po potrebi hladi i ubacuje u objekat pomoću ventilatora.

3. MATEMATIČKI MODEL SISTEMA

Simulacioni model klima komore, koja je predhodno opisana i šematski prikazana, u potpunosti je realizovan u Matlab-ovom alatu 'Simulink' i prikazan na slici 2.



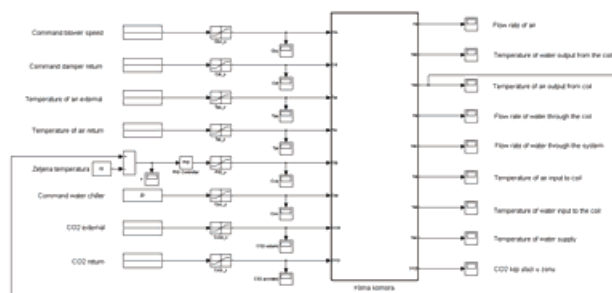
Slika 2. Simulacioni model klima komore

Razvoj simulacionog modela sistema, koji poseduje zadovoljavajuću tačnost i detaljnost, je od izuzetno

velikog značaja. Praktično je ne moguće realizovati model koji će 100% predstavljati vernu sliku realnog fizičkog sistema, ali je postignuto ponašanje razvijenog modela blisko ponašanju realnog fizičkog sistema. Pokazalo se da su ponašanje i odziv ovoga modela, na eksperimentalne ulazne signale, veoma slični odzivima realnog fizičkog sistema. Simulink model klima komore je podeljen u pet funkcionalnih podsistema: ventilator, čiler, ventil, blok za mešanje vazduha i izmenjivač toplote. Svaki podsistem je razvijen primenom modela svih komponenti koje sačinjavaju taj podsistem. Na taj način je povećana preglednost, a i ceo model je pojednostavljen.

4. SIMULACIONI MODEL KLIMA KOMORE

Simulacioni model klima komore, koji je deo ranije opisanog modela je prikazan na slici 3.



Slika 3. Simulacioni model klima komore

Veliki pravougaonik na simulacionom modelu klima komore predstavlja Simulink blok klima komore. Sa leve strane su mu dovedeni ulazni signali, a sa desne su izvedene izlazne vrednosti promenljivih iz modela. Ulazni signali su (posmatrano od vrha modela prema dnu): komandni signal za upravljanje ventilatorom, komandni signal za upravljanje žaluzinama, temperatura spoljnog vazduha, temperatura povratnog vazduha, komandni signal za upravljanje ventilom, komandni signal za upravljanje čilerom, koncentracija CO₂ u spoljnom vazduhu, koncentracija CO₂ u povratnom vazduhu. Trenutna vrednost temperature vazduha koji izlazi iz izmenjivača toplote i željena vrednost temperature iz tog istog izlaza se oduzimaju i dovode se kao greška na ulaze PID regulatora, koji na osnovu greške sa svog ulaza generiše komandni signal za upravljanje ventilom. Izlazi iz simulacionog modela su: količina vazduha koji ulazi u zonu, temperatura vode na izlazu izmenjivača, temperatura vazduha na izlazu izmenjivača, protok hladne vode kroz izmenjivač, protok hladne vode kroz ostatak sistema, temperatura vazduha na ulazu u izmenjivač, temperatura vode na ulazu u izmenjivač, temperatura vode na izlazu iz čilera, koncentracija CO₂ u vazduhu koji ulazi u objekat. Svi ulazi i izlazi se vode direktno na blokove (Scope) koji daju grafičku predstavu i omogućavaju da imamo uvid u stanje sistema u svakom trenutku.

5. SIMULACIJE

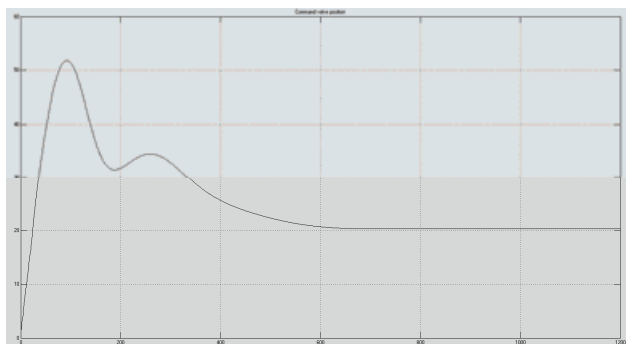
5.1. Simulacija rada bez optimizacionih algoritama

Da bi se uočilo ponašanje sistema, kao i sam efekat upravljanja i uštede električne energije primenom

algoritama optimizacije, prvo ćemo simulirati ponašanje modela klima komore kada ne postoji nikakvo upravljanje. Posmatraćemo slučaj kada je žaluzina spoljnog vazduha potpuno otvorena. Tada ubacujemo samo vazduh spolja, a žaluzina povratnog vazduha će biti potpuno zatvorena jer su mehanički spregnute. Opseg vrednosti Cdr signala predefinisani su u opsegu od -1 do 0, i predstavlja otvorenost žaluzine spoljnog vazduha od 0% do 100%. Zbog toga, komandni signal za upravljanje žaluzinama Cdr postavljamo na nulu u simulacionom modelu sistema. Simulaciju ćemo vršiti za trajanje rada sistema od 5 minuta (300 sekundi). Vreme trajanja simulacije nećemo menjati ni prilikom upotrebe algoritama optimizacije, a ni vrednosti sledećih ulaznih signala se neće menjati:

- temperatura spoljnog vazduha = 30°C,
- temperatura povratnog vazduha = 23°C,
- koncentracija CO₂ spolja = 300 ppm

Koncentracija CO₂ u povratnim vazduhu će se menjati kasnije u zavisnosti od simulacije ali u ovom slučaju se neće vraćati u sistem tako da nema uticaja na upravljanje. Rezultati simulacije sa ovako definisanim ulazima, bez primene algoritama optimizacije, nam govore da se radi o dobrom modelu jer dobijamo rešenja koja smo mogli i pretpostaviti. U objekat će se ubacivati svež vazduh a CO₂ koji ulazi u objekat je 300 ppm. U tom slučaju čiler stalno hladi vazduh na ulazu izmenjivača, sa 30°C na 22°C, za šta troši dosta energije ali uspeva da održi zadata 22°C. CVP signal je direktno proporcionalan potrošnji električne energije, tj. što imamo veću vrednost CVP signala, to je i potrošnja električne energije veća. Da bi kasnije uočili uštedu električne energije, pratićemo ponašanje CVP signala i prikazati grafik bez korišćenja optimizacionog algoritma (Grafik 1.).



Grafik 1. CVP signal bez optimizacije

5.2. Realizacija kriterijuma optimalnosti

U zavisnosti od položaja žaluzina propušta se odgovarajuća količina spoljašnjeg vazduha iz okruženja i povratnog vazduha koji je već bio u objektu. Povratni vazduh je hladniji ali lošijeg kvaliteta zbog povećane koncentracije CO₂. Zbog toga treba naći kompromis u količini svežeg i povratnog vazduha koji se vraća u objekat. Odluka o tome koliko se spoljašnjeg a koliko povratnog vazduha ubacuje u objekat, odnosno koliko će biti otvorene žaluzine spoljašnjeg i povratnog vazduha, se donosi na osnovu željene vrednosti koncentracije CO₂ unutar objekta i koncentracije CO₂ koja se vraća u objekat

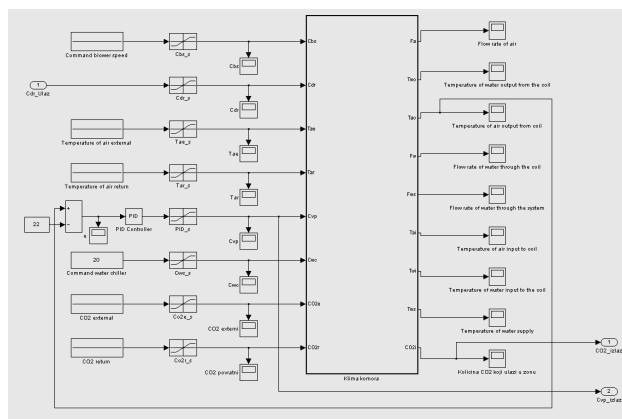
kao i na osnovu željene temperature vazduha i temperature vazduha koja ulazi u objekat. Zbog toga, kriterijum optimalnosti treba da zadovolji dva uslova:

- da teži što manjšemu CVP-u, ker je ušteda energije večja, če je CVP manjši, in
- da koncentracija ogljikovega dioksida bo čim bližje željeni vrednosti, da bi ohranili okolje.

Na osnovu ta dva uslova se kreira formula koja predstavlja kriterijum optimalnosti (1).

$$I = \sum (Cvp)^2 + K \cdot \sum (CO_2 - CO_{2\text{željeno}})^2 \quad (1)$$

U slučaju da jedan od datih uslova zahteva više pažnje, uveden je faktor podešavanja (K). Na osnovu kriterijuma optimalnosti smo prilagodili simulacioni model i prikazali ga na slici 4. Izvukli smo potrebne signale iz modela na osnovu kojih se vrši optimizacija a koje koristimo u kriterijumu optimalnosti: Cvp i CO₂



Slika 4. Simulacioni model klima komore prilagođen izvršavanju optimizacionih algoritama

Na osnovu CO_2 i Cvp signala i uz pomoć vrednosti kriterijuma optimalnosti I , traže se nove kvalitetnije vrednosti Cdr signala. Dobijene vrednosti Cdr signala će biti primenjene u sledećoj iteraciji kao ulaz u model prilikom pokretanja nove simulacije u toku izvršavanja optimizacionog algoritma. Kao rezultat optimizacije algoritama inteligentnog upravljanja dobija se vrednost upravljačkog signala koji upravlja žaluzinama.

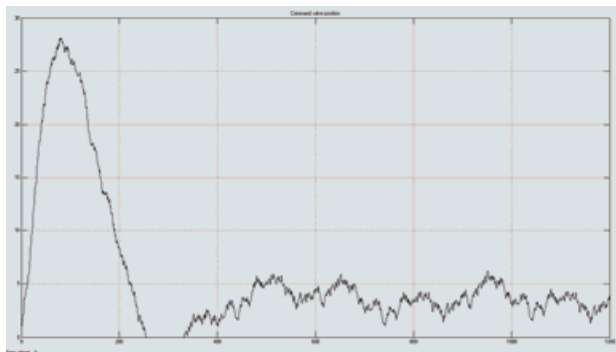
5.3. Izbor optimizacionih algoritama

Genetski algoritmi (Genetic Algorithms, GA) [4] kao algoritmi upravljanja su poznati po tome što imaju izuzetno široku primenu, posebno u industriji gde u velikom procentu pokazuju izuzetno dobre rezultate. Optimizacija rojem čestica (Particle Swarm Optimization, PSO) [5] je algoritam mnogo mlađi od GA a posebno zanimljiv je trend rasta primene ovog algoritma. U poslednjih nekoliko godina primene PSO algoritma narasle su eksponencijalno i ne čini se da trend rasta trenutno opada. Oba algoritma spadaju u metaheurističke algoritme koji su se pokazali veoma dobrim u rešavanju teških problema. Zbog toga smo pristupili rešavanju datog problema upravljanja klima komorom, primenom ova dva

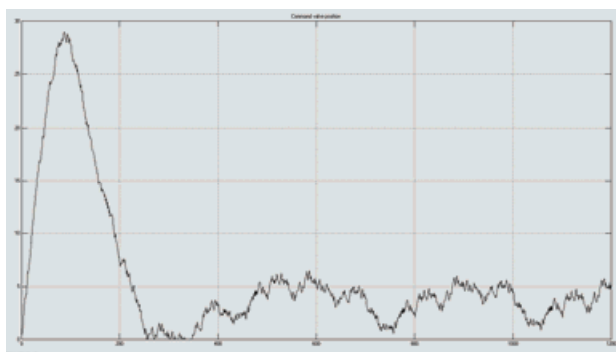
algoritma, da bi uočili optimizaciju i uporedili snagu datih algoritama na konkretnom primeru.

5.4. Rešenja optimizacija za GA i za PSO algoritam

Urađeno je više testiranja na datom modelu, ali za postizanje potpune slike, i uvida u optimizaciju datog procesa, dovoljno je prikazati četiri simulacije. Rešenja tražimo za dva dozvoljena granična nivoa ugljen-dioksida unutar objekta (400ppm i 800ppm). Prva simulacija za 800ppm sprovedena je sa primenom PSO algoritma (Grafik 2.) a za drugu simulaciju je primenjen genetski algoritam (Grafik 3.). Obe simulacije su rađene nad istim ulaznim parametrima koji su korišćeni prilikom simulacije bez optimizacionih algoritama (Grafik 1.) i zbog toga ih možemo posmatrati i analizirati istovremeno.



Grafik 2. CVP signal PSO optimizacijom za 800ppm



Grafik 3. CVP signal GA optimizacijom za 800ppm

Može se primetiti da su u pitanju dva jako slična rešenja sa zanemarljivim razlikama koji spuštaju otvorenost ventila sa 20% na oko 4% u proseku. Uzimajući u obzir da je bez optimizacije vrednost Cvp signala iznosila 20% otvorenosti ventila, može se zaključiti da je sa 4% otvorenosti ventila, postignuta značajna optimizacija. Ušteda električne energije prilikom je čak 5 puta veća za slučaj od 800ppm željeno. Treća i četvrta simulacija primenom PSO algoritma i genetskog algoritma su takođe rađene nad istim ulaznim parametrima samo za željenu koncentraciju ugljen-dioksida od 400ppm gdje se dobijaju takođe dva međusobno slična rešenja. U ovom slučaju Cvp signal se spušta u proseku na oko 5% otvorenosti ventila, što predstavlja oko 4 puta manju potrošnju nego u slučaju bez optimizacije.

6. ZAKLJUČAK

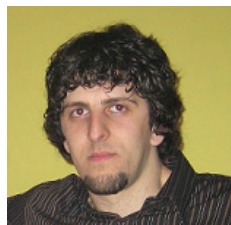
Na osnovu svega navedenog, došli smo do zaključka da prilikom upotrebe korišćenih optimizacionih algoritama, uspeva se očuvati komfor unutar zgrade, i to uz veliku uštedu električne energije što nam je bio krajnji cilj. To potvrđuje da se apsolutno isplati uvesti ovakav vid upravljanja klima komorom zbog jako velike uštede koji se može ostvariti upotrebom algoritma roja čestica i genetskog algoritma u upravljanju datom klima komorom. Takođe, rezultati upućuju da nijedna od datih metoda ne može sa sigurnošću poneti epitet bolje metode u našem slučaju. Na osnovu prikazanih rezultata, PSO algoritam kao i genetski algoritam, mogu se primeniti uspešno za optimizaciju datog problema a da pri tome daju podjednako kvalitetna rešenja.

Dalji rad u ovom pravcu mogao bi obuhvatiti razvoj postupaka za optimalno podešavanje parametara PSO algoritma, kao i genetskog algoritma. Takođe, svaka metoda može podbaciti u nekom slučaju a u drugom briljirati. Mogao bi se pronaći kriterijum prema kome se mogu klasifikovati problemi koji odgovaraju (ili ne odgovaraju) određenoj metodi optimizacije.

7. LITERATURA

- [1] James M. Calm, (2002) "Emissions and enviromental impacts from air-conditioning and refrigeration systems", International Journal of Refrigeration 25 293-305
- [2] ASHRAE. (1996). ASHRAE "Handbook—Fundamentals". Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.
- [3] Anderson M, Buehner M, Young P, Hittle D, Anderson C, Tu J, Hodgson D, (2007) "An experimental system for advancer heating, ventilating and air conditioning (HVAC) control". In: Energy and buildings.
- [4] Marin Golub, Svibanj. (2008). " Genetski algoritam – prvi deo, Zagreb".
- [5] Marko Čupić, Maj. (2010). "Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb".

Kratka biografija:



Miljan Milojević rođen je u Trebinju 1981.god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – *Building Management Systems* odbranio je 2010 godine.

**PRIMENA VECTOR SUPPORT MACHINES U PREDIKCIJI CENE
POLJOPRIVREDNOG ZEMLJIŠTA
FORECASTING AGRICULTURAL LAND PRICE USING SUPPORT VECTOR
MACHINES**

Nikola Đukić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu proučavana je mogućnost primene Support vector machines u prognozi postignute cene na javnim nadmetanjima za davanje u zakup poljoprivrednog zemljišta u državnoj svojini.

Abstract – This paper studied possibility of applying Support vector machines in forecasting price achieved on public tender for leasing of agricultural land in state ownership.

Ključne reči: price prediction, Support Vector Machines.

1. UVOD

U ovom radu data je predikcija cene poljoprivrednog zemljišta, kao i pregled faktora koji utiču na cenu. Kvalitetna prognoza postignute cene na javnim nadmetanjima za davanje u zakup poljoprivrednog zemljišta u državnoj svojini je značajna kako bi opština, pokrajina i država mogle kvalitetnije da planiraju svoje prihode. Cilj prognoze je smanjiti razliku između planiranih i postignutih prihoda sa javnih nadmetanja. Pored toga kvalitetna predikcija postignute cene zemljišta može biti od značaja za privredne subjekte koji uzimaju zemlju u zakup. Kao takva prognoza postignute cene zemljišta predstavlja jednu od atraktivnijih oblasti u istraživačkom i praktičnom smislu.

Pristup problemu predviđanja cene poljoprivrednog zemljišta dat u ovom radu nije bio razmatran do sada. Međutim, slični problemi rešavani istim pristupom kao i primena nekih konvencionalnih metoda uključujući neuronske mreže i fuzzy logiku istoj vrsti problema dati u [1,2] pokazali su dobre rezultate.

2. SUPPORT VECTOR MACHINES

Kernel metode (Kernel – based techniques) (support vector machines, Bayes point mašine, kernel principial component analiza i Gaussian -ovi procesi) predstavljaju glavna dostignuća na polju razvoja algoritma mašinskog učenja.

Support vector machines (u daljem tekstu SVM) su grupa metoda učenja sa nadzorom koje mogu biti primenjene u klasifikaciji i regresiji. SVM predstavljaju nelinearnu generalizaciju (generalized portrait) algoritma razvijenog u Rusiji tokom 60-tih godina prošlog veka.

NAPOMENA:

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

SVM algoritam je zasnovan na statističkoj teoriji učenja i Vapnik- Chervonenkis (VC) dimenziji koju su predstavili Vladimir Vapnik i Alexey Chervonenkis [3].

2.1 Osnovni pojmovi

Sa gledišta verovatnoće, postoje tri osnovne komponente u učenju iz podataka: generator ulaznih podataka x , sistem čije se vrednosti odziva koriste kao podaci za obuku algoritma mašinskog učenja i metoda mašinskog učenja koja na osnovu vrednosti ulaznih podataka x i odgovarajućih odziva sistema y treba da nauči (estimira, modeluje) nepoznatu zavisnost između ove dve grupe promenljivih. Rezultat procesa obuke algoritma za mašinsko učenje je aproksimaciona funkcija $f^a(x, w)$ koja je u teoiji statistike poznata kao hipoteza $f^a(x, w)$. Ova funkcija aproksimira postojeću (stvarnu) zavisnost između ulaznih i izlaznih podataka u slučaju regresije ili razdvajajuću funkciju (decision boundary) u slučaju klasifikacije. Izabrana hipoteza $f^a(x, w)$ pripada prostoru hipoteza funkcija H ($f^a \in H$) i to je funkcija koja minimizira neku funkciju greške (risk function) $R(w)$. Funkcija greške $R(w)$ se naziva očekivana (prosečna) greška (average loss):

$$R(w) = \int L(y, o) dP(x, y) = \int L(y, f^a(x, w)) dP(x, y)$$

gde je funkcija greške (loss function) $L(y, f^a(x, w))$ računata nad skupom podataka za obuku

$$D = \{[x(i), y(i)] \in \mathbb{R}^n \times \mathbb{R}, i = 1, \dots, l\}$$

Funkcija greške $L(y, o) = L(y, f^a(x, w))$ obično predstavlja neku standardnu funkciju greške i njen tip zavisi od karaktera problema. U slučaju klasifikacije koristi se 0-1 funkcija greške u obliku

$$\begin{aligned} L(y, o) &= 0 \quad o = y, \\ L(y, o) &= 1 \quad o \neq y. \end{aligned}$$

gde o označava izlaz algoritam za mašinsko učenje, odnosno $o = f^a(x, w)$. U slučaju problema regresije koriste se najčešće funkcije: kvadratna greška (L^2 norma)

$$L(y, o) = (y - f^a)^2,$$

i funkcija apsolutne greške (L^1 norma)

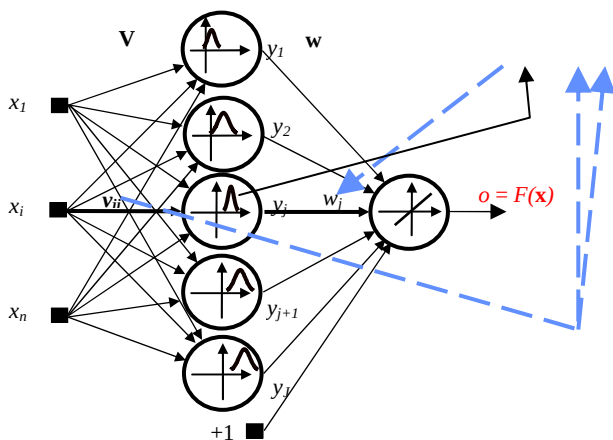
$$L(y, o) = |y - f^a|.$$

Funkcija greške koja više odgovara problemu regresije je Vapnikova ε -funkcija greške koja je definisana na sledeći način

$$|y - f(x)|_{\varepsilon} = \begin{cases} 0, & |y - f(x)| \leq \varepsilon \\ |y - f(x)| - \varepsilon, & |y - f(x)| > \varepsilon \end{cases}$$

SVM spadaju u klasu tzv. neparametarskih modela. Neparametarski model ukazuje na činjenicu da parametri SVM nisu unapred definisani, već njihov broj zavisi od podataka koji su korišteni u toku obuke SVM. Ovo predstavlja osnovnu paradigmu structural risk minimization (SRM) teorije koju su razvili Vapnik i Chervonenkis sa saradnicima što je dovelo do novog algoritma obuke SVM.

Grafički prikaz SVM klasifikatora na slici 1 [4] je identičan prikazu neuronske mreže (npr. višeslojni perceptron ili RBF mreži). Strelice označene sa v^{ij} povezuju prostor ulaznih podataka x sa prostorom karakteristika i odgovaraju težinama skrivenog sloja neuronskih mreža. Konekcije izlaznog sloja su težine w^j i njihovo značenje sa SVM i neuronske mreže je jednako posle fazi obuke. U ovom slučaju je radi jednostavnosti grafičkog prikaza izabran RBF kernel $\phi^j(x, c^j, \Sigma^j)$, gde su c^j centri Gausijana i Σ^j matrice kovarijansi. Vrednosti ova dva parametra se u slučaju RBF mreža fiksiraju pre obuke, dok se kod SVM ove vrednosti dobijaju kao rezultat obuke. Sa slike 1 se može uočiti da ne postoji razlika u strukturi izađu SVM i neuronske mreže. Razlika postoji u načinu obučavanja ova dva algoritma mašinskog učenja [4].



Slika 2.1 Grafički prezentacija SVM i neuronske mreže

2.2 Regresija upotrebom Support Vector Machines

Zahvaljujući činjenici da je linearni metod proširen nelinearnom Vapnikovom tehnikom iz 1995. [5], napravljen je značajan napredak u VC teoriji. Nelinearna klasifikacija je zasnovana na ideji da vektor ulaznih podataka $x \in \mathcal{R}^n$ treba prevesti u vektor $\Phi(x)$ u višedimenzionalnom prostoru karakteristika F (feature space) (gde je Φ preslikavanje $\mathcal{R}^n \rightarrow \mathcal{R}^f$). Zatim se problem linearne klasifikacije rešava u ovom prostoru karakteristika F

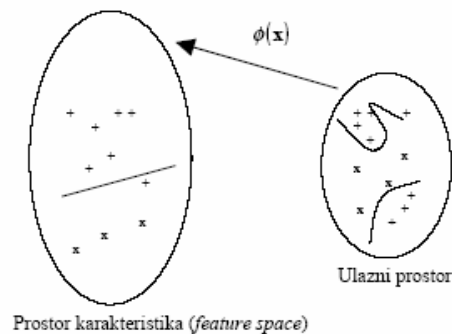
$$x \in \mathcal{R}^n \rightarrow \Phi(x) = [\phi_1(x), \phi_2(x) \dots \phi_n(x)]^T \in \mathcal{R}^f$$

Preslikavanje $\Phi(x)$ je predhodno izabrano i prostor karakteristika F (Φ - space) može biti neograničeno

dimenzionalan. Cilj ovakvog pristupa rešavanju problema nelinearne klasifikacije je mogućnost formulacije problema u formi QP problema sa sličnim ograničenjima kao u slučaju rešavanja problema u prostoru ulaznih podataka (input space). Tako indikatorska funkcija koja u prostoru karakteristika predstavlja linearni klasifikator

$$\begin{aligned} i_F(x) &= \text{sign}(w^T \Phi(x) + b) = \\ &= \text{sign}\left(\sum_{k=1}^l y_k \alpha_k \Phi^T(x_k) \Phi(x) + b\right) = \\ &= \text{sign}\left(\sum_{k=1}^l y_k \alpha_k k(x_k, x) + b\right) \end{aligned}$$

u originalnom prostoru ulaznih podataka daje nelinearnu razdvajajuću hiperravan. Funkcija $k(x^i, x^j)$ predstavlja kernel funkciju $k(x^i, x^j) = \Phi^T(x^i) \Phi(x^j)$. Na slici 2.2 grafički je prikazano preslikavanje ulaznog prostora u visokodimenzionalni prostor karakteristika (feature space) i linearno razdvajanje u prostoru karakteristika koje odgovara nelinearnom razdvajanju u originalnom ulaznom prostoru.



Slika 2.2 Preslikavanje ulaznog prostora u višedimenzioni prostor karakteristika (feature space)

3. SVM MODEL ZA PROCENU CENE POLJOPRIVREDNOG ZEMLJIŠTA U DRŽAVNOJ SVOJINI

Pri formiranju SVM modela razmatrane su veze koje postoje između postignute cene na javnom nadmetanju za davanje u zakup poljoprivrednog zemljišta u državnoj svojini, kao što su tip zemljišta koje se daje u zakup, opština kojoj parcela pripada, period na koje se zemljište daje u zakup, klasa zemljišta, kurs evra...

3.1 Klasa zemljišta koje se daje u zakup

Klasa zemljišta predstavlja kvalitet zemljišta. Postoji osam klasa (1 – 8), zemljište prve klase je najkvalitetnije zemljište, a zemljište osme klase predstavlja zemljište najlošijeg kvaliteta. Klasa zemljišta ima uticaj na samu početnu cenu zemljišta, samim tim i na konačnu cenu postignutu na nadmetanju. Kako na nadmetanjima postoji mogućnost kombinovane ponude, odnosno jedno nadmetanje može sadržati više parcela različitih klasa. U tom slučaju nadmetanje možemo podeliti na više nadmetanja koje su iste klase i na kraju sumirati dobijene cene.

3.2. Kultura zemljišta koje se daje u zakup

Postoji nekoliko kategorija korišćenja zemljišta (kultura). U zavisnosti od kategorije korišćenja zemljišta, zavisi i početna cena, a samim tim i krajnja cena nadmetanja za zemljište. Najskuplje su njive i vrtovi, zatim redom, voćnjaci, vinogradi, pašnjaci, livade i najjeftinija zemljišta su trstici i močvare.

3.3. Period na koji se zemljište daje u zakup

Na osnovu zakona o poljoprivrednom zemljištu Republike Srbije, period zakupa ne može biti kraći od jedne godine, niti duži od 20 godina. Najčešći period zakupa je od jedne do pet godina. Ako posmatramo srednju vrednost cene po godini zakupa, srednja vrednost cene po godini je manja, što je period zakupa duži.

3.4. Srednji kurs evra

Srednji kurs evra predstavlja bitnu stavku, pošto se cene repro materijala i konačnog proizvoda neretko daju u evrima. U nekim opštinama se čak početna cena se formira u zavisnosti od kursa evra. Kurs evra je preuzet sa internet prezentacije Narodne banke Srbije. Odabran je srednji kurs evra, na dan održavanja javnog nadmetanja. Srednji kurs evra posmatramo kao dodatni ulaz, pošto su cene repro materijala date u dinarima. Ugovor o zakupu zemljišta se formira u evrima.

3.5. Faktori vezani za opštinu

U faktore vezane za opštinu spadaju prihod opštine, odnos površine zemljišta u državnom vlasništvu prema površini zemljišta u privatnom vlasništvu i, količina zemljišta koje se daje u zakup u okviru jedne opštine prema broju registrovanih poljoprivrednih gazdinstava u opštini.

Prihod opštine je bitan faktor, pošto u „siromašnijim“ opštinama su početne i postignute cene na nadmetanjima primetno manje u odnosu na „bogatije“ opštine.

Odnos površine poljoprivrednog zemljišta u državnom vlasništvu prema površini poljoprivrednog zemljišta u privatnom vlasništvu. Ovaj odnos utiče na postignutu cenu, ukoliko ima više državne zemlje u odnosu na zemlju u privatnom vlasništvu postignuta cena na javnom nadmetanju će biti niža, i obrnuto ukoliko ima više zemlje u privatnom vlasništvu u odnosu na površinu u državnom vlasništvu, biće postignuta veća cena na javnim nadmetanjima.

Količina zemljišta, namenjena za davanje u zakup, prema broju poljoprivrednih gazdinstava, je bitan faktor. Što je količina zemljišta veća, veća je ponuda, a samim tim cena je manja i obrnuto. Dok broj registrovanih poljoprivrednih gazdinstava, možemo posmatrati (u širem smislu) kao tražnju za zemljištem. Što je veći broj registrovanih poljoprivrednih gazdinstava, postignuta cena na javnim nadmetanjima je manja.

3.6. SVM model

Za generisanje i simulaciju rada SVM korišćen je softver LIBSVM [4], koji predstavlja biblioteku funkcija za modelovanje SVM i koja uključuje i implementaciju biblioteke funkcija za rešavanje regresionog problema.

Sa stanovišta implementacije, obuka SVM je ekvivalentna rešavanju QP problema sa linearnim ograničenjima i brojem promenljivih koji je dva puta veći od broja podataka za obuku. Sekvencionalna minimizacija (*Sequential minimal optimization* (SMO)) [7] je

optimizacioni algoritam koji je vrlo efikasan u rešavanju problema obuke SVM u slučaju regresionih problema.

3.7 Generisanje i simulacija rada SVM

Izbor atributa vršen je na osnovu analize dostupnih prethodnih javnih nadmetanja i postignutih cena, kao i empirijskih saznanja dobijenih od stručnjaka u toj oblasti. Takođe razmatrani su i podaci koji predstavljaju region, kao što su broj poljoprivrednih gazdinstava, prihod opština itd.

Pošto su izabrani atributi, odnosno tipovi podataka koji ulaze u obučavajući skup, podaci su skalirani u intervalu [0,1]. Skaliranje atributa pre obuke SVM je bitno koliko i u slučaju obuke neuronskih mreža. Skaliranjem podataka izbegnuta je mogućnost dominacije atributa koji imaju veće numeričke vrednosti i izbegnute numeričke teškoće u toku obuke SVM. Preporuka je da se svaki atribut linearno skalira u opsegu [-1,1] ili [0,1] [6]. Isti princip skaliranja se pre testiranja SVM modela primenjuje na test podatke.

4. IZBOR PARAMETARA SVM MODELA

Obuka regresionog SVM modela zahteva da se unapred odabere kernel funkcija i parametri koji je definišu, odnosno, parametar C i parametar ϵ .

4.1. Izbor kernela

U ovom radu je kao kernel funkcija izabran RBF kernel. Nekoliko razloga je uticalo na ovakav izbor kernela:

RBF kernel preslikava podatke za obuku u prostor više dimenzija i za razliku od linearnog kernela može da reši probleme kod kojih postoji nelinearna zavisnost između labela klasa i atributa koji čine obučavajući skup u klasifikaciji, odnosno između ulaznih i izlaznih podataka u regresiji.

Dalje, pokazano je da je linearni kernel specijalni slučaj RBF kernela, odnosno da linearni kernel za vrednost parametra C ima iste karakteristike kao RBF kernel za parametre (C, γ). Takođe i sigmoidni kernel se ponaša kao RBF kernel pri nekim od vrednosti parametara koji ga definišu.

Razlog za izbor RBF kernela je i broj hiperparametara koji je manji nego kod linearnog kernela, što utiče na manju kompleksnog modela. Iz ovog razloga RBF kernel ima manje numeričke probleme u odnosu na polinomijalne kernele čija vrednost može biti i nula ili beskonačna. Pored ovoga sigmoidni kernel nije validan (tj. ne predstavlja skalarni proizvod dva vektora) za neke vrednosti parametara koji ga definišu [5].

4.2. Selekcija parametara (C, ϵ , γ)

Postoji više načina pretrage koji rezultuju najboljom kombinacijom parametara potrebnih za definisanje SVM modela, tj. one parametre za koje SVM regresor daje što manju grešku predikcije kada su na ulaz SVM dovedeni novi podaci (tj. test podaci). Pošto je u radu izabran RBF kernel potrebno je odrediti “najbolje” parametre: C, ϵ , γ . Kako ovi parametri nisu unapred poznati potrebno je izvršiti neku vrstu pretrage. Istovremeno, cilj je izbeći pojavu problema preobuke modela, tako da se pretraga vrši primenom *cross-validation* metoda. U okviru LIBSVM realizovana je funkcija “gridregression.py” [8] koja omogućava pretragu parametara metodom *grid-search*. Ova metoda podrazumeva pokušaj dobijanja

rešenja koje ima najbolje performanse probanjem svih parova mogućih kombinacija vrednosti parametara (C , ε , γ) [8].

Ove metoda predlaže da C i ε uzimaju vrednosti iz eksponencijalnog niza (npr.

$$C = 2^{-5}, 2^{-4}, \dots, 2^5, \varepsilon = 2^{-13}, 2^{-14}, \dots, 2^{-1}.$$

U slučaju *v-fold cross-validation* metode, skup za obuku je podeljen u v odvojenih skupova podataka jednake veličine. Sekvencijalno, jedan podskup se testira na regresoru koji je obučen na preostalih $v-1$ podskupova podataka. Na ovaj način za kombinaciju parametara (C , ε , γ) prognozirani su svaki od podskupova podataka za obuku i tačnost *cross-validation* je prikazana kao srednja vrednost MSE (koren sume kvadrata greške). Kombinacija parametara (C , ε , γ) koja ima najbolji rezultat *cross-validation* (najmanju prosečnu vrednost MSE) se bira kao najbolja.

4.1. Uticaj parametara C i ε na osobine SVM modela

Parametar C određuje ravnotežu između kompleksnosti modela i stepena do kog se odstupanja veća od ε tolerišu. Teorijski, mala vrednost parametra C će dati SVM model koji usled premalog broja parametara loše aproksimira zavisnost između ulaznih i izlaznih podataka (pojava nedovoljne obučenosti modela, *under-fitting*), pošto je težina dodeljena podacima za obuku mala što rezultuje velikim vrednostima MSE na test podacima. U slučaju kada je C suviše veliko, obuka će dati SVM model koji usled prevelikog broja parametara interpolira podatke za obuku i ima lošu sposobnost generalizacije (preobuka modela, *over-fitting*). Kako C raste, tako je veći broj SV kao posledica toga što je u optimizacionom problemu veći značaj dat empirijskom riziku. To daje SVM model koji bolje aproksimira podatke na račun veće kompleksnosti modela. Pored ovoga, veća vrednost C uslovljava veći opseg vrednosti SV sto omogućava da više podataka bude selektovano kao SV.

Parametar ε kontroliše širinu ε -zone osetljivosti (ε tube). Veća vrednost ε uslovljava širu ε -zonu i time manji broj SV i omogućava retkost (*sparsnes*) rešenja. Dalje, ako je ε preveliko, ovo dovodi do manje tačnosti rešenja.

5. POSTAVLJANJE I VERIFIKACIJA MATEMATIČKOG MODELA

5.1 Postavljanje matematičkog modela

Za eksperiment je formiran jedan SVM model. Obuka i verifikacija su izvršeni na primeru izveštaja sa javnih nadmetanja za opštinu Subotica u periodu od 2005. do 2009. godine. Podaci su podeljeni u dva skupa, prvi skup čine podaci koji su namenjeni za obuku SVM modela, a čine ga podaci sa javnih nadmetanja iz perioda od 2005. do 2008. godine. Drugi skup čine podaci za verifikaciju matematičkog modela, a čine ga podaci sa javnog nadmetanja iz 2009 godine. Podaci za obuku sadrže ukupno 753 pojedinačnih nadmetanja iz deset katastarskih opština koje pripadaju opštini Subotica. Skup za testiranje sadrži 199 pojedinačnih nadmetanja.

5.2. Verifikacija matematičkog modela

Ocena kvaliteta procene se donosi na osnovu grešaka prognoziраног matematičkog očekivanja u odnosu na realizovanu postignutu cenu. U ovom radu su analizirane

vrednosti sledećih izraza za računanje grešaka matematičkog modela:

$M[\%]$ - matematičko očekivanje apsolutnih vrednosti relativnih grešaka u procentima.

S_{kv} - ukupna srednja kvadratna greška.

U eksperimentu izvršenom u ovom radu matematičko očekivanje apsolutnih vrednosti relativnih grešaka iznosi $M = 7.01\%$, dok je srednja kvadratna greška $S_{kv} = 2.9 \cdot 10^6$.

6. ZAKLJUČAK

Na primeru za opštinu Subotica pokazano je da maksimalna apsolutna greška između ostvarene i prognozirane cene iznosi 5280 dinara, dok je prosečna apsolutna greška 1290 dinara. Sa druge strane maksimalna apsolutna relativna greška između ostvarene i prognozirane cene iznosi 33.97%, dok je prosečna apsolutna relativna greška 7.01%.

Ovim radom pokazana opravdanost upotrebe metode SVM u problemu procene postignute cene na javnim nadmetanjima za davanje u zakup poljoprivrednog zemljišta u državnom vlasništvu. Dobijeni rezultati pružaju dobru osnovu za dalji rad.

7. LITERATURA

- [1] Qinghua Wen, Zehong Yang, Yixu Song, Peifa Jia, *Automatic stock decision support system based on box theory and SVM algorithm*, Expert Systems with Applications, vol. 37, p.1015–1022, Elsevier, 2010.
- [2] Philip Tsanga, Paul Kwoka, S.O. Choya, Reggie Kwanb, S.C. Nga, Jacky Maka, Jonathan Tsangc, Kai Koongd, Tak-Lam Wonge, *Design and implementation of NN5 for Hong Kong stock price forecasting*, Engineering Applications of Artificial Intelligence, vol. 20, issue 4, p.453–461, 2007
- [3] Vapnik V. and Chervonenkis A., *Theory of Pattern Recognition*, Nauka, Moscow, 1974.
- [4] V. Kecman, *Learning and Soft Computing, Support vector machines, Neural Networks and Fuzzy Logic*, The MIT Press, Cambridge, MA, 2001.
- [5] Vapnik V., *The Nature of Statistical Learning Theory*, Springer Verlag, New York, 1995.
- [6] C. C. Chang and C. J. Lin (2001) LIBSVM: A Library for Support Vector Machines [Online]. Available: www.csie.ntu.edu.tw/~cjlin/libsvm.
- [7] B. Schölkopf, A. Smola, *Learning with Kernels, Support Vector Machines, Regularization, Optimization and Beyond*, MIT Press, Cambridge, MA, 2002.
- [8] Chih-Wei Hsu, Chih-Chung and Chih-Jen Lin (2004), "A Practical Guide to Support Vector Classification", Available: www.csie.ntu.edu.tw/~cjlin/libsvm.

Kratka biografija:



Nikola Đukić rođen je u Novom Sadu 1982. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Automatika i upravljanje sistemima odbranio je 2010.god

TASK FORCE® MONITOR 3040I – MULTIFUNKCIONALNI INSTRUMENT ZA PRAĆENJE KARDIOVASKULARNIH PARAMETARA**TASK FORCE® MONITOR 3040I – MULTIFUNCTIONAL DEVICE FOR CARDIOVASCULAR PARAMETERS**Jelena Petković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U ovom radu ukratko je opisan Task Force® Monitor 3040i uređaj i način na koji on vrši analizu kardiovaskularnih parametara.

Abstract – In this thesis the description of Task Force® Monitor 3040i device and the way of his analysis of cardiovascular parameters are given.

Ključne reči: HRV, BPV, dBP, LF komponenta, HF komponenta

1. UVOD

Poslednje dve decenije svedoci su prepoznavanja važnosti veze između autonomnog nervnog sistema i kardiovaskularnog mortaliteta, uključujući iznenadnu srčanu smrt. Eksperimentalni dokaz za vezu između sklonosti ka smrtonosnim aritmijama i znakovima povećanja simpatičkih ili smanjenja vagusnih aktivnosti je podstako napore za razvoj kvantitativnih markera autonomnih aktivnosti.

Varijabilnost srčanog ritma HRV (*Heart Rate Variability*) i krvni pritisak BPV (*Blood Pressure Variability*) predstavljaju obećavajuće markere

Mnogi uređaji danas obezbeđuju istovremeno snimanje EKG signala sa krvnim pritiskom i srčanim ritmom, kako u toku mirovanja, tako i za vreme vežbanja pod opterećenjem, omogućujući dijagnostiku promena na krvnim sudovima nastalih slabošću srčanog mišića ili uticajem nekih drugih faktora.

Jedan od takvih uređaja jeste i Task Force® Monitor.

Ovime je kardiologu dat naizgled jednostavan alat za istraživanja i kliničke studije. Međutim, smisao i značenje različitih mera HRV i BPV-a su složeniji nego što se uopšte misli, a postoji i potencijal za pogrešne zaključke i za prekomernu ili neosnovanu procenu pravljenog.

2. TASK FORCE MONITOR

Task Force® Monitor (slika 1) je multifunkcionalni visoko tehnološki uređaj, dizajniran za neinvazivnu analizu svih zdravstvenih stanja čija je karakteristika brza i kratkoročna promena kardiovaskularnih parametara.

Čini ga softverski paket koji je veoma jednostavan za upotrebu. Uz podršku kompjutera prikazuje rezultate merenja on-line.

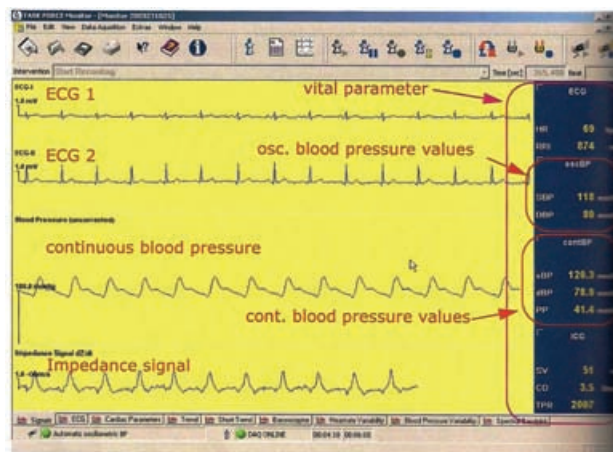
NAPOMENA:

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



Slika 1. Task Force® Monitor 3040i

Ovaj uređaj omogućuje prikaz dva EKG signala, praćenje promena krvnog pritiska (*systolic, diastolic and mean Blood Pressure*) bit-po-bit i pletizmografskom metodom, merenje udarnog volumena (*Stroke Volume*) impedansnom kardiografijom, automatsko vrednovanje osetljivosti baroreceptor refleksa (BRRS) pomoću *Sequence-Method-e* (slika 2).



Slika 2. Grafički prikaz signala na Task Force® Monitoru

Zbog mnoštva funkcija koje nudi Task Force® Monitor se koristi za testove autonomnih funkcija, u proceni fizičkih sposobnosti sportista, u optimizaciji terapije hipertenzije, u proceni autonomne neuropatije kod dijabetičara, kod istraživanja...

U ovom radu biće dat kratak opis načina obrade kardiovaskularnih podataka.

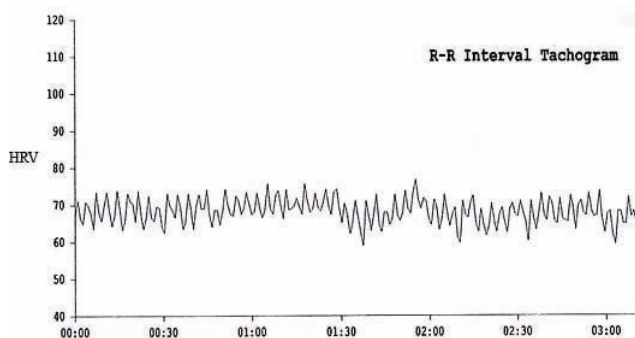
3. VARIJABILNOST SRČANOG RITMA (HRV)

HRV predstavlja promenljivost srčanog ritma oko svoje srednje vrenosti. Može se koristiti kao ogledalo kardiorespiratornog sistema kontrole. To je korisno sredstvo da istraživanje simpatičkih i parasimpatičkih funkcija autonomnog nervnog sistema.

Na osnovu ove mere vrši se nadzor nad postinfarktnim pacijentima i dijabetičarima. HRV daje informacije o simpatičko-parasimpatičkoj autonomnoj ravnoteži i na taj način obaveštava nas o riziku od iznenadne srčane smrti kod ovih bolesnika. Merenja HRV-a se lako izvode, neinvazivna su, i imaju dobru reproduktivnost ako se koriste pod standardizovanim uslovima. Standardizovani uslovi su neophodni, jer je HRV pod uticajem faktora kao što su ritam disanja i položaj tela. Povećanje starosti je povezano sa nižom HRV, što se može uporediti sa njihovim uticajem na klasične testove autonomnih funkcija.

HRV se može procenjivati na dva načina: izračunavanjem indeksa na osnovu statističkih operacija nad RR intervalima (analiza u vremenskom domenu) ili spektralnom (frekvencijski domen) analizom niza RR intervala. Obe metode zahtevaju tačno merenje vremena R talasa. Analiza može biti izvršena u kratkoročnim EKG segmentima (u trajanju od 0,5 do 5 minuta) ili na osnovu 24-časovnih EKG snimaka.

Kod analize HRV-a u vremenskom domenu (slika 3) izdvajaju se sledeći parametri: μ (srednja vrednost RR intervala), SDANN (standardna devijacija srednjih vrednosti normalnih sinusnih RR interval za sve petominutne segmente snimljene EKG-om), SDNN (standardna devijacija svih normalnih sinusnih RR intervala), NN50 (broj razlika uzastopnih RR intervala koje su veće od 50ms) i pNN50 (procenat dobijen deljenjem NN50 sa ukupnim brojem RR intervala).



Slika 3. Prikaz HRV-a u vremenskom domenu

Postoje još i geometrijske mere, kao što je HRV trougaoni indeks i TINN koji se određuje na osnovu histograma i RR intervala.

3. Krvni pritisak (BP)

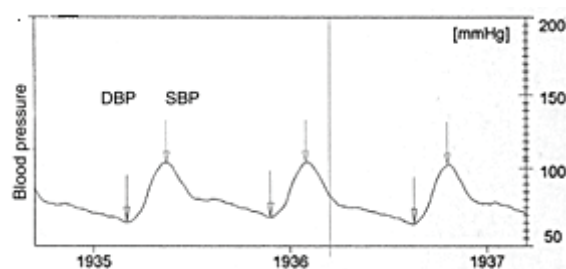
Task Force® Monitor prati bit-po-bit krvni pritisak postavljanjem pulsno oksimetra na dva prsta i dobijaju se sledeći parametri:

gornji (sistolni) krvni pritisak

$$SBP = \max(p(t))$$

donji (diastolni) krvni pritisak.

$$DBP = \min(p(t))$$



Slika 4. Grafički prikaz krvnog pritiska u vremenskom domenu

Srednji arterijski pritisak je prosečna vrednost svih pritiska merenih u kratkim vremenskim intervalima tokom određenog perioda. On nije jednak sredini između sistolnog i diastolnog pritiska, jer krvni pritisak tokom većeg dela srčanog ciklusa ostaje bliži diastolnom (donjem) pritisku. Srednji pritisak je obično određen 60% diastolnim i 40% sistolnim pritiskom.

$$MABP = \frac{1}{t_{SBP_{i+1}} - t_{SBP_i}} \int_{t_{SBP_i}}^{t_{SBP_{i+1}}} (p(t) \cdot dt)$$

Pulsni pritisak:

$$PP = SBP - DBP$$

Ovo je merenje na maloj arteriji prsta i nije verodostojno za prestavljanje sistemskog krvnog pritiska. Stoga se ove vrednosti koriguju onim dobijenim pletizmografskom metodom (SBP, DBP) na Brahijalnoj arteriji i dobijaju se korigovane sistolne i diastolne vrednosti krvnog pritiska (sBP, dBP).

4. FREKVENCIJSKA ANALIZA HRV I BPV

Analizu u frekvencijskom domenu je najlakše objasniti kao prikaz amplituda i faza prostoperiodičnih funkcija kojima je aproksimiran signal od interesa u funkciji od frekvencije.

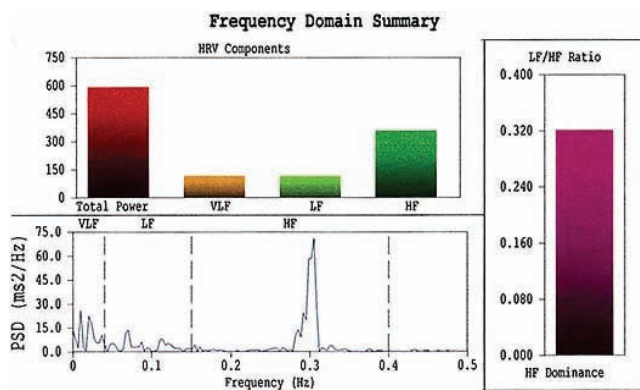
Spektralna gustina snage (PSD) je frekvencijska analiza RR-Intervala (RRi) i sistolnog i/ili diastolnog krvnog pritiska (sBP i dBP). Ona daje osnovne informacije o tome kako se snaga (varijansa) raspodeljuje kao funkcija frekvencije (slika 5). Samo procenom pravog PSD-signalu mogu se dobiti odgovarajući matematički algoritmi. Postoje različite metode za određivanje gustine spektralne snage signala i one se mogu klasifikovati u dve grupe: parametarske i neparametarske.

Task Force® Monitor 3040i koristi *adaptive autoregressive parameter algorithm* (AAR) za proračun *time-varying* spektralne procene, sličnu jednoj koju je predložio Bianchi et al. On je koristio RLS algoritam za apdejt koeficijenata AR modela u svakom uzorku RR intervala (svaki srčani ciklus). AR koeficijente je potom koristio za izračunavanje *time-varying* PSD. Ovo je parametarska metoda.

Od interesa u analizi su sledeći frekventijski opsezi: vrlo-niske frekvencije (VLF) opseg u rasponu 0-0.03 Hz; niske frekvencije (LF) opseg u rasponu 0.03-0.15 Hz; visoke frekvencije (HF) opseg u rasponu 0.15 -0.4 Hz (slika 5.).

Ovom analizom dobijaju se vrednosti snage (varijanse) RRI i bit-po-bit sistolnog i/ ili diastolnog krvnog pritiska (sBP, dBP), na ovim frekvencijama.

$$PSD - RRI = VLF - RRI + LF - RRI + HF - RRI$$



Slika 5: Frekventijska analiza HRV komponente

Snaga HF i LF komponenti može biti izražena u apsolutnim [ms²] i normalizovanim jedinicama [%]. Uvođenje normalizovanih jedinica se pokazalo od presudnog značaja za tumačenje podataka. Tako se za konverziju iz apsolutnih u normalizovane jedinice koriste sledeće formule:

$$LF_{nu} - RRI = LF / (PSD - RRI - VLF) \cdot 100$$

$$HF_{nu} - RRI = HF / (PSD - RRI - VLF) \cdot 100$$

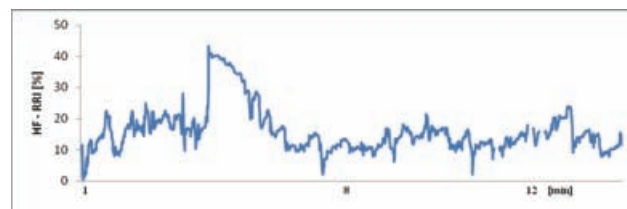
Raspodela snage i centralne frekvencije LF-a i HF-a nisu fiksne i mogu da se menjaju u kontekstu autonomnih varijabli srčanog perioda. Procenjivanja sa VLF komponentama u kratkom snimanju je u praksi malo nesiguran pokazatelj.

U početnim proučavanjima VF komponenta se smatrala pouzdanim markerom vagusnih aktivnosti dok je interpretacija LF komponente bila sporna. Tako je Pomeranz et al smatrao LF komponentu potpunim predstavnikom vagusnih aktivnosti kada se ispitanik nalazi u ležećem položaju i sa druge strane simpatičkih i vagalnih aktivnosti kada se ispitanik nalazi u stajaćem položaju. Alternativni pogled, podržan mnogim proučavanjima smatra LF komponentu markerom simpatičkih aktivnosti. Istraživanjima je otkriveno da se kod zdravih osoba LF komponenta HR-a i BPV povećava usled podizanja pacijenta pod nekim uglom, mentalnog stresa, ili umerenih fizičkih vežbi. Povećanje LF komponente HRV-a pratio je pad HF komponente (obe izražene u normalizovanim jedinicama). HF komponenta HRV-a je povećana kod ljudi usled kontrolisanog disanja, hladnom stimulacijom, i drugim uslovima koji dovode do povećanja vagusne aktivnosti.

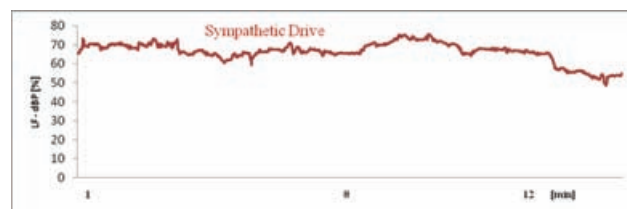
U fiziološkim uslovima simpatička pobuda koja dovodi do tahikardije praćena je smanjenjem u ukupnoj snazi i u standardnoj devijaciji (SD) HRV-a. Tokom vagusnih aktivnosti važi obrnuto.

Na isti način Računa se PSD diastolnog krvnog pritiska. Na kraju se izračunava LF-dBP/HF-RRI koji predstavlja simpatičko-vagusnu ravnotežu (slike 6, 7 i 8).

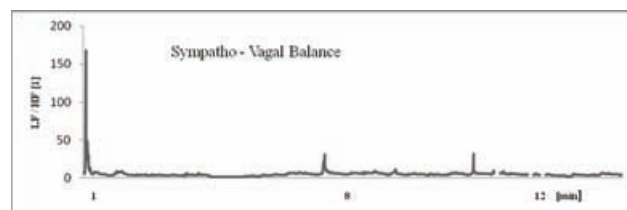
$$LF - dBP / HF - RRI \quad [1]$$



Slika 6. Grafički prikaz HF-RRI komponente [%]

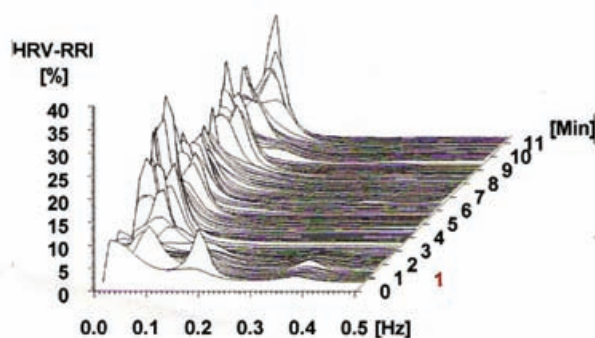


Slika 7. Grafički prikaz LF-dBP komponente [%]



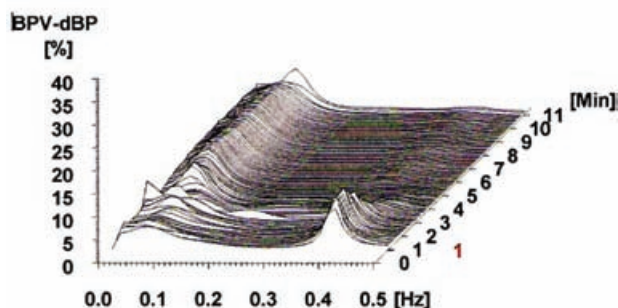
Slika 8. Simpatičko-vagusna ravnoteža

Kada se koriste apsolutne jedinice ove promene ukupne snage obično utiču i na LF i na HF komponente u istom pravcu: međutim, u nekim fiziološkim i patofiziološkim uslovima simpatičko-vagusna ravnoteža može da se promeni, bez značajne promene u periodu srca i ukupnoj snazi (slike 9 i 10).



Slika 9. Grafički prikaz spektralne analize HRV-RRI

Simpatičko-vagusna ravnoteža može da se oceni kao odnos između LF komponente krvnog pritiska i HF komponente RR interval u normalizovanim jedinicama ili kao LF/HF odnos. Ovo je najbitniji parameter na osnovu kojeg se dalje vrši dalja dijagnostika.



Slika 10. Grafički prikaz spektralne analize BPV-dBP

5. ZAKLJUČAK

Značaj i praktična primena spektralne analize kardiovaskularnih signala pod fiziološkim i patološkim uslovima raste u poslednjih nekoliko godina.

Korisnici zainteresovani za kardiovaskularne kontrolne mehanizme mogu primeniti ovu analizu kao indikator za autonomnu disfunkciju, na primer, dijabetička neuropatija. Spektri HR-a i BP-a se tako mogu koristiti za rano dijagnostikovanje pacijenata koji pate od autonomne disfunkcije.

6. LITERATURA

- [1] Rangaraj M. Rangayyan "Biomedical Signal Analysis", IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, Sponsor, IEEE Press Series on Biomedical Engineering Metin Akay, Series Editor
- [2] Dejan B. Popović, Mirjana B. Popović, Milica Janković "Biomedicinska merenja i instrumentacija", Akademska misao, ETF, Beograd 2010.
- [3] Power spectrum analysis of heart rate variability : a tool to explore neural regulatory mechanisms; British Heart Journal (1994); 71: 1-2
- [4] <http://www.wikipedia.org>
- [5] Heart Rate Variability: Standards of Measurements, Physiological Interpretation, and Clinical Use; Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology

Kratka biografija:

Jelena Petković rođena u Beogradu 1983. god. Diplomski master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Obrada biomedicinskih signala odbranila je 2010. god.

PRIMENA POINCARE PLOTOVA U ANALIZI EKG SIGNALA

APPLICATION OF POINCARE PLOTS IN ECG ANALYSIS

Nenad Tomić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U radu su iznete osnove anatomije i rada srca, kao i ilustrativni primeri najrasprostranjenije tehnike snimanja srca i dijagnostike – elektrokardiografije (EKG.) Objašnjen je pojam HRVa, uzroci njegovog nastanka kao i osvrt na najpopularnije tehnike analize. Jedna od tehnika kojoj je poklonjena posebna pažnja su Poincare plotovi. Izneta je teoretska osnova neophodna za analizu oblika i značenja plotova. Praktični deo rada se sastojao od filtriranja velikog broja EKG signala pacijenata koji boluju od ALSa i infarkta, analiza pomoću Poincare plotova, kao i diskusija dobijenih rezultata.

Ključne reči: Poincare plot, HRV, infarkt, ALS, srce, EKG

Abstract – This paper presents basics of heart anatomy and its function, as well as the most widespread technique for heart recording and diagnostics – electrocardiography (ECG). It gives insight into Heart Rate Variation, its nature and analysis techniques. One of these techniques – Poincare plot was discussed more in depth, including analysis of the shape of the plot and as well as its interpretation. Practical background of this paper includes processing ECG recordings of patients that suffer from ALS and myocardial infarction. These results are latter analyzed using Poincare plots.

Keywords: Poincare plots, HRV, myocardial infarction, ALS, heart, ECG

1. UVOD

Ljudski organizam predstavlja delikatno balansirani sistem, u kome i najmanji disbalans može da dovede do ozbiljnih zdravstvenih tegoba. Vitalni deo ljudskog organizma predstavlja kardiovaskularni sistem, koga način i ritam života savremenog čoveka svakodnevno opterećuju i ugrožavaju.

Dodavši tome mnogobrojne nasledne faktore koji dodatno doprinose ugrožavanju pravilnog rada srca, jasno je da u cilju smanjenja faktora rizika od pojave neke od kardiovaskularnih bolesti potrebno detaljno poznavanje rada srca kao i dijagnostike, prevencije i lečenja ovih bolesti [1,2,3].

Zadatak ovog rada je pružanje uvida u tehniku analize rada srca poznatije kao Poincare plotovi, kao i njihova praktična primena.

NAPOMENA:

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

2. SRCE I ELEKTRIČNI SISTEM SRCA

Srce je mišićni organ koji imaju sva živa bića sa razvijenim sistemom cirkulacije. I pored strukturalnih razlika kod različitih organizama, funkcija srca uvek je ista - ono ima ulogu pumpe koja pokreće i održava funkciju cirkulatornog sistema.

Pumpanje krvi kroz krvne sudove srce vrši neprestanim kontrakcijama koje doživljavamo kao otkucaje srca. Srce radi bez čovekovog voljnog uticaja i u proseku otkuca oko 70 otkucaja u minuti, s tim da se broj otkucaja u minuti drastično razlikuje u zavisnosti od stanja organizma (npr. san, napor, odmor), zdravstvenog stanja i njegove starosti.

Kontrakcije su reakcija srčanog mišića na nervne impulse. Nervni impulsi su po prirodi električni impulsi i posledica su akcionog potencijala koji se javlja u specijalizovanim ćelijama (nervnim, mišićnim i endokrinim). Grupa ćelija u srcu koja je zadužena za stvaranje nervnih impulsa koji dovode do srčanih kontrakcija naziva se sinoatrijalni čvor. Sinoatrijalni čvor se nalazi u desnoj pretkomori srca i generiše električne impulse koji su zaduženi za obezbeđivanje normalnog sinusnog ritma. Bitno je primetiti da se u ovom slučaju termin "sinusni ritam" ne odnosi na talasni oblik sinusne matematičke funkcije, već na oblik koji ima EKG snimak normalnog zdravog srčanog mišića u mirovanju. Električni impuls koji nastaje u sinoatrijalnom čvoru dovodi do kontrakcija pretkomora i putuje do atrioventrikularnog čvora. AV čvor prosleđuje nervni impuls komorama, koje se pod njegovim uticajem kontrakuju. Posle kontrakcije, srčani mišić se opušta i počinje sledeći ciklus odnosno sledeći otkucaj.

Osnovni sinusni ritam srca koji stvara SA čvor, dodatno se moduliše signalima perifernog nervnog i endokrinog sistema u cilju efikasnog prilagođavanja organizma na različite unutrašnje i spoljašnje promene.

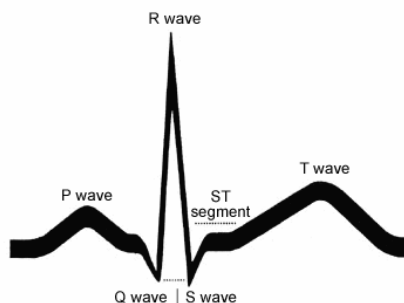
3. EKG

Elektrokardiografija ili EKG (u stranoj literaturi ECG) je neinvazivna dijagnostička tehnika koja detaljno meri i beleži električnu aktivnost srca detekcijom i pojačavanjem slabog električnog napona na površini kože izazvanog depolarizacijom srca.

U mirovanju, svaka ćelija srčanog mišića ima naboj na svom spoljašnjem zidu, odnosno ćelijskoj membrani. Smanjivanje ovog naboja na nultu vrednost naziva se depolarizacija i ona aktivira mehanizam u ćeliji koji izaziva njenu kontrakciju. Za vreme svakog otkucaja srca talas depolarizacije se prostire od SA čvora preko pretkomora do komora, pri čemu dolazi do kontrakcije svih delova srca u određenim vremenskim momentima. Ovaj talas se može detektovati kao mali porast napona između elektroda postavljenih sa obe strane srca.

U praksi najčešće koristi 10 elektroda koje su priključene na kožu pacijenta – dve na ruke, dve na noge i šest sa različitih strana srca.

Perioda EKG signala i karakteristične tačaka od interesa su prikazane na slici 1.



Slika 1. perioda EKG signala

Prvi pik na EKG grafiku se naziva **P talas**. P talas ukazuje na kontrakciju pretkomora odnosno upumpavanje krvi iz pretkomora u komore.

Sledeći deo periode predstavlja kratku silaznu sekciju koja se prekida visokim pikom. Ovaj deo se zove **QRS kompleks**, i on predstavlja osnovu za uspesno detektovanje i praćenje pojedinačnih otkucaja srca. Ovaj deo oslikava kontrakciju komora kojima se krv pumpa u pluća i ostatak tela. Intenzitet ovog pika je daleko veći od P talasa, iz razloga što je za pumpanje krvi u ostatak tela potreban daleko veći pritisak nego za prebacivanje krvi iz pretkomora u komore.

Kratki ravni segment koji sledi iza QRS kompleksa predstavlja **ST segment**. ST segment pokazuje koliko vremena prolazi od kraja kontrakcije komora do početka **T talasa** koji predstavlja električne promene u komorama za vreme oporavka komora pred početak sledećeg otkucaja, odnosno repolarizaciju komora.

Trajanje periode EKG signala, odnosno RR intervala kod zdravih osoba varira u toku vremena. Analizom promena trajanja RR intervala dobijamo korisne dijagnostičke informacije čijom interpretacijom omogućavamo dijagnozu široke palete srčanih poremećaja koji variraju od minornih do opasnih po život.

4. HRV

Varijacija ritma srca, odnosno HRV (heart rate variation) je mera koja opisuje razliku trajanja RR intervala EKG snimka. Termin se najčešće odnosi na merenje varijacije susednih intervala a ne varijacije trenutnog ritma srca.

Iako pomalo suprotno od očekivanog ljudskog rezona, HRV je fiziološki fenomen i kao takav potpuno normalan, čak i poželjan. HRV je posledica složenog sistema upravljanja otkucajima srca.

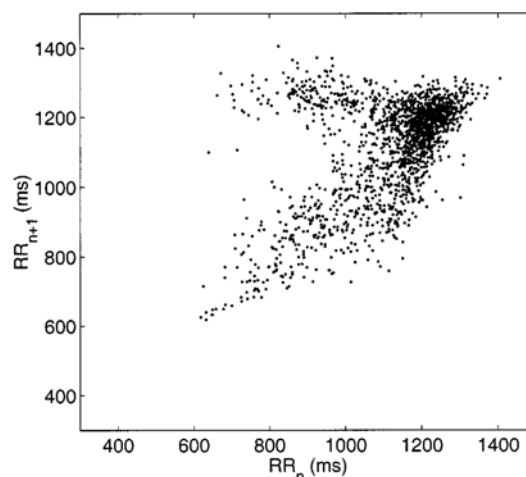
Jednostavan primer HRVa je RSA (*Respiratory Sinus Arrhythmia*) ili respiratorna sinusna aritmija koja nastaje za vreme ciklusa disanja. Na elektrokardiogramu ovaj fenomen se manifestuje preko suptilnih promena u trajanjima RR intervalima koje su sinhronizovane sa disanjem. RR interval se skraćuje za vreme udisaja a produžava prilikom izdisaja. RSA je veoma izražen kod dece a sa godinama se smanjuje (sa izuzetkom pojedinaca koji su odličnog kardiovaskularnog zdravlja – maratonci, plivači i biciklisti), kao i usled dijabetesa ili nekih kardiovaskularnih bolesti.

Fiziološka uloga RSA je “štednja srca”, pošto za vreme udisaja postoji potreba za intenzivnijom razmenom gasova u plućima koja nije tako izražena za vreme izdisaja pa samim tim i broj otkucaja srca u jedinici vremena nije potreban da bude toliko velik.

5. POINCARÉ PLOT

Poincaré plot je tehnika potekla iz nelinearne dinamike i predstavlja vizuelno geometrijski metod za ispitivanje podataka koji se dobijaju iz EKG signala a koji se odnose na trajanje RR intervala tj. RR sekvenci. On predstavlja pogodnu alatku koja omogućava predstavljanje čitave sekvence različitih vremenskih intervala (RR intervala) vizuelno, na jedinstvenom plotu, odnosno slici.

Matematički posmatrano, Poincaré plot je dijagram (*scattergram*) na kome je svaki RR interval prikazan u funkciji prethodnog RR intervala. Drugim rečima, na x osu dijagrama nanosimo $i+1$ -vi RR interval a na y osu i -ti interval i ucrtavamo tačku sa tim koordinatama. Ponavljanjem ovog postupka za sve RR intervale EKG snimka dobija se kompletan Poincaré plot (slika 2.).



Slika 2. Poincaré plot

Uobičajeni Poincaré plot izgleda kao izduženi oblak tačaka koji se pruža duž linije identiteta, odnosno prave $y=x$. Linija identiteta ima jednostavnu fiziološku interpretaciju: tačke koje leže na ovoj liniji pripadaju sukcesivnim RR intervalima jednakog trajanja. Tačke koje se nalaze iznad linije identiteta odgovaraju ubrzavanju ritma srca, dok tačke ispod odgovaraju njegovom usporavanju.

Za proučavanje osobina Poincaré se koriste brojne tehnike: konvertovanje dvodimenzionalnog plotu u razne jednodimenzionalne forme, fitovanje elipse oko oblaka tačaka, merenje korelacionih koeficijenata plotu, itd.

Pored toga, prikazivanje nelinearnih osobina srca se često spominje kao najveća moć Poincaré plotu, iako sve veličine koje su do sada očitane sa njega se mogu svesti na već postojeće, koje opisuju samo linearne procese u radu srca, što zadaje zadatak za traženje novih mera koje bi uspešno opisale nelinearne osobine srca i pružile nam dodatne informacije koje mogu da pomognu u dijagnozi i prognostici rada srca.

5. VEZA DESKRIPTORA POINCARÉ PLOTA SA LIENARNIM INDEKSIMA

Snimanje podataka za analizu pomoću Poincaré plotova se obično vrši u intervalima čije trajanje ili između 5 i 10 minuta, ili unutar dvadesetčetvoročasovnog vremenskog perioda. Za plotove koji se snimaju unutar 5-10 minutnih segmenata može da se pretpostavi stacionarnost u širem smislu, pa za praktičnu primenu važe sledeće jednakosti:

$$E[RR_n] = E[RR_{n+m}] \quad (1)$$

$$E[RR_n^2] = E[RR_{n+m}^2] \quad (2)$$

Imajući ove dve jednakosti u vidu možemo da definisemo standardne mere u vremenskom domenu (linearnih indeksa) HRV-a:

Standardna devijacija RR intervala

Standardna devijacija RR intervala, označava se sa $SDRR$ i često se uzima kao mera ukupne HRV. Definisana je kao kvadratni koren varijanse RR intervala.

$$SDRR = \sqrt{E[RR_n^2] - \overline{RR}^2} \quad (3)$$

Gde je srednja vrednost RR intervala označena sa

$$\overline{RR} = E[RR_n]$$

Standardna devijacija sukcesivnih razlika – SDDS:

Standardna devijacija sukcesivnih razlika RR intervala obeležava se sa $SDDS$ je važna mera kratkoročnog HRVa, i definisana je kao kvadratni koren varijanse sekvence:

$$SDDS = \sqrt{E[\Delta RR_n^2] - \overline{\Delta RR_n}^2} \quad (4)$$

gde je:

$$\Delta RR_n = RR_n - RR_{n+1} \quad (5)$$

Važno je uočiti da za stacionarne intervale važi:

$$\overline{\Delta RR_n} = E[RR_n] - E[RR_{n+1}] = 0 \quad (6)$$

Praktično, ovo znaci da je srednja kvadratna vrednost sukcesivnih razlika statistički ekvivalentna standardnoj devijaciji sukcesivnih razlika:

$$SDDS = rmsSD = \sqrt{E[(RR_n - RR_{n+1})^2]} \quad (7)$$

Autokorelacija i autokovarijansa

Autokorelaciona funkcija je bitna mera HRVa iz razloga što njena Furijeova transformacija predstavlja spektar intervala. Autokorelaciona funkcija RR intervala je definisana na sledeći način:

$$\gamma_{RR}(m) = E[RR_n RR_{n+m}] \quad (8)$$

Spektralna analiza se obino vrši na RR intervalima kojima je uklonjena srednja vrednost a samim tim i na autokorelacionoj funkciji sa uklonjenom srednjom vrednosti koja se još naziva i autokovarijansna funkcija.

$$\phi_{RR}(m) = E[(RR_n - \overline{RR})(RR_{n+m} - \overline{RR})] \quad (9)$$

Za stacionarne RR intervale, autokovarijansna funkcija je povezana sa korelacionom funkcijom na sledeći način:

$$\phi_{RR}(m) = \gamma_{RR}(m) - \overline{RR}^2 \quad (10)$$

Autokovarijansna funkcija je povezana sa varijansom RR intervala:

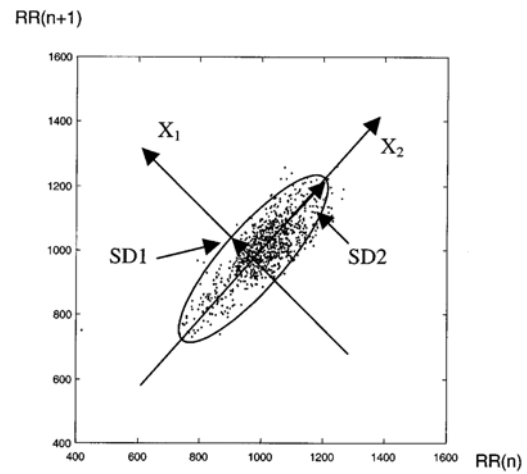
$$SDRR^2 = \phi_{RR}(0) \quad (11)$$

i varijansom delta RR intervala:

$$SDRR^2 = 2(\phi_{RR}(0) - \phi_{RR}(1)) = 2(\gamma_{RR}(0) - \gamma_{RR}(1)) \quad (12)$$

Povezivanje definisanih linearnih indeksa sa merama Poincaré plotova ćemo izvršiti pomoću tehnike fitovanja elipse, koja je zbog svoje jednostavnosti jedna od najrasprostranjenijih tehnika očitavanja vrednosti sa plotova. Za ovu svrhu neophodno je definisati ose novog koordinatnog sistema koji će biti orijentisan duž linije identiteta, odnosno rotiran za $\frac{\pi}{4}$ u odnosu na standardni koordinatni sistem.

U novom koordinatnom sistemu od interesa su nam dve vrednosti. Prva je $SD1$ i predstavlja standardnu devijaciju po y osi, a druga - $SD2$ opisuje dužinu oblaka i predstavlja standardnu devijaciju po x osi, i one odgovaraju ranije pomenutim osama elipse (slika 3.).



Slika 3. Tehnika fitovanja elipse

Ove dve vrednosti su povezane sa linearnim merama HRVa na sledeći način:

$$\begin{aligned} SD1^2 &= Var(x_1) = Var\left(-\frac{1}{\sqrt{2}}RR_n - \frac{1}{\sqrt{2}}RR_{n+1}\right) = \\ &= \frac{1}{2}Var(RR_n - RR_{n+1}) = \frac{1}{2}SDDS^2 \end{aligned} \quad (13)$$

Što znači da je $SD1$ ekvivalentna standardnoj devijaciji sukcesivnih razlika skaliranoj sa $\frac{1}{\sqrt{2}}$, odnosno povezuje $SD1$ sa postojećim linearnim indeksom. Iz toga sledi sledeća jednakost:

$$SD1^2 = \phi_{RR}(0) - \phi_{RR}(1) \quad (14)$$

Slično se pokazuje da važi:

$$SD2^2 = \phi_{RR}(0) + \phi_{RR}(1) \quad (15)$$

Sabiranjem ove dve jednačine dobijamo:

$$SD1^2 + SD2^2 = 2SDRR^2 \quad (16)$$

Iz čega sledi:

$$SD2^2 = 2SDRR^2 - \frac{1}{2}SDSD^2 \quad (17)$$

6. REZULTATI

Za potrebe rada analizirani su EKG signali tri grupe pacijenata i dobijene vrednosti date u tabelama 1 i 2.

Tabela 1.

	outliers X	outliers Y	standard deviation X	standard deviation Y
ALS	388.15	213.82	88.96	63.78
INFARKT	427.68	321.54	96.68	79.71
ZDRAVI	529.33	268.11	111.14	64.71

Tabela 2.

	HR mean	HR standard deviation	SBP mean	SBP standard deviation
ALS	819.29	78.81	118.46	11.94
INFARKT	877.29	89.46	117.95	10.03
ZDRAVI	863.81	91.95	119.49	9.36

Iako su rezultati raznoliki, uočljiva je tendencija da zdravi pacijenti imaju veće vrednosti svih parametara, što je konzistentno sa njihovim ranije izloženim fiziološkim interpretacijama, odnosno sa zaključkom da smanjena HR može da se koristi kao dijagnostička mera kod ALSa i infarkta.

Jedan od uzroka odstupanja dobijenih rezultata od očekivanih u ovom slučaju je izračunavanja parametara plotova iz neadekvatno pripremljenih podataka. Izračunavanje je vršeno na podacima bez prethodne obrade, odnosno na podacima iz nisu uklonjene vrednosti koje su posledica tehničkih anomalija, kao i vrednosti koje odgovaraju nepravilnim otkucajima (obično kraći ($RRi < 300$ ms) ili duži ($RRi > 2000$ ms) od fiziološki prihvatljive granice za zdravog čoveka, kao i otkucaji kod kojih je promena više od 20% u dva sukcesivna otkucaja). Predlog za dobijanje verodostojnijih rezultata je primena nekih od filtera: *Annotation filter*, *Quotient filter* ili *Square filter*.

Filtriranjem ove vrste bismo uklonili sve ektopičke otkucaje i ostavili samo sinusni ritam, koji bismo zatim koristili kao osnovu za dalje računanje deskriptora Poincare plotova. Plotovima kod kojih je uočljiv veliki broj uklonjenih tačaka bi trebalo posvetiti posebnu analizu radi utvrđivanja nastanka i značenja uklonjenih tačaka (da li su po prirodi tehničke greške, ili anomalije rada srca) i shodno tome preduzeti odgovarajuće korake.

Dodatno se može izvršiti podela pacijenata na starosne kategorije, pa računati parametre unutar ovih kategorija (pošto HR značajno zavisi od starosti pacijenta).

7. ZAKLJUČAK

Poincare plot je jednostavna vizuelna tehnika za analizu HRVa. Pokazano je da geometrija plotova prikazuje jasne razlike između EKG signala zdravih pacijenata i

pacijenata sa određenim oboljenjima srca, kao i da se jednostavnim vizuelnim pregledom mogu utvrditi preliminarni kvalitet EKG snimka i identifikovati ektopički otkucaji. Uz sve to na istom plotu je objedinjen i uvid u kratkotrajnu i dugotrajnu varijabilnost HRVa.

Najveća vrednost Poincare plotova leži u njihovom poreklu – nelinearnoj dinamici. Do danas su uspostavljene veze veličina sa plotom sa već postojećim merama, čime je potvrđeno da Poincare plot zaista može da se koristi kao moćna alatka u HRV analizi. Problem koji ostaje je kako kvantitativno okarakterisati plot da bi se izvukli korisni deskriptori koji su pri tome nezavisni od već postojećih, odnosno kako identifikovati i meriti nelinearne karakteristike srčanog sistema koje su nesumnjivo prikazane na plotu.

8. LITERATURA

- [1] M. A. Woo, W. G. Stevenson, D. K. Moser, R. B. Trelease, and R. H. Harper, "Patterns of beat-to-beat heart rate variability in advanced heart failure," *Amer. Heart J.*, vol. 123, pp. 704–710, 1992.
- [2] M. Brennan, M. Palaniswami and P. Kamen, *IEEE Trans. Biomed. Eng.* 48, 1342 (2001).
- [3] Jarosław Piskorski, Przemysław Guzik, "Filtering Poincaré plots", *computational methods in science and technology* 11(1), 39-48 (2005)
- [4] Jarosław Piskorski, Przemysław Guzik, "Geometry of the Poincaré plot of RR intervals and its asymmetry in healthy adults", *Iop Publishing Physiological Measurement, Physiol. Meas.* 28 (2007) 287–300 doi:10.1088/0967-3334/28/3/005
- [5] Larry S. Liebovitch, Angelo T. Todorov, Michal Zochowski,* Daniela Scheurle, and Laura Colgin, "Nonlinear properties of cardiac rhythm abnormalities", *Physical Review E*, Volume 59, Number 3, March 1999
- [6] Albert C.C. Yang, MD, "Poincaré Plots: A MiniReview", *ReyLab, Beth Israel Deaconess Medical Center Harvard Medical School*
- [7] Przemysław Guzik, Jarosław Piskorski, Tomasz Krauze, Raphael Schneider, Karel H. Wesseling, Andrzej Wykre Towicz and Henryk Wysocki, "Correlations between the Poincaré Plot and Conventional Heart Rate Variability Parameters Assessed during Paced Breathing", *J. Physiol. Sci.* Vol. 57, No. 1; Feb. 2007; pp. 63–71, Online Feb. 3, 2007; doi:10.2170/physiolsci.RP005506
- [8] Mila Stojaković, Slučajni procesi, Biblioteka Matice srpske, Novi Sad (2002)

Kratka biografija:



Nenad Tomić rođen je u Senti 1982. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Obrada biomedicinskih signala odbranio je 2010.god.

JEDNO REŠENJE INTEGRACIJE DMS I SCADA SISTEMA POSREDSTVOM RELACIONE BAZE PODATAKA

A SOLUTION OF DMS-SCADA INTEGRATION USING RELATIONAL DATABASE

Zoltan Mezei, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U radu je predstavljena implementacija plugin-a modula za prikupljanje dinamičkih podataka elektro-energetskog sistema skladištenih u bazi podataka, obradu istih i njihovo prosleđivanje ostatku DMS sistema. Pristup bazi podataka je ostvaren posredstvom ODBC sprege. Za implementaciju plugin-a korišćen je C++ programski jezik, a CORBA kao komunikaciona tehnologija.

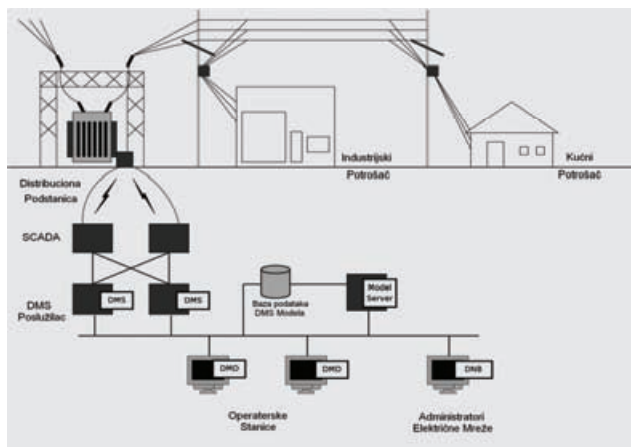
Abstract – This paper presents the implementation of plug-ins for gathering the dynamic data from electrical power systems which are stored in database, processing and forwarding them to the rest of the DMS system. Accessing the database is achieved through the ODBC interface. For the implementation of plug-in the C++ programming language is used. CORBA is used as a communication technology.

Ključne reči: ODBC plugin, DMS, SCADA, baza podataka, CORBA, ODBC ADO interfejs, SQL.

1. UVOD

Distribution Management System (DMS) je programski sistem koji se razvija u okviru DMS grupe u Novom Sadu. Njegov osnovni cilj je poboljšanje i nadogradnja postojećih SCADA sistema za distribuciju električne energije.

DMS softver obezbeđuje centralizovano i daljinsko upravljanje elektro-distributivnom mrežom. Slika 1 prikazuje integraciju DMS softvera sa distribuiranim upravljačkim sistemom [1].



Slika 1. Veza DMS-a i elektro-distributivne mreže

NAPOMENA:

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

Sa slike 1 se može videti da se DMS zapravo integriše sa SCADA sistemom od kog dobija informacije o ostalim delovima upravljačkog sistema, i sa aplikacijama operatorskih stanica. SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) sistem je skup namenskih, prostorno distribuiranih, međusobno povezanih računarskih modula, čiji je zajednički cilj ostvarenje funkcija nadzora i/ili upravljanja fizičkim procesom u realnom vremenu. Osnovna funkcija SCADA sistema je ciklična akvizicija digitalizovanih odmeraka različitih fizičkih veličina koje određuje stanje proizvoljnog tehnološkog (fizičkog) procesa.

Poslednjih godina sve više dolazi do osavremenjavanja i automatizacije elektro-energetskih sistema. Mnoga preduzeća za prenos i proizvodnju električne energije koriste modularna softverska rešenja za vizualizaciju, simulaciju i upravljanje elektro-energetskim sistemom. Programske module razvijaju timovi elektro-energetskih kompanija ili se kupuju od softverskih kuća. Različiti proizvođači razvijaju module različitih modela podataka u skladu sa namenama softvera koji razvijaju. Kako bi se omogućilo da jedan sistem može da koristi module od različitih proizvođača, potrebno je implementirati komunikaciju ovih modula i konverziju podataka iz jednog modela podataka u drugi.

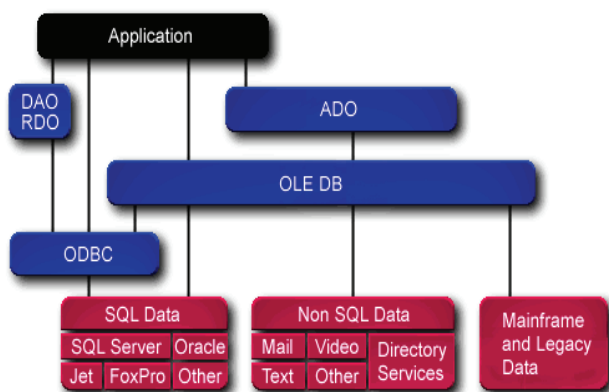
Osnovni cilj koji je postavljen pred ovaj rad je da se razvije sprežna „plugin“ komponenta DMS sistema koja služi za prikupljanje, konverziju i obradu ulaznih podataka iz spoljne baze. Ovu bazu, podacima u proizvoljnom formatu, snabdeva sistem nezavisan u odnosu na DMS, po pravilu SCADA sistem. U radu je korišćena SQLite baza podataka kao simulaciona baza podataka SCADA-e.

2. KORIŠĆENE TEHNOLOGIJE

U ovom poglavlju će biti prikazane neke od postojećih tehnologija pristupa bazama podataka, kao i komunikacione tehnologije korišćene prilikom izrade ovog rada. SQLite bazi podataka pristupa se posredstvom ODBC (Open Database Connectivity) ADO (ActiveX Data Objects) interfejsa. Za komunikaciju između plugin-a i ostatka dela DMS softvera, koristi se CORBA (Common Object Request Broker Architecture) komunikacioni protokol.

2.1. ODBC ADO interfejs

Na slici 2 prikazani su različiti načini pristupa bazama podataka, upotrebom ODBC, DAO (Data Access Object), RDO (Remote Data Object), OLE DB (Object Linking and Embedding Database) i ADO tehnologije.



Slika 2. Pristupi bazama podataka

ODBC je Microsoft-ova sprega za pristup kako relacionim, tako i nerelacionim bazama podataka. Njen cilj je da omogući pristup bilo kom podatku unutar bilo koje baze podataka, nezavisno od sistema za upravljanje bazom podataka. To se postiže dodavanjem, sloja (*ODBC Driver Manager*) između aplikacije i sistema za upravljanje bazom podataka. Zadatak tog sloja je prevođenje upita upućenih aplikativnom sloju u naredbe koje sistem za upravljanje bazom podataka razume. Više detalja o ovom interfejsu može se naći u [2].

DAO ili **DAO/Jet** je dizajniran, pre svega zbog potrebe *Visual Basic* programera za pristupom *Microsoft Access* bazi podataka. Predstavlja dobro rešenje kada treba pristupiti bazama na lokalnom računaru. Međutim, kada treba pristupiti udaljenim podacima, iako je DAO sposoban pristupati ODBC izvorima podataka, njegove performanse nisu na željenom nivou. Uzrok loših performansi je što DAO za komunikaciju sa ODBC-em koristi JET engine. JET prosleđuje pozive između DAO-a i ODBC-a i upravo to rezultuje slabijim performansama prilikom korišćenja baza podataka različitih od *Microsoft Access*-a. Više detalja o ovom interfejsu može se naći u literaturi [2].

Namena **RDO**-a je, pre svega, osiguravanje efikasnog pristupa SQL serveru i Oraclu. RDO tehnologija pristupa ODBC-u direktno, a ne preko JET engine-a. Posebno je dizajniran za komunikaciju sa udaljenim ODBC izvorima podataka.

Tokom godina ODBC je postao standard za pristup različitim bazama podataka. Koristi se za pristup podacima baziran na upotrebi SQL-a. Međutim, ako je potrebno pristupiti izvoru podataka koji nije relacijski, bez upotrebe SQL-a nastaje problem. Upravo taj problem rešava **OLE DB**. OLE DB omogućava pristup različitim formatima koji skladište podatke, ali i pristup relacijskim bazama podataka preko ODBC-a.

ADO je razvijen kao interfejsa za pristup bazama podataka kojim se pristupa sa ASP stranica (*Active Server Page*). Predstavlja kompletno rešenje za potrebe pristupa kako relacionim tako i ne relacionim bazama podataka. Sa slike 2 se može videti da se ADO temelji na OLE DB-u. OLE-DB je veoma kompleksan pa ga ADO znatno pojednostavljuje. Može se slobodno reći da ADO predstavlja *wrapper* oko OLE DB-a.

Za razliku od svojih prethodnika (DAO i RDO), ADO objektni model pruža korisniku mnogo veću fleksibilnost

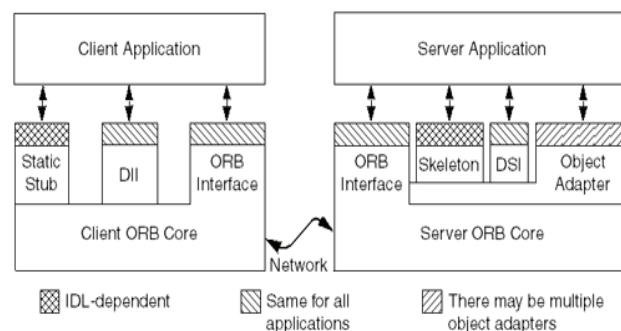
postignutu mogućnošću samostalnog postojanja objekata nižeg nivoa u kodu. Prednosti ove tehnologije ogledaju se u:

- mogućnosti pristupa različitim tipovima podataka, relacijskim i nerelacijskim,
- brzom pristupu podacima postignutom direktnim pristupom tabelama u bazi podataka,
- jednostavnošću upotrebe,
- omogućavanju takozvanog „Disconnected“ pristup-a. To znači da kada se spoji na neki izvor podataka, ADO čuva kopiju tih podataka i koristi ih (čita ili menja).

Više o ovim pristupima bazama podataka se može naći u dokumentu [2].

2.2. CORBA

Sa ciljem da se premosti jaz između aplikacija pisanih različitim programskim jezicima, izvršavanih na računarima sa različitim operativnim sistemima, povezanih različitim mrežnim tehnologijama korišćenjem različitih mrežnih protokola, nastao je standard CORBA. CORBA je proizvod OMG (*Object Management Group*) konzorcijuma. CORBA zapravo predstavlja sloj između operativnog sistema i same aplikacije koji skriva složenost operativnog sistema, a zajedno sa njim i složenost mrežnih protokola i hardvera računara. Na slici 3 je prikazana arhitektura distribuirane CORBA aplikacije.



Slika 3. Arhitektura CORBA aplikacije

Klijent šalje zahtev serveru na jedan od dva načina:

- korišćenjem *Static Stub*-a kompajliranog u kod nekog programskog jezika iz IDL-a (*Interface Definition Language*). IDL je deklarativan jezik, nezavisan od bilo kog programskog jezika. IDL razdvaja interfejs objekta od njegove implementacije. IDL kompajler prevodi IDL definicije u određeni implementacioni, programski jezik. Do sada su podržani C, C++, Smalltalk, COBOL, Java, Ada i Python programski jezici.
- korišćenjem DII-a (*Dinamic Invocation Interface*).

Na taj način klijentski zahtev se prenosi preko ORB-a (*Object Request Broker*) do serverske aplikacije. ORB je sloj koji se direktno oslanja na operativni sistem i skriva njegovu složenost, kao i složenost mrežnih protokola. ORB na serverskoj strani prosleđuje zahtev objektnom adapteru (*Object Adapter*). Objektni adapter je CORBA objekat koji je odgovoran za razdvajanje serverskog objekta i njegovog servanta. Objektni adapter povećava portabilnost serverske implementacije jer omogućava pisanje koda servera koji je nezavisan od korišćene CORBA implementacije. Objektni adapter dalje prosle-

duje zahtev servantu koji implementira ciljni objekat. Kada servant obradi zahtev, vraća odgovor klijentskoj aplikaciji.

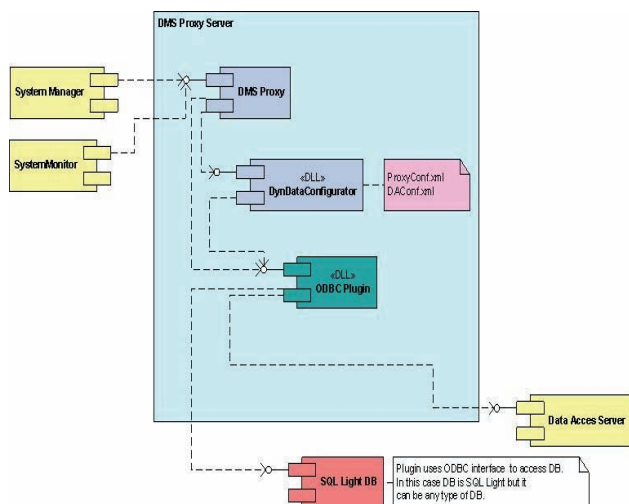
CORBA podržava sledeće tipove zahteva:

- sinhroni: klijentski poziv ostaće blokiran dok čeka na odgovor servera,
- asinhroni: klijent izvrši zahtev bez blokiranja, a server pošalje odgovor *callback* mehanizmom,
- jednosmerni: ovi zahtevi nemaju odgovor ali se može desiti da ne budu isporučeni iz nekog razloga, npr. zagušenja mreže.

Više o CORBA specifikaciji se može naći u dokumentu [3].

3. REŠENJE ZADATAKA

Kao što je već rečeno, zadatak ovog rada je implementacija ODBC plugin-a koji je zadužen za prikupljanje dinamičkih podataka sa SCADA servera. Plugin je dinamička biblioteka koja je deo DMS Proxy Server-a. DMS Proxy Server je zadužen za komunikaciju između DMS servera i SCADA sistema. Sa jedne strane plugin čita dinamičke podatke iz Real Time baze podataka SCADA-e posredstvom ODBC ADO interfejsa, dok sa druge strane komunicira sa ostalim DMS serverima. Komunikacija sa ostalim DMS serverima odvija se posredstvom CORBA komunikacione tehnologije. U ovom radu Real Time baza podataka je predstavljena SQLite bazom podataka. U daljem tekstu izraz eksterni sistem će se koristiti umesto termina Real Time baze podataka.



Slika 4: Prikaz arhitekture DMS Proxy Server-a

Na slici 4 prikazana je arhitektura DMS Proxy Server-a. Sa slike se može videti da je DMS Proxy Server modularan sistem, sastoji se od DMS Proxy komponente i jednog ili više plugin-a. DMS Proxy komponenta je odgovorna za učitavanje plugin-a, kao i za upravljanje plugin-ima. Specijalnu grupu plugin-a čine konfiguracioni plugin-i ili konfiguratori. Više detalja o ovoj specijalnoj grupi plugin-a može se naći u dokumentu [4]. Sa slike 4 se može videti da ODBC plugin komunicira sa DA (Data Access) Server-om, za koga predstavlja izvor informacija o dinamičkim podacima sa eksternog sistema. ODBC plugin se loguje na DA Server od koga dobija klijentsku

sesiju, koja mu omogućava slanje dinamičkih podataka DA Server-u kroz DMS Proxy interfejsa.

Kao deo DMS Proxy Server-a ODBC plugin mora da ispuni sledeće zahteve:

- ODBC plugin mora biti arbitriran i upravljiv od strane DMS Proxy-ja. To znači da ODBC plugin, kao i svi ostali plugin-i, mora da zadovolji i implementira već definisan interfejs.
- Treba da zna ime konfiguratora koje će proslediti DMS Proxy-ju, a koje će Proxy koristiti da učita plugin za njegovo konfigurisanje. ODBC Plugin će biti konfigurisan *DynDataConfigurator*-om.
- Treba da omogući *polling* pristup eksternom sistemu sa ciljem dobijanja svih dinamičkih podataka ili samo promena tih podataka sa eksternog sistema. Pristup eksternom sistemu mora da ostvari posredstvom ODBC ADO interfejsa.
- Treba da obezbedi klijentsku sesiju od DA Server-a, koja će mu omogućiti slanje dinamičkih podataka DA Server-u.
- Treba da vodi računa o stanju konekcije ka eksternom sistemu, i da mu na zahtev Proxy-ja tu informaciju prosledi u odgovarajućem formatu.

ODBC plugin je dizajniran tako da svaku funkcionalnost zatvara u okviru jednog modula. Moduli su dizajnirani tako da ispunjavaju prethodno definisane zahteve. Ovakav dizajn omogućava jednostavnije održavanje i proširivanje funkcionalnosti plugin-a. ODBC plugin se sastoji iz sledećih modula:

- Sprežni modul. Ovaj modul implementira predefinisani interfejs koji omogućava komunikaciju DMS Proxy Server-a sa ODBC plugin-om.
- Konfiguracioni modul. Funkcija ovog modula je procesiranje i čuvanje konfiguracionih parametara ODBC plugin-a dobijenih od konfiguratora i ostvarivanje komunikacije između plugin-a i konfiguratora.
- Modul za dobavljanje dinamičkih podataka sa eksternog sistema omogućava periodično čitanje dinamičkih podatke sa eksternog sistema.
- Modul za procesiranje dinamičkih podataka dobijenih sa eksternog sistema i slanje istih DA Server-u. Zadatak ovog modula je da dobijeni dinamički podaci sa eksternog sistema budu prepakovani u unapred definisane DMS strukture. Takođe, ovaj modul služi i za slanje pomenutih DMS struktura DA Server-u.
- Modul za obezbeđivanje informacija o konekciji prema eksternom sistemu. Ovaj modul treba da pruža informaciju ostalim DMS komponentama o stanju povezanosti ODBC plugin-a i eksternog sistema.

3.1. Konfiguracija ODBC plugin-a

Pre nego što počne bilo kakva razmena dinamičkih podataka plugin mora biti konfigurisan. U tu svrhu DMS Proxy Server učitava odgovarajuće konfiguratore. Konfigurator čita potrebne informacije za podešavanje iz konfiguracionih datoteka. Konfiguracione datoteke sadrže informacije o plugin-u, informacije o načinu rada i potrebna podešavanja pomoću kojih ODBC plugin treba da radi.

Prilikom učitavanja ODBC plugin-a Proxy od samog plugin-a dobija nazive konfiguratora kojim će ga konfigurirati. Zatim dolazi do inicijalizacije ODBC plugin-a. Parsira se inicijalna sekcija konfiguracione datoteke. Isčitavaju se parametri kao što su *ScanPeriod*, *sinhron-asinhron* parametar, itd. Parsira se i *Init* sekcija gde se dobijaju svi elementi koje ODBC plugin treba da prati tokom rada na eksternom sistemu. Kreira se instanca plugin konfiguratora koji upravlja sa plugin-om tokom konfiguracije. Zatim plugin konfigurator daje na znanje plugin-u da je započet proces podešavanja dinamičkih podataka i predaje podatak o vrsti skeniranja dinamičkih podataka (*sinhrono* ili *asinhrono*), kao i same dinamičke podatke. Proxy daje komandu da se završio proces inicijalizacije i plugin je u mogućnosti da pređe u novo stanje *INIT* ili *FAILED*. Za više detalja o DMS mašini stanja kao i o stanjima u kojima se plugin može naći pogledati dokument [5].

3.2. Razmena dinamičkih podataka

Kada ODBC plugin dobije svaku informaciju iz konfiguracionih datoteka, tada je plugin u stanju da započne sa periodičnim čitanjem dinamičkih podataka sa eksternog sistema. Razmena dinamičkih podataka se sastoji od *polling* pristupa, od sakupljanja dinamičkih podataka kao i od prosleđivanja ovih podataka do ostatka dela DMS sistema, preciznije DA Server-u.

Dinamički podaci se čitaju sa eksternog sistema, kao što je već rečeno, posredstvom ODBC ADO interfejsa. ODBC ADO interfejs omogućava izvršavanje SQL upita nad eksternim sistemom. U zavisnosti od parametra konfiguracije ODBC plugin može dobavljati dinamičke podatke sa eksternog sistema *sinhrono* ili *asinhrono*. *Sinhroni* mod rada podrazumeva periodično čitanje svih dinamičkih podataka sa eksternog sistema. Perioda čitanja i mod rada određeni su parametrima u konfiguracionom fajlu. Ovi parametri nisu mandatorni, što znači da ako se isti ne unesu uzima se unapred predefinisana vrednost. U slučaju *asinhronog* moda rada ODBC plugin takođe periodično čita ali samo promenjene dinamičke podatke. Promenjeni dinamički podaci identifikuju se na osnovu vrednosti *time stamp*-a, koja se ažurira automatski kada se promeni vrednost nekog polja dinamičkog podatka na eksternom sistemu. Dakle pomenuti *asinhroni* mod rada je zapravo *sinhron*, samo se čitanjem promena simulira *asinhroni* mod. Da bi se dinamički podaci inicijalizovali na odgovarajuću vrednost ODBC plugin proverava koje tačke su prisutne u DMS sistemu, a ne nalaze se na eksternom sistemu. Ovo se vrši *Integrity Update*-om. Tokom *Integrity Update*-a, u slučaju *sinhronog* ali i *asinhronog* moda rada čitaju se svi dinamički podaci sa eksternog sistema. Dinamički podaci koji nisu identifikovani tokom *Integrity Update*-a kao SCADA tačke šalju se DA Server-u sa kvalitetom *OPC_QUALITY_CONFIG_ERROR*. ODBC plugin pakuje dinamičke podatke u DMS strukture i kao takve postavlja ih na DAS bafer odakle ih šalje DA Server-u. Prenos dinamičkih podataka ostalim delovima DMS sistema je postignuto njihovim slanjem DA Server-u.

Kada plugin dobije od Proxy-ja komandu da počne sa čitanjem, tada plugin svakih *nScanPeriod* vremena

pristupa eksternom sistemu i preuzima podatke sa njega. *nScanPeriod* je vremenski interval pod kojim plugin čita.

3.3. Stanje spoljašnjeg sistema

Jedan od zahteva DMS Proxy Server-a je da dobije informaciju o povezanosti sa eksternim sistemom. Zbog toga plugin daje informaciju o eksternom sistemu i prevodi ovu informaciju u dokument XML formata.

Ovaj dokument daje informaciju o imenu eksternog sistema, o imenu konekcije, o stanju sistema i o još nekim dodatnim informacijama. ODBC plugin mora da pruži ove informacije u bilo kom trenutku kada to neki deo DMS sistema zatraži od njega.

4. ZAKLJUČAK

Priloženo rešenje zadovoljava zahteve specifikacije. Rešenje za povezivanje DMS-a i SCADA-e je donela unapređenja u sledećim segmentima:

- Kod je organizovan u jasne funkcionalne celine, time je povećana modularnost.
- Komunikacija se odvija preko ODBC ADO interfejsa.
- Omogućuje organizaciju tačaka u vidu analognih i statusnih karakteristika.
- Omogućava *sinhrono* i *asinhrono* dobavljanje podataka sa bilo koje baze podataka.

Organizovanje koda u jasne funkcionalne celine je jedan od principa objektno orijentisanog programiranja, koji omogućava lakše održavanje koda. ODBC ADO sprega daje mogućnost komunikacije sa bilo kojom bazom podataka nezavisno od sistema za upravljanje bazom podataka.

Rešenje radi u realnom vremenu. Implementacija je uspešno testirana na postojećem sistemu i rešenje će biti korišćeno u integraciji DMS sistema.

5. LITERATURA

- [1] M. Mirković, „DMS Software Overview“, DMS Group, novembar 2008.
- [2] Martina Mirković, Marina Bogdanović „ADO“, Osijek, maj 2008.
- [3] Njegošević, „DMS CORBA Priručnik“, januar 2009.
- [4] J. Kovačević, P. Milidragović, Njegošević, „DMS Proxy - Design specification“, 2008.
- [5] Vladislav Vrtunski, „DMS RealTime System States“, 2008.

Kratka biografija:



Zoltan Mezei rođen je u Novom Sadu 1984. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Mikroročunarska elektronika odbranio je 2010. godine.

AUKCIJSKI AGREGACIONI PROTOKOLI BAZIRANI NA AGENTIMA U MULTI-HOP BEŽIČNIM ROBOTSKIM MREŽAMA

AGENT BASED AUCTION AGGREGATION PROTOCOLS IN MULTI-HOP WIRELESS ROBOT NETWORKS

Bojan Gašparović, Ivan Mezei, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Sadržaj - U ovom radu predložena je grupa aukcijskih agregacionih protokola baziranih na agentima za određivanje najboljeg robota za određeni zadatak u multi-hop bežičnim robotskim mrežama. Prostor je podeljen na sektore kojima je dodeljen jedan fiksno pozicionirani agent koji ima informacije o svim robotima u tom sektoru. Informacije o događaju, na koji neki od robota treba da reaguje, prima jedan od robota i prosleđuje ih agentu u svom sektoru. Taj agent organizuje aukciju slanjem upita ostalim susednim agentima tražeći robota sa najmanjim troškovima. Performanse ovih protokola pokazane su simulacijama.

Abstract - This article proposes several agent based auction aggregation protocols for task assignment in multi-hop wireless robot networks. Whole area is divided into sectors and one agent with fixed position is assigned to each sector. That agent has all information about robots in its sector. Event information is reported to one of the robots and is forwarded to his respective agent. That agent triggers auction searching for robot with lowest cost. Performances of protocols are shown by simulation results.

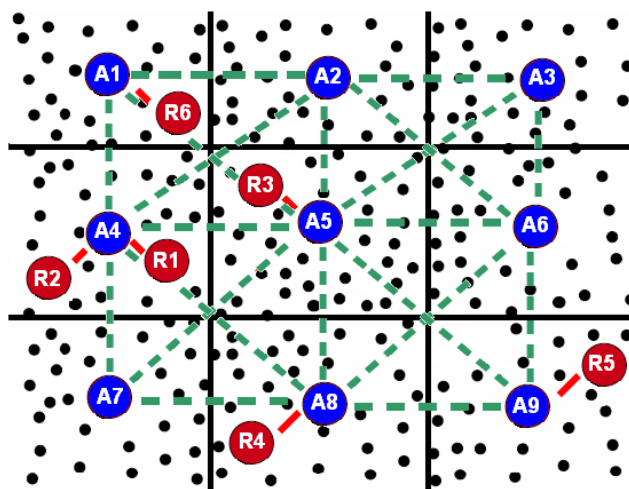
1. UVOD

Multi robotski sistemi (eng. *multi robot systems*, MRS) su detaljno proučeni u [1] i glavna tematika većine radova je koordinacija i kooperacija robota. Sam termin *robotske mreže* pojavio se kako bi se naglasila međusobna povezanost robota bežičnim putem formiranjem komunikacione mreže. Mogućnosti primene ovakvih mreža su ogromne i one se npr. mogu koristiti za istraživanje nepoznatih terena, njihovu pretragu ili mapiranje, prevenciju i sanaciju požara pa čak i za igru (npr. robotsku verziju fudbala).

Topologija mreže i osobine pojedinačnih robota diktiraju smer razvoja ove oblasti. Obzirom da je u pitanju bežično povezivanje, svi roboti dele medijum za razmenu poruka pa to navodi na potrebu minimizacije njihovog broja. Takođe, roboti imaju nezavisni i ograničen izvor napajanja pa je potrebno minimizovati trošak energije na komunikaciju. Dodatni bitan faktor jeste i kašnjenje koje razmena velikog broja poruka unosi u sistem. Stoga je jedan od osnovnih zadataka pri projektovanju ovakvih mreža optimizacija razmene poruka. Rezultati simulacija navedeni dalje u radu pokazuju opravdanost uvođenja agenata koji, iako zahtevaju dodatne resurse, zapravo znatno smanjuju broj poruka razmenjenih u mreži. Simulacije su vršene na posebnoj vrsti multi robotske mreže i to u bežičnoj senzorskoj i robotskoj mreži (eng. *wireless sensor and robot network*, WSRN), kao što je prikazano na Sl. 1.

U ovom radu je razmotrena samo najjednostavnija situacija u kojoj je informacija o događaju dojavljena jednom robotu (putem senzorskog dela mreže) i gde se očekuje reakcija samo jednog robota. Osnovna ideja je da robot

kojem je dojavljena informacija sprovede aukciju [2] i pronade najboljeg robota kao odgovor na događaj. Ta ideja je potom unapređena uvođenjem agenata čija pozicija je fiksna. Kompletan nadgledani prostor je podeljen u sektore i svakom sektoru je dodeljen po jedan agent. On u svakom trenutku poseduje sve potrebne podatke o robotima u svom sektoru (tačan položaj, količinu energije, trenutni status odnosno da li je robot zauzet ili ne...) i u dometu je svih agenata sa kojima se njegov sektor graniči. Po prijemu informacija o događaju od odgovarajućeg robota iz svog sektora, agent potom započinje aukciju sa ciljem da pronade najboljeg robota za pomenuti posao. Završetak ovog procesa je dodela posla najboljem raspoloživom robotu.



Sl.1 - Prikaz nadgledanog terena

NAPOMENA:

- a) Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio prof.dr Veljko Malbaša.
- b) Rad je prethodno publikovan na konferenciji INFOTEH, Jahorina, mart 2010.

Većina postojećih rešenja u ovoj oblasti je centralizovanog tipa [2]. Jedan robot ili jedan agent prikuplja sve informacije od ostalih robota/agenata i donosi odluku. Prednost ovakvog rešenja je što se, teoretski, uvek može doći do optimalnog rešenja u postojećem rasporedu robota. Sa druge strane, centralizovani sistemi zahtevaju mnogo resursa, veliki broj razmenjenih poruka, karakteriše ih manjak skalabilnosti i unose veliko kašnjenje. Takođe, jedna od velikih mana je niska tolerancija na grešku. Ukoliko baš taj robot/agent koji donosi odluku ne radi pravilno iz bilo kog razloga, rezultat rada celog sistema je loš.

Lokalizovana rešenja za ovakve sisteme prenose odgovornost sa jednog robota na sve njih podjednako. Roboti formiraju *multi-hop* mrežu i pri odlučivanju poseduju samo lokalne informacije na *k-hop* udaljenosti od njih. Podešavanjem parametra *k* mogu se postići optimalni rezultati i za slučaj da nisu svi roboti uključeni u proces odlučivanja. Dobra skalabilnost i visoka tolerancija na grešku su prednosti ovog tipa rešenja. On je implementiran u osnovnom protokolu predviđenom za *multi-hop* mreže [3], koji je ovde nazvan *prosti aukcijski protokol* (eng. *simple auction protocol*, SAP) i koji će biti detaljno opisan naknadno u tekstu. U pitanju je protokol zasnovan na slanju informacija o događaju svim komšijskim robotima (*flooding*) koji je potom prosleđuju samo jedanput, dok svoj odgovor na primljeni upit svi roboti šalju nazad zasebnim putanjama. Za velike mreže ovakvo rešenje unosi veliko kašnjenje u procesu izbora optimalnog robota iako se on najčešće nalazi u neposrednoj blizini prijavljenog događaja.

Jedno od rešenja problema kašnjenja i nekontrolisanog (ograničenog ili neograničenog) *flooding-a* je lokalizovano rešenje - *aukcijski agregacioni protokol* (eng. *auction aggregation protocol*, AAP) [4]. Kod ovog protokola se informacija o događaju širi sve dok u *k-hop* komšiluku postoji robot sa boljom cenom za pristigli upit. U suprotnom, robot obustavlja dalje slanje upita i šalje nazad kao odgovor najbolju poznatu cenu. Glavna prednost ovakvog rešenja je znatno smanjenje broja komunikacionih poruka obzirom da se u praksi najbolje rešenje najčešće nalazi blizu prijavljenog događaja.

U ovom radu biće pokazani rezultati simulacija za četiri različita protokola detaljno opisana u narednom poglavlju. Biće prikazan, uporedno po protokolima, prosečan broj razmenjenih poruka po robotu i procenat optimalne dodele posla. Takođe, biće opisan način izbora kolektora i njegov uticaj na krajnje performanse opisanih protokola. Ujedno, biće prikazana zavisnost broja poruka od broja robota i opravdanost uvođenja agenata.

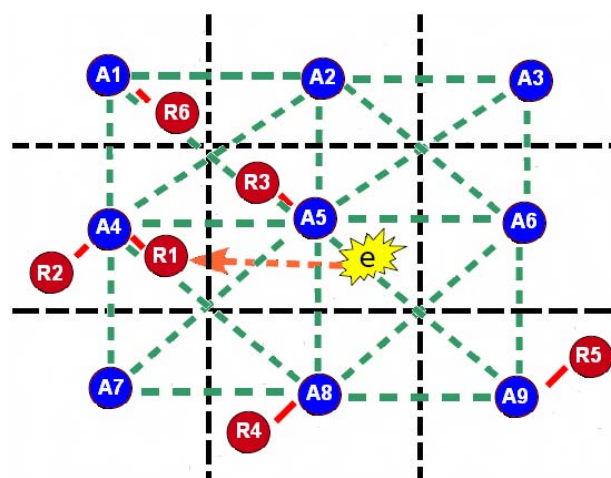
2. PREGLED PROTOKOLA

2.1 PROSTI AUKCIJSKI PROTOKOL

Najjednostavniji razmatrani protokol u *single-task single-robot* scenariju [3] predviđen za *multi-hop* mreže je prosti aukcijski protokol (SAP). U ovom radu su razmatrani aukcijski protokoli zasnovani na agentima (eng. *agent-based protocols*) pa će, radi jasnoće, njegova oznaka biti aSAP. Kao što je već rečeno, jedna tipična situacija je sledeća: događaj (eng. *event*) prijavljen jednom od robota od strane senzora

prosleđen je odgovarajućem agentu (agentu nadležnom za sektor u kom se robot nalazi, posebno nazvanom *glavni agent*). Glavni agent potom započinje aukciju slanjem upita svim okolnim agentima (*flooding*) u potrazi za najboljom cenom reakcije na događaj (*info* deo aukcije). Svi agenti šalju svoj odgovor glavnom agentu nezavisnim putanjama (*bidding* deo aukcije). Ovaj protokol uvek pronalazi najbolju cenu reakcije obzirom da su kontaktirani svi agenti (i samim tim su pregledani podaci o svim robotima). Sa druge strane, mana ovog rešenja je veliko kašnjenje koje se unosi zbog razmene velikog broja poruka.

U cilju poboljšanja performansi osnovnog protokola uveden je ograničeni *flooding*. Umesto svim agentima, glavni agent šalje upit samo onima koji su u njegovom *k-hop* komšiluku i taj protokol će biti označavan sa *k-aSAP*. Kao što scenario prikazan na Sl. 2 pokazuje, događaj *e* prijavljen je robotu *R1*, a glavni agent u ovom primeru *A4*.



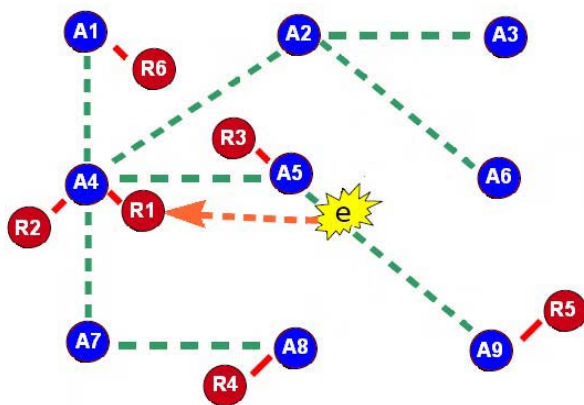
Sl.2 - Primer reakcije na događaj

Vredi zapaziti da događaj nije uvek prijavljen najbližem robotu i o tome će biti reči nešto kasnije. Pored toga, senzori koji javljaju o događaju imaju mogućnost komunikacije samo sa robotima. Za slučaj 1-hop verzije protokola biće konsultovani samo okolni agenti (*A1*, *A2*, *A5*, *A7* i *A8*) i ukoliko kao jedini parametar cene bude uzeta udaljenost robota od događaja, kao odgovor će biti odabran robot *R3*, koji zaista i jeste najbolji na prikazanom terenu. Detaljni rezultati simulacija za različite vrednosti parametra *k* prikazani su dalje u tekstu.

2.2 AUKCIJSKI AGREGACIONI PROTOKOLI

Aukcijski agregacioni protokoli (AAP) su unapređenje prostog aukcijskog protokola po pitanju optimizacije komunikacije. Prva ideja je da se smanji broj poruka pri slanju odgovora kreiranjem stabla kako bi se izbeglo da svaki agent šalje odgovor zasebnom putanjom. Stablo se kreira pri slanju upita i koristi u procesu slanja odgovora. Svaki agent retransmisijom primljenog upita šalje i ID svog roditeljskog člana stabla. Svaki element stabla ima samo jednog roditelja, čak i u slučaju prijema upita iz više izvora. Agenti koji ne prime nijednu poruku u kojoj su navedeni kao nečiji roditeljski član postaju listovi stabla. Opisani protokol ima naziv *prosti aukcijski agregacioni*

protokol (eng. *simple auction aggregation protocol*, SAAP) a kako je posmatrana verzija zasnovana na agentima njegova puna oznaka je aSAAP. Na Sl. 3 je prikazano kreiranje stabla za scenario sa Sl. 2. Događaj e prijavljen je robotu $R1$ i potom prosleđen njegovom nadležnom agentu $A4$. $A4$ (glavni agent) slanjem upita započinje kreiranje stabla. U datom primeru agent $A8$ je u dometu glavnog agenta $A4$ ali je pretpostavljeno da je na terenu situacija bila takva da mu je prvo stigla poruka od $A7$. Na sličan način agenti $A6$ i $A9$ su pripojeni svojim roditeljskim agentima $A2$ i $A5$, respektivno, iako su u dometu i drugih agenata (ovime se ilustruje da svaki element stabla ima samo jednog roditelja).



Sl. 3 - Primer kreiranja stabla

Ušteda se sastoji u sledećem: listovi stabla šalju kao odgovor najbolju cenu koje su svesni, u našem slučaju $A9$ šalje podatke o $R5$, $A1$ o $R6$, a $A8$ podatke o $R4$. U narednom koraku agenti koji su primili ponudu (eng. *bid*), u ovom slučaju $A5$ i $A7$, upoređuju primljene podatke sa onim njima lokalno dostupnim i ka glavnom agentu prosleđuju samo informaciju o najboljoj raspoloživoj ceni. Kao što se sa Sl. 3 može videti, agent $A5$ će glavnom agentu $A4$ proslediti podatke samo o $R3$ zanemarljivi malopre primljenu poruku od $A9$ pošto $R3$ ima bolju cenu od $R5$. Nakon prikupljanja svih ponuda glavni agent $A4$ pronalazi najbolju raspoloživu cenu i , u našem primeru, dodeljuje posao robotu $R3$ preko postojeće putanje $A4$ - $A5$ - $R3$.

Dalje unapređenje je ograničavanje broja poruka pri slanju upita ograničenim *flooding*-om. U pitanju je već opisana ideja o k -hop komšiluku, u kojoj su u aukciji uključeni samo agenti udaljeni najviše k hopova od glavnog agenta. Primenom ove ideje na aSAAP dobijamo k -aSAAP verziju aukcijskog agregacionog protokola. Razlika između k -aSAAP i k -aSAAP (slično kao i razlika između aSAP i aSAAP) je u tome da su pojedini odgovori na aukciju prikupljeni u pojedinačnim elementima stabla i da je ka glavnom agentu prosleđena samo najbolja ponuda umesto da se svi odgovori šalju zasebno.

Kreiranjem stabla znatno je umanjeno broj poruka pri slanju odgovora (kao što je pokazano u rezultatima simulacija). Naredni korak pri optimizaciji

broja poruka jeste ušteda i pri slanju upita (u *info* delu aukcije) te je sa tim ciljem razvijen *aukcijski agregacioni protokol* (AAP), odnosno ovde opisana verzija aAAP. U pitanju je protokol koji nema smisla ukoliko se ne ograniči na k -hop komšiluk tako da će zapravo biti reči o k -aAAP verziji protokola. Već je rečeno da agent poseduje sve potrebne podatke o svim robotima koji se nalaze u njegovom sektoru. Ovaj protokol je unapređenje ove ideje i pretpostavljeno je da svaki agent poseduje podatke o svim robotima u k -hop komšijskim sektorima (a do njih dolazi periodičnom razmenom poruka sa k -hop komšijskim agentima). Razmena ovih poruka može ići van raspisane aukcije ili dodatkom u porukama pri nekoj od aukcija tako da broj ovih poruka i njihov uticaj nije uzet u obzir pri računanju ukupnog broja poruka u simulacijama.

U k -aAAP verziji protokola agent vrši retransmisiju poruka samo ukoliko u njegovom k -hop komšiluku postoji bolja cena od trenutno poznate koja mu je dostavljena upitom. Dakle, ukoliko makar jedan robot u k -hop komšiluku posmatranog agenta ima bolju cenu (a da pritom nije u pitanju 0-hop komšiluk odnosno da nije u pitanju robot iz njegovog sektora) doći će do retransmisije upita. U suprotnom, posmatrani agent šalje odgovor nazad roditeljskom elementu stabla.

U primeru sa Sl. 3, u 0-hop verziji protokola glavni agent $A4$ posmatra samo robote njemu lokalno dostupne i angažuje $R1$ za posao. U 1-hop verziji doći će do transmisije upita obzirom da $A4$ poseduje podatke o $R3$ jer mu je $A5$ 1-hop komšija. Agenti $A1$, $A2$, $A5$ i $A7$ neće vršiti retransmisiju jer u njihovom 1-hop komšiluku nema boljih robota za posmatrani događaj. Očigledno je da je broj razmenjenih poruka ovim putem znatno umanjeno.

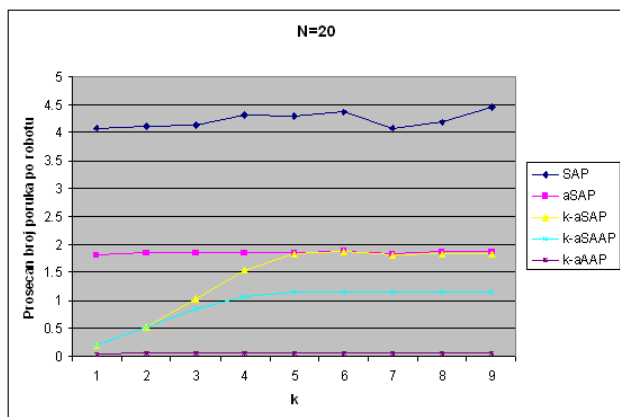
3. SIMULACIJE I REZULTATI

Posmatran je 2D teren dimenzija 100m x 100m i situacija u kojoj postoji samo jedan događaj na koji treba reagovati u posmatranom trenutku. Na terenu je pseudoslučajno bilo raspoređeno $N=10, 20, 50$ ili 100 robota. U skladu sa veličinom terena uvedeno je dodatnih $M=25$ agenata. Kao cena odgovora razmatrana je udaljenost robota od događaja i meren je prosečan broj poruka po robotu i procenat optimalne dodele posla stvarno najbližem robotu.

Robot kolektor (onaj kojem je događaj prijavljen) biran je probabilistički prema njegovoj udaljenosti od događaja. Ukoliko je d_i rastojanje robota i od događaja i ako je $D = 1/d_1 + 1/d_2 + \dots + 1/d_n$, verovatnoća da će biti odabran robot i za kolektora je $1/(D \cdot d_i)$. Ovim putem robot kolektor je ujedno i najbliži događaju u oko 15% slučajeva, konkretne vrednosti variraju između 5 i 27% i to tako da procenat opada porastom broja robota. Prosečni odnos udaljenosti između kolektora i najbližeg robota su 2.42, 3.34, 5.34 i 7.72 za $N=10, 20, 50$ i 100, respektivno.

Posmatrano je 10 različitih rasporeda robota i za svaki od njih kreirano po 100 slučajnih događaja. Upoređivani su protokoli opisani u sekciji 2. i to: SAP, aSAP, k -aSAP, k -aSAAP i k -aAAP.

Protokoli SAP i aSAP uvek pronalaze najmanju cenu obzirom da su u procesu odlučivanja konsultovani svi roboti, ali zahtevaju više razmenjenih poruka nego ostali protokoli (Sl. 4.). Ostali protokoli vrlo brzo postižu efikasnost SAP-a i aSAP-a, već za $k > 3$ njihova efikasnost prelazi 99%.



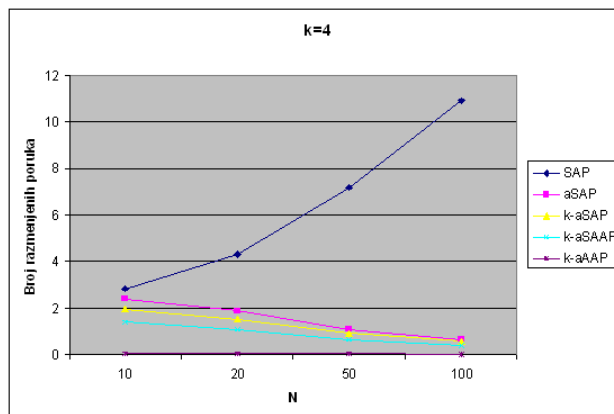
Sl. 4 - Prosečan broj razmenjenih poruka po robotu u zavisnosti od k

Kao što Sl. 4 pokazuje, k-aSAP unosi smanjenje broja poruka ali se ono povećanjem parametra k približava originalnim vrednostima iz aSAP verzije protokola, što je očekivano obzirom da porastom vrednosti k broj konsultovanih robota raste. Pritom, polazna verzija protokola (SAP) zahteva preko dva puta više poruka od najgoreg opisanog aSAP slučaja. Prikupljanjem pojedinačnih ponuda u elementima stabla pre slanja odgovora ka glavnom agentu ostvaruje se dodatna ušteda (k-aSAAP) i to gotovo duplo bolji rezultat za najkritičnije vrednosti parametra k .

Nesumnjivo, najbolje rešenje je k-aAAP sa izrazito malim prosečnim brojem poruka, oko 40 puta manjim od aSAP verzije protokola i čak preko 80 puta boljim rezultatima od SAP-a. Ovo i jeste očekivan rezultat obzirom da se najbolji robot najčešće nalazi u sektoru glavnog agenta ili u nekom od susednih sektora. U konkretnom primeru: za $N=20$ i $k=5$, k-aSAP, k-aSAAP i k-aAAP pokazuju slične performanse (procenat optimalne dodele posla im je iznad 99%) ali k-aSAP zahteva prosečno 1.83 poruka po robotu, k-aSAAP 1.14, dok k-aAAP zahteva samo 0.05 poruka kako bi postigao pomenutu efikasnost.

Opravdanost uvođenja agenata je prikazana na Sl. 5. Na prikazani broj N treba dodati fiksnih $M=25$ agenata i lako se može uočiti da je broj poruka u padu pri rastu broja robota. Pritom, polazni protokol SAP pokazuje rast potrebnog broja poruka srazmerno broju robota na posmatranom terenu i on se kreće od 2.82 do 10.91 pri promeni N od 10 do 100. Konkretno vrednosti protokola zasnovanih na agentima pokazuju da se povećanjem broja robota 10 puta broj poruka smanjuje oko 4 puta za sve posmatrane protokole. Naravno, razlike među njima i dalje postoje pa se za najbolji protokol po ovom aspektu (k-aAAP) broj razmenjenih poruka kreće između 0.06 i 0.02, dok se kog najlošijeg posmatranog protokola (aSAP) taj broj kreće između 2.37 i 0.66. Direktno

poređenje osnovnih SAP i aSAP verzija protokola pokazuje svu opravdanost uvođenja agenata jer je za $N=100$ robota pri istim uslovima na posmatranom terenu broj poruka smanjen sa 10.91 na samo 0.66.



Sl. 5 - Prosečan broj poruka u zavisnosti od broja robota

4. ZAKLJUČAK

U ovom radu opisani su aukcijski agregacioni protokoli zasnovani na agentima. Simulacije su pokazale da je moguće pronaći optimalno ili rešenje blizu optimalnog uz značajno smanjenje broja poruka u odnosu na prethodne radove iz ove oblasti uvođenjem agenata. Takođe, prikazane su osnovne prednosti agregacionih protokola u odnosu na proste aukcijske.

Dalji rad u ovoj oblasti mogao bi podrazumevati razmatranje više parametara u okviru cene odgovora na događaj pa bi se u razmatranje mogli uzeti preostala količina energije ili još konkretniji parametri (za primer upotrebe ovih mreža za sanaciju požara može se u razmatranje uzeti i preostala količina vode u rezervoaru robota i slično).

ZAHVALNICA

Istraživanje u okviru ovog rada delimično je finansirano od strane Republičkog Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj u okviru projekta "Razvoj sistema i instrumenata za istraživanje vode, nafte i gasa", ev. br. projekta TR11006.

LITERATURA

- [1] L.E. Parker, Multiple Mobile Robot Systems, In: Bruno, S., Oussama, K. (eds.) *Springer Handbook of Robotics*, pp. 921-941, Springer, 2008.
- [2] B.P. Gerkey, M.J. Mataric, "Sold!: Auction methods for multi-robot coordination," *IEEE Trans. on Robotics and Automation*, Vol. 18, No. 5, pp. 758-768, 2002.
- [3] T. Melodia, D. Pompili, V.C. Gungor, I.F. Akyildiz, "Communication and Coordination in Wireless Sensor and Actor Networks," *IEEE Transactions on Mobile Computing*, Volume 6, Issue 10, pp. 1116-1129, 2007.
- [4] I. Mezei, V. Malbasa, I. Stojmenovic, "Auction Aggregation Protocols for Wireless Robot-Robot Coordination", P.M. Ruiz and J.J. Garcia-Luna-Aceves (Eds.): ADHOC-NOW 2009, LNCS 5793, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp. 180-193, 2009.

REALIZACIJA SISTEMA ZA NANOŠENJE LEPKA NA PLANARNE OBJEKTE NEPOZNATOG OBLIKA

IMPLEMENTATION OF THE SYSTEM FOR APPLYING ADHESIVE TO THE PLANAR OBJECT OF UNKNOWN SHAPE

Srđan Tegeltija, Branislav Borovac, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – MEHATRONIKA

Kratak sadržaj – U ovom radu prikazana je realizacija sistema za nanošenje lepka na planarne objekte nepoznatog oblika.

Abstract – This paper presents the realization of system for applying adhesive to the planar object of unknown shape.

Ključne reči: nanošenje lepka, obrada slike

1. UVOD

Danas postoji velik broj različitih sistema za doziranje i nanošenje lepka. Oni se razlikuju u veličini rezervoara za lepak, vrsti lepka koja se nanosi sa tim uređajem i količini lepka koji ti uređaji mogu da nanesu u jedinici vremena. Najčešće su to ručni sistemi. Prednost ručnih uređaja je veoma velika fleksibilnost jer se čovek brzo i lako prilagođava različitim oblicima objekata.

Mana je relativno mala produktivnost. Radom sa takvim sistemima, radnik se umara što ima direktan uticaj na smanjenje produktivnosti. Na slici 1. nalazi se primer uređaja za ručno nanošenje lepka. Samo doziranje lepka je automatizovano ali nanošenje lepka na objekat izvodi radnik.



Slika 1: Uređaj za ručno nanošenje lepka

NAPOMENA:

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

Diplomski-master rad realizovan je na Fakultetu primenjenih nauka "Tehnikum" Beč u okviru CEEPUS programa.

Automatizovani sistemi za nanošenje lepka nemaju ove mane, međutim njihova mana je što je najčešće u pitanju kruta automatizacija, tj. sistemi su konstruisani za tačno određene oblike objekata. Ukoliko dođe do promene objekta na koji se nanosi lepak moraju se vršiti izmene sistema. Ovakvi sistemi se ne koriste ukoliko se javlja česta promena objekata.

Postoje i robotizovani sistemi za nanošenje lepka. Robotizovani sistemi imaju veliku fleksibilnost što se tiče oblika objekata. Ukoliko dođe do promene objekta, potrebno je samo izmeniti program u kontroleru robota. Na slici 2 prikazan je robotizovan sistem za nanošenje lepka.



Slika 2: Robotizovan uređaj za nanošenje lepka

Uređaj se sastoji od industrijskog robota Dekartove pravouglo konfiguracije i odgovarajućeg kontrolera zaduženog za pomeranje robota i doziranje lepka. U zavisnosti od objekta na koji se nanosi lepak izvršava se odgovarajući program. Ukoliko dođe do promene objekata, za te nove objekte se ili pišu novi programi ili se koriguju postojeći. Mana ovakvog uređaja je ta što za svaki objekat treba da postoji odgovarajući program. Pored toga postoji i potreba za što preciznijim postavljanjem objekta u radni prostor robota.

Cilj ovog rada je realizacija sistema za nanošenje lepka na planarne objekte nepoznatog oblika, takav da ne postoji potreba za preciznim postavljanjem objekata u random prostoru robota, kao i za pisanjem programa i pokretanjem programa za svaki objekat posebno.

2. REALIZACIJA SISTEMA

Kao polazna osnova za izradu ovog rada uzet je uređaj za ručno nanošenje lepka. Jedan takav uređaj je prikazan na

slici 1. Pretpostavka je da uređaj poseduje jedinicu pomoću koje se regulišu potrebni parametri kao što su:

- količina lepka koja se istiskuje u jedinici vremena,
- odnos komponenti ako se radi o višekomponentnim lepkovima,
- temperatura ukoliko se radi o vrućim rastopima, itd.

Da bi se produktivnost polaznog sistema podigla na viši nivo potrebno je automatizovati nanošenje lepka na objekat. Za tu svrhu najbolje je odabrati industrijski robot. Industrijski robot može da radi dvadeset i četiri časa dnevno, bez zamaranja, ne smetaju mu razna isparenja i neprijatni mirisi koji postoje kod određenih vrsta lepkova. Uvođenjem robota javlja se potreba za pisanjem programa za svaki od objekata. Da bi se izbeglo pisanje programa za svaki od objekata i eliminisala potreba za preciznim postavljanjem objekta na koji se nanosi lepak u radnom prostoru robota uvedena je kamera. Da bi se kamera i industrijski robot mogli uspešno povezati, korišćen je računar na kom se izvršava korisnička aplikacija. Korisnička aplikacija predstavlja vezu između kamere i industrijskog robota.

Na slici 3 prikazan je izgled sistema. Komponente sistema su industrijski robot sa odgovarajućim kontrolerom (1), industrijska kamera (2), podloga na koju se postavljaju objekti (3) i računar sa korisničkom aplikacijom (4).



Slika 3: Izgled sistema – 1. Industrijski robot, 2. Industrijska kamera, 3. Podloga na koju se postavljaju objekti, 4. PC računar



Slika 4: Veza komponenti sistema

Na slici 4 je prikazana veza između osnovnih komponenti sistema. Na vrhu hijerarhije nalazi se računar tj. korisnička aplikacija. Računar je povezan sa kamerom i robotom, tj. kontrolerom robota. Korisnička aplikacija preuzima sliku koju je generisala kamera, i vrši obradu slike. Na osnovu dobijenih rezultata obrade šalju se

komande kontroleru robota koji generiše upravljačke signale kako bi se sam robot kretao i izvršio zadatak nanošenja lepka. Vrh robota, tj. hvataljka sa pištoljem za nanošenje lepka se pomera iz neutralne pozicije i pozicionira se iznad objekta, zatim se spušta do objekta. Neutralna pozicija vrha robota, tj. pištolja za nanošenje lepka je takva da robot ni jednim svojim delom ne ulazi u vidno polje kamere. Nakon toga aktivira se istiskivanje lepka i robot obilazi konturu objekta. Kada se obiđe kontura objekta zaustavlja se istiskivanje lepka, robot se malo podiže i vraća se u početnu poziciju.

3. HARDVER

Hardver korišćen za eksperiment sastoji se iz četiri zasebne celine.

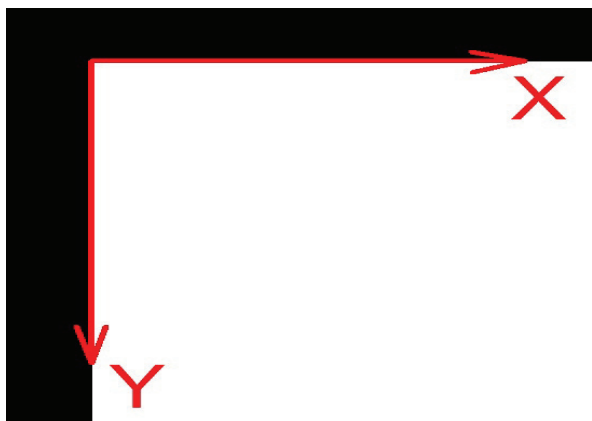
- 1) Industrijski robot ABB IRB140
- 2) Industrijska kamera BASLER A601f
- 3) PC računar
- 4) Podloga na koju se postavljaju objekti

Zbog ograničenog prostora biće opisana samo podloga na koju se postavljaju objekti. Podloga je napravljena od bele plastike dimenzija 350x260x4 mm. Na podlozi je pomoću crne lepljive trake napravljen okvir širine 25 mm. Na slici 5 je prikazan izgled podloge. Površine plastike i okvira su, upotrebom relativno finog brusnog papira, matirane kako bi se eliminisao odsjaj, koji bi mogao biti problem prilikom obrade slike.



Slika 5: Podloga na koju se postavljaju objekti

Sliku koju generiše kamera je crno bela. Boja objekta će se videti kao nijansa sive (osmootna vrednost od 0 do 255). Da bi se povećao kontrast između podloge i objekta, za boju podloge je uzeta bela boja. Uloga crnog okvira je da jasno ograniči belu podlogu kako bi se mogla odrediti njena dimenzija u pikselima. Kamera se iznad objekta postavlja tako da se uhvati i deo crnog okvira. Da bi se robot mogao pozicionirati precizno iznad objekta na koji se nanosi lepak u gornjem desnom uglu bele površine podloge definisan je koordinatni sistem (Slika 6). Smerovi X i Y ose vide se na slici a Z osa je usmerena na dole. U odnosu na taj koordinatni sistem određuju se i koordinate pozicija tačaka.

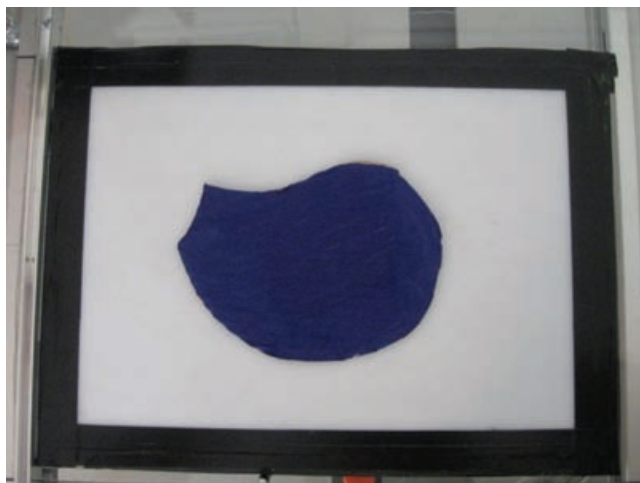


Slika 6: Koordinatni sistem definisan na podlozi

Prilikom obrade slike u korisničkoj aplikaciji dobija se dimenzija bele površine izražena u pikselima. Kako je dimenzija bele površine u milimetrima poznata, lako se mogu odrediti koeficijenti transformacije rastojanja iz piksela u milimetre, za X i Y osu. Njih označavamo sa K_X i K_Y .

$$K_X = \frac{D_X}{P_X} \quad K_Y = \frac{D_Y}{P_Y}$$

D_X i D_Y predstavljaju dimenzije bele površine izražene u milimetrima. P_X i P_Y su dimenzije bele površine izražene u pikselima. Koeficijenti K_X i K_Y se izražavaju u milimetrima po pikselu (mm/piksel). Da bi se robot pozicionirao iznad predmeta, dimenzije i koordinate, u slici, se iz piksela pretvaraju u milimetre, u stvarnosti, množenjem sa koeficijentima K_X i K_Y . Pomoću Z koordinate omogućeno je pozicioniranje robota na određenoj visini iznad podloge. Na slici 7 je prikazana podloga sa objektom.

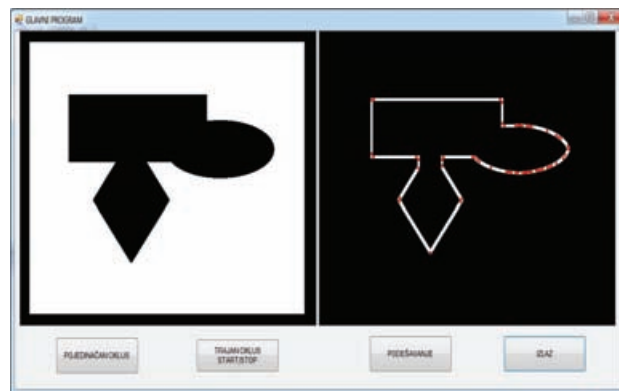


Slika 7: Podloga sa postavljenim objektom

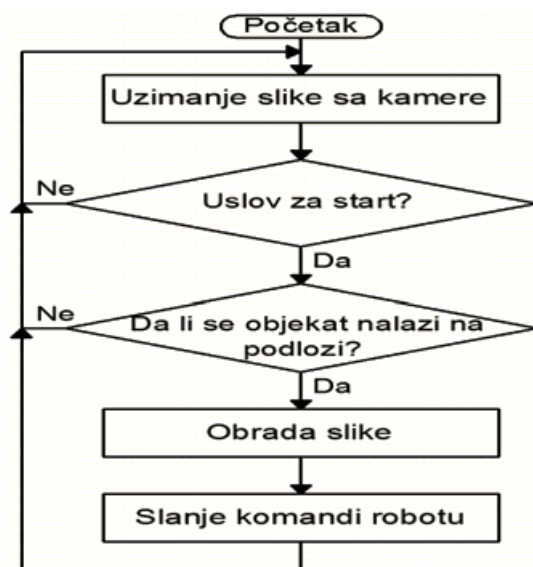
4. KORISNIČKA APLIKACIJA

Korisnička aplikacija napisana je u Visual Basic-u 2008, koji je deo softverskog paketa Visual Studio 2008. Aplikacije pisane u Visual Basic-u 2008, rade pod Windows operativnim sistemom i koriste Microsoft-ovu ".NET" platformu. Pored toga za razvoj korisničke aplikacije korišćena je IC Imaging Control 3.0, .NET komponenta proizvođača "The Imaging Source, LLC". Ova komponenta omogućava brz i jednostavan rad sa kamerama različitih proizvođača bez obzira na korišćeni

protokol za prenos podataka. Korisnička aplikacija se sastoji iz dve forme, forme glavnog programa i forme za podešavanje. Forma za podešavanje je zadužena za izbor kamere, određivanje i podešavanje parametara sistema (maksimalna brzina kretanja robota, uvlačenje konture po kojoj se nanosi lepak od ivice objekta, itd.) i slanje parametara robotu. Glavni program zadužen je za akviziciju slike sa kamere, obradu slike i slanje komandi robotu. Na slici 8 se nalazi izgled glavne forme korisničke aplikacije, a na slici 9 se nalazi algoritam rada glavne forme korisničke aplikacije.



Slika 8: Izgled forme glavnog programa



Slika 9: Algoritam rada glavnog programa

Najvažniji deo forme glavnog programa a ujedno i cele aplikacije je deo za obradu slike. Ovaj deo je realizovan iz više funkcija koje se pozivaju po potrebi. Ove funkcije su napisane na osnovu postojećih definicija metoda za obradu slike koji se koriste u mašinskoj viziji, osim funkcije za izdvajanje tačaka koja je nastala po idejnom rešenju autora ovog rada. To su funkcije za:

- 1) eroziju
- 2) dilataciju
- 3) težište
- 4) bounding box (pravougaonik opisan oko objekta)
- 5) izdvajanje ivice objekta
- 6) izdvajanje tačaka iz ivice objekta

Cilj obrade slike je dobijanje tačaka pomoću kojih se generiše putanja robota, tj. vrha pištolja za nanošenje lepka kako bi se omogućilo nanošenje lepka na objekta.

5. PRIMENA SISTEMA

Primena ovakvog sistema je moguća za razne objekte. Na primer, za delove tipa poklopaca kućišta (karter motora) kao i razni delovi oblika ploča u cilju spajanja delova ili zaptivanja. Pored toga, ovakav sistem bi se mogao koristiti u industrijskim procesima gde često dolazi do promene objekata, jer ne postoji potreba za izmenom programa u kontroleru robota kao i potreba pisanja programa za različite objekte. Takođe, nije potrebno precizno postavljanje objekata na podlozi. Ukoliko dođe do promene objekta na koji se nanosi lepak primenom ovakvog sistema praktično ne dolazi do zastoja koje može nastati kod jednosavnijih sistema gde je potrebno vršiti izmenu programa koji se izvršava u kontroleru robota, podešavanje dodatnih uređaja koji bi omogućili precizno postavljanje novog objekta u radni prostor robota. Jedini zastoj bi mogao nastati ukoliko postoji potreba za korišćenjem druge vrste lepka. To se jednostavno uradi promenom uređaja za doziranje lepka. Ovo je moguće uraditi jer u korisničkoj aplikaciji postoji mogućnost podešavanja maksimalne brzine kretanja vrha pištolja za nanošenje lepka. Maksimalna brzina kretanja pištolja zavisi od korišćenog sistema za doziranje i vrste lepka (količina lepka koja može da se istisne u jedinici vremena, itd.).

6. ZAKLJUČAK

Prilikom izrade ovog rada akcenat je stavljen na razvoj korisničke aplikacije. Korisnička aplikacija je nezavisna celina. Korisnička aplikacija može da se koristi sa kamerama raznih proizvođača, bez obzira na karakteristike kamere i protokole za prenos podataka. Mogu se koristiti IEEE1394 kamere, USB kamere pa i kamere sa najnovijim GigE Vision protokolom (protokol koji za prenos podataka koristi gigabitni ethernet). Veličina podloge na koju se stavlja objekat zavisi jedino od kamere i robota koji se koriste (rezolucija slike koju generiše kamera dovoljno velika da preciznost bude zadovoljavajuća kada se vidnim poljem obuhvati radna podloga; mogućnost pozicioniranja robota iznad cele površine podloge). Ovakva aplikacija bi mogla da se distribuira ili samostalno ili u okviru kompletnog sistema za nanošenje lepka. Takođe je moguće uvođenje podrške za multiprocesorske računare i računare sa višejezgarnim procesorima u cilju brže obrade slike, čak iako bi se koristile kamere visokih rezolucija.

7. LITERATURA

- [1] ABB Robot Documentation CD – CD sa dokumentacijom za IRB140 i IRC5.
- [2] www.abb.com – internet prezentacija kompanije ABB
- [3] http://www.graftek.com/pdf/Manuals/basler/A600f_manual.pdf
- [4] [http://en.wikipedia.org/wiki/Erosion_\(morphology\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Erosion_(morphology))
- [5] [http://en.wikipedia.org/wiki/Dilation_\(morphology\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Dilation_(morphology))
- [6] MSDN for Visual Studio 2008.

Kratka biografija:



Srđan Tegeltija rođen je u Novom Sadu 1985. godine. Srednju Elektrotehničku školu „Mihajlo Pupin“ u Novom Sadu završio je 2004. godine. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mehatronike – Mehatronika, robotika i automatizacija odbranio je 2010.god.

ISPITIVANJE TAČNOSTI POZICIONIRANJA INDUSTRIJSKOG ROBOTA ABB IRB 140

TESTING OF POSITIONAL ACCURACY OF INDUSTRIAL ROBOT ABB IRB 140

Nemet Albert, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – MEHATRONIKA**

Kratak sadržaj – U ovom radu prikazano je ispitivanje tačnosti pozicioniranja industrijskog robota u radnom prostoru, i rešenje kako se može poboljšati tačnost pozicioniranja u delovima radnog prostora.

Abstract – In this paper is shown testing positioning accuracy in working area of industrial robot and solution how we can improve position accuracy in parts of working area.

Ključne reči: Tačnost pozicioniranja, Industrijski robot

1. UVOD

Industrijski roboti pri pozicioniranju prave određenu grešku. Ideja ovog rada je da se prostom tehnikom prikaže kako se može poboljšati tačnost pozicioniranja industrijskog robota u ograničenim delovima radnog prostora. Osnovna ideja predložena u ovom radu je da se ispita tačnost pozicioniranja tako što robot nacrtava svoju putanju i da se na osnovu više nacrtanih putanja i odstupanja od željene putanje ustanovi tačnost pozicioniranja. Za izvođenje ovog eksperimenta na raspolaganju su: industrijski robot ABB IRB140, stalak za držanje papira na kojem crta robot, elementi koji omogućuju da robot prihvati olovku i RobotStudio programski paket.

2. TAČNOST POZICIONIRANJA I INDUSTRIJSKI ROBOTI

Izvori grešaka koji utiču na pozicioniranje vrha industrijskog robota mogu biti: greške iz transformacija koordinata, različiti kinematski parametri stvarnog robota i modela kojim se računa – dužine segmenata, greške enkodera za očitavanje pozicija u zglobovima, mehaničke greške: zazor u reduktorima, zazor u ležajevima, histerezis, frikcija, zatim, širenje ili skupljanje usled temperature, vlaga, greške u računanju, greške pri konverziji podataka itd. Veoma mnogo faktora utiče na veličinu greške i teško je reći koja ima dominantan uticaj u datom trenutku merenja. U suštini nas interesuje samo najveća ukupna greška koja se javlja pri pozicioniranju.

U ISO 9283 standardu [5] su definisani pojmovi koji se koriste u ovom radu. Tačnost ostvarivanja položaja izražava devijaciju između zadate pozicije i srednje vrednosti ostvarenih pozicija, kada se približavamo zadatoj poziciji iz istog smera. Deli se na:

NAPOMENA:

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

Eksperimentalni deo rada je rađeno na Univerzitetu Primenjenih Nauka Technikum Wien, gde je mentor bio FH Prof. Dipl.-Ing. Viktorio Malisa.

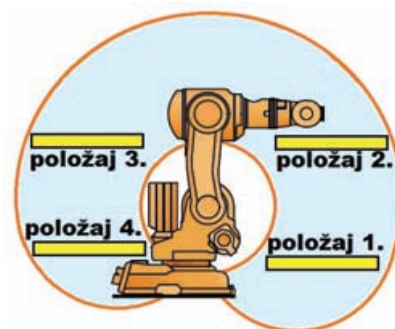
a) Pozicionu tačnost (AP_p) – razlika između zadate pozicije i srednje vrednosti ostvarenih pozicija.

b) Orijentacijsku tačnost – razlika između zadate orijentacije alata koji nosi robot u zadatoj poziciji i proseka ostvarenih orijentacija alata.

Poziciona ponovljivost (RP) izražava bliskost poduranja između ostvarenih pozicija posle N ponavljanja približavanja istoj zadatoj poziciji iz istog smera.

3. OPIS EKSPERIMENTA

Eksperiment se vrši na četiri položaja u radnom prostoru robota (Slika 1.). Robot se programira da nacrtava konturu, merenjem razlike između nacrtane konture i idealne konture dobija se greška pozicioniranja.



Slika 1. Položaji u radnom prostoru robota gde ispitujemo tačnost pozicioniranja

Papir se nalazi ispred robota, na držaču. Dovede se vrh olovke (koji drži robot) u teme papira i zapamti se ova pozicija. Odatle će robot krenuti da crta. Isčitaju se koordinate sačuvane pozicije i kreira se jedna pozicija u RobotStudio. Na osnovu ove pozicije napiše se program koji će omogućiti robotu da se kreće napred-nazad, levo-desno od ove tačke. Napravljeni program se ubaci u robot, pokrene se, i posmatra se kretanje-crtanje robota. Program se izvršava korak po korak ili u ovom slučaju po tačkama. Što se više vrh olovke udaljava od početne tačke crtanja primeti se da se vrh olovke polako diže ili spušta. Kada stane robot, izmeri se udaljenost vrha olovke od papira, to je greška u tačnosti pozicioniranja po z osi. Izmeri se greška u svakoj tački, i posmatra se crtež koji je robot nacrtao, sa kojeg se merenjem određuje greška pozicioniranja po x i y osi. Ovo je jedna test procedura. Kreiraju se programi koji omogućavaju crtanje robotom na osnovu jedne sačuvane pozicije ali koja nije pozicija iz kojeg treba da krene da crta, nego se nalazi nešto dalje od ove pozicije.

Zatim, ispituje se tačnost pozicioniranja tako što se kreira program koji će omogućiti robotu da crta na osnovu dve sačuvane pozicije. Dve pozicije koje se pamte će se uzimati sa jedne ivice papira, i na osnovu toga u

RobotStudio kreira se program. Program će se ubaciti u robot, pokrenuće se i meriče se odstojanje od vrha olovke do papira u svakoj tački u kojoj se robot zaustavi. Posmatrač se crtež koji je robot nacrtao i izmeri se na crtežu greška pozicioniranja po x i po y osi. Dalje, ispitaće se tačnost pozicioniranja tako što zapamti tri pozicije sa papira, što će predstavljati ravan, u kome se vrši crtanje iste slike kao u prethodnom slučaju.

Sačuvane pozicije se isčitaju i na osnovu njih u RobotStudio konstruiše se ravan. U ravni se kreira putanja. Program se ubaci u robot zatim se robot pokrene. Posmatra se opet kretanje robota i meri se udaljenost (u svakoj tački u kojoj robot stane) između vrha olovke i papira, zatim, meri se greška na crtežu. Sledeći korak je da se ponove sve ove procedure na ostalim položajima u radnom prostoru robota, pri čemu će prvi zglobov robota (rotacija oko vertikalne ose) ostati neaktiviran, što znači da će u slučajevima kada robot bude crtao na položajima 3. i 4, na slici 2. da će crtanje realizovati „iza sebe“.

Na kraju eksperimenta, izmerene greške tačnosti pozicioniranja se stavljaju u tabele. Analizom rezultata se utvrđuje da li se poboljšala tačnost pozicioniranja kad je zapamćena jedna pozicija i na osnovu toga pravljena putanja ili kad je zapamćeno više pozicija. Zatim, traži se odgovor na pitanje kako utiče mesto realizacije crtanja na tačnost pozicioniranja.

3. APARATURA

Sledi opis elemenata koji su korišćeni za izvođenje eksperimenta.

3.1. Industrijski robot ABB IRB 140

ABB IRB 140 je industrijski robot sa šest osa, antropomorfne konfiguracije. Pod robotski sistem spada: robot ABB IRB140, kontroler za robot IRC5 i uređaj za ručno upravljanje ili FlexPendant. Radni prostor robota je sfera koja je šuplja iznutra.

3.2. Držać za olovku i olovka

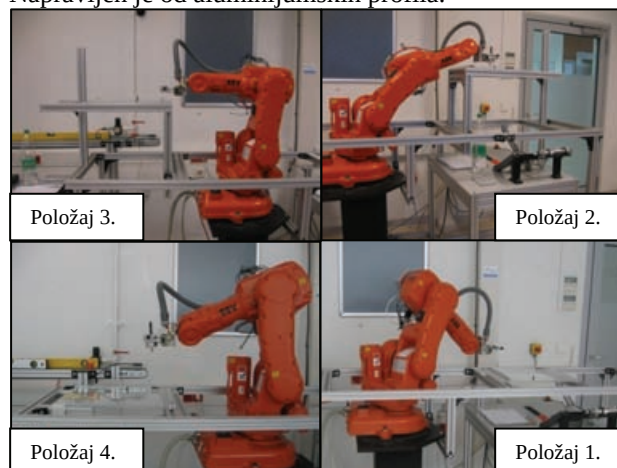
Da bi robot mogao da crta, mora se dodati olovka na vrh robota. Na vrhu robota se već nalazila pneumatska hvataljka, koja nije bila sposobna za prihvatanje olovke, zato je napravljen adapter. Ovaj adapter je pravljen tako da lako može da se postavi olovka u njega i u slučaju greške da se lako i brzo zameni, a najvažnija stvar je da sadrži oprugu, koja se sabija u slučaju da robot jako stisne olovku i time sprečava stradanje vrha olovke. Korišćena je olovka za tehničko crtanje - flomaster, debljina linije koju vuče je 0,5 mm.



Slika 2. Držać olovke sa olovkom u robotovoj hvataljci

3.3 Stalak

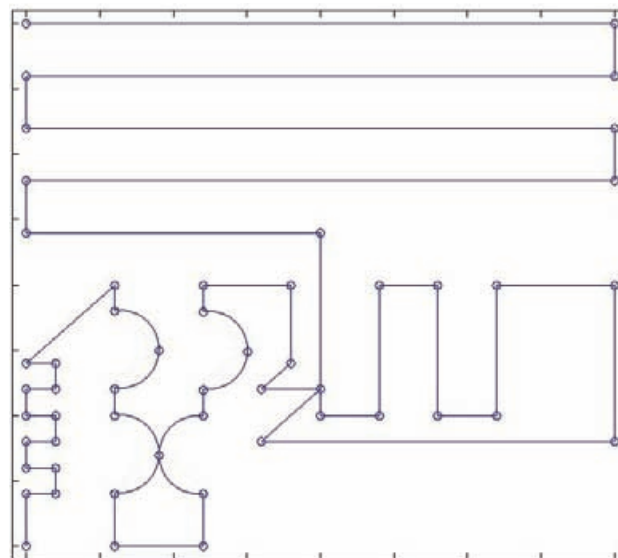
Stalak služi za držanje papira na kojem crta robot. Napravljen je od aluminijumskih profila.



Slika 3. Stalak koji je korišćen u eksperimentu u položajima kojima se vrši eksperiment

5. KREIRANJE PROGRAMA ZA CRTANJE TEST PUTANJE

Slika koju treba robot da nacrtaj je prikazana na slici 4. Na svakom položaju pravi se pet crteža, koji se analiziraju.

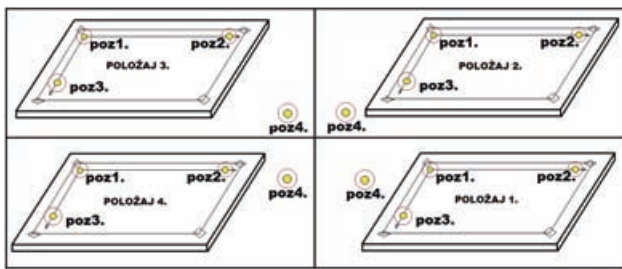


Slika 4. Programirana (test) putanja

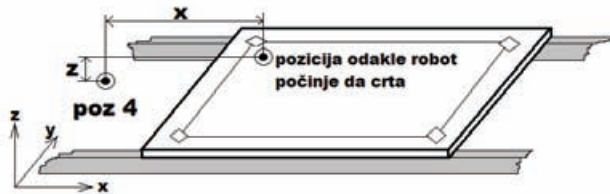
Svaki crtež je jedna putanja koji kreiramo u programskom paketu RobotStudio [2].

Pre nego što se počne sa programiranjem putanje neophodno je preko FlexPendanta da se definišu TCP (Tool Center Point, tačka centra alata, u našem slučaju to je vrh olovke) [2], korisnički koordinatni sistem [2] i da se sačuvaju četiri pozicije (Slika 5.) za svaki položaj u kom se vrši crtanje ili eksperiment. Tri pozicije se pamte sa papira i jedna koja nije na papiru. Na osnovu ovih podataka se kreira program u RobotStudiju koji će omogućiti da se crta robotom.

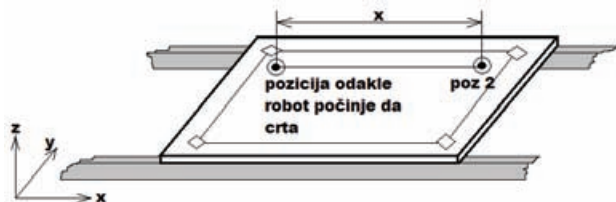
Kreira se putanja u RobotStudiju, tako što se dovede TCP u poz1. poziciju (zapamćena pozicija) i zadaju se naredne tačke (kružići na slici 4.) preko kojih TCP treba da prođe da bi robot nacrtao sliku 4. Naredne tačke se zadaju tako što se variraju x i y koordinate poz 1.



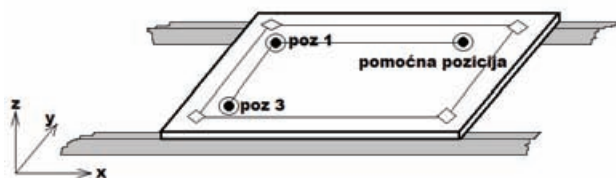
Slika 5. Pozicije koji se pamte u pojedinim položajima
Kreira se još jedna putanja tako što se TCP dovede u poziciju poz 4. zatim zadaje se pozicija odakle robot treba da počne da crta, radi se tako što se na koordinate poz 4. dodaju x i z vrednosti, koji su poznati. Od pozicije odakle robot počinje da crta, zadaju se tačke preko kojih TCP treba da prođe tako što se variraju koordinate x i y. Robot treba da nacrtaju istu sliku.



Slika 6. Kreiranje putanje na osnovu poz 4.
Sledeća putanja se kreira isto kao što je kreirana putanja na osnovu poz 4., razlika je da od poz 2. pozicije se oduzme vrednost x, a po z-tu se ne razlikuju, ostalo je isto.



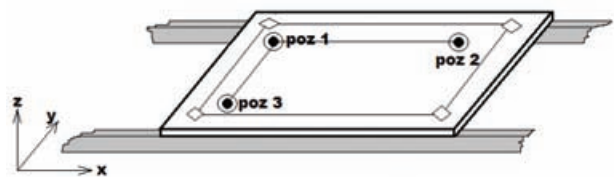
Slika 7. Kreiranje putanje na osnovu poz 2.
Četvrta putanja se kreira na osnovu dve zapamćene pozicije, na osnovu poz 1. i na osnovu poz 3. Postaviće se jedan pomoćni koordinatni sistem na tri tačke, na poz1., na poz 3. i na pomoćnu poziciju. Pomoćna pozicija je pozicija koja se od poz 1. pozicije razlikuje samo po x koordinati. Teme pomoćnog koordinatnog sistema će biti u poz 1. poziciji. Dovede se TCP u teme pomoćnog koordinatnog sistema i zadaju se naredne tačke preko kojih robot treba da prođe da bi nacrtao svoju putanju, tako što se variraju koordinate x i y.



Slika 8. Kreiranje putanje na osnovu poz 4. i poz 1.

Peta putanja se kreira na osnovu tri zapamćene pozicije, na osnovu poz 1., poz 2. i poz 3. Postaviće se jedan pomoćni koordinatni sistem na tri tačke, na poz1., na poz 2. i na poz 3. Teme pomoćnog koordinatnog sistema će biti blizu poz 1. poziciji. Dovede se TCP u teme pomoćnog koordinatnog sistema i zadaju se naredne tačke preko kojih robot treba da prođe

da bi nacrtao svoju putanju, sliku 4., tako što se variraju x i y koordinate.



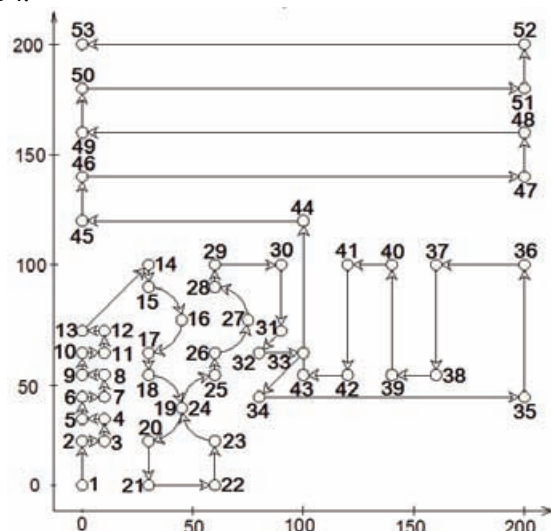
Slika 9. Kreiranje putanje na osnovu poz1, poz2. i poz4.
Napravljeno je pet programa koji omogućuje robotu da crta u položaju 1., uradi se isto to i na položajima 2., 3. i 4.

6. IZVRŠAVANJE TESTOVA I MERENJE GREŠKE

Programi se ubace u robotov kontroler. Podesi se stalak da odgovara izvršenju programa u položaju 1. Postavi se prazan milimetarski papir na stalak, i pokrene se prvi program.

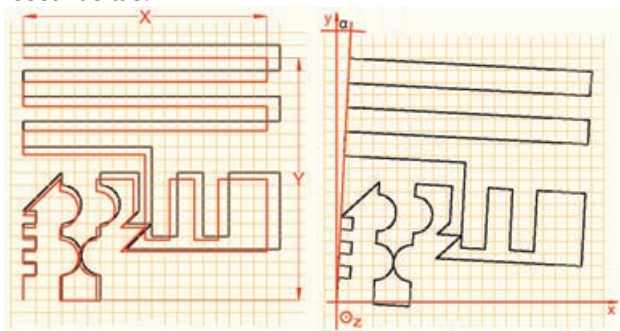
Dok se izvršava program meri se greška po z osi u svakoj tački gde se robot zaustavi (zadate tačke). Merenje se vrši sa pločicama za merenje zazora, izmeri se udaljenost od vrha olovke do papira i unese se u tabelu. Greške po x-osi i po y-osi, će se izmeriti naknadno. Program se izvršava korak po korak, kad robot stane, izmeri se greška i unosi se u tabelu. Kad se izvršio program, postavi se novi list papira, olovka u robotovoj hvataljci se pomeri prema papiru, i izvrši se još jednom program. Olovka se mora stisnuti na dole, jer se zazor između papira i vrha olovke toliko povećala da se ne vidi crtež a treba da se vidi ceo crtež. Na osnovu ovog crteža će se utvrditi greška po x-osi i po y-osi. "Pomeranjem" olovke je poremećen međusobni položaj TCP-a i vrha olovke, zato posle svakog izvršenog programa izvrši se ponovno hvatanje olovke.

Izvrše se svi programi na položaju 1. i zabeležu se izmerene greške. Zatim podesi se stalak da bude pogodan za izvršenje programa u položaju 2., izvrše se svi programi, izmeru se greške. Uradi se isto to i u položaju 3. i 4.



Slika 10. Numerisane tačke u kojima se vrši merenje
Poznate su međusobni položaji tačaka sa slike 4., poznato je i veličina ctreža koje je robot trebao da nacrtati. Ako se tačka 1 sa slike 10., usvoji kao teme nekog pomoćnog koordinatnog sistema (0,0), tačka 2 će imati koordinate

(0,20) itd. Greške po x-osi i po y-osi će se odrediti tako što će se uporediti ova "idealna" slika sa slikom koji je robot nacrtao.



Slika 12. X i Y

Slika 13. Ugao α

Sa svakog crteža se izmere sledeća tri podataka: α , X i Y. Prvo linearnom transformacijom na osnovu izmerenog X-a i Y-a, tj. širine i dužine odredi se x i y koordinata svake tačke crteža koji je robot crtao.

$$D(x_{D-novo}, y_{D-novo}) \leftarrow D'(x_D' + \frac{x_D'}{X_{uk}} \cdot \Delta x, y_D' + \frac{y_D'}{Y_{uk}} \cdot \Delta y) \quad (1)$$

gde je:

$$\Delta x = X_{uk} - X$$

$$\Delta y = Y_{uk} - Y$$

X_{uk} -je 200mm, to je širina koja bi trebala da bude crtež,

Y_{uk} -je 200mm, to je dužina koja bi trebala da bude crtež,

x_D' - je x koordinata tačke D, sa "idealnog crteža",

y_D' - je y koordinata tačke D, sa "idealnog crteža".

Zatim, rotira se oko prve tačke crteža, nađu se nove koordinate svake tačke.

$$D(x_D, y_D) \leftarrow D'(x_D', y_D') \quad (2)$$

$$y_D' = y_{D-novo} \cdot \cos \alpha - x_{D-novo} \cdot \sin \alpha$$

$$x_D' = \frac{x_{D-novo}}{\cos \alpha} + y_{D-novo} \cdot \tan \alpha \quad (3)$$

gde je:

x_{D-novo} - je x koordinata tačke D, dobijen posle prve transformacije,

y_{D-novo} - je y koordinata tačke D, dobijen posle prve transformacije.

Na kraju oduzimanjem ovako dobijene koordinate (x_D i y_D) od koordinate iste tačke (x_D' i y_D') iz „idealnog crteža“, dobije se greška.

Ovo računanje se odradi za svaki crtež i formiraju se tabele koje sadrže greške pozicioniranja.

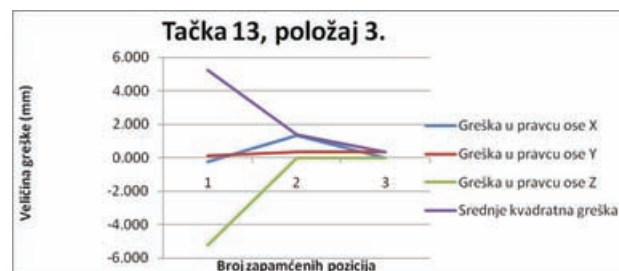
3. ZAKLJUČAK

Ovim radom je pokazano da postoje greške u tačnosti pozicioniranja industrijskog robota ABB IRB 140. Greške tačnosti pozicioniranja se razlikuju po veličini u pravcima ose koordinatnog sistema u pojedinim delovima radnog prostora robota. Generalno, primećeno je daje robot najtačniji u delu radnog prostora koji se nalazi neposredno „ispred“ njega. To proizilazi iz mehaničke strukture robota. U radnom prostoru robota, u delovima koji robot „ispružio“ dostiže, greške pozicioniranja su mnogo veće nego u delu neposredno ispred robota. Kao rešenje za minimiziranje greške pozicioniranja u celom radnom prostoru robota, ako vrh robota treba da se kreće u ravni, predlaže se čuvanje tri pozicije sa robotom iz ravni u kojem vrh robota treba da se kreće.

Povećavanjem broja zapamćenih pozicija, na osnovu kojih se kreira putanja, smanjuje se grešku pozicioniranja. U ograničenom delu radnog prostora, ako se kreira program koji omogućuje kretanje vrha robota u ravni veličine 200mm x 200mm, na osnovu tri zapamćene pozicije biće mnogo tačnije, nego ako se isto to uradi na osnovu jedne zapamćene pozicije. Preciznije rečeno, tačnost pozicioniranja neće biti veća od 1 mm, na položajima 1 i 4, i od 3 mm na položajima 2 i 3.

Tabela 1. Maksimalne vrednosti greške u milimetrima za pojedine ose u ograničenom delu radnog prostora robota

Položaj	1 zap. poz.			2 zap.poz.			3 zap.poz.		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
1.	6.6	6.6	2	6.5	6.6	0.5	1	0	0
2.	6	2.9	4.5	1.5	2.6	1	3	1	0
3.	7	1.8	11.8	10.9	3	2.6	3	1	0
4.	3	2.5	6.9	4	3	0.9	1	0	0



Slika 14. Dijagram koji pokazuje smanjenje greške tačnosti pozicioniranja u tački 13 na položaju 3, po osama usled povećavanja broja zapamćenih pozicija

Vrh robota bio je programiran da se kreće u ravni, sa brzinom 20 mm/s. Tokom daljeg istraživanja robot bi se mogao programirati da se vrh robota kreće u prostoru, na složenijoj putanji, i da se odredi koliko zapamćenih pozicija je potrebno da se minimizira greška tačnosti pozicioniranja u radnom prostoru robota.

4. LITERATURA

- [1] International Standard, „ISO 928 Manipulating industrial robots – Performance criteria and related test methods“, ISO, Switzerland, 1998.
- [2] ABB Robotics, „Robot Documentation – IRB 140 M2004“, ABB AB, Sweden, 2005.
- [3] M. Vukobratović, D. Stokić, N. Kirčanski, M. Kirčanski, D. Hristić, B. Karan, D. Vujić, M. Đurović, „Uvod u Robotiku“, Institut „Mihajlo Pupin“, Beograd, 1986.
- [4] Thomas R. Kurfess, „Robotics and Automation Handbook“, CRC Press, Boca Raton, London, New York, Washington, D.C., 2005

Kratka biografija:



Albert Nemet rođen je u Vrbasu 1985. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mehatronike – Industrijska robotika odbranio je 2010.god. Oblast interesovanja su industrijska automatizacija i industrijska robotika.

O KOTRLJANJU BEZ KLIZANJA HOMOGENOG DISKA PO HORIZONTALNOJ RAVNI

A DISK ROLLING WITHOUT SLIPPING ON A HORIZONTAL PLANE

Danilo Grk, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

Oblast – MEHATRONIKA

Kratak sadržaj – Ovaj rad se bavi analizom kretanja homogenog diska po horizontalnoj ravni, korišćenjem više različitih tipova dinamičkih jednačina.

Abstract – This paper deals with the motion of a homogeneous disk on a horizontal plane, using several different types of dynamic equations.

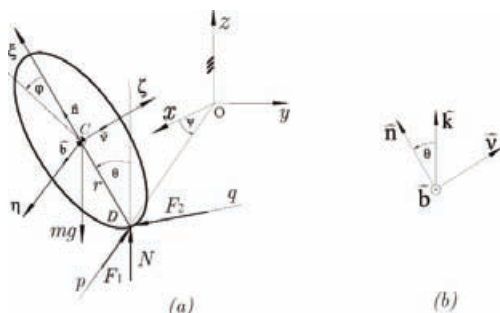
Ključne reči: mehanika, Ojlerov disk, Njtn-Ojlerove jednačine, Udvarda Kalaba jednačine, Kejnove jednačine.

1. POSTAVKA PROBLEMA I PRIPREMNA ANALIZA

Posmatra se tanki homogeni disk, mase m , poluprečnika r , koji se kotrlja bez klizanja po hrapavoj horizontalnoj ravni. Centar mase diska je označen sa C , a tačka kontakta diska i ravni sa D .

1.1. Atributi kretanja

Na Sl. 1, prikazan je jedan proizvoljan položaj diska u toku kretanja. Pri tome se horizontalna ravan poklapa sa Oxy ravni, apsolutno nepokretnog koordinatnog sistema $Oxyz$ čiji su jedinični vektori $\mathbf{i}$, $\mathbf{j}$ i $\mathbf{k}$. Pored toga uvodi se i koordinatni sistem $C\xi\eta\zeta$, vezan za centar mase diska, a izabran je tako da osa $C\eta$ pada u pravac kotrljanja diska, osa ζ je normalna na ravan diska, a ξ sa njima gradi desni ortogonalni koordinatni sistem.



Slika 1. Aksonometrijski prikaz diska na horizontalnoj ravni (a) i odnos jediničnih vektora (b)

Jedinični vektori koji odgovaraju osama $C\xi\eta\zeta$ su $\mathbf{n}$, $\mathbf{b}$, i $\mathbf{v}$ respektivno. Ovaj sistem je pokretan u odnosu na disk i predstavlja sistem tzv "Rezalovih osa".

NAPOMENA:

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

Razlika ovog koordinatnog sistema i koordinatnog sistema koji bi bio kruto vezan za disk je u tome što posmatrač u Rezalovom koordinatnom sistemu zbog simetrije, ne vidi sopstvenu rotaciju diska.

Koordinatni sistem koji je kruto vezan za disk u centru mase $C\xi'\eta'\zeta'$ je na Sl. 1 samo nagovešten osom $C\xi'$, (ose $C\zeta$ i $C\zeta'$ se poklapaju, osa $C\eta$ sa $C\eta'$ gradi ugao φ).

Neka je nagib između ravni diska i vertikale određen uglom nutacije θ . Osim ugla nutacije θ uvedeni su i sferni uglovi Ojlerovog tipa, ugao sopstvene rotacije diska φ i ugao ψ koji meri odstupanje ravni diska od pravca Dy . Neka se disk se u posmatranom trenutku kreće u pravcu Dp , i neka se nutacija vrši oko čvorne ose koja je paralelna sa Dp . Nakon izvršenih vektorskih množenja kao u [3], brzina centra mase biće

$$\mathbf{v}_c = r(\dot{\psi}\sin\theta + \dot{\varphi})\mathbf{b} + r\dot{\theta}\mathbf{v} \quad (1.1.1)$$

Imajući u vidu međusobni odnos jediničnih vektora, projekcije vektora brzine centra diska na ose apsolutno nepokretnog koordinatnog sistema $Oxyz$ biće

$$\begin{aligned} \dot{x}_c &= r[(\dot{\varphi} + \dot{\psi}\sin\theta)\sin\psi + \dot{\theta}\cos\theta\sin\theta] \\ \dot{y}_c &= r[(\dot{\varphi} + \dot{\psi}\sin\theta)\cos\psi + \dot{\theta}\cos\theta\cos\theta] \\ \dot{z}_c &= -r\dot{\theta}\sin\theta, \end{aligned} \quad (1.1.2)$$

Jednačine (1.1.2)_{1,2} predstavljaju jednačine neholonomnih veza (diferencijalnih neintegrabilnih veza), a jednačina (1.1.2)₃ je posledica konačne geometrijske veze. Dakle, broj stepeni slobode sistema koji se razmatra je 3. Komponente ugaone brzine triedra $C\xi\eta\zeta$ date su izrazima

$$\Omega_\xi = \dot{\psi}\cos\theta, \quad \Omega_\eta = \dot{\theta}, \quad \Omega_\zeta = \dot{\psi}\sin\theta \quad (1.1.3)$$

dok su komponente ugaone brzine diska u koordinatnom sistemu $O\xi\eta\zeta$

$$\omega_\xi = \dot{\psi}\cos\theta, \quad \omega_\eta = \dot{\theta}, \quad \omega_\zeta = \dot{\psi}\sin\theta + \dot{\varphi} \quad (1.1.4)$$

Imajući u vidu postupak opisan u [1] nakon diferenciranja izraza (1.1.1) i (1.1.4) dobijamo izraze za ubrzanje centra mase i ugaono ubrzanje diska

$$\mathbf{a}_c = r(\ddot{\varphi} + \ddot{\psi}\sin\theta + 2\dot{\psi}\dot{\theta}\cos\theta)\mathbf{b} + r(-\ddot{\theta} + \dot{\psi}\dot{\varphi}\cos\theta + \dot{\psi}^2\sin\theta\cos\theta)\mathbf{v} + r(-\dot{\theta}^2 - (\dot{\psi}\cos\theta + \dot{\varphi})\dot{\psi}\sin\theta)\mathbf{n} \quad (1.1.5)$$

$$\boldsymbol{\alpha} = (\ddot{\theta} - \dot{\varphi}\dot{\psi}\cos\theta)\mathbf{b} + (\ddot{\varphi} + \ddot{\psi}\sin\theta + \dot{\theta}\dot{\psi}\cos\theta)\mathbf{v} + (\dot{\psi}\cos\theta - \dot{\psi}\dot{\theta}\sin\theta + \dot{\theta}\dot{\varphi})\mathbf{n} \quad (1.1.6)$$

respektivno.

1.2. Spoljašnja dejstva

Pozivom na sliku 1. mogu se napisati izrazi za glavni vektor i glavni moment sistema sila za tačku C. Naime, osim sile težine G i normalne reakcije ravni N , sila trenja je predstavljena sa dve sile i to silom F_1 koja leži u ravni diska i pada u pravac tangente u dodirnoj tacki D , i silom F_2 koja leži u horizontalnoj ravni u preseku ravni $C\zeta\zeta$ i ravni Oxy . Ove sile su međusobno upravne.

Dakle $\mathbf{R}_D = N\mathbf{k} - F_1\mathbf{b} - F_2(\mathbf{v}\cos\theta - \mathbf{n}\sin\theta)$. Analiza geometrije opterećenja dovodi do sledećih izraza

$$\mathbf{G}^S = mg(-\mathbf{k}) + \mathbf{R}_D \quad (1.2.1)$$

$$\mathbf{M}_C^S = \mathbf{r}_{DC} \times \mathbf{R}_D \quad (1.2.2)$$

Sada je neophodna priprema urađena i može se krenuti sa dinamičkom analizom.

2. DINAMIČKA ANALIZA

U ovom delu upoznaćemo se sa više različitih pristupa koji se koriste pri dinamičkoj analizi kretanja neholonomnih sistema. Naime, diferencijalne jednačine kretanja diska, kao osnova za rešavanje različitih problema dinamike u koje ovakav sistem može biti uključen, napisace se primenom više različitih metoda.

2.1. Njtn-Ojlerove jednacine

Polazne jednačine biće Njtn-Ojlerove aksiome, poznate i kao teorema o kretanju centra mase i teorema o promeni glavnog momenta količine kretanja (ili kinetičkog momenta) za tačku C, tj.

$$m\mathbf{a}_C = \mathbf{G}^S \quad (2.1.1)$$

$$= \quad (2.1.2)$$

gde su na desnim stranama obeju jednačina spoljašnje sile i momenti spoljašnjih sila za tačku C, dati izrazima (1.2.1) i (1.2.2).

Kako su ose $O\eta\zeta$ glavne ose inercije to ce komponente glavnog vektora količine kretanja biti

$$\begin{aligned} L_{C\zeta} &= I_0\dot{\psi}\cos\theta, \quad L_{C\eta} = I_0\dot{\theta}, \\ L_{C\zeta} &= J(\dot{\psi}\sin\theta + \dot{\varphi}) \end{aligned} \quad (2.1.3)$$

S obzirom na to da se radi o Rezalovom tipu osa, koristiće se modifikovane Ojlerove jednacine. Imajući u vidu moment spoljašnjih sila za izabrane ose, važiće

$$\begin{aligned} I_0\ddot{\psi}\cos\theta - 2I_0\dot{\theta}\dot{\psi}\sin\theta + J(\dot{\psi}\sin\theta + \dot{\varphi})\ddot{\theta} &= 0 \\ I_0\ddot{\theta} - J(\dot{\psi}\sin\theta + \dot{\varphi})\dot{\psi}\cos\theta + I_0\dot{\psi}^2\sin\theta\cos\theta &= Nr\sin\theta - F_2r\cos\theta \\ J\frac{d}{dt}(\dot{\psi}\sin\theta + \dot{\varphi}) &= F_1r \end{aligned} \quad (2.1.4)$$

Sa (1.1.5), jednačina (2.1.1) u skalarnom obliku je data sa

$$\begin{aligned} m(-\ddot{\theta}^2 - \omega_{\zeta}^2\dot{\psi}\sin\theta) &= (N - G)\cos\theta + F_2\sin\theta, \\ mr\left(\frac{d}{dt}(\dot{\psi}\cos\theta + \dot{\varphi}) + \dot{\theta}\dot{\psi}\cos\theta\right) &= -F_1 \\ m(r - \ddot{\theta} + (\dot{\psi}\cos\theta + \dot{\varphi})\dot{\psi}\cos\theta) &= (N - G)\cos\theta + F_2\cos\theta \end{aligned} \quad (2.1.5)$$

Jednačine (2.1.4) i (2.1.5) predstavljaju potpuni sistem jednačina za izračunavanje nepoznatih reakcija veza N , F_1 , F_2 , i sfernih uglova Ojletovog tipa φ , ψ i θ . Napominje se da se radi o nelinearnim diferencijalnim jednačinama drugog reda, čije rešavanje u zatvorenoj formi nije moguće i da se uz odgovarajuću pripremu dobijeni sistem može rešavati numeričkim postupcima. Iz dobijenog rešenja prateći (1.1.2) i (1.1.4) mogu se dobiti i ostali atributi kretanja diska.

2.2. Kejnovе jednačine

Kejnovе jednačine predstavljaju mnogo elegantniji alat za dobijanje jednačina kretanja. One se mogu izvesti iz Lagranž-Dalamberovog diferencijalnog varijacionog principa, gde se, u samom startu, saglasno aksiomi o idealnim vezama uz pretpostavku Herca- Helderа, iz jednačina kretanja eliminišu reakcije veza, ($\mathbf{R}_D + \delta\mathbf{r}_D = 0$, jer je $\mathbf{v}_D = 0$), v.[2], i kažu da je za svaku generalisanu koordinatu j zbir aktivne generalisane sile Q_j i generalisane inercijalne sile Q_j^I jednak nuli, tj.

$$Q_j + Q_j^I = 0, \quad j = 1, \dots, n \quad (2.2.1)$$

gde je n broj stepeni slobode kretanja. Međutim Kejnovе jednačine se mogu definisati i na sledeći način: ako parcijalni izvodi vektora brzine centra mase (ugaone brzine diska) po generalisanoj brzini određuju pravac kretanja mehaničkog sistema (pravac oko koga se može obrtati), onda Kejnovе jednačine predstavljaju projekcije aktivnih i inercijalnih sila duž tih istih pravaca, v. [3], i tada važi

$$\frac{\partial \mathbf{v}_C}{\partial q_j} * (\mathbf{G}^S - m\mathbf{a}_C) + \frac{\partial \omega_C}{\partial q_j} * \left(\mathbf{M}_C^S - \frac{d\mathbf{L}_C}{dt} \right) = 0 \quad (2.2.2)$$

Ovih jednačina ima onoliko koliko sistem ima stepeni slobode, u ovom slučaju 3.

Kretanje diska opisaćemo promenom Ojlerovih uglova φ , ψ i θ .

Imajući u vidu izraze za brzinu centra mase (1.1.1) i ugaonu brzinu (1.1.4), parcijalni izvodi vektora brzine centra mase, odnosno ugaone brzine diska po generalisanim brzinama biće

$$\frac{\partial \mathbf{v}_C}{\partial \theta} = -r\mathbf{v}, \quad \frac{\partial \mathbf{v}_C}{\partial \psi} = r\sin\theta\mathbf{b}, \quad \frac{\partial \mathbf{v}_C}{\partial \varphi} = r\mathbf{b}, \quad (2.2.3)$$

$$\frac{\partial \omega_C}{\partial \theta} = \mathbf{b}, \quad \frac{\partial \omega_C}{\partial \psi} = \sin\theta\mathbf{v} + \cos\theta\mathbf{n}, \quad \frac{\partial \omega_C}{\partial \varphi} = \mathbf{v} \quad (2.2.4)$$

Dakle, imajući u vidu (2.2.1), ili sa prethodnom napomenom, uz (1.2.1) i (1.2.2), projekcione jednačine (2.2.2) daju diferencijalne jednačine kretanja diska u obliku:

$$\begin{aligned} mgr\sin\theta + \\ mr^2 \left[-\left(\frac{5}{4}\right)\ddot{\theta} + \left(\frac{5}{2}\right)\dot{\varphi}\dot{\psi}\cos\theta + \left(\frac{5}{4}\right)\dot{\psi}^2\sin\theta\cos\theta \right] &= 0 \\ 0 + mr^2 \left[\left(\frac{5}{2}\right)\dot{\varphi}\sin\theta - \left(\frac{5}{2}\right)\dot{\psi}\sin^2\theta - \right. \\ \left. \left(\frac{5}{2}\right)\dot{\theta}\dot{\psi}\sin\theta\cos\theta - \left(\frac{1}{4}\right)\dot{\psi}\cos^2\theta + \left(\frac{1}{2}\right)\dot{\theta}\dot{\varphi}\cos\theta \right] &= 0 \end{aligned}$$

$$0 - mr^2 \left[\left(\frac{2}{r} \right) \ddot{\varphi} + \left(\frac{2}{r} \right) \ddot{\psi} \sin\theta - \left(\frac{5}{r} \right) \dot{\theta} \dot{\psi} \cos\theta \right] = 0 \quad (2.2.5)$$

i nakon sređivanja

$$\begin{aligned} \left(\frac{2g}{r} \right) \sin\theta - 5\ddot{\theta} + 6\ddot{\varphi} \dot{\psi} \cos\theta + 5\dot{\psi}^2 \sin\theta \cos\theta &= 0 \\ \ddot{\psi} \cos\theta + 2\dot{\varphi} \dot{\theta} &= 0 \\ 3\ddot{\varphi} + 3\dot{\psi} \sin\theta + 5\dot{\theta} \dot{\psi} \cos\theta &= 0 \end{aligned} \quad (2.2.6)$$

što predstavlja mnogo jednostavniju formu od prethodne pre svega jer su isključene reakcije veza. Dakle za sistem od 3 stepena slobode sada se rešavaju samo tri jednačine što je svakako velika prednost. Kada se nađe kretanje reakcije veza se mogu odrediti iz Njutn-Ojlerovih jednačina. S druge strane, napominje se da je i u izvođenju Kejnovih jednačina za disk, iskorišćen dobar deo pripreme analize.

2.3. Udvardia Kalaba jednačine

Radovi Firdaus E. Udvardie i Robert E. Kalabe iz 90tih godina prošlog veka predstavljaju relativno nov pristup u rešavanju problema kretanja neholonomnih sistema te ćemo se na početku kratko osvrnuti na osnovne principe na kojima se taj pristup zasniva.

Posmatra se sistem N materijalnih tačaka i neka je konfiguracija sistema u svakom trenutku vremena opisana $3N$ vektorom sa sledećim koordinatama $\mathbf{x} = [x_1 \ x_2 \ \dots \ x_{3N}]^T$. Saglasno osnovnoj aksiomi dinamike, pisanoj za svaku tačku sistema, (radi se još uvek o slobodnom sistemu, bez veza), vazi

$$\mathbf{M}\ddot{\mathbf{x}} = \mathbf{F}(\mathbf{x}, \dot{\mathbf{x}}, t) \quad (2.3.1)$$

gde je $\mathbf{M}$ dijagonalna, pozitivno definitna matrica, a $\mathbf{F}$ vektor sume aktivnih sila koje deluju na tačke sistema. Odavde je ubrzanje tačaka $\ddot{\mathbf{x}} = \mathbf{M}^{-1}\mathbf{F} = \mathbf{a}(t)$

Pretpostavimo sada da sistem nije slobodan već da attribute kretanja tačaka ograničavaju određene veze oblika

$$\varphi_i(\mathbf{x}, \dot{\mathbf{x}}, t) = 0, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (2.3.2)$$

Diferenciranjem ovih jednačina po vremenu dobijaju se ograničenja na ubrzanja tačaka sistema u obliku

$$\mathbf{A}(\mathbf{x}, \dot{\mathbf{x}}, t)\ddot{\mathbf{x}} = \mathbf{b}(\mathbf{x}, \dot{\mathbf{x}}, t) \quad (2.3.3)$$

gde je $\mathbf{A}$ matrica $m \times 3N$. Tako sada prisustvo ovih jednačina veza čini da je broj stepeni slobode manji od minimalnog broja nezavisnih koordinata koje opisuju konfiguraciju sistema. Dakle, sistem više nije slobodan. Naš primarni cilj postaje određivanje ubrzanja neslobodnog sistema $\ddot{\mathbf{x}}$ u nekom trenutku vremena. Jasno je da će se kretanje sistema u prisustvu ograničenja opisati jednačinom

$$\mathbf{M}\ddot{\mathbf{x}} = \mathbf{F}(t) + \mathbf{F}^c(t) \quad (2.3.4)$$

gde $\mathbf{F}^c(t)$ stoji za sile reakcije veza koje se svakako mogu dovesti u vezu sa ubrzanjima tačaka, koje u slučaju neslobodnog sistema treba da zadovolji i jednačine (2.3.3). Jednačina kretanja u eksplicitnom obliku koju su formulisali Udvardia i Kalaba je sledećeg oblika:

$$\mathbf{M}\ddot{\mathbf{x}} = \mathbf{F} + \mathbf{M}^{1/2} (\mathbf{A}\mathbf{M}^{-1/2})^+ (\mathbf{b} - \mathbf{A}\mathbf{M}^{-1} \mathbf{F}) \quad (2.3.5)$$

gde je $(\mathbf{A}\mathbf{M}^{-1/2})^+$ Mur-Penrozova (Moore 1920; Penrose 1955) inverzna matrica veza matrice $(\mathbf{A}\mathbf{M}^{-1/2})$. Množenjem obe strane gornje jednačine sa $\mathbf{M}^{-1}$ i prebacivanjem ubrzanja $\mathbf{a}$ na levu stranu dobija se

$$\Delta\ddot{\mathbf{x}} - \mathbf{a} = \mathbf{M}^{-1/2} (\mathbf{A}\mathbf{M}^{-1/2})^+ (\mathbf{b} - \mathbf{A}\mathbf{a}) \quad (2.3.6)$$

Leva strana gornje jednačine predstavlja zapravo odstupanje vektora ubrzanja neslobodnog sistema od vrednosti koju bi imalo da na sistem ne deluju veze. Vektor razlike $\mathbf{e}(t) = (\mathbf{b} - \mathbf{A}\mathbf{a})$ na desnoj strani jednačine pokazuje u kojoj meri ubrzanje slobodnog sistema ne zadovoljava jednačine veza u nekom trenutku vremena t . Kako je $\Delta\ddot{\mathbf{x}} = \ddot{\mathbf{x}} - \mathbf{a}$, to će prethodna jednačina biti

$$\Delta\ddot{\mathbf{x}} = \mathbf{M}^{-1/2} (\mathbf{A}\mathbf{M}^{-1/2})^+ \mathbf{e} \quad (2.3.7)$$

Matrica $\mathbf{K}_1 = \mathbf{M}^{-1/2} (\mathbf{A}\mathbf{M}^{-1/2})^+$ je proširena Mur-Penrozova inverzna matrica veza. Ova jednačina predstavlja linearnu zavisnost između $\Delta\ddot{\mathbf{x}}$ i $\mathbf{e}$.

Dakle, mera u kojoj vrednost ubrzanja sistema, koje bi sistem imao da u njemu ne deluju veze, ne zadovoljava jednačine veza direktno je proporcionalna razlici između te brzine i brzine neslobodnog sistema; matrica proporcionalnosti je proširena Mur-Penrozova inverzna matrica veza $\mathbf{K}$, a mera nezadovoljena jednačina veza je vektor $\mathbf{e}$. Ipak, kada se koriste generalisane koordinate za opis sistema, prikladnije je osnovnu jednačinu koristiti u formi koja ne zahteva određivanje matrice $\mathbf{M}^{-1/2}$ kao što je

$$\mathbf{M}\ddot{\mathbf{q}}(t) = \mathbf{F}(t) + \mathbf{A}^T (\mathbf{A}\mathbf{M}^{-1}\mathbf{A}^T)^+ (\mathbf{b} - \mathbf{A}\mathbf{M}^{-1} \mathbf{F}) \quad (2.3.8)$$

Posmatrajmo sada ranije opisan disk koji se kotrlja po ravnoj, horizontalnoj podlozi bez klizanja sa generalisanim koordinatama $\mathbf{q} = [x_c \ y_c \ \varphi \ \psi]^T$, uvedenim kao na S.l., pri čemu je $z_c = r \sin\theta$. Saglasno teoremi Keninga kinetička energija diska je

$$E_k = \frac{m}{2} (\dot{x}_c^2 + \dot{y}_c^2 + r^2 \dot{\theta}^2 \cos^2\theta) + \frac{1}{2} \left(\frac{mr^2}{4} (\dot{\theta}^2 + \dot{\psi}^2 \cos^2\theta) + \frac{mr^2}{2} (\dot{\psi} \sin\theta + \dot{\varphi})^2 \right), \quad (2.3.9)$$

a potencijalna $\Pi = mgr \sin\theta$.

Smatrajući 5 generalisanih koordinata međusobno nezavisnim, Lagranževe jednačine druge vrste se mogu dobiti u standardnoj formi

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial E_k}{\partial \dot{q}_j} \right) - \frac{\partial E_k}{\partial q_j} + \frac{\partial \Pi}{\partial q_j} = 0 \quad (2.3.10)$$

ili u razvijenom obliku

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} [m\dot{x} + m r(\dot{\theta} \sin \theta \sin \psi - \dot{\psi} \cos \theta \cos \psi)] &= 0 \\ \frac{d}{dt} [m\dot{y} + m r(-\dot{\theta} \sin \theta \cos \psi - \dot{\psi} \cos \theta \sin \psi)] &= 0 \\ \frac{d}{dt} [m r^2 \dot{\theta} + m r(-\dot{y} \sin \theta \cos \psi + \dot{x} \sin \theta \sin \psi) + I \dot{\theta}] + \\ m r^2 \dot{\psi}^2 \cos \theta \sin \theta + m r(\dot{y} \dot{\theta} \cos \theta \cos \psi - \dot{y} \dot{\psi} \sin \theta \sin \psi - \\ \dot{x} \dot{\theta} \cos \theta \sin \psi - \dot{x} \dot{\psi} \sin \theta \cos \psi) - I \dot{\psi}^2 \sin \theta \cos \theta + J(\dot{\phi} + \\ \dot{\psi} \cos \theta) \dot{\psi} \sin \theta + m g r \cos \theta &= 0 \\ \frac{d}{dt} [m r^2 \dot{\psi} \cos^2 \theta + m r(-\dot{y} \cos \theta \sin \psi - \dot{x} \cos \theta \cos \psi) + \\ I \dot{\psi} \sin^2 \theta + J(\dot{\phi} + \dot{\psi} \cos \theta) \cos \theta] \\ + m r(-\dot{y} \dot{\theta} \sin \theta \sin \psi + \dot{y} \dot{\psi} \cos \theta \cos \psi + \dot{x} \dot{\theta} \sin \theta \cos \psi - \\ \dot{x} \dot{\psi} \cos \theta \sin \psi) &= 0 \\ \frac{d}{dt} [J(\dot{\phi} + \dot{\psi} \cos \theta)] &= 0 \end{aligned} \quad (2.3.11)$$

Neholomne veze u obliku (1.1.2)_{1,2} izražavaju uslov kotrljanja bez klizanja, a nakon diferenciranja dobijeni izraz prelazi u matričnu formu kao u (2.3.3), dakle

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & -r \cos \theta \sin \theta & -r \sin \theta \sin \psi & -r \sin \psi \\ 0 & 1 & -r \cos^2 \theta & -r \sin \theta \cos \psi & -r \cos \psi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{\theta} \\ \dot{\psi} \\ \dot{\phi} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -r \dot{\phi} \dot{\psi} \cos \psi - r \dot{\theta}^2 \cos^2 \theta + r \dot{\theta}^2 \sin^2 \theta - r \dot{\psi}^2 \cos \theta \sin \theta - r \dot{\psi}^2 \sin \theta \cos \theta \\ -r \dot{\phi} \dot{\psi} \sin \psi - r \dot{\theta}^2 \sin^2 \theta - r \dot{\theta}^2 \cos^2 \theta - r \dot{\psi}^2 \cos \theta \cos \psi + r \dot{\psi}^2 \sin \theta \sin \psi \end{bmatrix} \quad (2.3.12)$$

Na ovaj način dobija se forma neophodna za izvođenje jednačina kretanja diska po horizontalnoj ravni u formi Udvadija-Kalaba. Naime iz (2.3.11) i (2.3.12) prepoznaju se svi elementi neophodni za primenu (2.3.8).

Za primene u robotici od značaja je i sledeća napomena. Naime, ako bismo zeleli da centar diska pri svom kretanju prati određenu trajektoriju datu sa

$$f(x_c, y_c) = h(t), \quad (2.3.13)$$

gde je f zadata funkcija, a $h(t)$ poznata funkcija vremena, potrebno je jednačinu (2.3.13) diferencirati po vremenu i dodati u set jednačina (2.3.11) i (2.3.12).

3. UPOREĐIVANJE PRIMENJENIH METODA

Analiza je započeta Njutn-Ojlerovim jednačinama, tj. teoremama o kretanju centra mase i promeni glavnog momenta količine kretanja krutog tela. Dobijene diferencijalne jednačine kretanja su nelinearne, uključuju reakcije veza i za primenu na kretanje diska baš i nisu najbolji izbor. Ovaj metod pripada oblasti takozvane "vektorske mehanike", jednoj od dve grane mehanike

nastale još u Njutnovu vreme. Međutim, kako je disk koji se bez klizanja kotrlja po podlozi primer neslobodnog, neholonomnog sistema (postoji ograničenje u pogledu brzina), to su za ovaj slučaj primenljivije metode razvijene krajem (Gibs-Apel) 19. i sredinom (Kejn) i krajem (Udvadija-Kalaba) 20. veka u okvirima analitičke mehanike.

Drugačiji pristup problem predstavljaju Kejnove jednačine. Videlo se da je to veoma elegantan metod koji je objavljen p 1961. godine. Neki autori navode da su ove jednačine samo preformulisane jednačine zasnovane na principima Žurdena i Apela, mada ove druge nisu ni izbliza tako jednostavne i neposredne. U svakom slučaju, Kejnov princip je pogodan za numeričko rešavanje, što je razvojem numeričkih softvera dobilo na značaju.

Krajem dvadesetog veka radovi Udvadija - Kalabe (1992) pokazali su da je, oslanjajući se na Gausov princip, moguće formulisati takve jednačine koje će biti opšte i primenjive u analizi nekonzervativnih sistema i biti u stanju izaći na kraj sa širokom klasom mogućih neintegrabilnih jednačina veza. Pokazali su da se jednačine kretanja neslobodnih sistema mogu dobiti i bez upotrebe Lagranževih množitelja, što se videlo na primeru diska koji je predmet ovog master rada. Upoređujući metod Udvadija-Kalabe sa prethodno opisanim, lako se može doći do zaključka da ona predstavlja najmanje kompleksan pristup problemu kretanja diska.

4. LITERATURA

- [1] Vujanović, B.D., Dinamika, Naučna knjiga, Beograd, 1986.
- [2] B. D. Vujanovic and T. M. Atanackovic, An Introduction to Modern Variational Techniques in Mechanics and Engineering, Birkhauser, Boston 2004.
- [3] Spasić, D. T., Mehanika, Rukopis za praćenje predavanja na odseku Mehatronika FTN, 2009.
- [4] Firdaus E Udwadia and Robert E. Kalaba, "Analytical Dynamics", University of Southern California 1996.
- [5] Petre P. Teodorescu, "Mechanical Systems, Classical Models", 2002.
- [6] Harold Josephs, Ronald L. Huston, "Dynamics of mechanical systems", TJ145 .J67, 2002
- [7] Ardema, Mark D., "Analytical dynamics: theory and applications", Santa Clara University, 2005
- [8] K. C. Sivakumar, "Proof by Verification of the Greville/Udwadia/Kalaba Formula for the Moore-Penrose Inverse of a Matrix", Published Online: 30 November 2006.
- [9] Firdaus E Udwadia and Robert E. Kalaba, "Equations of motion for mechanical systems"/ Journal of Aerospace engineering/ July 1996

Kratka biografija:



Danilo Grk rođen je u Mostaru 1985. god. Apsolvent je na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, odsek Mehatronika, Robotika i automatizacija.

ISPITIVANJE KARAKTERISTIKA ULJNIH FILTERA U HIDRAULIČNOM SISTEMU U ZAVISNOSTI OD PROMENLJIVIH RADNIH PARAMETARA

ANALYSIS OF CHARACTERISTICS OIL FILTERS IN HYDRAULIC SYSTEM IN THE ADDITION OF VARIABLE OPERATING PARAMETERS

Nenad Banjac, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – MEHATRONIKA

Kratak sadržaj – U ovom radu prikazan je problem kontaminacije hidrauličkih sistema, kao i otklanjanje kontaminacije putem filtriranja. Pored toga prikazano je i eksperimentalno ispitivanje filtera apsolutne finoće filtriranja.

Abstract – This paper focuses on the problem of contamination of hydraulic systems, as well as prevention of contamination through the filter. Beside this, in this project is included experimental testing of a filter with absolute fineness of filtration.

Ključne reči: Filtriranje, kontaminacija

1. UVOD

1.1. OPIS NAUČNOG PROBLEMA

Problematika filtriranja hidrauličnih medijuma je veoma mlada, i spada u oblasti koje su svoju ekspanziju doživele zadnjih dvadeset do trideset godina. Praćenjem karakteristika i svojstva filterskih medijuma koji se koriste za prečišćavanje hidrauličnih fluida kao i fluida uopšte, uočen je jedan interesantan problem, a to je potrebno vreme zasićenja filtera i količina izdvojenog materijala iz radnog fluida u toku vremena.

1.2. PREDMET ISTRAŽIVANJA

U skladu sa postavljenim problemom, definisane su sledeće oblasti istraživanja koje obuhvataju:

- istraživanja vezana za količinu čvrstih čestica prisutnih u fluidu, a koje se izdvoje za određeno vreme
- teoretsku analizu uticaja broja čvrstih čestica u uljnoj masi na mehanizam zasićenja filterskog medijuma sa apsolutnom finoćom filtriranja od 5 μm
- postavljanje međusobne korelacije između broja i veličine čvrstih čestica u uljnoj masi sa karakteristikama filtera, radnim parametrima hidrauličnog sistema (pritisak, temperatura, protok).

1.3. CILJ ISTRAŽIVANJA

Cilj istraživanja jeste da se eksperimentalnim putem utvrde i prikažu rezultati za koje vreme se filter apsolutne finoće filtriranja zasiti čvrstim česticama kao i da se utvrdi masena količina izdvojenih čvrstih čestica tokom vremena do trenutka zasićenja filterskog medijuma.

NAPOMENA:

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

2. HIDRAULIČNA ULJA I TEČNOSTI

2.1 KLASIFIKACIJA HIDRAULIČNIH ULJA I TEČNOSTI

Fluid u hidrauličnom sistemu obavlja više funkcija, a osnovne funkcije su prenos energije i podmazivanje pokretnih delova hidrauličnih komponenti. Pored ovih, fluid u hidrauličnom sistemu obavlja i neke sporedne funkcije, kao što su zaštita od korozije, hlađenje, odnošenje nečistoća i drugo. Za obavljanje navedenih funkcija u hidrauličnom sistemu koriste se ulja i tečnosti, koje u odnosu na poreklo i fizička svojstva mogu biti: mineralna hidraulična ulja, sintetičke tečnosti (fluidi) i emulzije. Izbor fluida ima bitan uticaj na ispravan rad, trajnost, pouzdanost i ekonomičnost hidrauličnog sistema. Izbor fluida utiče i na izbor hidrauličnih elemenata (filteri, ventili, cilindri...) koji se projektuju za određenu vrstu fluida. Klasifikacija (oznake) pojedinih radnih fluida napravljena je prema aditivima (dodaju se u svrhu poboljšanja nekih svojstava fluida). Danas se, zbog dobrog podmazivanja i dobre zaštite od korozije, u najvećoj meri koriste mineralna ulja (za temperature -50°C do 80°C). Nedostaci mineralnih ulja su velika promena viskoznosti sa temperaturom i izdvajanje smole na višim temperaturama. Za temperature iznad 80°C (do 400°C) koriste se sintetička ulja. Uobičajeno je da se hidraulična ulja i tečnosti klasifikuju prema standardu ISO 6743/4, prema kome se dele na dve grupe: normalno zapaljive tečnosti (mineralna ulja) i teško zapaljive tečnosti (proizvodi koji se razlikuju po poreklu i sastavu). [1].

3. UZROCI KONTAMINACIJE

3.1 VRSTE I IZVORI KONTAMINACIJE

Pod pojmom kontaminacija hidrauličnog fluida podrazumeva se prljanje vodom, vazduhom i čvrstim česticama. To je negativna pojava, jer dovodi do:

- ubrzanog procesa promene fizičko – hemijskih karakteristika hidrauličnog fluida,
- ubrzanog procesa habanja komponenti i njihovog otkaza i
- poremećaja u radu hidrauličnog sistema, koji nisu vezani za otkaz komponente.

Voda, vazduh i čvrste čestice su u izvesnoj meri uvek prisutni u hidrauličnom fluidu. Potpuno „čist“ fluid nikada nije moguće u potpunosti postići, ali takvo stanje ulja nije ni neophodno. Svaki fluid, komponenta i hidraulični sistem poseduje prag tolerancije u odnosu na sadržaj svakog kontaminanta posebno. Sadržaj kontaminacije iznad dozvoljenog praga deluje negativno na različite načine i različitim intenzitetom. Ukoliko takav

4. VRSTE ČVRSTIH ČESTICA KOJE SE MOGU NAĆI U HIDRAULIČNOM SISTEMU

- obliku na: višegaone, okrugle, elipsoidne, tanjiraste
- sastavu materijala na: organske i neorganske;
- vrsti materijala na: čelične, bakarne, fosforne, od elastomera ...
- tvrdoći na: meke i tvrde;
- hemijskom sastavu na: neutralne i agresivne;
- veličini na: velike, srednje, sitne, koloidne ili prema dimenzijama u (μm)
- rastvorljivosti u ulju na: rastvorive i nerastvorive;
- električnoj provodnosti na: provodive, neprovodive i neutralne.

5. ČISTOČA FLUIDA I STANDARDI ČISTOČE FLUIDA

Pod pojmom opštih kriterijuma za ocenu čistoće hidrauličnih fluida podrazumeva se broj čvrstih čestica određenih veličina u uzorku zapremine 1 ili 100 ml, bez obzira na njihov materijal i poreklo. Broj izmerenih čvrstih čestica razvrstava se u klase (kodove) koji se odnose na broj čvrstih čestica u određenom području veličina.

- Američki vojni standardi: **Mil.Std.1638 (1967)** i **Mil.Std.1246A (1967)**
- **ACFTD**, kojim se gravimetrijskom metodom utvrđuje sadržaj čvrstih čestica (mg/1000ml uzorka ulja).
- **NAS 1638**, kojim se definiše dozvoljeni sadržaj čvrstih čestica veličine 5 do 15; 15 do 25; 25 do 50; 50 do 100 i preko 100 μm u 100 ml uzorka ulja;
- **ISO 4406 (stari standard)**, kojim se definiše dozvoljeni sadržaj čvrstih čestica veličine 5 i 15 μm u 100 ml uzorka ulja;
- **ISO 4406/1999 (novi standard)**, kojim se definiše dozvoljeni sadržaj čvrstih čestica veličina 4, 6 i 14 μm u 1 ml uzorka ulja;
- **SAE – ASTM AIM (stari) i SAE AS4059 (novi)**, kojim se definiše dozvoljeni sadržaj čvrstih čestica veličine 5 do 15; 15 do 25; 25 do 50; 50 do 100 i preko 100 μm u 100 ml uzorka ulja;

6. BALANS KONTAMINACIJE

sistemima niti u sistemima za podmazivanje tokom faze konstrukcije, a takođe nije moguće proceniti životni vek filtera u radnom sistemu. U sistemu za kontrolu kontaminacije, hidraulične komponente se mogu podeliti u četiri različite grupe:

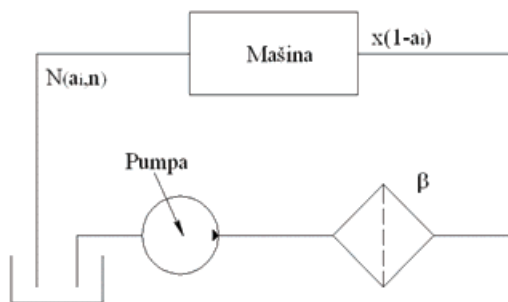
- Komponente koje absorbuju i čuvaju kontaminaciju (filteri).
- Komponente koje proizvode kontaminaciju prilikom habanja (pumpe, cilindri, ventili, itd.).
- Komponente koje dozvoljavaju unošenje kontaminacije iz okoline radnog sistema (otvori za vazduh, zaptivači, obrtne osovine zaptivača) u ovu grupu se mogu dodati proizvodni i montažni nedostaci.
- Komponente u kojima se meša kontaminacija i koje dozvoljavaju njegovu promenu; rezervoari su glavni predstavnici ove grupe.

6.1. OSU I ANDERSONOV MODEL

- Filtriranje – koliko puta u proseku čestice datog materijala i veličine prolaze kroz filter. Što je bolji filter kraće je vreme uravnoteženja. Starenje filtera (do kojeg postepeno dolazi začepeljivanjem filtera) će uticati na efikasnost uklanjanja čestica – posebno malih čestica

- Količina fluida u ciklusu – izražena u zapremini po jedinici vremena podeljenog po količini podmazivanja sistema. Varira u razmaku od pet puta u minuti do jedan put u satu i duže. Utiče na gubitak materijala filtriranjem
- Lokacija uspornog kretanja ulja – čestice se mogu smestiti ili prilepiti za površinu, na primer za dno korita motora.
- Rasipanje kvaliteta podmazivanja – aditivi sprečavaju nagomilavanje čestica, a takođe i onemogućuju njihovo lepljenje za površinu, ovo povećava dužinu eksploatacije mašine
- Razlaganje čestica – tokom ponovnih prolaza kroz istrošene kontakte veće čestice će se razložiti na manje delove.
- Prilikom curenja ulja iz sistema gubitak ulja će otkloniti neke čestice iz sistema (ali to nije preporučljiv način za kontrolu kontaminacije!).

Slika 1. *OSU model*



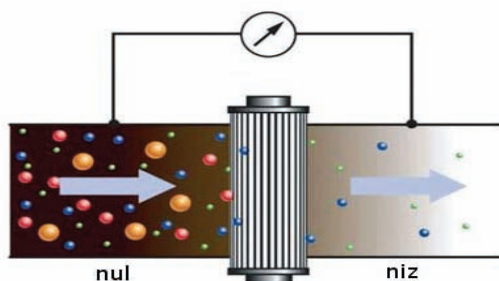
Slika 2. Andersonov model

7. KONSTRUKCIJE KARAKTERISTIKE FILTERA I FILTERSKOG ULOŽKA

7.1. SPOSOBNOST IZDVAJANJA ČVRSTIH ČESTICA

Sposobnost izdvajanja čvrstih čestica definiše se takozvanim beta faktorom (β_x) – odnosom broja čvrstih čestica veličine (x) u ulju, na ulazu i izlazu iz filtera. Ispitivanje sposobnosti izdvajanja čvrstih čestica vrši se ispitnim uređajem (Multi Pass Test) i postupkom koji je propisan standardom ISO 4572 (stari standard) i ISO 16889 (novi standard). Ispitni uređaj se sastoji od dva sistema, prvog koji po utvrđenom postupku ubrizgava čvrste čestice u rezervoar i drugog sistema u okviru kojeg je postavljen filter (sl.3) čija se sposobnost izdvajanja ispituje [3].

$$\beta_x = \frac{n_{ul} \geq x(\mu m)}{n_{iz} \geq x(\mu m)}$$



Slika 3. Izdvajanje čvrstih čestica u ispitnom filteru

8. ODABIR FILTERA

Većina proizvođača filterskih mediuma daju različite oblike uputstava koji služe za olakšan i brz odabir odgovarajućeg filtera ili filterskog uložka.

Prvi korak. Potrebno je zapamtiti da je ključ za isplativu kontrolu kontaminacije, održavanje čistoće sistema na stepenu tolerancije najosetljivije komponente sistema. Dakle, prvi korak je identifikovati najosetljiviju komponentu.

Drugi korak. Odrediti željeni nivo čistoće za tu komponentu pomoću tabele 1.

Treći korak. Pomoću tabele 2. potrebno je odabrati filterski medium koji će ispuniti ili prevazići željeni nivo čistoće.

Četvrti korak. Potrebno je da redovno proveravati efikasnost odabranog medija kroz korišćenje opreme za praćenje kontaminacije.

Tabela 1. Preporučeni nivo čistoće (ISO Standard) fluida za snabdevanje komponenti

Komponente	Nivo čistoće (ISO Standard) 4 µ(c)/6 µ(c)/14 µ(c)	Nivo čistoće (NAS 1638 Standard)
Zupčasta pumpa	19/17/14	8
Klipna pumpa/motor	18/16/13	7
Krilna pumpa	19/17/14	8
Razvodni ventil	19/17/14	8
Proporcionalni razvodni ventil	17/15/12	6
Servo ventil	16/14/11	5

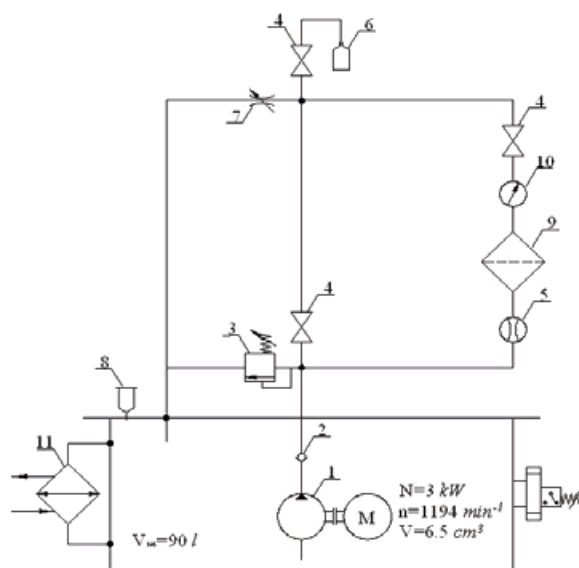
Tabela 2. *Primer preporuke proizvođača za odabir elementa medija*

Željeni nivo čistoće (ISO Standard)	Željeni nivo čistoće (NAS 1638 Standard)	Filterski medium
20/18/15	9	20 µm
19/17/14	8	10 µm
18/16/13	7	5 µm
17/15/12	6	3 µm

9. EKSPERIMENTALNO ISTRAŽIVANJE FILTRIRANJA HIDRAULIČNIH MEDIUMA

9.1. EKSPERIMENTALNA HIDRAULIČNA INSTALACIJA

Na slici 4 prikazana je hidraulična instalacija na kojoj su vršena eksperimentalna istraživanja. Hidraulična instalacija na kojoj je vršeno eksperimentalno ispitivanje filterskih uložaka sastoji se od hidrauličnog agregata zapremine rezervoara od 90 litara, zupčaste pumpe kapaciteta 7.761 l/min kao i sistemskog filtera apsolutne finoće filtriranja $\beta_s=200$.



Slika 4 Šema hidraulične eksperimentalne instalacije

Hidraulična instalacija za eksperimentalna istraživanja sastoji se iz:

1. zupčaste pumpe kapaciteta $Q_t = 7.761 \text{ l/min}$, sa elektromotorom snage 3 kW i brojem obrtaja od 1194 o/min smeštene u rezervoar zapremine 90 litara
2. nepovratnog ventila
3. ventila za ograničenje pritiska
4. ručnih ventila za uključivanje/isključivanje pojedinih komponenata iz sistema kao i za uzimanje uzoraka
5. merno mesto za merenje protoka, temperature i pritiska
6. posude za zahvatanje uzoraka
7. prigušni ventil za regulaciju protoka u sistemu
8. mesto za sipanje eksperimentalnog praha određene granulacije
9. filter apsolutne finoće filtriranja kojim se ispitno ulje dovodi na potreban stepen čistoće
10. merno mesto za merenje pritiska
11. hladnjak za hlađenje i održavanje potrebne temperature eksperimentalnog ulja u rezervoaru

9.2. PRORAČUN VELIČINE I PADA PRITISKA NA ISPITIVANOM FILTERU

Pad pritiska (ΔP) na sklopu filtera, je suma ΔP prolaza kroz kućište filtera + ΔP kroz uložak filtera, odnosno:

$$\Delta P \text{ sklop filtera} = \Delta P \text{ kućišta} + \Delta P \text{ uložka}$$

Stanja za temperaturu fluida od 40°C

Fluid – Hidraulično ulje	Količina protoka – 7.761 l/min
Specifična težina – 0.867 g/ml	Maksimalni radni pritisak – 150 bar
Viskoznost – 48.5 mm ² /s	Nominalni radni pritisak – 100 bar
Granična vrednost – 5 µm	Obilazni vod – DA (mali padovi na uložku)

Izbor tipa filtera:

HYDAC Model br. MFM BN4HC 35 D 5 B / 12V – B6

Specifična težina se računa prema sledećem obrazcu:

$$\rho = \frac{m}{V_0 + V_0 \alpha_p \Delta T} = \frac{\rho_0}{1 + \alpha_p \Delta T}$$

$$= \frac{\rho_0}{1 + \alpha_p (T - 15)} = \frac{\rho_0}{1 + 0.0007 (T - 15)}$$

gde je:

ρ_0 – gustina ulja izmerena na temperaturi od 15 °C,

α_p – koeficijent zapreminske ekspanzije (širenja) i jednak je $7 \times 10^{-4} \text{ [1/K]}$

Za mineralna hidraulična ulja, gustina na temperaturi od 15 °C i atmosferskom pritisku je u granicama od 850 do 910 $\left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$.

KUĆIŠTE:

$\Delta P = \Delta P$ izračunato (pomoću krive sa sl. 5)

$$\times \frac{\text{Stvarna specifična težina}}{0.86}$$

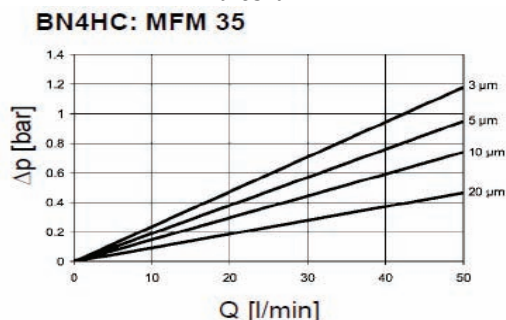
$$\Delta P \text{ kućišta} = 0.16 \times \frac{0.867}{0.86} = 0.16 \text{ bar}$$

ULOŽAK:

ΔP čistog uložka = ΔP izračunato * (stvarna specifična težina / 0.86) * (stvarna viskoznost u SSU / 141)

ΔP čistog uložka = $0.145 \times 1 \times 1.62 = 0.236 \text{ bar}$

Slika 5 Kriva pomoću koje određujemo pad pritiska na uložku



SKLOP FILTERA:

ΔP sklop filtera = ΔP kućišta + ΔP čistog uložka

ΔP sklop filtera = $0.16 \text{ bar} + 0.236 \text{ bar} = 0.4 \text{ bar}$

10. ZAKLJUČAK

Postizanje odgovarajuće čistoće u hidrauličkim sistemima zahteva uspešno zadržavanje i otklanjanje kontaminata iz sistema. Filtracija se mora izvršiti na način koji ne ometa protok i ne prouzrokuje veće padove pritiska. Budućnost hidrauličkih filtera se oslanja na tri glavne oblasti:

- Razvoj tehnologije finijih vlakana koja se koriste u filterskim mediumima
- Poboljšanje konstrukcije filterskih mediuma, u cilju ostvarenja maksimalnog učinka
- Poboljšanje dizajna filtera, u smislu povećanja korisne površine kako bi se ostvarile optimalne performanse filtera

11. LITERATURA

[1] Savić V., *Uljna hidraulika 1*

[2] E.C. Fitch, *Fluid Contamination Control*, Fluid Power research center Oklahoma State University Stillwater, Oklahoma

[3] Savić V., *Uljna hidraulika 3*

[4] Selection of standards for use in defence acquisition - <http://www.dstan.mod.uk/guidance/V6%20Selection.pdf>

[5] www.hydacusa.com

Kratka biografija:



Nenad Banjac rođen je u Indiji 1985. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mehatronike odbranio je 2010.god.



Docent dr Mitar Jovanović rođen je 1972. godine u Novom Sadu. Diplomirao 1998. godine je na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, mašinski odsek, na smeru Industrijski sistemi. Magistarske studije završio je 2005. godine na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu. 2010. godine je doktorirao i stekao zvanje docenta-a. Oblasti interesovanja: hidraulika, tribologija i primena maziva.

